

Modelação de percursos óptimos para linhas de alta tensão

Paulo Salgueiro

Aluno de Mestrado em Ciências e Sistemas de Informação Geográfica
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
Universidade Nova de Lisboa
pasagueiro@hotmail.com

Nuno Neves

Universidade de Évora; E-Geo - Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional
nneves@uevora.pt

1. Introdução

A construção de uma linha de muito alta tensão deverá integrar uma prévia avaliação de impacto ambiental. O processo de Avaliação de Impacte Ambiental é um instrumento fundamental de aplicação das políticas de ambiente, que visa a integração da protecção do ambiente na concepção, execução, operação e de-sactivação de projectos públicos e privados. Uma das principais funções dos processos de avaliação de impacto ambiental é reduzir a conflitualidade entre os projectos de desenvolvimento, os valores ambientais afectados e os interesses das populações abrangidas (FREIRE, 2003).

A identificação, quantificação e avaliação daqueles valores e interesses é uma das actividades fundamentais dos processos de avaliação de impacto ambiental. Devendo explicitar os critérios de quantificação dos efeitos sobre as variáveis ambientais e a explicitação dos valores adoptados na avaliação.

Podemos dividir o projecto em três fases pouco distintas umas das outras: a primeira, a construção do modelo, seguindo-se o teste de aplicabilidade do modelo, essencial para corrigir possíveis erros ou então melhorar certos aspectos do modelo e, por fim, a avaliação de resultados.

Linhas de alta tensão

As linhas de muito alta tensão são estruturas necessárias a sociedade industrializada dos dias de hoje, visto a maior parte da nossa vida ser feita com base ou através da electricidade. Estas linhas podem seguir percursos irregulares ou regulares, de acordo com os obstáculos ou interesses que encontrem no trajecto. É necessário um planeamento e avaliação dos possíveis impactos das linhas, pois queremos uma sociedade cada vez mais desenvolvida mas também mais sustentável. Uma linha de alta tensão, como qualquer outra infra-estrutura linear, rompe a paisagem, levando a cortes de árvores, implicações na biodiversidade, causando sobretudo problemas às aves e ao tráfego aéreo de baixa altitude,

tendo um grande impacto visual, ambiental e de gestão do território. Quando referimos alta tensão temos que ter em atenção que estamos a falar em potências iguais ou superiores a 220Kv. No entanto podemos incluir aqui potências entre os 150Kv e os 400Kv, potências muito superiores às linhas domésticas que vimos nas nossas ruas, tratando-se portanto de um assunto mais delicado. (REN, 2000a)

Os SIG na avaliação de impacto ambiental

Os sistemas de informação geográfica (SIG) conciliam representações computacionais de estruturas e processos observáveis num espaço geográfico. A importância da modelação geográfica deve-se ao facto de a maioria dos fenómenos ser geo-referenciável, o que oferece um campo de aplicação vastíssimo e diversificado para um conjunto de componentes de modelação.

A estrutura dos sistemas de informação geográfica e a sua forma de processamento da informação têm vindo a ter uma importância significativa no que toca à avaliação de impacto ambiental. Os sistemas de informação geográfica tendem a ser um meio mais fácil para se organizar a informação durante um processo de avaliação ambiental.

Segundo FREIRE, (2003) os SIG podem preparar melhor e mais depressa, processos normalmente feitos de forma tradicional, como é o caso da alteração dos pesos de diversas variáveis. Podendo ainda manipular os dados com maior nível de detalhe do que manualmente, melhorando assim o seu processo de manipulação.

Existirão no entanto razões que limitam a utilização dos SIG no processo de avaliação ambiental: um processo que envolve um custo de implementação superior, por vezes, há indisponibilidade de dados para usar em modelos ambientais e, noutros casos, ocorrem possíveis erros dos dados (FREIRE, 2003).

Neste contexto, a modelação geográfica permite estabelecer um compromisso entre sintetizar conhecimento a partir de um conjunto de dados simultaneamente, providenciar a informação com conteúdo tão completo quanto possível, podendo ainda representar conhecimento sob outro enquadramento de análise, nomeadamente sob a forma de modelos de dados espaciais orientados para objectivos aplicativos definidos (NEVES, 2006).

Modelação de percursos óptimos para linhas de alta tensão

Encontrar o caminho de menor custo é uma prática comum em SIG. A computação do caminho de menor custo não é um conceito novo, no entanto, é com o avanço do poder computacional que este fenómeno evolui ao nível da sua aplicabilidade e da sua performance (LEE e STUCKY, 1998). Os processos de definição de percursos a nível nacional são sobretudo da responsabilidade da REN, sendo disponibilizada grande parte da informação nas avaliações de impacto ambiental que vêm a público.

Nos projectos da rede eléctrica nacional entre outras condicionantes, são considerados três níveis de factores (edifícios, impacto na paisagem), consoante o seu nível de importância (a perspectiva adoptada para a definição dos níveis de importância dos descritores tem por base os impactos do projecto sobre o ambiente):

Muito importantes: usos do solo; ordenamento do território; condicionantes de uso do solo; componente social; ecologia; ambiente sonoro; paisagem; património cultural.

Importantes: solos; geologia e geomorfologia.

Pouco importantes: recursos hídricos e qualidade da água.

No modelo que irá ser descrito, todos os factores serão ponderados do mesmo modo, de maneira, que exista uma decisão que não seja mais que decisão entre várias opções, que assente em critérios auxiliares, visto apresentarem critérios para quantificar ou avaliar determinadas variáveis.

Os processos críticos na tomada de decisão são a avaliação de pesos para os critérios e a normalização dos critérios e a sua combinação. O processo mais utilizado no decorrer do projecto será a normalização de critérios, de forma a todas as matrizes terem os mesmos níveis de ponderação, de forma a obter uma média final das ponderações.

2. Análise especial e Modelação geográfica

A construção de um modelo geográfico para descrição da realidade, tem como principal problema a diversidade de fenómenos a incorporar: o número de fenómenos geo-referenciáveis é virtualmente ilimitado. Segundo MATOS (2001), os modelos devem apoiar questões relativas à identificação de objectos visualizados, interrogação e visualização de objectos que verifiquem uma dada condição, identificação de alterações e de padrões espaciais e modelação de fenómenos com desenvolvimento espacial.

Num sentido muito geral, os modelos de dados são uma abstracção do mundo real onde estão incorporadas apenas as propriedades relevantes ao estudo que se pretende realizar. Estes modelos definem grupos de dados, os seus atributos e valores e as relações entre estas características. Em SIG, o modelo de dados corresponde aos mecanismos e organização dos dados espaciais. (NEVES, 2006).

A selecção dos elementos geométricos para representar uma entidade ou fenómeno geográfico é afectada pelo facto de que a maior parte das entidades e fenómenos da realidade geográfica não se adaptam facilmente a uma representação simplificada: por exemplo como traçar os limites de ocupação de solo se normalmente existe uma transição gradual entre dois tipos de ocupação de solo e não uma mudança drástica ou uma linha de fronteira clara (NEVES *et al*, 2006). Ou, como se representa uma estrada definida por uma linha mas que de facto tem uma área e uma transição nem sempre clara nas suas fronteiras.

O termo modelação geográfica tem origem no conceito de modelação cartográfica, que compreende um sistema largamente baseado em linguagem matemática, que permite organizar e implementar uma série de alterações de análise espacial em SIG - daí que se empregue também o termo álgebra de mapas. Pode-se dizer que um processo de modelação começa, quando definimos um problema ou um objectivo a alcançar. A modelação é uma metodologia geográfica e de processamento de dados, que olha para os mapas e para os componentes dos mapas como partes de equações algébricas. A construção de modelos é um processo contínuo e interactivo, à medida que adquirimos conhecimento acerca do mundo real através da aplicação do modelo simulado, conseguimos identificar os pontos mais fracos do nosso modelo e nele efectuar alterações. Todo este processo permite-nos equacionar um problema e gerar um mapa final com a solução, ou do mesmo, ou a influência de determinados factores em determinado problema espacial. Deste modo, o modelo permite ao investigador determinar a influência das diferentes variáveis num

processo particular; ou, em termos geográficos, para melhor entender as relações espaciais entre diferentes elementos de um sistema.

Principais Funções de análise espacial utilizadas

Grande parte das funções de análise espacial utilizadas foram efectuadas sobre modelos vectoriais, visto estes, conterem uma estrutura que se aproxima ao espaço contínuo e a informação de adjacência é dada pela célula (MATOS, 2001). Os modelos matriciais têm uma estrutura bastante simples, com uma grande facilidade de implementação de operações de análise espacial. Na elaboração do projecto, as principais funções utilizadas foram funções globais, que abordam distâncias e as superfícies de custo. Não esquecendo também a reclassificação.

O conceito de distância implica uma separação e, para suprimir esta separação existe um custo. A distância é medida metricamente - a distância do perímetro urbano à passagem de uma linha de alta tensão - no entanto o espaço geográfico não é simétrico nem isotrópico, muitas vezes avaliam-se as distâncias de uma forma relativa, ao nível da distância tempo ou da distância custo. A distância tempo é determinada através do tempo que demoramos a chegar de um ponto ao outro. A distância custo é determinada pelo valor monetário, energético, económico ou ambiental, usado para o atravessamento entre dois pontos. Os custos de atravessamento do espaço geográfico para várias direcções são variáveis dependentes de vários factores, nomeadamente a existência de vias para o atravessamento ou não. Na maioria dos casos, as distâncias não são apresentadas segundo a sua métrica, mas sim segundo distâncias-custo expressas em valores económicos. (COSTA, 2007)

Em trabalhos desta natureza, como é o caso da análise espacial e modelação geográfica, a estimativa do custo de atravessamento de uma superfície anisotrópica, resulta da ponderação de custos imputados a cada factor significativo, que influencia os custos de atravessamento entre dois pontos ou objectos ou a localização de infra-estruturas. A superfície de custos, apresenta-se como a soma dos custos determinados pelo peso dos atributos a cada célula dos factores, constituindo assim os pesos de um único factor, só por si uma superfície de custo. Isto representa a ponderação de custos por área mínima ou célula em função dos pesos considerados significativos. Estas podem ser apresentadas em distâncias euclidianas e distâncias custo. Distâncias euclidianas são o cálculo segundo o traçado de uma linha recta que une dois pontos, atribuído a cada célula no output, a sua distância a uma determinada localização, sendo a distância a medida a partir de células ou entidades vectoriais - entre um ou mais pontos - criando assim superfícies contínuas em vez de

discretas. (Costa, 2007) Distâncias custos/Distâncias ponderadas, é determinada ao longo de uma superfície matricial entre um ponto A e um ponto B. A função de distâncias custo calcula o custo acumulado de passar de uma célula para a outra e não a distância entre células, sendo a unidade geográfica um custo e não uma distância. (NEVES, 2006)

3. Implementação

Todo o modelo foi concebido, tendo por base uma linha de uniformidade funcional, construído assim no software ArcGIS 9.2 desenvolvido pela ESRI. Deste modo quer os formatos matriciais, quer os formatos vectoriais foram processados de forma a serem aplicados neste software específico. A escolha por um ou outro formato de informação geográfica é guiada pela melhor adequação à modelação em questão.

Através de um modelo de ligação entre as componentes, pretende-se descrever sumariamente as ligações existentes entre elementos constituintes do modelo. Deste modo pretende-se explicitar de uma forma mais clara os processos existentes ao longo do modelo, desde a entrada da informação, até ao cálculo final de percursos.

Visando efectuar um primeiro teste à metodologia desenvolvida foram atribuídos às variáveis de avaliação uma escala de importância de 1 a 5 sendo:

- 1-Altamente condicionante
- 2-Muito condicionante
- 3-Condicionante
- 4-Pouco condicionante
- 5-Sem condicionantes

Tenta-se com a inclusão de um vasto número de variáveis no modelo, que estas diferenciem o espaço. Tendo-se em atenção que a importância de cada factor pode variar no tempo e no espaço, podendo com a mesma ponderação apresentar resultados diferentes em espaços diferentes e tempos diferentes.

Para testar e aplicar o modelo recorreu-se aos dados do plano municipal de ambiente do Concelho de Vendas Novas, tentando-se assim incluir o maior número de variáveis validas no teste à aplicação do modelo. No entanto qualquer modelo não é isento de lacunas, o que nos pode servir de inspiração para continuar a trabalhar sobre modelo e sobre a reformulação deste.

As variáveis integrantes no modelo aplicar são sujeitas a uma série de processos, mais ou menos complexos, permitindo uma fácil manipulação e ponderação do peso de cada atributo dos factores, para que se possa chegar a um mais correcto resultado final.

A Figura 1 representa o fluxograma de operações do modelo, correspondente a sua aplicação.

Análise de custos

Para a definição de percursos é necessária a ponderação dos custos de cada variável que integra o modelo, para que se possa descrever o percurso com menores custos e menores impactes. Esta análise de custos é feita de uma forma pericial e apresentada aqui a título de exemplo. O processo de integração de custos é feito a partir dos formatos vectoriais e depois é convertido e re-classificado consoante a ponderação dos custos dado a cada variável. Originando para cada tema um mapa com as respectivas classificações. Os ma-pas resultantes serão depois integrados, de modo a termos um mapa com o total de custos.

Integração de Custos e definição de direcções e distâncias custo

Após a análise dos custos de atravessamento de uma linha de alta tensão por cada uma das variáveis é necessário integrar todos os custos, com intuito de gerar um mapa total de custos. Este mapa em conjunto com um ou mais pontos de origem dará origem a dois mapas. Um de direcções de custo outros de distâncias custo.

Definição de percursos

Após obtermos os mapas de distâncias custo e de direcções de custo, podemos passar a fase de obter percursos óptimos. Este processo resulta de uma função "shortest path", que origina um caminho mais próximo e com menos custos a um ponto ou vários pontos de chegada, integrando para isso as distâncias e direcções dos pontos ou pontos de origem (Figura 4).

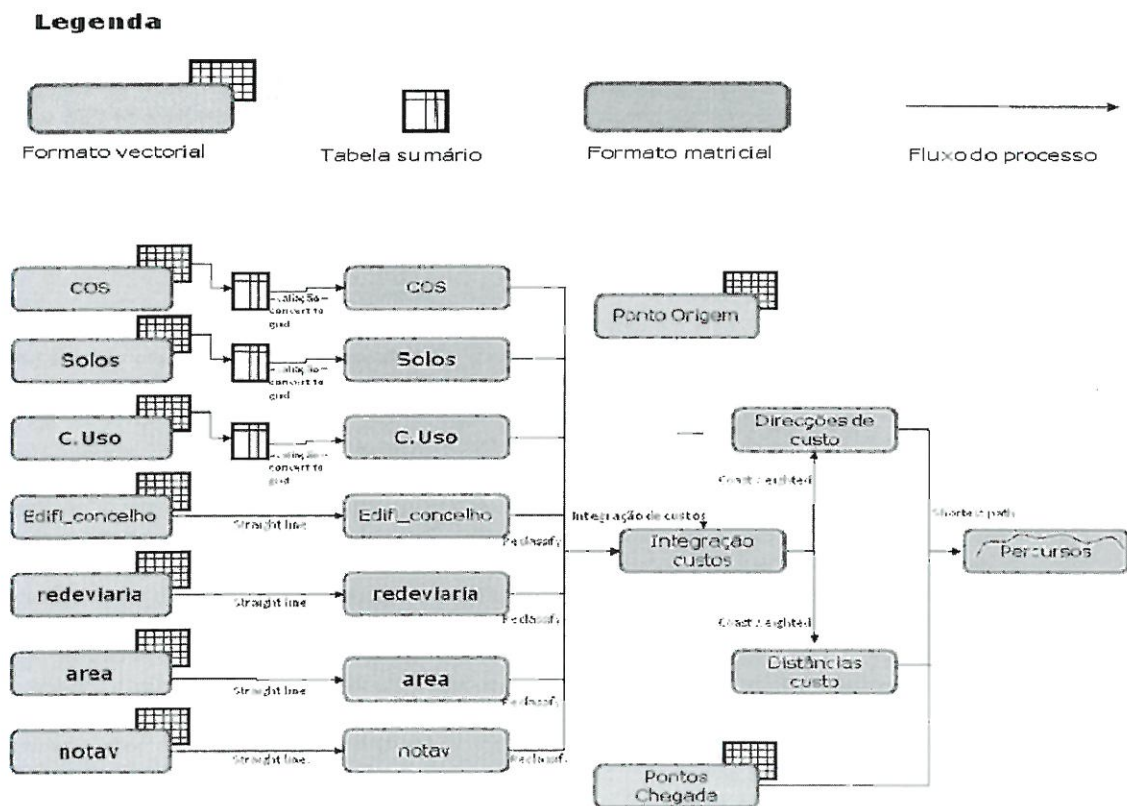


Figura 1
Fluxograma conceptual do modelo

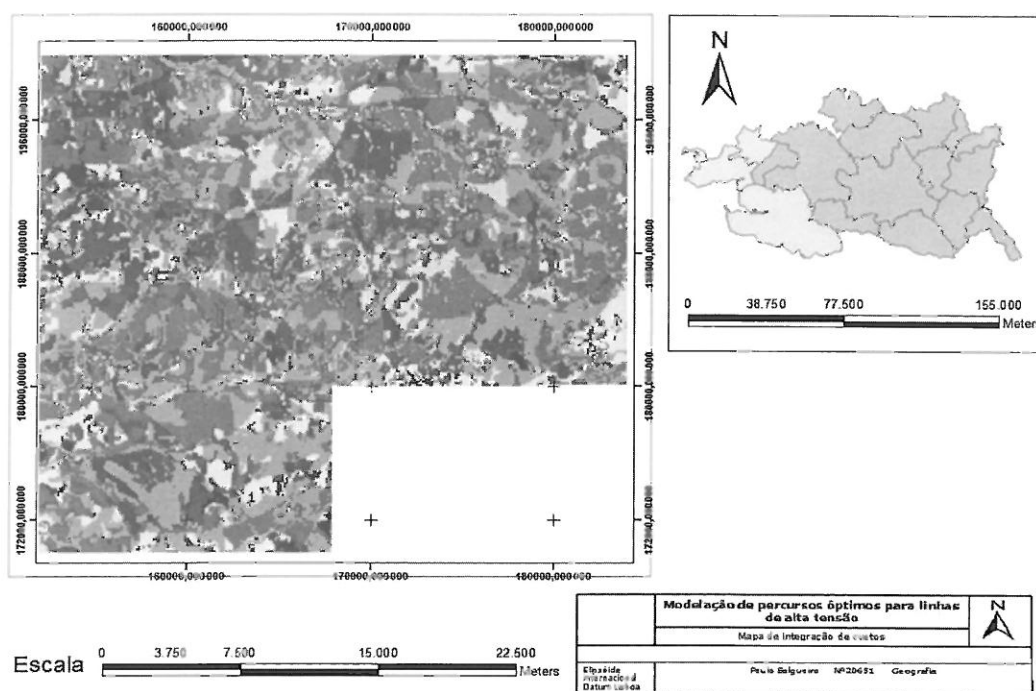


Figura 2
Mapa de integração de custos.

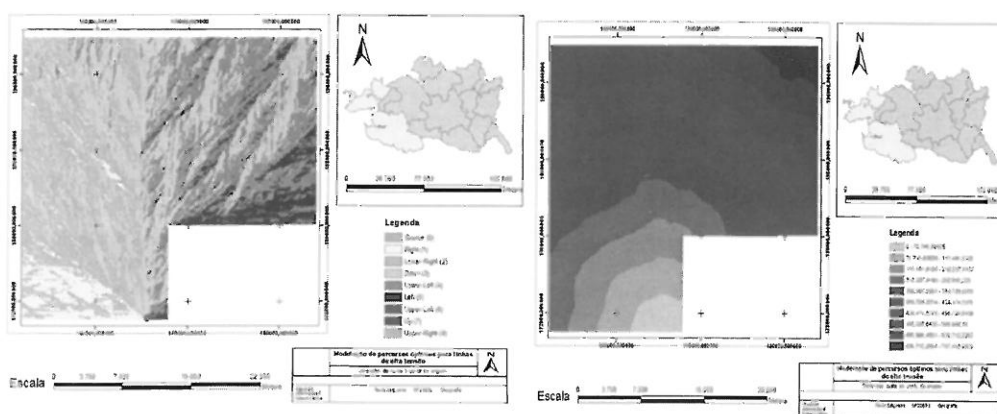


Figura 3
Direcções e distâncias-custo resectivamente.

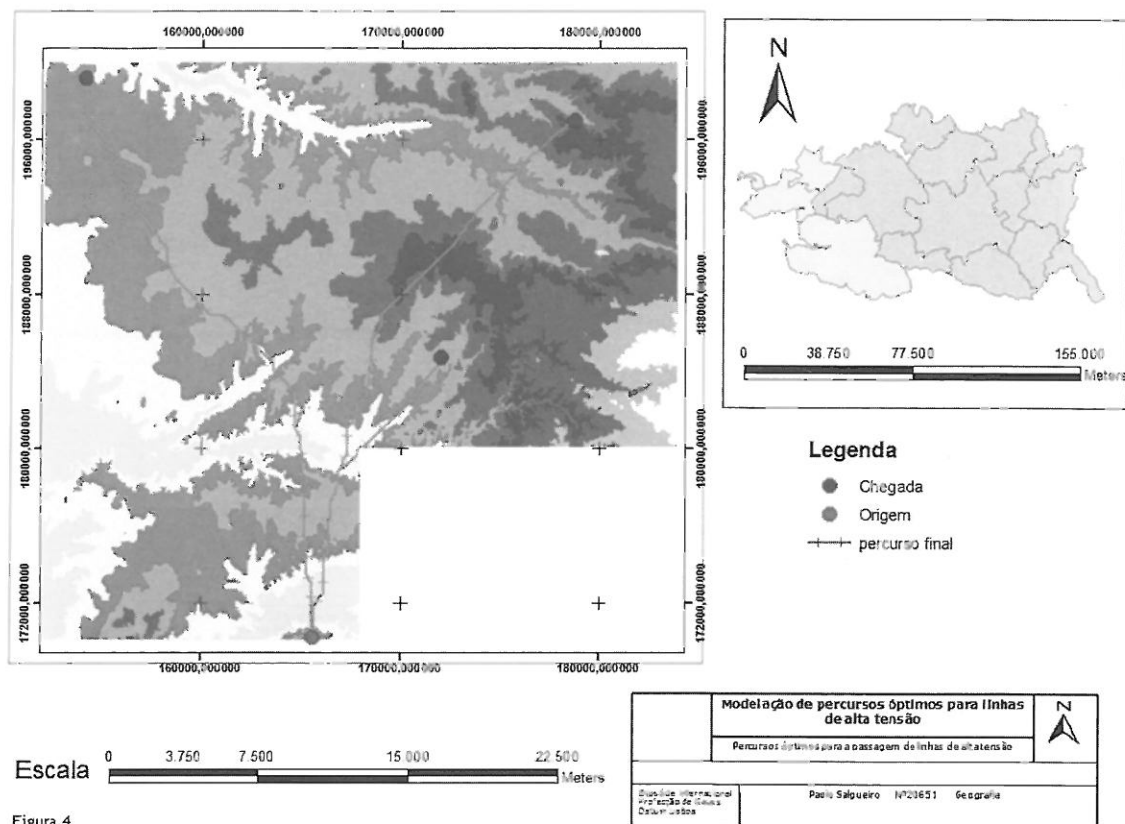


Figura 4

Definição de percursos.

4. Considerações finais

Este trabalho centrou-se na definição de uma metodologia para a geração de um percursos óptimos visando a construção de uma linha de muito alta tensão, através da definição de processos de modelação geográfica, considerando a integração das múltiplas variáveis passíveis de avaliação. Sendo um processo de modelação geográfica orientado para uma finalidade muito específica, foi necessário adoptar um conjunto de procedimentos visando adaptar os processos genéricos de avaliação ambiental ao contexto específico do tema em estudo.

Os processos de análise espacial de suporte à decisão por base de critérios, permitem considerar que foi desenvolvido um modelo multicritério orientado para a resolução de um problema de localização de entidades lineares.

Um dos aspectos fundamentais deste projecto assenta na identificação, quantificação e avaliação perfeitamente explícita dos valores e variáveis fundamentais dos processos de avaliação de impacto ambiental. Através da metodologia desenvolvida é possível gerar *a priori* uma solução de localização optimizada, considerando o contexto de avaliação integrado permitindo nomea-

damente a quantificação e avaliação dos valores ambientais e dos interesses das populações afectadas. O projecto aqui descrito, pode assim representar um bom suporte para a definição de infra-estruturas lineares, como as linhas de alta tensão, sempre sujeito a um contínuo refinamento e avaliação prospectiva de todo o processo metodológico. O modelo apresentado tem um carácter aplicativo, o que poderá levar a que uma avaliação diferente origine percursos diferentes.

Um dos objectivos futuros seria refinar o modelo e corrigir-lhe possíveis erros, podendo ainda ponderar a existência de uma interface que facilitasse o uso do mesmo modelo.

Bibliografia

- FREIRE, M. (2003) - *Concepção e desenvolvimento de uma aplicação SIG para avaliação de impacto ambiental: construção de uma via rodoviária*. Trabalho de fim de curso, Universidade de Évora, Évora.
- GONÇALVES, A. (2007) - *Modelação Geográfica de Problemas de*

Localização. Tese de Doutoramento, IST, Lisboa.

LEE, J. e STUCKY, D. (1998) - "On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on Digital Elevation Models" (Versão electrónica). *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 12, 8, pp. 891-905.

MATOS, J. L. (2001) - *Fundamentos de informação geográfica*. LIDEL - Edições Técnicas, Lisboa.

NEVES, N.; FREIRE, M.; CABEZAS, J.; BUYOLO, T.; FERNÁNDEZ, L.; FERNÁNDEZ, I. e BATISTA, T. (2006) - GESTA - "Concepção e desenvolvimento do modelo de dados espaciais". In *Geoalex - Modelo de Gestão Ambiental e Territorial*

para a Área Transfronteiriça Alentejo - Estremadura; Amde Junta de Estremadura; Badajoz, 2006; ISBN:84-690-3002-7, pp. 253-280.

STEFANAKIS, E., e KAVOURAS, M. (2002) - "Navigating in Space under Constraints". In *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, (IJPAM), Vol. 1(1), pp 71-93, Academic Publications.

YU, C.; LEE, J. e MUNRO-STASIUK, M. (2003) - "Extensions to least-cost path algorithms for roadway planning" [Versão electrónica]. *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 17, 4, pp.361- 376.