



---

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

---



DOCUMENTO DE TRABALHO Nº 2012/02

Março

---

**Um Exercício de Simulação de Ocupação dos Espaços Rurais e Urbanos**

---

António Caleiro

*Universidade de Évora, Departamento de Economia & CEFAGE-UE, Portugal*

---

UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
Largo dos Colegiais, 2 – 7000-803 Évora – Portugal  
Tel.: +351 266 740 894 Fax: +351 266 742 494  
[www.decon.uevora.pt](http://www.decon.uevora.pt) [wp.economia@uevora.pt](mailto:wp.economia@uevora.pt)

## **Abstract/Resumo:**

As alterações na paisagem que se podem detectar, mais facilmente sobretudo quando se comparam duas realidades suficientemente distantes no tempo, resultam de um processo contínuo de interacção entre elementos, nomeadamente estados da natureza e pessoas, os quais formam um sistema, regra geral, complexo. Esta complexidade torna-se, do nosso ponto de vista, particularmente interessante quando envolve ou resulta das decisões tomadas pelas pessoas (em função dos seus interesses e/ou características) quanto à sua localização num determinado espaço (com determinadas características). Neste âmbito, uma melhor (ou mais fácil) resposta à questão: *Como responder à desertificação e degradação dos espaços rurais e ao congestionamento e alastramento dos espaços urbanos?* passa pela (melhor) compreensão prévia dos factores causais do processo dinâmico conducente àquela alteração nas paisagens rural e urbana. Uma das formas de (melhor) compreender este processo dinâmico, regra geral, complexo, consiste no recurso a exercícios de simulação do tipo 'agent-based', tal como os modelos de modelização urbana desenvolvidos por Felsen, Watson e Wilenski (veja-se a 'Urban Modeling Suite' em <http://ccl.northwestern.edu/cities/#urban-suite>). O objectivo deste trabalho é assim o de, em termos pedagógicos, ilustrar o uso deste género de modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos e, em termos científicos, estender/modificar estes modelos de forma a, do nosso ponto de vista, melhor compreender porque se assiste à desertificação dos espaços rurais por contrapartida do congestionamento dos espaços urbanos.

**Keywords/Palavras-chave:** Alterações na paisagem, Espaços rurais e urbanos, Modelos de simulação, NetLogo, Urban Modeling Suite.

**JEL Classification/Classificação JEL:** C63, R12, R14, R23.

## 1. Introdução e motivação

A análise do espaço e do lugar tornou-se nuclear em muitas ciências sociais – já o era, obviamente, em Geografia e em Economia Regional –, servindo mesmo de elemento integrador das diferentes perspectivas daquelas ciências sobre o/um mesmo fenómeno (Goodchild et al. 2000). A ilustrar este facto pode apontar-se o recurso, cada vez mais evidente, a metodologias de análise espacial como, por exemplo, os sistemas de referenciação ou de informação geográfica ou as técnicas de estatística espacial. Naturalmente, aquele recurso tornou-se possível graças ao acréscimo de produção de dados localizados espacialmente, sendo certo que estes permitiram, por sua vez, o desenvolvimento de técnicas de análise espacial mais apuradas.<sup>1</sup>

Igualmente importante é a alteração que se registou no paradigma de modelização dos agentes, enquanto indivíduos localizados (temporalmente) no espaço. Assim, uma linha de abordagem mais recente deixou de assumir uma (única) população homogénea de indivíduos, com informação (perfeita) uniformemente distribuída, para assumir, cada vez mais, uma população heterogénea constituída por agentes com diferentes níveis de informação (veja-se, por exemplo, Akerlof 1997). De acordo com esta linha de abordagem, cada vez mais se direcciona a análise para sistemas (assumidamente) complexos constituídos por um número elevado de agentes que interagem entre si. Tal como reconhecido em Goodchild et al. (2000), o objectivo desta abordagem não é a determinação de alegados princípios simples de ordem geral, já que muito dificilmente tais princípios podem emergir da análise de sistemas tão complexos, mas antes servem os exemplos desta abordagem como normas de comparação com o comportamento real, sendo essa comparação um ponto de partida para uma melhor compreensão da realidade (Arthur et al. 1997).

Na verdade, ao nível da distinção, mais simples possível, entre comunidades rurais e urbanas, o reconhecimento de que as interacções entre os indivíduos não são iguais por causa do efectivo populacional, acaba por ser a confirmação de que a complexidade do sistema obriga a que assim seja. Por exemplo, ao afirmar-se que as comunidades rurais são aquelas onde se verifica a manutenção de alguma ética nas relações, tal resulta ser assim pelo reduzido número de habitantes, em que todos se relacionam com todos, sendo assim relevantes as preocupações de reputação. Nas comunidades urbanas, pelo seu elevado

---

<sup>1</sup> Em termos indutivos, veja-se a análise exploratória e espacial de dados (Anselin, 1999) e, em termos dedutivos, as técnicas de estatística espacial (Anselin, 1988).

número de habitantes, o anonimato nas relações permite o fenómeno de ‘free riding’ e torna difícil a punição enquanto mecanismo preventivo daquele comportamento.

Assim, não pode ser considerado surpreendente que as distinções entre os espaços rurais e urbanos se façam, normalmente, com base em critérios quantitativos de natureza populacional. Obviamente, devido às diferenças no efectivo populacional, uma determinada área pode ser considerada urbana num determinado país e não o ser noutra. Efectivamente, a densidade populacional, associada à dimensão dos lugares, está, por exemplo, na base das definições de zonas rurais consideradas nos diversos Estados-Membros da União Europeia,<sup>2</sup> sendo certo que, em determinadas circunstâncias, se complementam aqueles critérios com questões relacionadas com o uso dos solos, associado ao emprego no sector agrícola.

No caso de Portugal, como é sabido, a tipologia aprovada pelo Conselho Superior de Estatística, em colaboração com a Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, considerou três tipos de áreas: (a) áreas predominantemente urbanas, (b) áreas mediantemente urbanas e (c) áreas predominantemente rurais. De forma a obter áreas o mais homogéneas possível, foi considerado o nível mais baixo da divisão administrativa do território, i.e. as freguesias.

De acordo com aquela tipologia, as áreas predominantemente urbanas seriam compostas pelas freguesias nas seguintes situações:

- a) freguesias urbanas, ou seja aquelas que possuíssem uma densidade populacional superior a 500 habitantes/Km<sup>2</sup> ou que integrassem um lugar com população residente superior ou igual a 5000 habitantes;
- b) freguesias semi-urbanas – ou seja aquelas que possuíssem uma densidade populacional superior a 100 habitantes/Km<sup>2</sup> e inferior ou igual a 500 habitantes/Km<sup>2</sup>, ou que integrassem um lugar com população residente superior ou igual a 2000 habitantes e inferior a 5000 habitantes – contíguas às freguesias urbanas, incluídas na área urbana, ou constituindo por si só áreas predominantemente urbanas, segundo orientações e critérios de funcionalidade/planeamento;
- c) freguesias sedes de concelho com população residente superior a 5000 habitantes.

---

<sup>2</sup> Para uma análise exaustiva no que diz respeito à definição das áreas metropolitanas nos diversos países da OCDE veja-se Organisation for Economic Co-operation and Development (2006: 245-249); por sua vez, a própria metodologia da OCDE para identificação de zonas metropolitanas pode ser consultada em Organisation for Economic Co-operation and Development (2006: 250-265).

As áreas mediamente urbanas integrariam as freguesias semi-urbanas e as freguesias sedes de concelho, não incluídas na área predominantemente urbana. As áreas predominantemente rurais integrariam as restantes freguesias.

Claramente, a necessidade de complementar o critério da densidade populacional com outros que se revelaram mais apropriados à dinâmica dos territórios levou, por exemplo, para efeitos do objectivo 2 da política regional europeia (2000-2006), i.e. o apoio à reconversão económica e social das zonas com dificuldades estruturais, a considerar as zonas rurais em declínio, como sendo aquelas caracterizadas pelas seguintes situações:

- a) Densidade populacional inferior a 100 habitantes por Km<sup>2</sup> ou percentagem de empregos agrícolas, relativamente ao emprego total, igual ou superior ao dobro da média comunitária;
- b) Taxa média de desemprego superior à média comunitária nos últimos três anos ou diminuição da população desde 1985.

Neste mesmo sentido, uma classificação mais adaptada à realidade foi tentada ao nível do programa LEADER, tal como aconteceu também no Programa de Desenvolvimento Rural para 2007-2013. Nestes, assim como noutros instrumentos de planeamento regional, a questão do uso do solo é essencial. Por exemplo, tal como reconhecido pelo Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2007), para os Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT), os critérios de classificação, qualificação e reclassificação do solo são obviamente nucleares. A evolução no resultado da aplicação daqueles critérios está prevista ao admitir-se que a classificação e a qualificação do solo se fazem com base na identificação do uso dominante (*actual ou futuro*) numa determinada área ou espaço. Assim, aquela classificação e/ou qualificação deve/m ter em conta factores de natureza diversa como biofísicos, sociais, económicos e políticos.

Sendo, assim, evidente a necessidade de adaptação do quadro legal, vale a pena mencionar o referido em Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2007: 2): “O PROT é o instrumento de referência para o planeamento municipal, sendo, portanto, a sede adequada para concentrar orientações sobre a classificação e a qualificação do solo, em cumprimento dos objectivos estabelecidos no Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) e de *forma ajustada* às características dos sistemas ambientais, económicos e sociais e às *dinâmicas urbanísticas* de cada região.” (itálico da nossa responsabilidade).

Assim, reconhece-se que naquela(s) classificação (e qualificação) há que deixar espaço para opções estratégicas específicas como, por exemplo, combater a edificação dispersa, promover a reabilitação urbana ou a requalificação de determinadas áreas, *etc.*, tendo, naturalmente em conta os sistemas estruturantes do modelo territorial. Da conjugação destas duas perspectivas pretende-se ultrapassar a rigidez do quadro legal.

Consequentemente, admite-se que o solo urbano integra as áreas para as quais é reconhecida vocação para o processo de urbanização e edificação, enquanto o solo rural integra os solos aos quais é reconhecida aptidão para as actividades agrícolas, pecuárias, florestais ou minerais. Este solo integra, ainda, os espaços naturais de protecção ou de lazer e os que sejam ocupados por infra-estruturas que não lhe confirmam o estatuto de solo urbano. O solo rural consente, assim, ocupação urbanística desde que esta não implique a sua reclassificação como solo urbano.

O que atrás se referiu mostra a real importância da questão urbano *versus* rural, a qual não é uma simples questão de classificação (rígida ou imutável). Seja como for, resta sempre a questão essencial, ou seja: o que é que constitui a cidade ou a zona urbana, fronteiras administrativas, ou o quê? (Wilson, 2008). A este propósito, por exemplo, desde logo se reconhece em Fujita (1989: 1) que “*Yet cities are among the most complex human creations, and in many ways the least understood.*”<sup>3</sup> De facto, mesmo a abordagem de Fujita (1989), em que a noção de dinâmica temporal não foi considerada, não pode, por isso, ser considerada completamente satisfatória na compreensão da expansão urbana (Batty 2005: 3).

Da necessidade de compreender o processo de formação e desenvolvimento das cidades, resultou o estudo do papel das cidades, o qual tem vindo a ser alvo de estudo por parte de diversas ciências sociais, por exemplo, enquanto redes de interacção social (Akerlof 1997; Borjas 1995; Glaeser et al. 1992; Glaeser et al. 1996; Krugman 1991a, 1991b, 1996; Logan & Molotch 1987; Scott & Soja 1998; Soja 1997). Esta interacção não é só de natureza económica mas é, de acordo com aquelas abordagens, mais diversificada.<sup>4</sup>

De facto, atendendo ao crescimento da população urbana em torno das (grandes) cidades, a sua (acrescida) complexidade tende a dificultar (ainda mais) a compreensão (do

---

<sup>3</sup> Não deixa de ser interessante notar que as extensões ao manual de Fujita (1989), nomeadamente o tratamento dinâmico ficaram prometidas para um novo livro. Ainda interessante é verificar as temáticas das obras que se seguiram a este manual, nomeadamente as *Cidades, as Regiões e o Comércio Internacional* em Fujita et al. (1999) e as *Cidades, Localização Industrial e Crescimento regional* em Fujita & Thisse (2002).

<sup>4</sup> Batty (2004) analisa as relações entre as diversas componentes da estrutura urbana (por exemplo, ruas) do ponto de vista da teoria dos grafos, considerando, no entanto, aquela como um dado.

modo de formação e desenvolvimento) das cidades.<sup>5</sup> Este crescimento acarreta, obviamente, alterações na paisagem, as quais se podem detectar, mais facilmente sobretudo quando se comparam duas realidades suficientemente distantes no tempo. Aquelas alterações resultam de um processo contínuo de interacção entre elementos, nomeadamente estados da natureza e pessoas, os quais formam um sistema, regra geral, complexo. Esta complexidade torna-se, do nosso ponto de vista, particularmente interessante quando envolve ou resulta das decisões tomadas pelas pessoas (em função dos seus interesses e/ou características) quanto à sua localização num determinado espaço (com determinadas características).

Neste âmbito, uma melhor (ou mais fácil) resposta à questão: *Como responder à desertificação e degradação dos espaços rurais e ao congestionamento e alastramento dos espaços urbanos?* passa pela (melhor) compreensão prévia dos factores causais do processo dinâmico conducente àquela alteração nas paisagens rural e urbana (Polyakov & Zhang 2008). Uma das formas de (melhor) compreender este processo dinâmico, regra geral, complexo, consiste no recurso a exercícios de simulação do tipo ‘agent-based’, tal como os modelos de modelização urbana desenvolvidos por Felsen, Watson e Wilenski [veja-se a ‘Urban Modeling Suite’ em <http://ccl.northwestern.edu/cities/#urban-suite> (acedido em Março 02, 2012)].

O objectivo deste trabalho é assim o de, em termos pedagógicos, ilustrar o uso deste género de modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos e, em termos científicos, estender/modificar estes modelos de forma a, do nosso ponto de vista, melhor compreender porque se assiste à desertificação dos espaços rurais por contrapartida do congestionamento dos espaços urbanos.

O resto deste trabalho apresenta-se estruturado da seguinte forma. Na secção 2 pretende-se cumprir o objectivo pedagógico desta comunicação através da apresentação de modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos como, por exemplo, aqueles considerados na ‘Urban Modeling Suite’ de Felsen, Watson e Wilenski (veja-se <http://ccl.northwestern.edu/cities/#urban-suite> (acedido em Março 02, 2012)). Na secção 3 pretende-se cumprir o objectivo científico através da extensão/modificação daqueles modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos. A secção 4 conclui através da apresentação de potenciais vias para novas análises que colmatem as lacunas do presente trabalho.

---

<sup>5</sup> Por exemplo, de acordo com Bloom & Khanna (2007), no ano de 2008 ter-se-ia verificado que, pela primeira vez na história, mais de 50% da população mundial viveria nas zonas urbanas.

## 2. Apresentação de alguns modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos

A ocupação dos espaços rurais e urbanos pode ser simulada de várias formas. A mais simples, de entre estas formas, consiste em considerar o espaço dividido em dois sub-espaços complementares entre si sem que, na verdade, a localização espacial desses dois sub-espaços seja considerada relevante. Claramente, este género de simulação pode ser tornada mais realista – embora, o objectivo não seja o de se pretender estar a reproduzir a realidade com a simulação – se se adoptar uma simulação baseada em agentes (por tradução de *agent-based simulation*). Para tal existem algumas alternativas, sendo aqui utilizado o conjunto de modelização urbana (por tradução de *Urban Modeling Suite*) de Felsen, Watson e Wileski, no âmbito das actividades do *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling* [veja-se <http://ccl.northwestern.edu/cities/> (acedido em Março 02, 2012)].

Enquadrando-se na categoria de modelização processual (por tradução de *procedural modeling*) das cidades (Lechner et al. 2003, Lechner et al. 2004)., o conjunto é constituído por uma série de modelos escritos em linguagem NetLogo.<sup>6</sup> Os modelos são os seguintes:

- *Positive Feedback* – Este modelo considera o conceito de *feedback* positivo, o qual é considerado um fenómeno comum em muitas áreas de desenvolvimento dos espaços urbanos, sendo crucial para entender o padrão de crescimento das cidades (Batty 2005: 38-42). Estamos perante um fenómeno de *feedback* positivo quando a taxa de crescimento de uma determinada variável se relaciona positivamente/directamente com a magnitude dessa variável, podendo, assim, ilustrar o caso em que os ricos se tornam mais ricos e os pobres mais pobres.
- *Path Dependence* – Este modelo reconsidera o conceito de *feedback* positivo enquanto fazendo parte do conceito mais geral de dependência de trajectória tal como analisado por Arthur (1988). Neste modelo considera-se que as empresas estão perante a decisão do local onde se instalar, para tal percorrendo a ‘paisagem’, ou seja o território.
- *Structure from Randomness 1* – Este modelo demonstra como uma estrutura perfeitamente identificável pode emergir de condições iniciais aleatórias sob um processo simples (Batty 2005: 43-45).

---

<sup>6</sup> NetLogo é um ambiente de modelização programável com multi-agentes, livremente disponível em <http://cd.northwestern.edu/netlogo/> (acedido em Março 02, 2012).



- *Structure from Randomness 2* – Este é um segundo modelo mostrando como uma estrutura perfeitamente identificável pode emergir da aleatoriedade (Batty 2005: 45-47).
- *Cells* – Este modelo explora autómatos celulares 2-D enquanto uma introdução à dinâmica espacial e crescimento de formas complexas (ou bastante regulares) a partir de regras simples.
- *Pollution* – Este modelo analisa o balanço/equilíbrio (frágil) entre a criação e a eliminação de poluição por agentes num ambiente simulado do tipo predador-presa. Considerando uma população de pessoas, de elementos de paisagem, e de agentes poluidores, admite-se que existe competição pelos recursos. Desta competição por recursos, em termos de interação dinâmica entre predadores (agentes poluidores) e presas (pessoas) podem resultar diversos comportamentos (cíclicos) de reprodução.
- *Awareness* – Este modelo simula pontos de informação e/ou troca de recursos num ambiente urbano e analisa a dispersão do conceito de recurso através de uma população de agentes. Assume-se que o ambiente urbano consiste numa cidade onde os indivíduos se encontram e trocam informação com base na informação recolhida por cada um deles. Em termos de aproximação à realidade considera-se que o grau de consciencialização (*awareness*) depende das características dos indivíduos na medida em que uns são mais propensos a reconhecer (e trocar) informação relevante.
- *Recycling* – Este modelo demonstra a relação entre agentes tentando sustentar o seu recurso natural de terra ao longo do tempo. Os agentes que reciclam são aqueles com maior consciência do valor da terra que utilizam. Assim, utilizam a terra mas não a destroem e tentam reciclar tudo. Por outro lado, existem aqueles agentes que não reciclam, consumindo toda a terra e despejando nela todos os seus desperdícios/lixo, tornando-a inutilizável, até ser restaurada por um agente reciclador.
- *Sprawl Effect* – Este modelo demonstra uma versão simplificada do crescimento das cidades e como este conduz à expansão urbana desordenada e aos problemas relacionados com o mesmo (por exemplo, *leapfrogging*). De novo, a riqueza do modelo consiste em mostrar como certos padrões de comportamento de uso da terra podem emergir sem que para tal sejam necessárias regras (bastante) complexas.

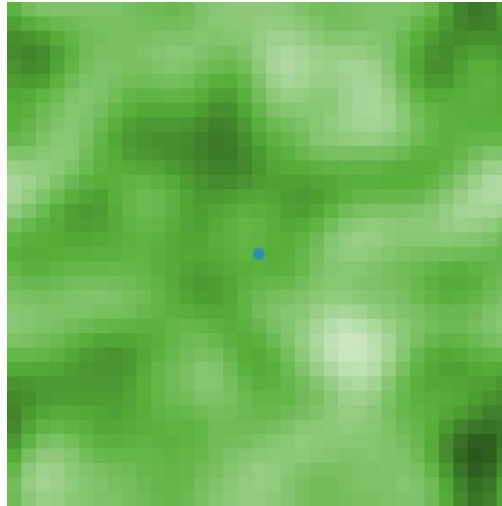
- *Economic Disparity* – Este modelo analisa os padrões de utilização residencial de terra de um ponto de vista económico, usando a situação socioeconómica dos agentes para determinar as suas preferências para escolher o lugar onde viver. Considera-se o crescimento de duas populações, uma mais favorecida (i.e. rica) e outra menos favorecida (i.e. pobre), as quais se fixam num determinado local de acordo com três características da paisagem: a qualidade percebida, o custo de vida e a proximidade aos serviços ou locais de atracção. Por sua vez, estas características mudam de acordo com o local onde as populações se fixam. O modelo mostra a segregação das populações com base no rendimento, a aglomeração (*clustering*) dos serviços nas áreas de maior afluência e como as atitudes das pessoas podem levar a um ‘clustering’ (ênfase na proximidade) ou na dispersão (ênfase no custo ou qualidade).
- *Tijuana Bordertowns* – Este modelo simula as situações socioeconómicas dos residentes pobres na cidade de Tijuana com o propósito de delinear intervenções (propositadas). O modelo permite a definição de tipos de população (i.e. migrantes ou residentes) através da consideração de taxas de migração de acordo com a situação relativa ao emprego.

### 3. Extensão dos modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos

As possibilidades de simulação oferecidas pelo conjunto de modelização urbana atrás apresentado são, obviamente, inúmeras. Nesta secção serão ilustradas duas possíveis extensões àqueles modelos de simulação, nomeadamente uma modificação do modelo de efeito de expansão urbana (*sprawl effect*) (Felsen & Wilensky 2007a) e um exercício no espaço de comportamento (*behavior space*) no modelo de disparidade/desigualdade económica (*economic disparity*) (Felsen & Wilensky 2007b).

No que diz respeito ao modelo de expansão urbana, inicia-se por considerar que o terreno/espaço – constituído por células, de acordo com a metodologia NetLogo – não é igualmente atractivo para fixação de áreas urbanas. Em termos do considerado na modelização, as células mais claras são mais atractivas e as mais escuras são menos atractivas. Considera-se também uma população (que pode assumir diversos valores) residencial de agentes que podem ser de dois tipos: ou que procuram estabelecer a sua residência ou que (temporariamente) se encontram numa situação residencial.

Assim, a situação inicial – em que todos os agentes se encontram concentrados num ponto do território – correspondente a este modelo é do género da que se apresenta na figura 1.



**Figura 1:** A situação inicial no modelo de expansão urbana

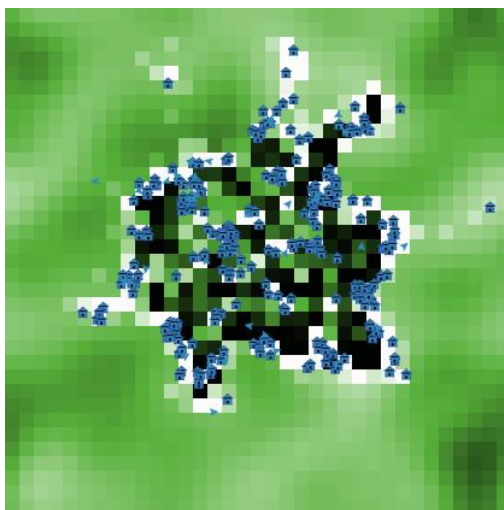
No caso de agentes que procuram local de residência admite-se que têm em conta a atractividade das células que estão dentro de um ângulo de pesquisa (por exemplo, um ângulo de 360° significará que têm em conta a atractividade de todas as células que rodeiam a actual localização). De acordo com a atractividade dessas localizações, o agente decide mudar de posição (ou não) em direcção a locais mais atractivos. Esta deslocalização não corresponde exactamente à pesquisa por gradiente em relação ao local mais atractivo pois o modelo incorpora alguma aleatoriedade ao permitir que o agente só tenha em conta a atractividade de um número limitado (que pode ser modificado) de células.

A decisão de estabelecer residência na actual célula resulta da comparação da atractividade da mesma com o valor mínimo considerado pelo agente. Para além deste facto, de acordo com a hipótese de *feedback* positivo, por cada passagem por uma célula esta aumenta a sua atractividade. Ainda assim, a permanência na mesma célula como local de residência faz crescer a sua atractividade, mas, a partir de um certo nível de utilização, a saturação pode dar origem a um decréscimo da atractividade. Desta forma, quando é atingido um limite de saturação, a atractividade decresce (no modelo original, para zero<sup>7</sup>). Também a situação de residência dá origem, ao fim de um determinado tempo (que pode ser alterado), a um processo de procura de uma nova localização.

---

<sup>7</sup> Os próprios autores reconhecem que esta hipótese não é muito realista. Assim, sugerem que o modelo possa ser aperfeiçoado se se considerar que a atractividade de cada local tenha em conta também a atractividade das localizações vizinhas. De facto, é neste aperfeiçoamento que consiste a extensão que irá ser considerada.

A título de exemplo, considerando um ângulo de procura de 90° e uma população de 300 agentes, obtém-se um efeito de expansão urbana tal como se ilustra na figura 2.



**Figura 2:** A simulação do processo de expansão urbana

Conforme a figura 2 mostra claramente, a atractividade das áreas sujeitas a ocupação residencial saturante/excessiva decresce abruptamente (para zero, conforme mostram as células mais escuras), o que nos parece ser uma hipótese criticável, como os próprios autores reconhecem. Assim, como extensão ao modelo considere-se que a atractividade de cada lugar reflecte também a atractividade das localizações vizinhas.<sup>8</sup> De forma a poder verificar as alterações resultantes desta modificação,<sup>9</sup> considere-se a mesma situação das figuras 1 e 2, ou seja um ângulo de pesquisa de 90° e uma população de 300.

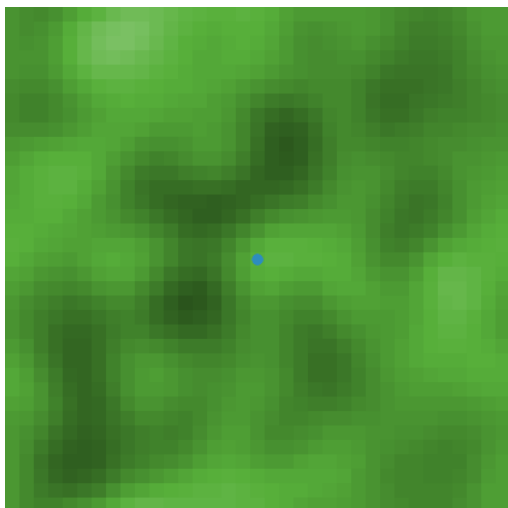
A modificação na modelização da atractividade torna a expansão urbana bem menos evidente, tal como mostra a figura 4.<sup>10</sup> Assim, o impedimento de uma saturação da ocupação residencial pode ser crucial na contenção da expansão desordenada dos agentes em busca de novas zonas residenciais.

---

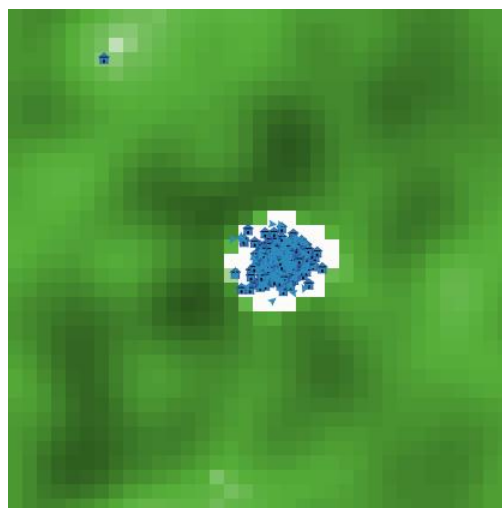
<sup>8</sup> Este tipo de desfasamento espacial é, aliás, muito considerado em econometria espacial.

<sup>9</sup> A rotina Netlogo (cuja base é a original) modificada está disponível a pedido.

<sup>10</sup> A partir de agora, será utilizada a expressão “situação final” para designar a situação em que se fez parar o processo de simulação e não, obviamente, para designar a situação que se obteria ao fim de um número infinito de momentos.

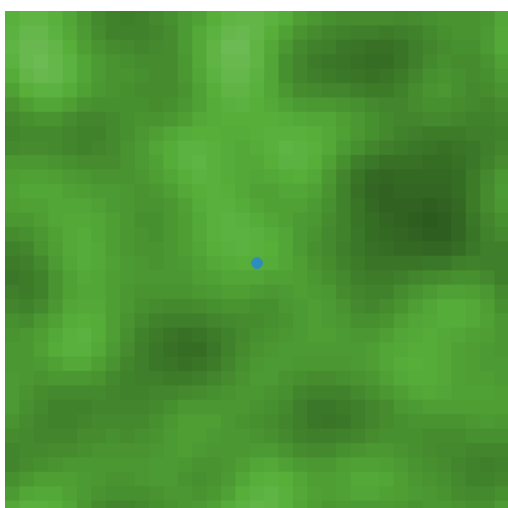


**Figura 3:** A situação inicial ( $\alpha = 90^\circ$ ;  $N = 300$ )

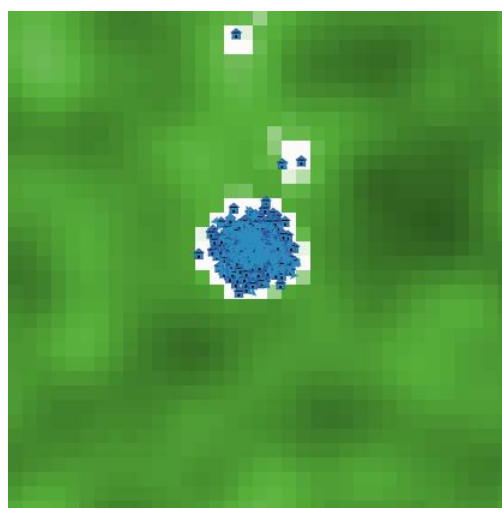


**Figura 4:** A situação final ( $\alpha = 90^\circ$ ;  $N = 300$ )

Claramente, no processo de expansão urbana, parece ser relevante o próprio efectivo populacional, sendo de esperar que um maior nível populacional desencadeie uma maior expansão. Este facto é confirmado na figura 6.

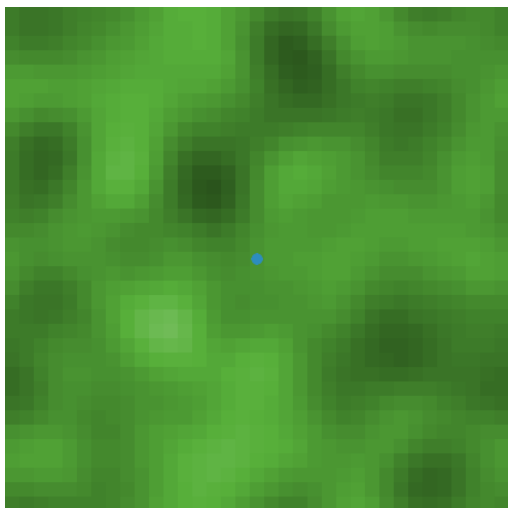


**Figura 5:** A situação inicial ( $\alpha = 90^\circ$ ;  $N = 750$ )

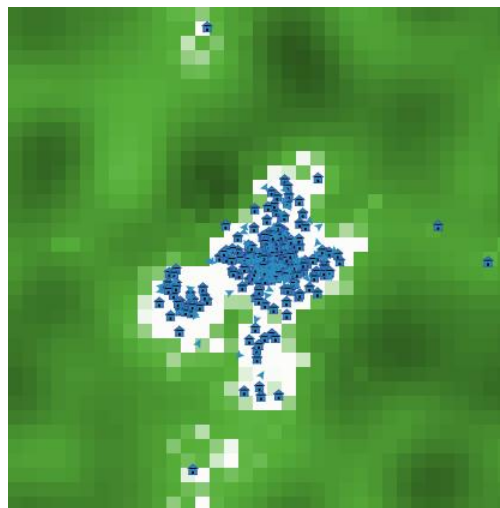


**Figura 6:** A situação final ( $\alpha = 90^\circ$ ;  $N = 750$ )

Claramente, um aspecto certamente relevante no processo de expansão urbana tem que ver com as características dos agentes. No modelo em causa, o ângulo de pesquisa é um dos elementos que se revela mais importante nas características dos agentes. A sua alteração para níveis superiores torna o processo de expansão consideravelmente mais evidente, tal como mostra a figura 8, mesmo sem que para tal seja necessário um maior efectivo populacional.



**Figura 7:** A situação inicial ( $\angle = 270^\circ$ ;  $N = 300$ )



**Figura 8:** A situação final ( $\angle = 270^\circ$ ;  $N = 300$ )

O modelo anterior é assumidamente simples e pode ser alvo de algumas melhorias. Uma dessas melhorias consiste em considerar que os agentes são, por algum motivo, diferentes. De facto, as populações são heterogêneas em muitos aspectos, incluindo o nível de riqueza, o qual condiciona o processo de procura por localizações de instalação/residência. Assim, uma forma de extensão do modelo que iremos considerar consiste em proceder a um exercício no espaço de comportamento (*behavior space*) ao nível do modelo de disparidade económica (*economic disparity*) dado que neste é, efectivamente, possível diferenciar a população ‘pobre’ da população ‘rica’ em termos da prioridade atribuída ao preço ou à qualidade da sua localização ou fixação no território.

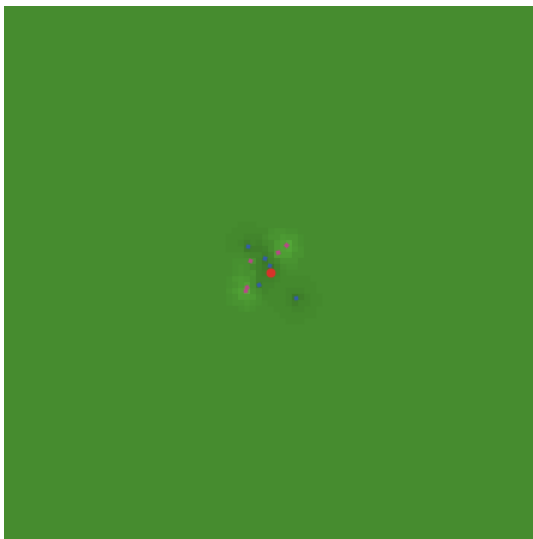
De forma a melhor se perceber a ‘extensão’ aqui considerada, apresente-se o modelo. Este considera localizações de fontes de trabalho (representados por círculos vermelhos) em número variável.<sup>11</sup> As pessoas (apresentadas como pequenos quadrados azuis e rosa) deslocam-se pelo território tendo em conta o seu desejo de viver perto do local de trabalho mas têm em conta também o preço (custo de vida) ou, igualmente, a qualidade do local.

Neste modelo existem dois tipos de pessoas: ‘pobres’ (a azul) e ‘ricas’ (a rosa), as quais querem, ambas, viver perto do local de trabalho – até porque este, por construção, se localiza numa zona de elevada qualidade. O que distingue os dois tipos de pessoas é o facto de a camada pobre procurar localizações com baixo preço (e logo, baixa qualidade) enquanto a camada rica procurar locais com alta qualidade (e logo, alto preço). Assim, o

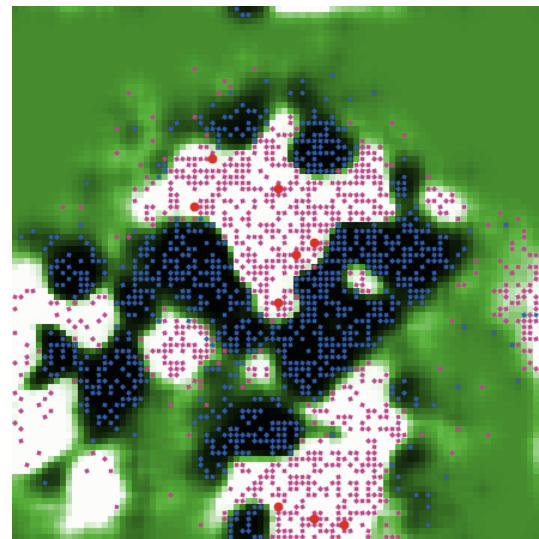
<sup>11</sup> Na verdade, a designação destes focos de atracção como locais de trabalho não parece ser a mais indicada, tendo em conta que, na realidade, se tratam de pontos no território onde, por algum motivo, a qualidade do local é elevada, logo sendo, de facto, pontos de atracção populacional, não necessariamente associáveis a locais de trabalho.

que distingue as duas camadas populacionais é a sua prioridade em relação ao preço/qualidade *vs* a distância. O modelo original considera também que a localização da camada ‘rica’ num determinado lugar faz aumentar o preço do mesmo enquanto o preço da terra diminui se for escolhido como local de habitação da camada ‘pobre’. Em jeito de desfasamento espacial, este efeito difunde-se no espaço, afectando as localizações vizinhas.

Tendo em conta as hipóteses do modelo, atrás apresentadas, as figuras 9 e 10 mostram a situação inicial e uma situação de desenvolvimento para o modelo em causa.

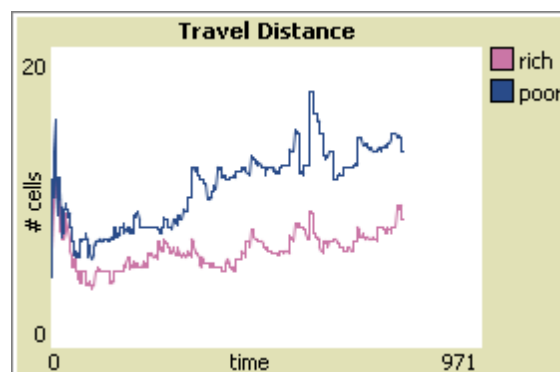


**Figura 9:** A situação inicial



**Figura 10:** A situação final

Neste modelo, a distância das camadas populacionais até aos locais de trabalho – i.e., os locais de maior atracção – é obviamente um factor crucial. Tendo em conta as características dos agentes, a figura 11 mostra que a distância é sempre superior para o leque populacional mais pobre.



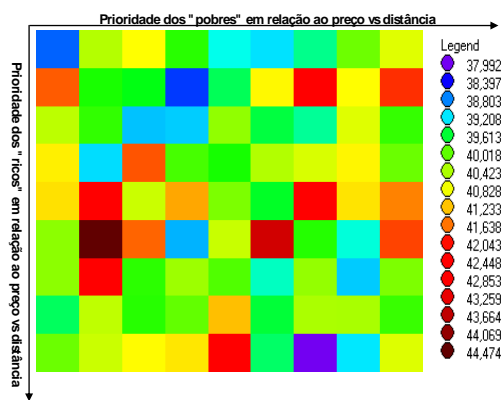
**Figura 11:** A distância até aos focos de atracção populacional

Num modelo tão rico de possíveis interacções, um exercício no espaço dos parâmetros é a melhor forma de verificar como se comportam as variáveis de interesse à medida que os elementos

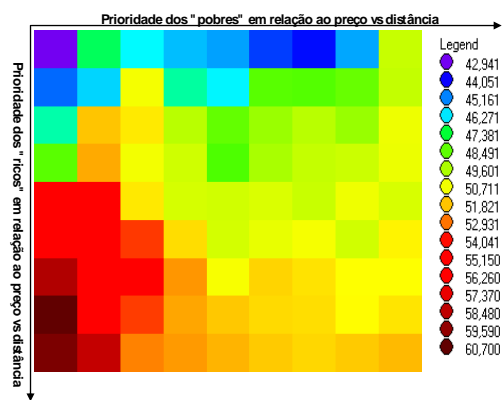
relevantes variam no seu espaço de possibilidades. Neste caso, afiguram-se interessantes dois tipos de exercícios deste género:

- verificação como varia o preço ou a qualidade (inicial, final, mínima, média e/ou máxima) à medida que as prioridades (preço/qualidade *vs* distância) dos dois tipos de camadas populacionais variam;
- verificação como varia a distância (inicial, final, mínima, média e/ou máxima) à medida que aquelas prioridades se alteram também.

No que diz respeito ao primeiro exercício há, em primeiro lugar, que referir o aumento no preço/qualidade que se verifica, sendo este facto o resultado da situação inicial ser do tipo aleatório. A comprovar este facto comparem-se as figuras 12 e 13, as quais mostram a qualidade inicial e final.



**Figura 12:** A qualidade inicial



**Figura 13:** A qualidade final

Em termos médios, a figura 14 mostra como a qualidade geral dos lugares aumenta quando a prioridade da camada populacional mais favorecida considera mais prioritária a qualidade, sendo certo que este mesmo efeito pode ser obtido, embora em menor escala, se a camada populacional mais desfavorecida tiver (conseguir ter) também este género de prioridade.



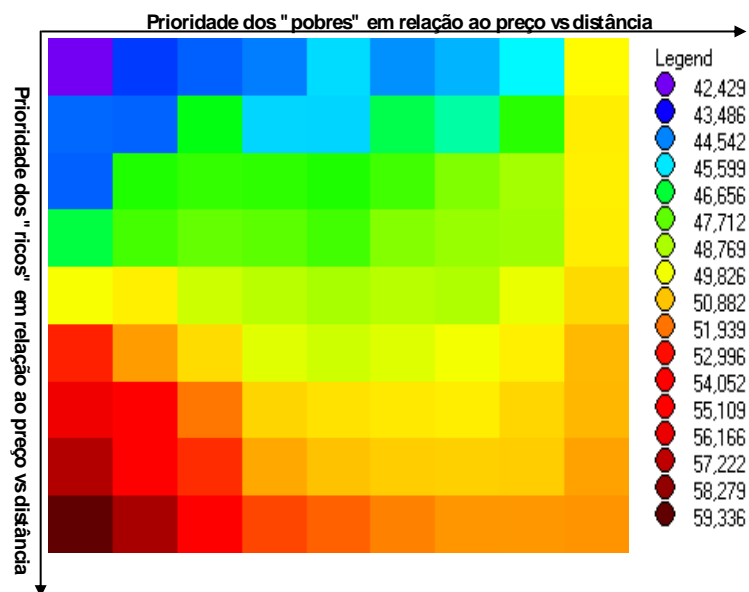


Figura 14: A qualidade média

No que diz respeito ao segundo exercício, i.e. verificação como varia a distância à medida que as prioridades dos agentes se alteram também, pode concluir-se que a distância aos locais de maior atracção diminui gradualmente à medida que este factor se torna menos importante, sendo evidente que aumenta substancialmente se esta não for de todo um factor importante. Este facto pode ser confirmado pela figura 15.

Tal significa também que a dispersão populacional será menos relevante se existirem fontes de atracção populacional espalhadas pelo território, tal como é evidente.

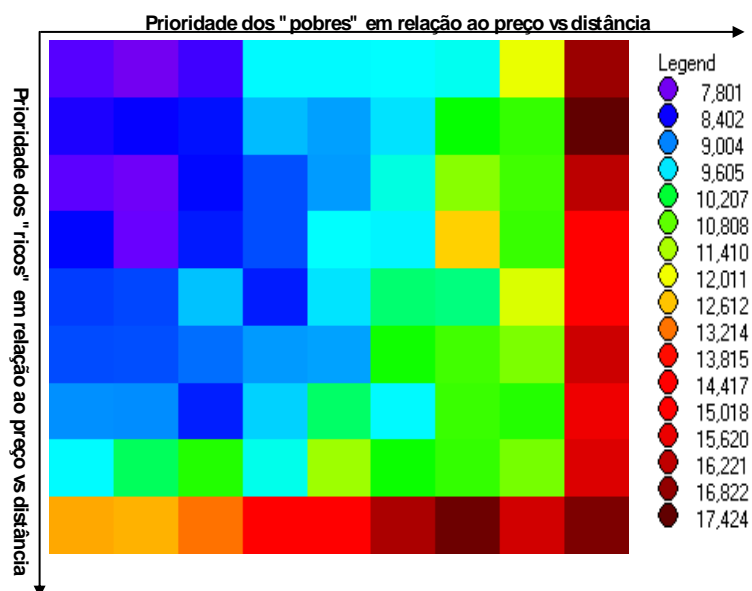


Figura 15: A distância média

#### 4. Conclusão

Este trabalho pretendeu ajudar a compreender o processo de alteração, regra geral, complexo, nas paisagens rural e urbana. Para tal fez-se recurso a exercícios de simulação do tipo ‘agent-based’, tal como os modelos de modelização urbana desenvolvidos por Felsen, Watson e Wilenski [veja-se a ‘Urban Modeling Suite’ em <http://ccl.northwestern.edu/cities/#urban-suite>, acessido em Março 02, 2012)]. Em termos pedagógicos, foi ilustrado o uso deste género de modelos de simulação de ocupação dos espaços rurais e urbanos e, em termos científicos, foram estendidos/explorados estes modelos de forma a, do nosso ponto de vista, melhor compreender porque se assiste à desertificação dos espaços rurais por contrapartida do congestionamento dos espaços urbanos. Destes exercícios foi possível replicar alguns dos fenómenos que estão por detrás daquele processo de desertificação, tendo em conta por exemplo, a atractividade dos locais nos territórios ou as próprias características dos agentes.

Sendo os modelos aqui utilizados de uma forma propositadamente simples, é justo chamar a atenção para as enormes potencialidades que os mesmos oferecem, de facto. Uma destas potencialidades consiste na utilização de elementos de geo-referenciação geográfica reais, nomeadamente ficheiros ‘shape’, os quais permitem a simulação de fenómenos do tipo aqui considerados em territórios existentes na realidade [veja-se a extensão GIS para NetLogo em <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/gis.html>, (acedido em Março 02, 2012)]. Esta será uma possibilidade a ser considerada em trabalhos futuros.

#### Referências bibliográficas

- Akerlof, G. A. (1997). Social distance and social decisions. *Econometrica*, 65, 1005-27.
- Anselin, Luc (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Boston: Kluwer Academic.
- Anselin, Luc (1999). Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In *Geographical information systems*, 2.<sup>a</sup> ed., editado por P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, & D. W. Rhind. New York: Wiley.
- Arthur, B. A., S. N. Durlauf, & D. A. Lane. (1997). *The economy as an evolving complex system II*. Reading (MA): Addison-Wesley.
- Arthur, W. Brian (1988). Urban systems and historical path-dependence. Stanford University, *Stanford Institute for Population and Resource Studies*, Working Paper Series: Paper No. 0012. [disponível em <http://www.stanford.edu/group/morrinst/pdf/12.pdf> (acedido em Fevereiro 14, 2009)]

- Batty, Michael (2004). A New Theory of Space Syntax, *UCL Centre for Advanced Spatial Analysis*, Working Papers Series, Paper 75, Março. [disponível em [http://www.casa.ucl.ac.uk/working\\_papers/paper75.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper75.pdf) (acedido em Fevereiro 14, 2009)]
- Batty, Michael (2005). *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals*. Massachusetts (MA): MIT Press.
- Bloom, David E., & Tarun Khanna (2007). The Urban Revolution. *Finance and Development*, 44 (3), Setembro, International Monetary Fund. [disponível em <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2007/09/bloom.htm> (acedido em Fevereiro 14, 2009)]
- Borjas, G. J. (1995). Ethnicity, neighborhoods and human-capital externalities. *American Economic Review*, 85, 365-90.
- Felsen, M., & U. Wilensky (2007a). NetLogo Urban Suite - Sprawl Effect model. <http://cd.northwestern.edu/netlogo/models/UrbanSuite-SprawlEffect>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Felsen, M., & U. Wilensky (2007b). NetLogo Urban Suite - Economic Disparity model. <http://cd.northwestern.edu/netlogo/models/UrbanSuite-EconomicDisparity>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Fujita, Masahisa (1989). *Urban Economic Theory: Land Use and City Size*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fujita, Masahisa, Paul Krugman, & Anthony Venables (1999). *The Spatial Economy - Cities, Regions and International Trade*. Massachusetts (MA): MIT Press.
- Fujita, Masahisa, & Jacques-Francois Thisse (2002). *Economics of Agglomeration - Cities, industrial Location, and Regional Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Glaeser, E. L., H. D. Kallal, J. A. Scheinkman, & A. Schleifer (1992). Growth in cities. *Journal of Political Economy*, 100, 1126-52.
- Glaeser, E. L., B. Sacerdote, & J. A. Scheinkman (1996). Crime and social interactions. *Quarterly Journal of Economics*, 111, 507-48.
- Goodchild, Michael F., Luc Anselin, Richard P. Appelbaum, & Barbara Herr Harthorn (2000). Toward Spatially Integrated Social Science. *International Regional Science Review*, 23, 2, Abril, 139-159.
- Krugman, P. (1991a). *Geography and trade*. Cambridge (MA): MIT Press.
- Krugman, P. (1991b). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99, 438-99.
- Krugman, P. (1996). Urban concentration: The role of increasing returns and transport

costs. *International Regional Science Review*, 19, 5-30.

Lechner, T., B.A. Watson, U. Wilensky, & M. Felsen (2003). Proceduring city modelling. *1st Midwestern Graphics Conference* (St. Louis, MO). [disponível em <http://ccl.northwestern.edu/cities/papers/midgraph.cities.pdf> (acedido em Fevereiro 14, 2009)]

Lechner, T., B.A. Watson, S. Tissue, U. Wilensky, & M. Felsen (2004). Procedural modeling of land use in cities. *Technical report NWU-CS-04-38*. [disponível em <http://ccl.northwestern.edu/cities/papers/cities.tr.pdf> (acedido em Fevereiro 14, 2009)]

Logan, J., & H. L. Molotch (1987). *Urban fortunes: The political economy of place*. Berkeley: University of California Press.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2007). Nota sobre a definição de critérios de classificação, qualificação e reclassificação do solo em sede do PROT. *Gabinete do Secretário de Estado do Ordenamento do Território e das Cidades*, Dezembro. [disponível em [http://www.dgotdu.pt/prot-continente/Nota%20Classif%20Solo%20%20PROT\\_V4\\_11Dez07.pdf](http://www.dgotdu.pt/prot-continente/Nota%20Classif%20Solo%20%20PROT_V4_11Dez07.pdf) (acedido em Fevereiro 14, 2009)]

Organisation for Economic Co-operation and Development (2006). *Competitive Cities in the Global Economy*. OECD Territorial Reviews.

Polyakov, Maksym, & Daowei Zhang (2008). Population Growth and Land Use Dynamics along Urban–Rural Gradient. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 40, Agosto, 649-666. [disponível em <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/47205/2/jaae-40-02-649.pdf> (acedido em Fevereiro 14, 2009)]

Scott, A. J., & E. W. Soja (1998). *Los Angeles and urban theory at the end of the twentieth century*. Berkeley: University of California Press.

Soja, E. W. (1997). *Postmodern geographies: The assertion of space in critical social theory*. London: Verso.

Wilson, Alan (2008). Urban and regional dynamics – 1: a core model. *UCL Centre for Advanced Spatial Analysis, Working Papers Series, Paper 128*, Fevereiro. [disponível em [http://www.casa.ucl.ac.uk/working\\_papers/paper128.pdf](http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers/paper128.pdf) (acedido em Fevereiro 14, 2009)]