

**Modelo de Interação Espacial para a Ocupação do Uso do Solo.**

*Aplicação às ilhas do Corvo, Flores e Graciosa*

**Contributos para a Avaliação Estratégica Dos POOC das Ilhas Flores, Corvo e Graciosa**

**Tomaz Ponce Dentinho**<sup>1</sup> ([tomaz.dentinho@mail.angra.uac.pt](mailto:tomaz.dentinho@mail.angra.uac.pt)), **Helena Calado**<sup>2</sup> ([calado@notes.uac.pt](mailto:calado@notes.uac.pt))

**Paulo Silveira**<sup>1</sup> ([paulosilveira@mail.angra.uac.pt](mailto:paulosilveira@mail.angra.uac.pt))

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Agrárias/*Campus* de Angra do Heroísmo, Universidade dos Açores;  
9701-851 Angra do Heroísmo, Açores Portugal

<sup>2</sup> Secção de Geografia - Departamento de Biologia/*Campus* de Ponta Delgada, Universidade dos Açores;  
9500-801 Ponta Delgada, Açores Portugal

---

**Resumo**

Este artigo pretende formular e testar um modelo integrado para o uso do solo, capaz de explicar a relação entre o Homem e o Ambiente. O objectivo é compreender a interacção entre a economia e o território, tentando avaliar os factores ambientais, tecnológicos, económicos e reguladores que afectam o uso do solo. Para atingir este objectivo formula-se um modelo de interacção especial que evidencia as relações entre as zonas e as actividades, baseado nas acessibilidades relativas, nas rendas, nos coeficientes e capacidades técnicas. A aplicação do modelo implica: a) estimação das áreas com capacidade para cada actividade e para cada zona, com base no clima, topografia e solos; b) a estimação de coeficientes técnicos para cada actividade (residencial, turismo, urbano, horticultura/ fruticultura, pecuária, silvicultura) c) a calibração dos parâmetros das rendas e atrito espacial. O modelo permite simular políticas que interferem com o emprego básico de cada zona, que modificam acessibilidades e capacidades, que limitam o uso do solo das actividades, e que alteram os coeficientes técnicos. Neste artigo estimamos o impacto de alterações do emprego básico associados aos cenários dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) para Corvo, Flores e Graciosa, com o objectivo de clarificar a avaliação estratégica dos mesmos.

*Palavras-Chave:* Modelo de Interação Espacial, Uso do Solo, SIG, POOC.

## 1 - Introdução

O objectivo deste artigo é entender a interacção entre a economia e o território, tentando apreciar os efeitos que os factores ambientais, tecnológicos, económicos e regulatórios podem ter no uso do solo. Para alcançar este objectivo propomos formular, testar, calibrar e simular uma interacção espacial, e aplicar às ilhas do Corvo, da Graciosa e das Flores nos Açores. Esta aproximação pretende responder à crescente procura por ferramentas capazes de suportar a gestão do desenvolvimento sustentável ao nível regional e local. Estas ferramentas devem integrar sempre as diversas disciplinas que olham para os processos de uso do solo e serem capazes de utilizar os novos métodos dos sistemas de informação geográfica.

O uso do solo estabelece uma ligação entre as decisões humanas e o ambiente. Muitos modelos foram desenvolvidos com o fim de perceber e avaliar os processos territoriais de interacção entre o homem e o ambiente: modelos descritivos, modelos preditivos (estocásticos e estáticos) e, de uma perspectiva mais operacional, modelos que tentam identificar e gerir as causas que influenciam o uso do solo (modelos de simulação, modelos económicos e modelos integrados).

Modelos descritivos dizem respeito a mudanças no uso do solo e tentam discutir os factores que as provocam. Para recolher informação, estes modelos usam métodos de interpretação de dados de detecção remota (imagens de fotografia aérea, imagens de satélite). Estes modelos são aplicados a grandes áreas, onde é difícil obter informação para calibrar outros tipos de modelos. Existem alguns exemplos deste tipo de modelos: a análise da evolução da intensificação do uso do solo em Velingara, Senegal (Wood *et al.*, 2004), o estudo da evolução da floresta face à plantação de chá no Uganda (Mulley & Unruh, 2005), ou a compreensão dos efeitos geográficos e sociais das reformas agrícolas e florestais na bacia do Xizhuang, na China (Jianchu *et al.* 2005).

Modelos estocásticos aplicados às mudanças do uso do solo, consistem em modelos probabilísticos e transição entre diferentes estados do sistema. Por exemplo Thornton & Jones (1998) apresentaram um modelo conceptual baseado nas Cadeias de Markov e em simples regras de decisão. O modelo permite interpretar os impactes ambientais devidos a mudanças exógenas na tecnologia, na economia, e nas regulações públicas. Estes modelos permitem compreender o quando e onde determinadas mudanças no uso do solo ocorreram no passado e permite prever quando irão ocorrer no futuro próximo, mantendo-se constante as regras de evolução.

Modelos estatísticos tentam identificar as causas para as mudanças do uso do solo através de análise multivariada que enfatiza os factores exógenos para as mudanças observados no uso do solo. Modelos de regressão múltipla podem ser usados, lineares (Tomppo, *et al.* 2002) e não lineares (Serneels & Lambin, 2001), mas também modelos de redes neuronais e métodos de máxima similitude (Joshi *et al.* 2006) permitindo, por exemplo, a caracterização das estratégias de gestão dos agricultores em Andapa, Madagascar (Laney, 2004), ou em Kiriyaga, Kenya (Dorsey, 1999). Modelos CLUE estão neste grupo, classificado (Heistermann, 2006) como modelos geográficos/empíricos; eles levam em conta as mudanças no uso do solo ao longo do tempo, com diferentes escalas de desagregação e podem ser usados para avaliar o impacto das tendências da procura ao nível nacional (Verburg *et al.*, 2002). Modelos estatísticos são úteis não só para perceber quando e onde os diferentes usos do solo aparecem no passado, mas também para entender as causas que afectam esses usos, e para prever onde esses irão ocorrer no futuro próximo se houver mudanças nos factores causais.

Neste trabalho são apresentadas várias simulações da ocupação do uso do solo com base nos cenários propostos para os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) das ilhas Graciosa, Flores e Corvo. O modelo de interacção espacial de ocupação do uso do solo permite saber o impacto espacial dos cenários de emprego, apresentando resultados que servem como instrumentos de apoio à tomada de decisões no que toca a um novo desenho de políticas de médio e longo prazo para promoção do desenvolvimento sustentável de cada ilha. Esta abordagem permite ainda contribuir para a clarificação da Avaliação Estratégica destes planos. Esta aproximação surge na sequência das novas exigências comunitárias ao nível da Avaliação Ambiental Estratégica prevista na Directiva Comunitária (2001/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho de 2001) relativa à Avaliação dos Efeitos de Determinados Planos e Programas no Ambiente, cujo objectivo (artigo 1º) é o estabelecimento de um elevado nível de protecção do ambiente na preparação e aprovação de planos e programas, com vista a promover um desenvolvimento sustentável. Para tal, visa garantir que determinados planos e programas, susceptíveis de ter efeitos significativos no ambiente, sejam sujeitos a uma avaliação ambiental. Até à data, alguns dos obstáculos mais comuns à implementação da AEA dizem respeito a lacunas no desenvolvimento de metodologias, falta de experiência profissional e de linhas de orientação nesta matéria. Assim, a utilização do Modelo de Interacção Espacial aplicado á análise dos possíveis impactes

da implementação dos POOC em elaboração para as ilhas de Corvo, Flores e Graciosa pode constituir uma metodologia operacional para a AEA:

Para cada uma das ilhas foram elaboradas duas simulações para o Ano Zero (2008) e duas para o Ano Horizonte do projecto (2020). No ponto 2 explica-se o modelo de interacção espacial. No ponto 3 apresenta-se a recolha e tratamento de dados. No ponto 4 expõem-se os cenários e os seus impactos espaciais. Em 5 apresentam-se as conclusões.

## 2 - O Modelo de Interação Espacial

Um modelo de interação espacial distribui emprego por actividade e residentes pelas diferentes áreas da região em estudo tendo em conta as distâncias entre elas e as suas atractividades (Dentinho & Meneses, 1996). Na adaptação feita neste trabalho assumiu-se que a residência e cada tipo de actividade gera um padrão de uso do solo baseado em coeficientes de uso do solo para cada actividade. As relações entre os sistemas económicos internos e externos podem ser explicadas usando a estrutura de um modelo básico (Hoyt, 1939; North, 1955; Tiebout, 1956) de acordo com o qual as exportações, ou actividades básicas, são o factor de propulsão da economia, determinando não só a sua dimensão mas também os padrões da produção local.

Eliminado: e

Eliminado: and

### 2.1 - Formulação do modelo de interação espacial com padrões de uso do solo

O modelo é constituído pelas equações Eqs. (1) - (4). A população que vive em cada zona é dependente do emprego, básico e não básico, que é estabelecido em todas as outras zonas:

$$T_{(ikl)j} = E_{ikl} \{r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij}) / \sum_j [r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij})]\} \quad (1)$$

Para todas as actividades k nas classes de solo l das zonas i, e

$$P_j = \sum_{ikl} T_{(ikl)j} \quad (2)$$

Onde:

$T_{(ikl)j}$  é a população que vive em j e depende da actividade k na classe de solo l da zona i;

$E_{ikl}$  é o emprego do sector k na classe de solo l da zona i;

r é o inverso da taxa de actividade;

$W_j$  é a atractividade residencial j que varia entre 0 e 1;

$\alpha$  parâmetro que define a atracção produzida pela distância;

$d_{ij}$  distância entre i e j e

$P_j$  são todos os residentes em j.

Por outro lado as actividades geradas em cada zona servem a população que vive em todas as outras zonas dentro de uma escala de serviço:

$$S_{i(jkl)} = P_i \{s_k \cdot V_{lj} \exp(-\beta_k d_{ij}) / \sum_{lj} [s_k \cdot V_{lj} \exp(-\beta_k d_{ij})]\} \quad (3)$$

Para todas as actividades k na classe de solo l da zona j, e

$$E_{jkl} = \sum_i S_{i(jkl)} \quad (4)$$

Onde:

$S_{i(jkl)}$  é a actividade gerada no sector k na classe de solo l da zona j que serve a população na zona i;

$V_{ij}$  é a atractividade dos serviços da classe de solo l na zona j;

$s_k$  é a relação de emprego não-básico da actividade k sobre a população;

$\beta_k$  parâmetro que define o atrito produzido pela distância para as pessoas que procuram os serviços das actividades do sector k;

$d_{ij}$  é a distância entre i e j;

## 2.2 – Calibração de parâmetros

O parâmetro  $\alpha$  é calibrado de modo que o custo médio de residência-emprego do modelo seja semelhante ao custo médio verificado na realidade. Do mesmo modo, os parâmetros  $\beta_k$  são calibrados seguindo a mesma lógica do anterior, assegurando que o custo médio para a população do serviço k é muito semelhante ao custo médio actual.

Contudo, existem restrições espaciais que têm de ser cumpridas. A área ocupada pelas diferentes actividades (basica, não-básica e residencial) em cada zona I, e para cada classe de solo l, não deve exceder a área total da  $A_{il}$  [Equação. (5)].

$$\sum_k [\sigma_k S_{ilk}] + \rho P_{il} + \sum_{ik} [\sigma_k E_{ilk}] \leq A_{il} \quad (\text{para todas as classes l e zonas i}) \quad (5)$$

Where:

$\sigma_k$  é a area ocupada por um emprego no sector k;

$\rho$  é a área ocupada por um residente;

$A_{il}$  é a área disponível para a classe l na zona i.

É importante salientar que, para a Equação (5), diferentes tipos de usos k competem por cada classe l na zona i. para resolver esta questão, a atractividade da classe de solo l na zona j ( $V_{ij}$ ) têm que ser calibradas garantindo que as condições da Equação (8) são cumpridas. Neste trabalho é aplicado uma calibração interactiva ( $V_{ij}$ ) de acordo com a expressão (6).

$$V_{ij} = 1 / [1 + \exp(-\theta \{\delta_q + \delta_{q-1}\})] \quad (6)$$

Onde  $\delta_q = \{\sum_k [\sigma_k S_{ilk}] + \rho P_{il} + \sum_{ik} [\sigma_k E_{ilk}] - A_{il}\}$  para cada interacção q; e = parâmetro que controla o destino do processo de calibração.

O processo de calibração  $V_{lj}$  termina quando o uso do solo para cada classe de solo  $l$  na zona  $i$  não excede o valor da área disponível  $A_{il}$ .

A atractividade residencial é definida por zonas ao passo que as atractividades de serviços são estabelecidas por zona e por classe de solo. Sendo que no presente modelo, assumimos que a atractividade residencial para diferentes zonas têm um factor ( $\kappa$ ) de máximo e mínimo de cada zona para as diferentes classes (7).

$$W_j = \kappa \text{Max}_i(V_{lj}) + (1 - \kappa) \text{Min}_i(V_{lj}) \quad (7)$$

Onde  $\kappa$  varia entre zero e um.

A figura 1 explica o funcionamento do modelo de interacção espacial. O termo emprego básico está relacionado com o emprego de mercados externos e/ou instituições. O emprego não-básico está relacionado com a população. Numa primeira instância é possível estimar a população de diferentes zonas que dependem da actividade básica (exportações e ajudas externas) de várias zonas multiplicando a sua quantidade pela proporção de dependentes da actividade na zona  $i$ , que vivem na zona  $j$ .

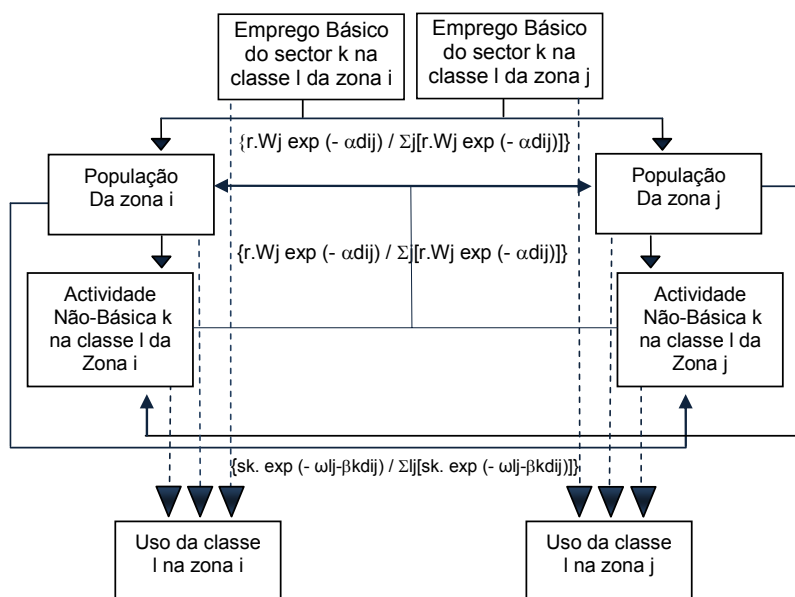
Num segundo passo, a população existente em cada área  $i$ , induz o desenvolvimento de actividades não básicas nas diferentes zonas Equação (3). Num terceiro passo, a actividade não básica nas várias zonas é associada a uma maior população dependente ao longo das várias zonas Equação (1). Os segundo e terceiro passos são repetidos interactivamente até o emprego total e a população total resultantes do modelo convergirem para os níveis consistentes de população total e emprego actuais. As variáveis endógenas ( $P_i$ ,  $E_{kj}$ ) podem ser obtidas a partir das variáveis exógenas do emprego básico ( $E_{b_{ik}}$ ) através do uso das matrizes  $[A]$  e  $[B]$ .

$$[E_{ik}] = \{I - [A] [B]\}^{-1} [E_{b_{ik}}]; [P_i] = \{I - [A] [B]\}^{-1} [E_{b_{ik}}] [A] \quad (10)$$

Onde:

$$[A] = [\{r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij}) / \sum_j [r \cdot W_j \exp(-\alpha d_{ij})]\}] \quad (11)$$

$$[B] = [\{s_k \cdot \exp(-\varpi_{lj} - \beta_k d_{ij}) / \sum_{lj} [s_k \cdot \exp(-\varpi_{lj} - \beta_k d_{ij})]\}] \quad (12)$$



**Figura 1.** Modelo de interação espacial com padrões de uso do solo

A estrutura geral do sistema pode ser representada de uma forma simples, por um modelo com três blocos interrelacionados, Figura (1):

- em primeiro lugar o sistema económico externo, que integra as exportações e o mercado mundial – o motor das pequenas economias (Dommen & Hein, 1885);
- em segundo lugar, o sistema económico interno, que descreve as relações entre as exigências locais e as várias actividades, que cumprem essas exigências: uso urbano, turístico, hortícola, agrícola, agro-pecuário e silvícola.
- o terceiro bloco foca o uso dos recursos naturais, ou zonas, cruciais para analisar a sustentabilidade de todo o sistema.

### 3 – Recolha e Tratamento dos Dados

#### 3.1 – Determinação de Áreas de Aptidão

A definição de classes foi um factor determinante para a operacionalidade do modelo de interação espacial. Foram utilizados quatro classes de temperaturas médias anuais, três classes de precipitação média anual acumulada, quatro classes de capacidade do uso do solo e também quatro classes de declive do terreno. Resultaram 192 classes finais da conjugação inicial das classes que representam as condições edafoclimáticas e



orográficas da ilha. Deste modo, seria necessário calibrar 192 rendas para cada zona e inverter a matriz  $\{I- [A] [B]\}^{-1}$  de 4 zonas x 192 classes, tornando-se assim difícil tratar um número tão elevado de classes para o modelo de interação espacial do uso do solo.

Deste modo transformou-se as 192 classes em apenas 14, sendo que uma delas representa no modelo o mar e as restantes abrangem todo o território. Ao contrário da primeira classificação, esta não traduz uma decomposição de factores climáticos, de relevo ou de qualidade do solo mas sim das condições induzidas por esses mesmos factores para cada actividade. O Quadro (1) apresenta as variáveis utilizadas para determinar as 192 classes iniciais, enquanto o Quadro (2) apresenta já a relação entre cada uso e as novas classes reagrupadas.

**Quadro 1** - Variáveis edafoclimáticas utilizadas para a determinação das classes

Factores	Usos					
	<i>Urbano</i>	<i>Turístico</i>	<i>Horticultura</i>	<i>Agricultura</i>	<i>Agro-Pecuária</i>	<i>Silvicultura</i>
<i>Temperatura média anual (°C)</i>	>= 16	>= 16	>= 16	>= 10	>= 12.5	> 0
<i>Precipitação Anual Acumulada (mm)</i>	-	-	>= 1000	750	>= 1300	>= 750
<i>Declive (%)</i>	0 - 25	0 - 25	0 - 25	0 - 15	0 - 25	0 - 50
<i>Capacidade de Usos dos Solos (I - VIII)</i>	I - VII	I - VII	I-VI	I - IV	I -VI	I - VII

**Quadro 2** – Relação entre as classes e os usos

Classes	Usos					
	<i>Urbano</i>	<i>Turístico</i>	<i>Horticultura</i>	<i>Agricultura</i>	<i>Agro-Pecuária</i>	<i>Silvicultura</i>
1	X	X	X	X	X	X
2	-	-	-	X	X	X
3	-	-	X	-	X	X
4	-	-	-	-	X	X
5	X	X	X	X	-	X
6	-	-	X	X	-	X
7	X	X	-	X	-	X
8	-	-	-	X	-	X
9	X	X	X	-	-	X
10	-	-	-	-	-	X
11	X	X	-	-	-	X
12	X	X	-	-	-	X
13	-	-	-	-	-	-
14	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar



**Figura 2** – Divisão do Território em Classes das ilhas: Corvo, Flores e Graciosa

São apresentados de seguida os factores de que depende cada uso, a partir do qual foi possível fazer um reagrupamento de classes e utilizarmos de uma forma simplificada apenas 14 classes.

É importante salientar que a classe 13, embora não apresente aptidão para nenhuma actividade económica incluída no modelo, noutras aplicações poderá estar relacionada com usos ambientais como por exemplo o abastecimento de água ou a conservação da natureza.

### Aptidão ao Uso Urbano e Turístico

A aptidão urbana foi determinada através da análise de dois parâmetros relativos ao território: temperatura média anual e declive (Gonçalves & Dentinho, 2005).

Com base nos resultados obtidos no Modelo CIELO (Azevedo, 1996) a temperatura média está proporcionalmente relacionada com a humidade relativa do ar, deste modo utilizou-se apenas a temperatura média anual que traduz o grau de conforto de uma dada zona. As zonas que apresentam temperaturas médias anuais iguais ou superiores a 16 °C e declives inferiores a 25% foram consideradas como aptas ao uso urbano. Os critérios de classificação do uso turístico foram os mesmos utilizados para a aptidão urbana.



**Figura 3** – Aptidão urbana das ilhas: Corvo, Flores e Graciosa

### Aptidão ao uso Hortícola e Frutícola

Tendo por base o cultivo da laranjeira, as exigências climatológicas desta cultura estão relacionadas com : somatório de temperatura acumulado ao longo do ciclo de crescimento (todo o ano); temperatura média nos meses da estação fria Morin (1985); precipitação anual e percentagem de precipitação que ocorre nos meses de Verão (Junho, Julho e Agosto).

Deste modo, tomou-se os seguintes valores: a percentagem de precipitação nos meses mais quentes deve ser  $> 15\%$  (Gonçalves & Medeiros, 2005).

As mesmas classes estão definidas para critérios de somatório da temperatura, em graus dia, para valores superiores a  $2600\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dia}$ . A temperatura da estação mais fria (Janeiro a Março) deverá ser superior a  $12,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Gonçalves & Medeiros, 2005). Observando a relação directa destas variáveis adaptou-se às variáveis utilizadas no modelo, estabelecendo-se assim como valor mínimo de precipitação anual acumulada  $1000\text{ mm}$  e o mesmo valor para a temperatura média anual que foi utilizada para a aptidão urbana e turística  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Quanto aos valores de declive, foram considerados solos inaptos para esta cultura todos aqueles que apresentam valores superiores a  $25\%$ .

Na aptidão hortícola foi introduzida mais uma variável determinante para qualquer cultura, a capacidade de uso dos solos. Nesta cultura são considerados solos com aptidão, todos aqueles que se encontram classificados de I a VI, na carta de capacidade de uso dos solos.



**Figura 4** – Aptidão hortícola e frutícola das ilhas: Corvo, Flores e Graciosa

### Aptidão ao uso agrícola

A avaliação da aptidão agrícola foi efectuada com base em duas culturas cerealíferas, o milho e o trigo.

As exigências consideradas no caso do milho foram: a temperatura base é de  $6^{\circ}\text{C}$ , limite de temperatura mínima não deverá ser inferior a  $10^{\circ}\text{C}$  (Monjardino 1993).

Em relação ao trigo considerou-se que a cultura ocorre na Primavera, com colheita no final do mês de Julho. O somatório de temperatura deverá encontrar-se entre 1200 e os 1600 ° dias, com temperatura base de 0°C e o limite de temperatura mínima igual a 6°C (Gonçalves & Monjardino, 2005). Assim sendo e observando a relação directa das variáveis climáticas, considerou-se como valores mínimos da temperatura média anual 10 °C e de precipitação anual acumulada de 750 mm.

São excluídos valores de declive superiores a 15% e as classes de capacidade do uso do solo consideradas aptas a estas culturas são I, II, III e IV.



Figura 5 – Aptidão agrícola das ilhas: Corvo, Flores e Graciosa

### Aptidão à Agro-Pecuária

Segundo Gonçalves & Calado (2005) a aptidão da pastagem depende das classes de capacidade de uso do solo, do declive, da temperatura e precipitação. O modelo considera apenas o declive inferior a 25% como apto e exclui solos da classe VII. A temperatura média anual deverá estar situada acima dos 12,5 °C e a precipitação média anual acumulada também deverá ser superior a 1300 mm.



Figura 6 – Aptidão à agro-pecuária das ilhas: Corvo, Flores e Graciosa

## Aptidão Silvícola

Na determinação da aptidão do território para a floresta, os valores de temperatura média anual foram desprezados mantendo-se apenas os valores da precipitação anual acumulada de 750 mm, tal como se considerou para a aptidão agrícola. Em relação à capacidade de uso do solo, foi excluída também a classe VII à semelhança do que acontece na pastagem, uma vez que esta aptidão se destina a floresta de produção, enquanto que os valores de declive máximo admitidos são de 50%.



Figura 7 – Aptidão à silvícola das ilhas: Corvo, Flores e Graciosa

### 3.2 – Distâncias entre zonas

As ilhas encontram-se divididas em três zonas, a que se junta no modelo uma terceira zona (D) que representa as relações entre cada ilha e o exterior. O cálculo das distâncias dentro de cada zona é efectuado com base na Equação (13). Para a zona D, admitiu-se uma distância de 150 km, que envolve o custo de embarque e desembarque mais uma fracção da distância por mar até ao porto externo mais solicitado.

$$d_{ii} = \sqrt{\frac{A_i}{A_i^2}} \quad (13)$$

Onde:

$d_{ii}$  é a distância entre o ponto de referência de cada uma das zonas e  $A_i$  a área total da zona.

Quadro 3 - Matriz das Distâncias entre cada uma das zonas em Km para a ilha do Corvo

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Zona A	0,31	2,66	6,11	152,66
Zona B	2,66	1,72	3,45	156,11
Zona C	6,11	3,45	2,83	150
Zona D	150,31	152,66	156,11	0

**Quadro 4** - Matriz das Distâncias entre cada uma das zonas em Km para a ilha das Flores

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Zona A	2,41	21	19	150
Zona B	21	1,73	17	150
Zona C	19	17	1,56	150
Zona D	150	150	150	1

**Quadro 5** - Matriz das Distâncias entre cada uma das zonas em Km para a ilha Graciosa

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Zona A	1,13	4,5	6,5	150
Zona B	4,5	1,27	7,5	150
Zona C	6,5	7,5	1,39	150
Zona D	150	150	150	1

Os dados utilizados referentes ao emprego básico para cada cenário, provêm do Estudo Técnico de Ordenamento dos POOC de cada uma das ilhas em estudo. Uma vez que os dados referentes ao emprego estavam agrupados de acordo com o seu sector de actividade económica (CAE), foram distribuídos proporcionalmente por cada zona conforme a área de aptidão de cada uso (urbano; turístico; hortícola; agrícola; agropecuário e silvícola), Quadro (6).

São calibrados ainda outros factores, como  $\omega_j$  de forma a assegurar uma correcta distribuição da população pelas diferentes zonas.

**Quadro 6** - Relação entre a classificação das actividades (CAE) económicas e os empregos distribuídos pelo Modelo de interacção espacial

CAE	Usos	Taxa de Crescimento cenário reactivo	Taxa de Crescimento cenário pró-activo
A - agricultura, produção animal, caça e silvicultura	Agro-Pecuária	-1,5%	-1,0%
B - pesca	Urbano	-2,5%	1,0%
C - indústrias extractivas	Urbano	-3,0%	-1,0%
D - indústrias transformadoras	Urbano	-1,0%	1,0 %
E - produção e distribuição de electricidade, gás e água	Urbano	0,5%	6,6%
F - construção	Urbano	1,0%	4,0%
G - comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis, motociclos e de bens de uso pessoal e doméstico	Urbano	0,6%	4,0%
H - alojamento e restauração (restaurantes e similares)	Turístico	5,0%	6,0%
I - transportes, armazenagem e comunicações	Urbano	0,6%	5,0%
J - actividades financeiras	Urbano	-0,4%	3,5%
K - actividades imobiliárias, alugueres e serviços prestados às empresas	Urbano	0,6%	6,0%
L - administração pública, defesa e segurança social (obrigatória)	Urbano	0,0%	2,0%
M - educação	Urbano	0,0%	2,0%
N - Saúde e acção social	Urbano	0,0%	2,0%
O - outras actividades de serviços colectivos, sociais e pessoais	Urbano	0,6%	4,0%
P - actividades das famílias com empregados domésticos e actividades de produção das famílias para uso próprio	Urbano	0,6%	4,0%
Q - organismos internacionais e outras instituições extra-territoriais	Urbano	0,0%	0,0%

#### 4 . Resultados

Para as ilhas do Corvo, Flores e Graciosa são apresentados dois cenários com taxas de crescimento distintas cada um deles para dois momentos diferentes: 2008 e 2020. Para o primeiro cenário, a que chamamos reactivo, as taxas de crescimento anual admitidas para os sectores de actividade oscilam entre -3% e 5% Quadro (6), ao passo que no segundo cenário, chamado pró-activo, as taxas de crescimento anual dos sectores de actividade económica variam entre -1% e 6,6% para o mesmo período.

Com base na distribuição inicial do emprego total prevista para o emprego básico para cada cenário e tendo como referência a população de cada ilha (Censos 2001), efectuaram-se simulações para obter padrões de uso do solo para os cenários propostos. De seguida, com os resultados obtidos para cada zona, as seis actividades foram redistribuídas dentro destas tendo por base os coeficientes de atractividade e considerando uma hierarquia para os seis sectores. Considerou-se o uso urbano (que engloba o sector do turismo) como preferencial, seguindo-se depois os usos hortícola, agrícola, agro-pecuário e por fim o silvícola.

## 4.1 Ilha do Corvo

**Quadro 7** - Distribuição do Emprego Básico por cenário e pelos diferentes usos na ilha do Corvo

		Urbano	Turismo	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Cenário Reactivo (2008)	Zona A	61	2	0	0	0	0
	Zona B	0	0	0	0	7	0
	Zona C	0	0	0	0	3	0
Cenário Reactivo (2020)	Zona A	64	5	0	0	0	0
	Zona B	0	0	0	0	5	0
	Zona C	0	0	0	0	2	0
Cenário Pró-Activo (2008)	Zona A	75	3	0	0	0	0
	Zona B	0	0	0	0	5	0
	Zona C	0	0	0	0	3	0
Cenário Pró-Activo (2020)	Zona A	109	5	0	0	0	0
	Zona B	0	0	0	0	5	0
	Zona C	0	0	0	0	2	0

**Quadro 8** - Distribuição da População Residente na ilha do Corvo resultante da simulação do modelo

	Zona A	Zona B	Zona C
Cenário Reactivo (2008)	461	-	-
Cenário Reactivo (2020)	480	-	-
Cenário Pró-Activo (2008)	536	-	-
Cenário Pró-Activo (2020)	735	-	-

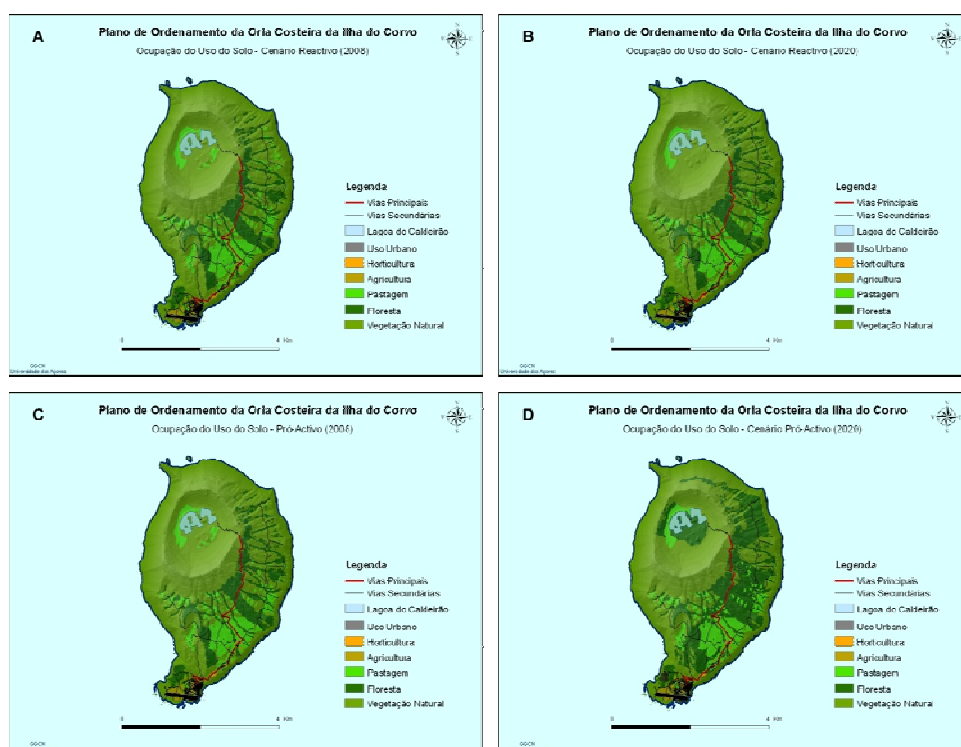
Da análise dos resultados obtidos, verifica-se que não existem diferenças significativas na população no que se refere ao cenário reactivo entre 2008 e 2020. No entanto a ocupação do uso solo sofre algumas alterações Figura (8A-8B), diminuindo significativamente a área de ocupação do solo do sector da agro-pecuária. Para o cenário reactivo, há um aumento significativo da população entre 2008 e 2020, o sector da agro-



pecuária decresce significativamente prevendo-se que uma parte significativa da área ocupada por pastagem passe a ser ocupada por floresta.

**Quadro 9** - Áreas (ha) ocupadas pelas diversas actividades por cenário com base no modelo aplicado à ilha do Corvo

	Urbano/Turismo	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Cenário Reactivo (2008)	3,2	1,9	13,5	169	314
Cenário Reactivo (2020)	3,4	1,9	14,2	114	327
Cenário Pró-Activo (2008)	3,8	1,9	13,5	141	367
Cenário Pró-Activo (2020)	5,2	2,1	13,2	131,1	499



**Figura 8** – Simulação da ocupação do uso do solo da ilha do Corvo (A) reactivo - 2008, (B) reactivo - 2020, (C) pró-activo - (2008), (D) pró-activo 2020.

## 4.2 Ilha das Flores

**Quadro 10** - Distribuição do emprego básico pelos diferentes usos na ilha das Flores

		Urbano	Turismo	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Cenário Reactivo (2008)	Zona A	241	12	0	0	61	0
	Zona B	98	5	0	0	32	0
	Zona C	47	2	0	0	26	0
Cenário Reactivo (2020)	Zona A	252	21	0	0	54	0
	Zona B	103	8	0	0	28	0
	Zona C	49	4	0	0	23	0
Cenário Pró-Activo (2008)	Zona A	290	12	0	0	63	0
	Zona B	118	5	0	0	32	0
	Zona C	57	2	0	0	26	0
Cenário Pró-Activo (2020)	Zona A	440	25	0	0	55	0
	Zona B	179	10	0	0	29	0
	Zona C	86	5	0	0	23	0

**Quadro 11** - Distribuição da população residente na ilha das Flores

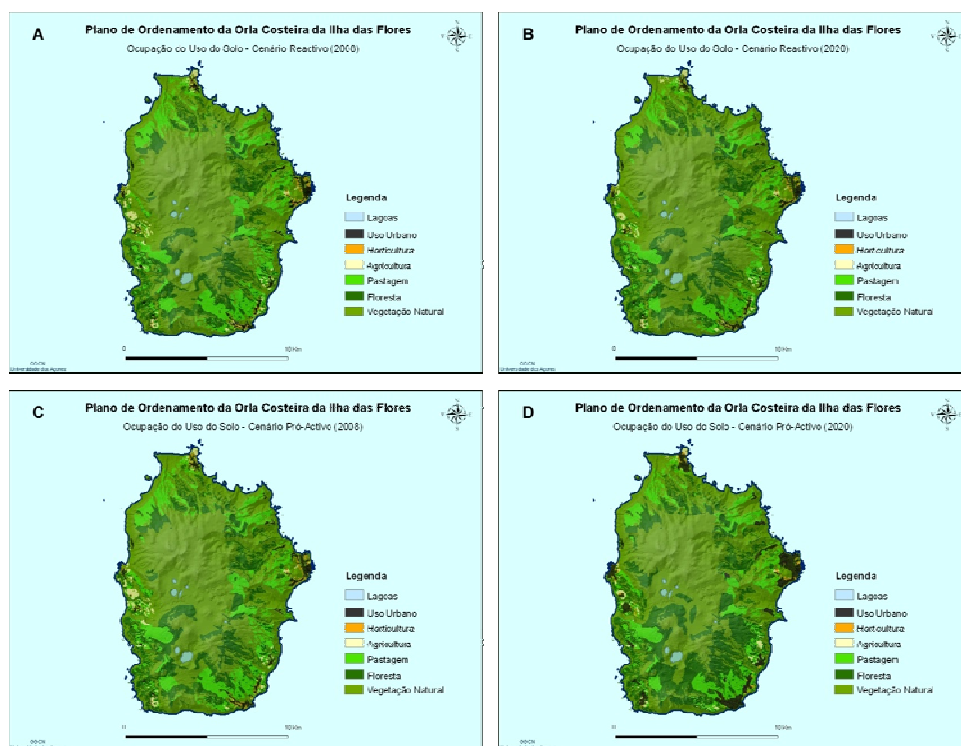
	Zona A	Zona B	Zona C
Cenário Reactivo (2008)	2494	1015	487
Cenário Reactivo (2020)	2630	1030	513
Cenário Pró-Activo (2008)	2882	1172	562
Cenário Pró-Activo (2008)	4015	1593	784

Há semelhança da ilha do Corvo, as Flores também não sofrem grande alteração em termos de população no cenário reactivo entre 2008 e 2020 Quadro (11). A população aumenta ligeiramente, não sendo de prever alterações significativas em termos de expansão urbana. No entanto o sector ligado à agro-pecuária decresce significativamente sendo de esperar uma diminuição da área ocupada por esta actividade na ilha das Flores, Quadro (11). Quanto ao cenário pró-activo, o sector da

agro-pecuária acompanha a tendência verificada no cenário anterior, se bem que de uma forma um pouco menos acelerada. Prevê-se um aumento da floresta de produção que irá ocupar áreas utilizadas antes como pastagens e prevê-se uma considerável expansão urbana uma vez que, para este cenário a população quase duplica em 2020.

**Quadro 12** - Áreas (ha) ocupadas pelas diversas actividades com base no modelo na ilha das Flores

Ha	Urbano/Turismo	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Cenário Reactivo (2008)	28	24	183	1940	2427
Cenário Reactivo (2020)	29	26	172	1729	2529
Cenário Pró-Activo (2008)	32	27	211	2001	2804
Cenário Pró-Activo (2020)	45	36	127	1820	3912



**Figura 9** – Simulação da ocupação do uso do solo da ilha das Flores (A) reactivo - 2008, (B) reactivo - 2020, (C) pró-activo - (2008), (D) pró-activo 2020.

### 4.3. Ilha Graciosa

**Quadro 13** - Distribuição do Emprego Básico pelos diferentes usos na ilha Graciosa

		Urbano	Turismo	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Cenário Reactivo (2008)	Zona A	193	17	0	0	29	0
	Zona B	135	7	0	0	43	0
	Zona C	169	8	0	0	25	0
Cenário Reactivo (2020)	Zona A	218	17	0	0	23	0
	Zona B	141	12	0	0	18	0
	Zona C	177	15	0	0	22	0
Cenário Pró-Activo (2008)	Zona A	229	16	0	0	18	0
	Zona B	163	7	0	0	42	0
	Zona C	204	9	0	0	44	0
Cenário Pró-Activo (2020)	Zona A	399	48	0	0	19	0
	Zona B	244	8	0	0	28	0
	Zona C	306	50	0	0	16	0

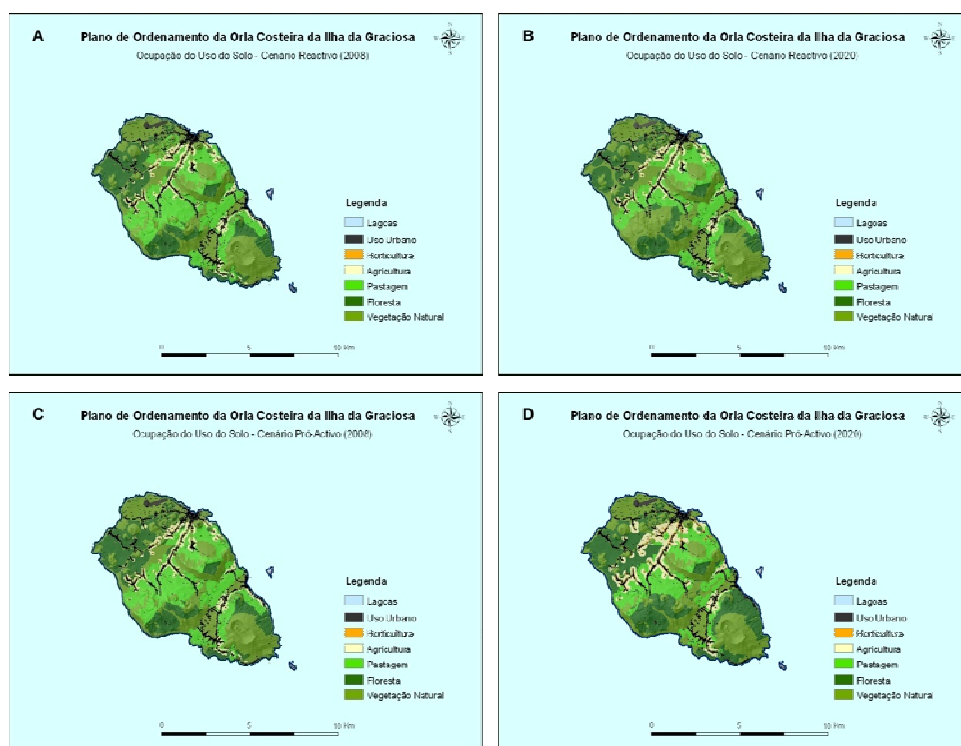
**Quadro 14** - Distribuição da População Residente na ilha Graciosa

	Zona A	Zona B	Zona C
Cenário Reactivo (2008)	1837	1307	1638
Cenário Reactivo (2020)	1877	1335	1672
Cenário Pró-Activo (2008)	2100	1494	1871
Cenário Pró-Activo (2008)	3221	2292	2869

Invariavelmente, também a ilha Graciosa mantém a tendência das outras ilhas em relação à ocupação do território. O decréscimo das actividades ligadas ao sector da agro-pecuária reflecte-se na ocupação do território Figura (10). O Quadro (15) apresenta as áreas previstas para cada actividade.

**Quadro 15 -** Áreas (ha) ocupadas pelas diversas actividades com base no modelo na ilha Graciosa

Ha	Urbano/Turismo	Horticultura	Agricultura	Agro-Pecuária	Silvicultura
Cenário Reactivo (2008)	33,5	25,6	296	1601	2705
Cenário Reactivo (2020)	34,7	24,2	280,3	1045	2772
Cenário Pró-Activo (2008)	38,4	23,8	337	1650	2667
Cenário Pró-Activo (2020)	60,3	39,0	507	1040	4260



**Figura 10 –** Simulação da ocupação do uso do solo da ilha Graciosa (A) reactivo - 2008, (B) reactivo - 2020, (C) pró-activo - (2008), (D) pró-activo 2020.

## 5. Conclusões

Pretendeu-se com este trabalho demonstrar como é que os modelos de interacção espacial podem ser utilizados para explicar os padrões de uso do solo, com base em dados de emprego, população, produtividade da terra, produtividade do trabalho e coeficientes entre emprego básico (exportador) e população; para a situação existente e para os diversos cenários económicos.

A representação em Sistema de Informação Geográfica dos resultados do modelo de interacção espacial com ocupação do solo permite estabelecer uma ligação muito políticas.

No futuro, o desenvolvimento do modelo permitirá a determinação das rendas das várias zonas, a indicação do custo subjacente a cada cenário e a própria dinamização da evolução do uso do solo.

Note-se que não fica ainda completa neste artigo a aplicação do modelo á AEA dos POOC. De facto sendo a Área de Intervenção (AI) dos mesmos uma Faixa Terrestre de Protecção até 500m e Marítima até à batimétrica de 30m, teríamos que proceder à análise em detalhe dos padrões de uso do solo apenas nesta faixa. No entanto, pode ser contraproducente este tipo de análise. Na realidade os cenários de emprego não foram estabelecidos para esta AI apenas, mas para todo território de cada ilha. Não é possível destacar a AI do contexto da ilha em determinados temas e sobretudo naqueles que apresentam relações estreitas com o “inland”. Em conclusão, numa análise grosseira podemos dizer que os impactes do Cenário Pró-Activo em termos de usos do solo resultantes deste modelo, são compatíveis com o pretendido na Proposta de Ordenamento dos POOC. Em termos de Análise Estratégica podemos apontar como proposta de desenvolvimento desta análise a avaliação dos impactes cumulativos decorrentes de outros Instrumentos de Gestão Territorial.

## Bibliografia

Abildtrup, J., Audsley, E., Fekete-Farkas, M., Giupponi, C., Gylling, M., Rosato, P., Rounsevell, M. Socio-economic scenario development for the assessment of climate change impacts on agricultural land use: a pairwise comparison approach. *Environmental science & policy* 9 (2006) 101 – 115.

Agusti, M. (2000). *Citricultura*. Ediciones Mundi-Prensa

Alcamo, J., Leemans, R., Kreileman, E.,. Global Change Scenarios of the 21st Century.

Alves, A. M. (1982). *Técnicas de Produção Florestal*. Lisboa

Pergamon, Oxford, 296 pp. 1998.

Amaral, J. D. (1982). *Os citrinos*. 3ª Edição. Clássica Editora.

Anderson, J.E. (1979) " A theoretical foundation for the gravity equation. *American Economic Review* 69, 106-116.

Azevedo, E.M.V.B. (1996). *Modelação do Clima Insular à Escala Local – Modelo CIELO aplicado à Ilha Terceira*. Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.

Baker, W.L., 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecology* 2, 111–133.

Bergstrand, J.H. (1985). "The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence" *Review of Economics and Statistics* 67, 474-481.

Bellido, L. Lopez (1990) – *Cultivos Herbaceos Vol. I – Cereales*; Ediciones Mundi Prensa.

Bloc, D. and Gouet, J.-P. (1979). *Sensibilité aux sommes de températures*. *Perspectives agricoles*, 22: 22-35.

Burniaux, J.-M., 2002. Incorporating Carbon Sequestration into CGE Models: a Prototype GTAP Model with Land Uses. Electronic version at: [http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=1144](http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=1144) (Accessed: March, 2005)

Busch, Gerald. “Future European agricultural landscapes—What can we learn from existing quantitative land use scenario studies?”. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 (2006) 121–140.

Calado, H. *et al.* (2007). *Plano de Ordenamento da Orla Costeira do Corvo - Fase II Estudo Prévio de Ordenamento*. Universidade dos Açores.

Carey, H.C. (1958) "Principles in Social Science". J.B. Lippincott, Philadelphia,PA.

Carrothers, G. A. P. (1956), "An historical review of the gravity and potential concepts of human interaction", *Journal of the American Institute of Planners*, 22:94-102.

Casey,H.J., (1955). "Applications of traffic engineering to the law of retail gravitation." *Traffic Quarterly* IX (1), 23-35.

Coelho, José Dias (1983), "Modelos Gravitacionais", *Revista de Economia da Universidade Católica Portuguesa*.

Deardorff, A. (1998), determinants of bilateral trade: does gravity work in a frictionless world? In: Jeffrey Frankel, (Ed.), *The Regionalization of the World Economy*. University of Chicago Press, Chicago, p.7-28.

Dietzel, Charles, Clarke, Keith. The effect of disaggregating land use categories in cellular automata during model calibration and forecasting. *Computers, Environment and Urban Systems* 30 (2006) 78–101

Dorsey, B., 1999. Agricultural intensification, diversification, and commercial production among smallholder coffee growers in Central Kenya. *Econ. Geogr.* 75 (2), 178–195.

Dyer, George; Yunez-Naude, Antonio & Taylor, J.Edward (2001). Effects of Land Degradation in a Diversified Economy with Local Staple and Labour Markets: A Village-Town CGE Analysis from Mexico. In *Economic Policy and Sustainable Land Use, Recent Advances in Quantitative Analysis for Developing Countries*. Edited by Nico Heerink, Hermn van Keulen and Marijke Kuiper. Chapter 15. Physica-Verlag.

Earlander, S., Stewart, N.F. (1990), "The gravity model in transportation analysis - theory and extensions". VSP, Utrech, The Netherlands.

Evans, A.W. (1976), "Derination and analysis of some models for combining trip distribution and assignment". *Transportation Research* 10, 37-57.

Foot, D.K., Milne, W.J. (1984), "Net migration in an extended multiregional gravity model. *Journal of Regional Science* 22 191-202.

Forest Research (1995). *Technical Note* 16/95, Terrain Classification. Crown Copyright.

Fotheringham,A.S., O'Kelly, M.E., (1989). "Spatial Interaction Models: Formulations and Applications". Kluwer, Dordrecht.



- Fujita, M. (1989), *Urban Economic Theory, Land Use and City Size*, Cambridge University Press.
- Glomsrod, Solveig (2001). Soil degradation in macro CGE models. In *Economic Policy and Sustainable Land Use, Recent Advances in Quantitative Analysis for Developing*
- Gonçalves, J. and Dentinho, T. (2005) – Atractividade Urbana nas Ilhas dos Açores. In *Estudo das Aptidões do Território dos Açores*, ed. Gonçalves, J. and Azevedo, E. (2005). Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- Gonçalves, J. and Medeiros, C. (2005) – Atractividade para os Citrinos nas Ilhas dos Açores. In *Estudo das Aptidões do Território dos Açores*, ed. Gonçalves, J. and Azevedo, E. (2005). Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- Gonçalves, J. and Monjardino, P. (2005) – Atractividade para os cereais nas Ilhas dos Açores. In *Estudo das Aptidões do Território dos Açores*, ed. Gonçalves, J. and Azevedo, E. (2005). Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- Gonçalves, J. and Calado, L. (2005) – Atractividade para a Agro-pecuária nas Ilhas dos Açores. In *Estudo das Aptidões do Território dos Açores*, ed. Gonçalves, J. and Azevedo, E. (2005). Departamento de Ciências Agrárias. Universidade dos Açores.
- Countries. Edited by Nico Heerink, Hermn van Keulen and Marijke Kuiper. Chapter 15. Physica-Verlag.
- Haynes, K.E. Fotheringham, A.S., 1984. Gravity and spatial interaction models. Sage Publications, Beverly Hills, CA.
- Heistermann, M., Muller, C., Ronneberger, K. Land in sight? Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modelling. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 (2006) 141–158.
- Huff, D.L. (1964) "Defining and estimating a trading area. *Journal of Marketing* 28, 34-38.
- Hyman, G.M. (1969) "The calibration of trip distribution models". *Environment and Planning A* 1, 105-112.
- Irwin, Elena G.; Geoghegan, Jacqueline. Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85 (2001) 7–23
- Isard, W. (1975) "A simple rational for gravity model type behavior. *Papers of the Regional Science Association* 35, 25-30.

Jianchu, Xu, Xihui, Ai, Xiqing, Deng - Exploring the spatial and temporal dynamics of land use in Xizhuang watershed of Yunnan, southwest China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7 (2005) 299–309

Joshi, Chudamani; De Leeuw, Jan; Skidmore, Andrew K.; van Duren, Iris C.; van Oosten, Henk (2006). Remotely sensed estimation of forest canopy density: A comparison of the performance of four methods. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8, 84–95.

Koomen, E. *et al.* (2007). *Modelling Land-Use Change*, The GeJournal Library 90, Springer, Netherlands.

Lambin, E.F. Rounsevell, M.D.A. Geist, H.J. (2000)- Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82 321–331.

Lambin, E.F., Baulies, X., Bockstael, N., Fischer, G., Krug, T., Leemans, R., Moran, E.F., Rindfuss, R.R., Sato, Y., Skole, D., Turner II, B.L., Vogel, C., 1999. Land-use and land-cover change implementation strategy. Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm, Sweden.

Laney, Rheyne M. A process-led approach to modeling land change in agricultural landscapes: a case study from Madagascar. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101 (2004) 135–153.

Lowe, J.M., SEN, A. (1996) "Gravity model applications in health planning: analysis of an urban hospital market". *Journal of Regional Science* 36, 437-462.

Manson, Steven. Land use in the southern Yucata'n peninsular region of Mexico: Scenarios of population and institutional change. *Computers, Environment and Urban Systems*. 30 (2006) 230–253

Mcfadden, D. (1978), "Modelling the choice of residential location. In Karlqvist, A. Lundqvist, L. Snickars, F. Weibull, J. (Eds), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. North-Holland, Amsterdam, pp. 105-142.

Millonen, K., Luoma, M. (1999), "the parameters of the gravity model are changing - how and why? *Journal of Transport Geography* 7, 277-283.

Monjardino, P. (1993). *A temperatura como factor determinante no desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.)*. Tese de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Morin, Charles (1985) – Cultivo de Cítricos – Instituto Interamericano de Cooperacion para la agricultura; San Jose, Costa Rica.

Mulley, Brad G., Unruh, Jon D., The role of off-farm employment in tropical forest conservation: labor, migration, and smallholder attitudes toward land in western Uganda. *Journal of Environmental Management* 71 (2004) 193–205.

Olgyay, V. (1998) *Arquitectura y Clima – Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*, Editorial Gustavo Gili, S.A.

Plane, D. (1984) "Migration space: doubly constrained gravity model mapping of relative interstate separation". *Annals of the Association of American Geographers* 74, 244-256.

Porteiro, João; Calado, Helena; Pereira, Margarida; Dentinho, Tomaz (2005). Integrated Management on the Sete Cidades WaterShed. 14th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, Tomar (Portugal).

Prats, J. e Clément-Grandourt, M. (1969). *Los Cereales*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Pinheiro, J. F., Madruga, J. S. & Sampaio, J. F. (1987). Carta de Capacidade de Uso dos Solos dos Açores, D.C.A., Angra do Heroísmo.

Rebour, H. (1971). *Frutales Mediterrâneos*, Ediciones Mundi-Prensa

Reilly, W.J. (1932), "The law of retail gravitation". G.P. Putman's Sons, New York.

Rosegrant, M., Meijer, S., Cline, S., 2002a. International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT): Model Description. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

Rounsevell, M.D.A., Evans, S.P., Mayr, T.R., Audsley, E., Integrating biophysical and socio-economic models for land use studies. In: Proceedings of the ITC-ISSS Conference on Geo-information for Sustainable Land Management, Enschede, 1998. 17–21 August 1997, 368 pp.

Santos, E. R. (1999) *Geographic Information System for Anaysis of Land Use Capability of Terceira Island*, Departamento de Ciencias Agrárias da Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.

Savill, P.; Evans, J.; Auclair, D. and Falck, J. (1997). *Plantation Silviculture in Europe*. Oxford University Press.

Schneider, M. (1959), "Gravity model and trip distribution theory", *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, 5:51-56.

Sen, Ashish e Smith, Tony E. (1995), *Gravity Models of Spatial Interaction*, Springer.

Serneels, Suzanne; Lambin, Eric F. (2001). Proximate causes of land-use change in Narok District, Kenya: a spatial statistical model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, 65–81

Soares-Filho, Britaldo Silveira; Cerqueira, Gustavo Coutinho; Pennachin, Cássio Lopes (2002). DINAMICA—a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling* 154 (2002) 217–235

Solow, R. M. (1973), “On equilibrium models of urban locations” in J.M.Parkin, ed. *Essays in Modern Economics*, pp.2-16. London: Longman.

S.R.E.A., (2001). *Anuário Estatístico dos Açores 2001*. Angra do Heroísmo: S.R.E.A.

Stephene, N., Lambin, E.F., 2001. A dynamic simulation model of landuse changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). *Agricultural and Ecosystems Environment*. 85, 145–161.

Stewart, J.Q. (1948), "Demographic gravitation: evidence and applications". *Sociometry* 11, 31-58.

Thornton, P.K., Jones, P.G., 1998. A conceptual approach to dynamic agricultural land-use modelling. *Agricultural Systems*. 57 (4), 505–521.

Tomppo, Erkki; Nilsson, Mats; Rosengren, Mats; Aalto, Paula; Kennedy, Pamela (2002). Simultaneous use of Landsat-TM and IRS-1C WiFS data in estimating large area tree stem volume and aboveground biomass. *Remote Sensing of Environment* 82, 156–171.

Turner II, B.L., Skole, D., Sanderson, G., Fischer, L., Fresco, L., Leemans, R., 1995. Land-use and Land-cover Change: Science/Research Plan. IGBP/HDP, Stockholm and Geneva.

Veldkamp A. Verburg P.H. Modelling land use change and environmental impact. *Journal of Environmental Management* 72 (2004) 1–3.

Verburg, P.H., Soepboer, W., Limpiada, R., Espaldon, M.V.O., Sharifa, M., Veldkamp, A., 2002. Land use change modelling at the regional scale: the CLUE-S model. *Environmental Management*. 30, 391–405.

Verburg, Peter H., Schulp, C.J.E., Witte, N., Veldkamp, A. Downscaling of land use change scenarios to assess the dynamics of European landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 (2006) 39–56.

Von Tünen, J. H. (1826), *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalekononie*, Hamburg.

White, R., Engelen, D., Uljee, I.. The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics. *Environment and Planning*. 1997. B 24 (3), 323–343.

Wilson, A. G. (1967), A statistical theory of spatial distribution models". *Transportation Research*, 1, 253-269.

Wilson, A. G. (1974), *Urban and regional Models in Geography and Planning*, John W. Chichester.

Wood E.C., Tappana G.G., Hadjb A. (2004) -Understanding the drivers of agricultural land use change in south-central Senegal. *Journal of Arid Environments* 59 565–582.