

Apoio ao Planeamento de Viagens em Transportes Públicos

Marisol Correia

Prof. Adjunta da Escola Superior de Gestão, Hotelaria e Turismo da Universidade do Algarve
mcorreia@ualg.pt

Nuno Mamede

Instituto Superior Técnico
Nuno.Mamede@acm.org

Resumo: Apresenta-se um sistema informático que elabora planos de viagens para pessoas utilizando transportes públicos e que escolhe os melhores de entre esses planos, em função de critérios indicados pelo utilizador, como sejam, o tempo de duração da viagem, o preço dos bilhetes e a qualidade dos transportes.

Introdução

Na sociedade actual, o tempo é um bem indispensável, e como tal, torna-se necessário planear algumas das actividades, como por exemplo, as viagens, por forma a aproveitá-lo o melhor possível.

Em Portugal já é possível realizar viagens rápidas e confortáveis utilizando os transportes públicos. Assim, surgiu a ideia de desenvolver uma aplicação que elaborasse planos de transporte entre localidades utilizando transportes públicos e escolhesse os melhores de entre esses planos em função de critérios indicados pelo utilizador.

A aplicação desenvolvida pode ser utilizada em terminais de transportes (aerportos, terminais rodoviários, ferroviários, etc.), em agências de viagens ou em quiosques disponíveis na via pública.

Uma outra utilização, que exigiria a introdução de outros critérios e da indicação de vários locais de destino em vez de um só, seria o planeamento de circuitos turísticos (Pinheiro, 1997).

Definição do Problema

Para que a aplicação possa elaborar planos de transporte para ir de uma localidade a outra utilizando transportes públicos, o utilizador, para além de indicar a localidade de onde pretende partir (que se designará por Origem) e a localidade onde pretende chegar (que se designará por Destino), indica também o dia e a hora a partir da qual pretende sair de Origem ou o dia e a hora antes da qual pretende chegar a Destino. O utilizador também deve especificar os critérios a considerar na escolha dos melhores planos de transportes. Estes critérios consistem na importância a atribuir ao custo da viagem, ao tempo de duração da viagem e à qualidade dos transportes.

Abordagem ao problema

A primeira abordagem ao problema foi representar o conhecimento sobre os transportes, utilizando enquadramentos. Para o problema em estudo, não seria necessário representar o conhecimento sobre os transportes mas apenas a informação sobre estes. No entanto, tal seria necessário para desenvolver um Sistema de Informação Baseado no Conhecimento (vulgo Sistema Pericial), que se pretende realizar num futuro próximo.

Também se definiu uma base de dados desenvolvida num Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional (SGBDR). Por último, desenvolveram-se os algoritmos e as heurísticas necessários para elaborar planos de transportes e para determinar os melhores planos. Os melhores planos de transportes são determinados em função dos critérios indicados pelo utilizador, recorrendo-se às técnicas de decisão multi-atributos.

Classificação dos transportes

Analisaram-se os transportes públicos existentes no nosso país, as suas características, os tipos de serviços que oferecem e as condições de pagamento. Os transportes públicos foram agrupados em três classes: transportes inter-urbanos, transportes urbanos e táxis.

Os transportes urbanos são os transportes que realizam os percursos dentro das áreas urbanas e que utilizam determinados tipos de bilhetes, como sejam os pré-comprados, os passes e o bilhete normal. Contrariamente, os transportes inter-urbanos realizam percursos de média e longa duração, ou seja, realizam os percursos entre cidades e, embora utilizem os módulos de bilhetes pré-comprados, os preços dos bilhetes dependem, também, da classe em que se pretende viajar (1ª classe, classe turística, por exemplo).

Representação do conhecimento sobre os transportes

Após verificar o que há de comum e de diferente entre os vários tipos de transportes, houve necessidade de representar o conhecimento sobre estes, utilizando a metodologia que melhor se adequasse ao problema. De entre os vários métodos possíveis, como sejam, as regras de produção, as redes semânticas, os enquadramentos (*frames*), os *scripts*, a lógica de 1ª ordem e outros, decidiu-se pelos enquadramentos devido essencialmente a duas razões: a naturalidade com que permite exprimir conhecimento e o seu mecanismo de herança de propriedades.

Segundo Coelho (1986: 129), "Qualquer que seja a metodologia escolhida para a representação do conhecimento, o seu traço importante, e fundamental, é a naturalidade de expressão, quer durante o ensino do sistema, quer durante a sua aplicação". Os enquadramentos surgem como método de representação do conhecimento em Inteligência Artificial, em meados da década de 70, propostos por Minsky (1975). Este autor sugeria que o nosso conhecimento estava organizado em "pacotes" chamados enquadramentos, os quais, por sua vez, estavam interligados entre si através de uma rede, o sistema de enquadramentos.

Segundo Reichgelt (1991: 144), "Os enquadramentos são estruturas que permitem representar o conhecimento sobre um aspecto limitado do mundo", ou seja, são estruturas que permitem representar conjuntamente o conhecimento declarativo e o conhecimento procedimental sobre uma situação ou objecto.

A seguir são indicadas algumas das classes-enquadramentos definidas, que representam o conhecimento sobre determinada situação ou objecto relativo aos transportes: Transporte, Operador, Morada, Paragem, Local_aquisição_bilhetes, Características_transporte, Tipo_categoria_preço, Bilhetes_urbano, Inter_urbano, Urbano, Táxi, Preços_táxi (Correia, 1996: 33-56).

Definição da base de dados

A metodologia utilizada começa por analisar o sistema num nível abstracto, que permite descrever os objectos considerados importantes no sistema, as interações entre eles e as suas propriedades. A abordagem utilizada foi a abordagem Entidade-Associação, vulgarmente designada por E-R (acrónimo de Entity-Relationship). Esta metodologia é inspirada na Teoria da Normalização e foi proposta por Chen (1976).

Como a base de dados foi desenvolvida num Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional (SGBDR), o passo seguinte foi converter os diagramas E-R obtidos em tipos de dados suportados pelos SGBDR, ou seja, em relações (Carapuça, 1993).

Na conversão é necessário garantir que não se introduz redundância na base de dados, que se mantém as restrições de integridade de entidades e de integridade referencial e que se obtém um número mínimo de relações. É necessário também verificar se a base de dados está normalizada, pelo menos até à Terceira Forma Normal, ou seja, aplicar as regras de normalização: Primeira Forma Normal, Segunda Forma Normal, Terceira Forma Normal, de modo a que não haja redundância nas relações.

Decidiu-se pelos sistemas relacionais em detrimento dos sistemas que suportam bases de dados desenhadas segundo outras abordagens, como por exemplo, o modelo hierárquico, o modelo em rede ou o mais recente, o modelo de dados orientado para objectos, devido aos seguintes aspectos:

- 1 – São actualmente os mais utilizados (embora o modelo de dados orientado para objectos seja o mais recente, ainda não foi suficientemente investigado e como tal a informação disponível era escassa);
- 2 – São os mais simples e práticos de manipular em comparação com o modelo hierárquico e o modelo em rede, porque não são necessárias as ligações físicas para representar as relações, dado que a informação é representada pelo valor e não pelo lugar;
- 3 – Um operador pode realizar várias operações sobre as relações sem alterar a consistência da informação.

A figura 1 contém o diagrama de relações que se obteve para os transportes inter-urbanos, utilizando a notação apresentada por Hawryszkiewicz (1990):

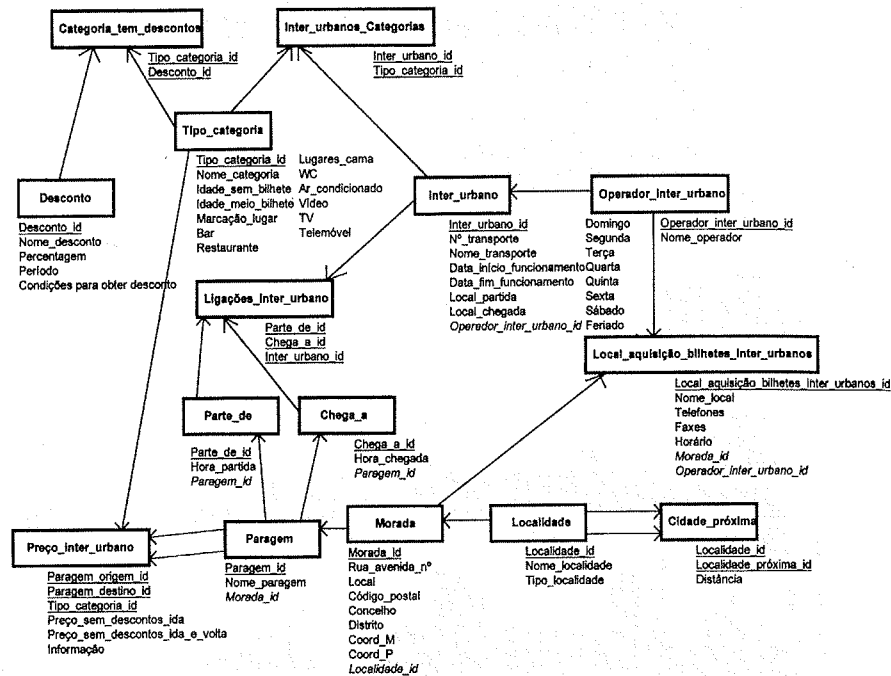


Figura 1 - Diagrama de relações para os transportes inter-urbanos

Neste diagrama, os rectângulos representam as relações; próximo das relações aparecem os seus atributos, em que a chave primária aparece sublinhada e a chave estrangeira aparece a itálico. A seta que surge no segmento de recta que representa a ligação entre uma relação e outra indica a direcção da ligação, ou seja, que o valor da chave primária da relação onde começa a seta deve existir nessa relação antes de que seja usada como chave estrangeira na outra relação (onde termina a seta).

Realização da base de dados

O SGBDR utilizado foi o Microsoft Access, porque se considerou ser, na altura em que se desenvolveu a aplicação, a mais completa das ferramentas disponíveis.

A base de dados foi posteriormente carregada com informação referente a alguns dos transportes inter-urbanos que fazem as ligações entre o Algarve e a zona da Grande Lisboa (comboio, autocarro-expresso e avião), sobre transportes urbanos (autocarro) e informação sobre táxis (ver a figura 2).

Algoritmos

Para determinar os melhores planos de transportes públicos que permitem viajar de uma localidade Origem a uma localidade Destino, foram desenvolvidos algoritmos que permitem:

- Determinar os planos de transportes possíveis para ir de Origem a Destino, utilizando todos os tipos de transportes, excepto os táxis;
- Determinar os planos de transportes para os táxis;
- Ordenar os três melhores planos por ordem de preferência.

As informações fornecidas ao utilizador referentes aos planos de transportes públicos (excluindo os táxis) são: o número e nome do transporte, as horas de partida e de chegada, a localização das paragens de partida e de chegada, as categorias existentes (no caso dos transportes inter-urbanos), as condições disponíveis para cada categoria, os preços dos bilhetes, as idades limites que determinam a isenção total ou parcial de paga-

Figura 2 - Janela que permite ao administrador da base de dados introduzir informação sobre os transportes inter-urbanos

mento do bilhete e o nome do operador.

Em relação aos planos referentes aos táxis, são fornecidos ao utilizador a distância mínima entre a localidade Origem e a localidade Destino, o preço mínimo, as moradas das praças de táxis em Origem e em Destino (conforme necessário) e os números de telefone e de fax das centrais de táxis.

Os planos referentes aos táxis não foram considerados na determinação dos melhores planos de transportes devido à dificuldade em definir as distâncias reais dos percursos.

Para determinar os planos de transportes possíveis, consideraram-se quatro tipos de planos de transportes diferentes; planos de transportes directos, planos de transportes com origens alternativas à Origem, planos de transportes com destinos alternativos ao Destino e planos de transportes com origens e destinos alternativos à Origem e ao Destino, respectivamente.

Os planos de transportes directos, tal como o nome indica, correspondem aos transportes que efectuem a ligação directa entre Origem e Destino.

Um plano de transportes com origens alternativas à Origem, corresponde a um transporte que efectue a ligação entre a localidade Origem e uma localidade próxima da Origem e a um transporte que efectue a ligação entre a localidade próxima da Origem, anteriormente referida, e a localidade Destino. A localidade próxima da Origem é determinada por um algoritmo, cujo objectivo é encontrar localidades próximas ao local fornecido, dando preferência às cidades.

Contrariamente, um plano de transportes com destinos alternativos a Destino corresponde a um transporte que efectue a ligação entre a Origem e uma localidade próxima do Destino e a um outro que efectue a ligação entre esta e o Destino. A determinação das localidades próximas do Destino é feita pelo mesmo algoritmo que determina as localidades próximas da Origem.

Por último, um plano de transportes com origens e destinos alternativos à Origem e a Destino, respectivamente, corresponde a um transporte que efectue a ligação entre a Origem e uma localidade próxima da Origem, um outro transporte que efectue a ligação entre a localidade próxima da Origem e uma localidade próxima do Destino e por último, por um outro

que efectue a ligação entre a localidade próxima do Destino e o Destino.

Os algoritmos foram desenvolvidos no Microsoft Access utilizando a linguagem Microsoft Access Basic.

Heurísticas

A seguir são apresentadas algumas das heurísticas que foram consideradas na determinação dos planos de transportes possíveis:

1 - Como já foi referido, os melhores planos de transportes para ir de Origem ao Destino, podem não ser planos constituídos apenas por transportes que partam

de Origem e cheguem a Destino, mas por transportes que partam de locais próximos de Origem e/ou cheguem a locais próximos do Destino;

- 2 - Na procura dos locais próximos da Origem e do Destino, deve-se dar preferência às cidades, uma vez que é mais provável que aí se encontrem mais e melhores transportes;
- 3 - Nos planos com transbordos deve-se verificar se o utilizador tem tempo suficiente para efectuar o mesmo. Este tempo varia com o tipo de transporte (geralmente o "check-in" nos aviões é mais demorado do que para qualquer outro tipo de transporte) e com a distância entre as paragens onde se efectua o transbordo;
- 4 - Verificar se o dia em que se pretende realizar a viagem é um dia feriado e em caso afirmativo, se é nacional ou municipal.

Melhores planos de transportes

Para determinar os melhores planos de transportes decidiu-se utilizar as técnicas de decisão multi-atributos, que permitem resolver problemas de selecção de alternativas em função de determinados critérios. Para este fim, adoptou-se o Método da Pesagem Simples Aditiva, também denominado Método das Ponderações (Ackoff, 1962).

Exemplo

De seguida apresenta-se um exemplo de utilização da aplicação desenvolvida, pressupondo que o utilizador pretendia viajar de Lisboa para Faro, partindo no dia 26 de Junho de 1998, a partir das 7:30 e considerando que o tempo de viagem deve ser o mínimo possível.

A figura 3 corresponde à primeira janela, onde o utilizador indica a localidade de Origem e a localidade de Destino.

A seguir, o utilizador escolhe que pretende partir de Origem num determinado dia e depois de determinada hora (ver a figura 4).

Pressionando no botão "Introduza a data e a hora" surge uma janela (representada na figura 5), onde o utilizador indica a data e a hora atrás referidas.

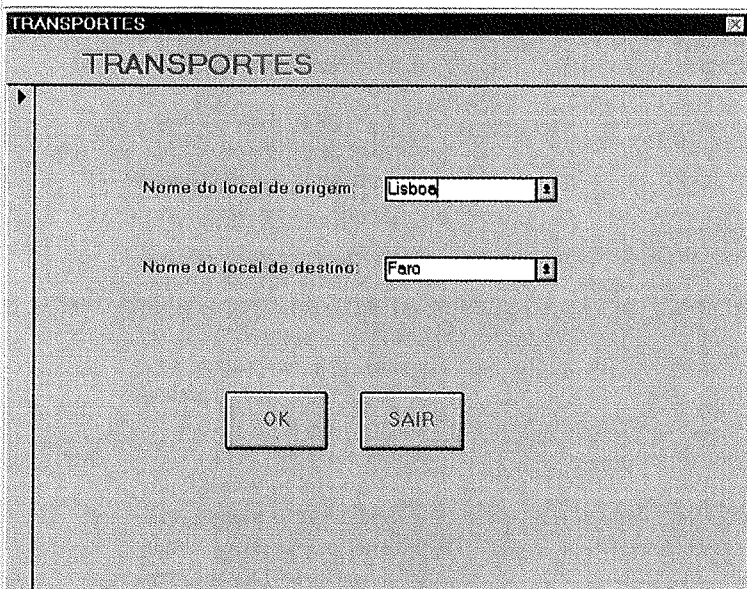


Figura 3 - Janela que permite ao utilizador introduzir a localidade Origen e a localidade Destino

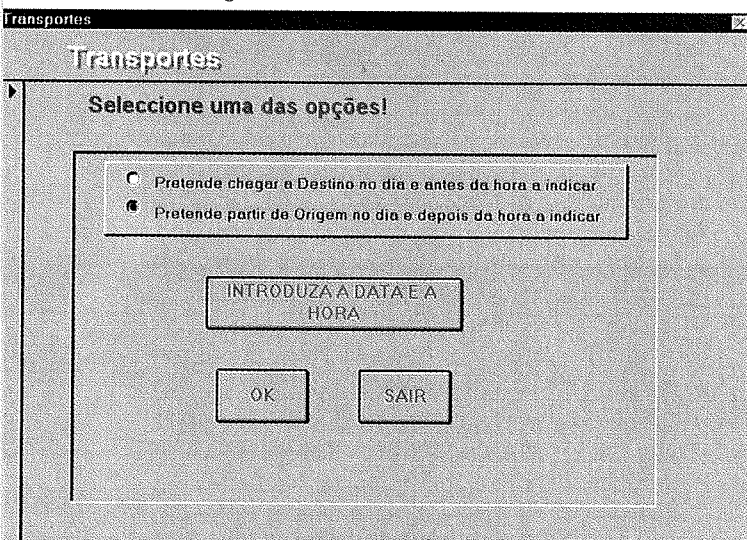


Figura 4 - Nesta janela o utilizador indica qual das duas opções pretende

Por último, o utilizador deve indicar qual a importância que atribui a cada um dos critérios. No exemplo em questão, indica que o tempo tem prioridade máxima (ver a figura 6). Se o utilizador optasse por considerar que "Todos os critérios têm prioridades diferentes", teria que indicar numa outra janela, a importância que atribui a cada um deles.

Tendo sido fornecidos todos os dados necessários, a aplicação determina os planos de transportes possíveis para ir de Lisboa a Faro, tal como indicado na figura 7.

A partir desta janela é possível obter informação sobre os locais onde se podem adquirir os bilhetes, as várias categorias disponíveis no transporte, os preços praticados e, no caso de ser sugerido um táxi ou outro transporte de ligação, as informações sobre estes.

Para que a aplicação escolha os três melhores planos de transportes, o utilizador deverá seleccionar o botão correspondente, o que faz surgir uma janela em tudo idêntica à anterior, mas com informação relativa aos melhores planos. No exemplo em estudo, um dos planos escolhido é o apresentado na figura 7.

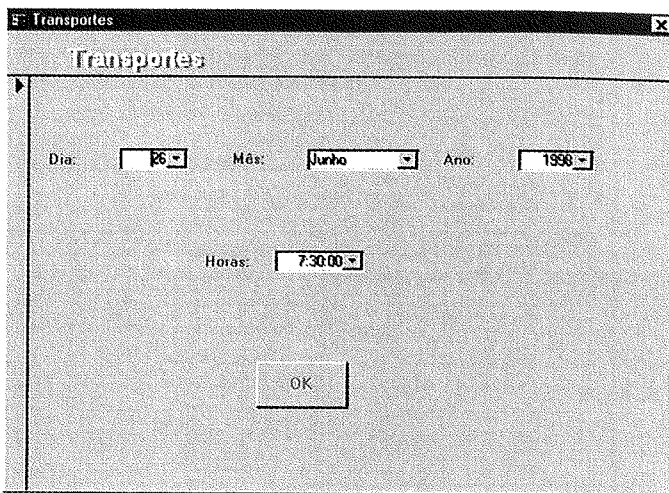


Figura 5 - O utilizador indica a data e a hora

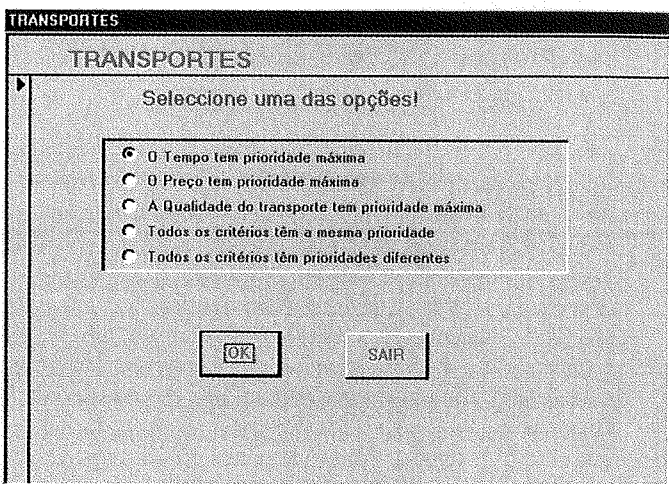


Figura 6 - Janela onde o utilizador indica a importância que atribui a cada critério

Conclusões

Desenvolveu-se uma aplicação que planeia viagens em transportes públicos e que, em função de critérios indicados pelo utilizador, determina os melhores de entre os planos possíveis.

No entanto, é possível introduzir algumas melhorias, como sejam:

- 1 - Introduzir mecanismos de aprendizagem que confirmem à aplicação a capacidade de utilizar o conhecimento adquirido com os planos anteriormente determinados, na elaboração de novos planos;
- 2 - Utilizar as técnicas tradicionais de calendarização (scheduling) e de satisfação de constrangimentos (constraints-satisfaction) para a escolha dos percursos;
- 3 - Desenvolver uma interface mais agradável;
- 4 - Fornecer informação suplementar ao utilizador, como seja, mapas com o caminho a percorrer, locais a visitar nos períodos de espera pelo transporte seguinte, etc.;
- 5 - Preparar a aplicação para que possa estar disponível via Internet.

Bibliografia

- Ackoff, R., 1962. *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions* - John Wiley, New York.
- Alagic, Suad, 1986. *Relational Database Technology* - Springer-Verlag.
- Atre, S., 1980. *Database: Structured Techniques for Design, Perfor-*

TRANSPORTES POSSÍVEIS

PARTIDA:

Local de partida: Lisboa
 Distrito: Lisboa
 Rua_avenida e nº: Terminal Rodoviário, Av. Casal Ribe
 Hora de partida: 7:45:00

Nº do transporte:
 Nome do transporte: Expresso
 Data: 26 de Junho
 Nome do operador: Eva Transportes

CHEGADA:

Local de chegada: Faro
 Distrito: Faro
 Rua_avenida e nº: Terminal Rodoviário, Av. da Repúbl
 Hora de chegada: 12:25:00

Este plano de transportes inclui:

Táxi(s):
 Transporte(s) secundário(s):

Locais onde adquirir bilhetes Categorias e Preços Táxi Transportes secundários

ESCOLHE OS MELHORES PLANOS DE TRANSPORTES SAIR

Registo: 4 de 9

Figura 7 - Janela que mostra informação sobre os planos de transportes possíveis

mance and Management - Wiley-Interscience Publication.

Carapuça, Rogério, 1993. *Introdução aos Sistemas de Informação e Bases de Dados: Texto de Apoio* - IST/DEEC.

Chen, P. P., 1976. *The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data*, ACM Transactions on Database Systems, vol. 6, no. 1.

Coelho, Hélder, 1986. *Tecnologias da Informação* - Publicações Dom Quixote

Coelho, Hélder, 1988. *Computador e Informação* - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2ª Edição

Coelho, Hélder, 1995. *Inteligência Artificial em 25 Lições* - Fundação Calouste Gulbenkian.

Correia, Marisol de Brito, 1996. *Elaboração de Planos de Transporte de Pessoas* - Tese de Mestrado do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Date, C.J., 1995. *An Introduction to Database Systems* - Addison-Wesley Publishing Company, Sixth Edition.

Date, C.J., 1995. *Relational Database - Writings 1991-1994* - Addison-Wesley Publishing Company.

Dean, Thomas; Allen, James; Aloimonos, Yiannis, 1995. *Artificial Intelligence, Theory and Practice* - The Benjamin/Cummings Publishing Company, inc.

Hawryszkiewicz, Igor T., 1990. *Relational Database Design - An Introduction* - Prentice Hall.

Kim, Won, 1995. *Modern Database Systems: The Object Model, Interoperability and Beyond* - ACM Press.

Korth, Henry F.; Silberschatz, Abraham, 1986. *Database System Concepts* - McGraw-Hill International Editions.

Loomis, Mary E. S., 1995. *Object Databases: The Essentials* - Addison-Wesley Publishing Company.

Martins, João P., 1989. *Introduction to Computer Science* - Wadsworth Publishing Company, 1º Edition

Martins, M. A. Costa, 1984. *Concepção duma Base de Dados* - Rés-Editora.

McGee, Margaret D.; Boyce, Judy, 1993. *Microsoft Access for Windows, Step by Step* - Microsoft Corporation.

Minsky, M., 1975. *A Framework for Representing Knowledge em The Psychology of Computer Vision* -Winston (ed.), New York: McGraw Hill Book Co..

Nelson, Stephen L., 1994. *Field Guide to Microsoft Access 2 for Windows* - Microsoft Press.

Rich, Elaine; Knight, Kevin, 1991. *Artificial Intelligence* - McGraw-Hill, Second Edition.

Pinheiro, Luís M. dos Santos, 1998. *Apoio à Decisão e Sistemas de Informação Turística* - Tese de Mestrado do Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Reichgelt, Han, 1991. *Knowledge Representation: An A.I. Perspective* - Ablex Publishing Corporation - Norwood, New Jersey

Schuy, Don, 1995. *Programming Microsoft Office* - SAMS Publishing.

Ullman, Jeffrey D., 1982. *Principles of Database Systems* - Computer Science Press, Second Edition.

Nota

1) Segundo Coelho, (1986: 40), "O conhecimento é uma noção de nível mais elevado do que os dados e a informação. É o que pode ser atribuído a um agente, tal que o seu comportamento possa ser computado. O conhecimento não é apenas uma colecção de expressões simbólicas com alguma organização (estática). Requer processos e estruturas de dados".