

Modelo de Interfaces Adaptativas utilizando Redes Bayesianas

Fernando Luiz de Oliveira¹, Sabrina Bet², Anderson Luiz de Oliveira³, Silvia Modesto Nassar⁴, Fabiano Fagundes⁵

^{1,2}Pós-Graduação em Ciências da Computação – CPGCC – UFSC

⁴UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Cx. P. 476, 88040-900 – Florianópolis – SC – Brasil

^{3,5}Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Cx. P. 160 – 77054-970 – Palmas – TO - Brasil

{fluiz¹, sbet², silvia⁴}@inf.ufsc.br, {anderson³, fagundes⁵}@ulbra-to.br

Abstract: *In a web environment the information must be disposed in a way to permit that the user may navigate and find easily what he's searching for. So, the interface assumes an important role, for it's through it that the access forms will be disposed. However, static interfaces offer a hard structure that may displease some users. In this context appears the idea of adaptive interfaces aggregating information about the user in the process of interface definition. The goal of this article is based on the definition of an adaptive interfaces model that may be applied to an established information domain.*

Resumo: *Em um ambiente Web as informações devem ser dispostas de forma a permitir que o usuário navegue e encontre facilmente o que procura. Assim, a interface assume um papel importante, pois será através dela que serão disponibilizadas as formas de acesso a todo conteúdo oferecido pelo aplicativo. No entanto, interfaces estaticamente projetadas oferecem uma estrutura rígida que pode não agradar a todos seus usuários. Neste contexto, insere-se a idéia de interfaces adaptativas, que agregariam informações acerca do usuário no processo de definição da interface a ele apresentada. O objetivo deste trabalho está na definição de um modelo de interfaces adaptativas que possa ser aplicado a um determinado domínio da informação.*

1. Introdução

A Internet tornou-se uma das principais ferramentas de apoio a tarefas que envolvam trabalho, troca de informações e atividades educacionais. No entanto, apesar de ter adquirido tal importância, a Web não evoluiu de forma proporcional às necessidades da maioria de seus usuários sendo, em sua boa parte, composta por um emaranhado de páginas que apresentam conteúdo distribuído de forma confusa e estruturas de difícil navegação. Com objetivo de evitar esta desorientação por parte do usuário, algumas estratégias podem ser elaboradas [Valiati 2000]. Uma destas estratégias refere-se à possibilidade de definir interfaces segundo algumas características do próprio usuário, acompanhando a evolução da sua utilização e com isso adaptando-se ao perfil do usuário à medida que se adquire um maior conhecimento sobre o mesmo. Este artigo

aborda esta solução, apresentando um modelo de interfaces adaptativas baseado em Redes Bayesianas. Como exemplo de aplicação do modelo, será desenvolvido um sistema de notícias *on-line* que poderia ser também utilizado em qualquer outro domínio, desde que este contenha informações que pudessem ser agrupadas em temas.

Interface adaptativa é um artefato de software que se caracteriza por adaptar a interface de interação com o usuário através de um modelo construído a partir de uma experiência parcial com este usuário [Langley 1999]. Assim, a navegação por um sítio Web pode tornar-se mais compreensiva ao usuário por ter muitos de seus aspectos definidos por suas preferências. Outra característica é que as interfaces destes aplicativos estarão continuamente se adaptando de acordo com as interações deste usuário com este sistema [Kühme 1993], possibilitando assim, uma constante evolução da mesma objetivando chegar o mais próximo possível de uma navegação que pareça menos confusa ao usuário.

Pelas características já relacionadas, somente é possível projetar interfaces adaptativas caso exista um modelo de usuário bem definido e uma estratégia de adaptação. Para a realização desta última tarefa, este artigo utilizará Redes Bayesianas (RBs) que se caracterizam por serem redes de conhecimento baseada na teoria de probabilidade permitindo, assim, a modelagem de conhecimento incerto [Carneiro 1999]. Isto será importante, pois, ao modelar usuários, as informações obtidas destes poderão não ser precisas, o que dificultaria o processo de adaptação da interface do aplicativo.

2. Interface Adaptativa

Uma das principais razões que levam ao desenvolvimento de aplicativos com interfaces adaptativas refere-se à tentativa de estruturar a interface de forma a facilitar a navegação do usuário. Esta iniciativa é válida pela importância que a interface de um aplicativo possui, sendo que, caso seja bem definida, a interface pode atuar como uma fonte de motivação à utilização deste produto; caso contrário, pode atuar como um fator limitante, o que levaria a uma sub-utilização [Vieira, Pontes & Palazzo 2002]. Outro ponto a ser considerado parte do princípio que a maior parte dos aplicativos Web é utilizada por usuários com diferentes preferências e níveis de conhecimento, por isto, dificilmente um sítio Web construído de forma estática poderia satisfazer a todos seus usuários. Como já mencionado, uma possível solução seria a utilização de técnicas que permitissem adaptar estas interfaces segundo as características de cada usuário [Crow & Smith 1993]. Existem duas abordagens a serem consideradas com relação às interfaces adaptativas [Oosterdorp et al 1994]:

1. Adaptar a estrutura de acesso a determinadas funções com base na interação do usuário como, por exemplo, mudar a ativação de um procedimento realizado por menus para uma ativação realizada por botões;
2. Adaptar a forma como as informações são acessadas, fazendo uma reorganização dos pontos de ligação entre informações (nodos do sistema) de acordo com a navegação do usuário.

Este artigo está fundamentando na segunda abordagem (citada acima) e, portanto, a adaptação consistirá em uma reorganização dos *links* oferecidos ao usuário. Contudo, para que um aplicativo Web permita adaptar-se de acordo com as preferências

de um usuário, faz-se necessário [Sukaviriya & Foley 1993]: 1) interfaces projetadas de forma a permitir as modificações sugeridas pelo modelo; 2) um modelo de usuário; e, 3) uma estratégia de adaptação.

2.1. Interfaces suscetíveis a adaptações

De forma a permitir que cada usuário tenha a sua “versão” do aplicativo modelada segundo suas preferências, é necessário que as interfaces que compõem o sítio Web sejam passíveis de modificações. Em um sistema projetado com interfaces adaptativas, estas alterações poderão ocorrer a todo instante em que o usuário estiver *on-line*, de acordo com a estratégia de adaptação adotada (seção 4). Portanto, estas interfaces devem ser projetadas de forma a permitir que tais modificações ocorram antes e durante a navegação do usuário.

Com este objetivo, a interface do sistema de notícias *on-line*, abordado como exemplo neste trabalho, será modularizada e cada *link* de notícia estará agrupado e armazenado segundo o seu grupo de notícias (economia, educação, esportes, lazer e política). Esta modularização permitirá a reordenação dos menus (índices de acesso), bem como dos demais *links* associados a estes menus. Assim, *links* de maior interesse do usuário serão disponibilizados de tal forma que o mesmo tenha maior facilidade em acessá-los [Nielsen 2000]. Um exemplo será apresentado através da Figura 1.



Figura 1: Página inicial do Sistema de Notícias *on-line*

A Figura 1 apresenta a interface montada para um usuário que dá preferência à leitura de notícias sobre economia, seguidas por esportes e política. Os menus e os *links* estão organizados de forma a facilitar que estas notícias sejam encontradas e lidas pelo usuário em questão. A quantidade de notícia visível de cada grupo será definida de acordo com o modelo de usuário e a estratégia de adaptação. Assim, cada usuário terá uma certa quantidade de notícias (de cada grupo) visíveis em sua “versão” do sítio Web e este atuará de forma a recomendar notícias relacionadas aos temas preferidos deste usuário.

3. Modelo de usuário

Um modelo de usuário corresponde a uma coleção de informações que descreve um usuário de uma determinada aplicação [Sukaviriya & Foley 1993]. Para que as

interfaces de um aplicativo possam ser adaptadas, é necessária a existência deste modelo de usuário, sendo este o responsável por definir o que cada usuário deseja ter em sua área de navegação. Como cada usuário terá o seu modelo e, somente por isto é que cada usuário poderá ter uma “versão” do aplicativo moldada segundo suas preferências, faz-se necessário que este conjunto de modelos seja armazenado, dando origem a uma base de modelos de usuários.

Em geral, existem duas formas de obter as informações necessárias sobre o usuário. A primeira refere-se à aplicação de questionários em que o próprio usuário define suas preferências e anseios. A outra, seria obter tais informações conhecendo e deduzindo o usuário através da monitoração de suas interações com o sistema [Kühme 1993]. Neste artigo ambas as formas serão utilizadas e, por isto, serão explicadas separadamente.

3.1. Definição do modelo de usuário: Questionário

O questionário será usado apenas como forma de inicialização das informações acerca de um novo usuário do sistema, mais precisamente, no momento em que este usuário estiver cadastrando-se para utilizá-lo. O objetivo de sua utilização está na necessidade de se inicializar os parâmetros numéricos que quantificam a relação probabilística causal entre os nós da estrutura da Rede Bayesiana, técnica de Inteligência Artificial usada na estratégia de adaptação (seção 4). A Figura 2 apresenta uma simulação da inicialização de alguns destes parâmetros através dos dados provenientes de um possível questionário.

Neste ponto da modelagem do usuário vale ressaltar que, as informações utilizadas para a inicialização dos parâmetros da Rede Bayesiana não representam o modelo de usuário final. Por isto, questionamentos do tipo “As respostas do usuário refletem a realidade?” ou “Os critérios usados para mapear os resultados do questionário para os valores de inicialização (1ª escolha = 40%, 2ª = 30% e assim por diante) estão corretos?”, poderão ser minimizados porque, neste ponto da modelagem, o interesse se restringe à inicialização das estruturas, no entanto, já dotando o sistema com algum conhecimento (mesmo que empírico) deste usuário. Para que este caráter subjetivo do modelo seja eliminado faz-se necessária a utilização do monitoramento do usuário, sendo este o responsável por, à medida em que o sistema for conhecendo o usuário, modificar estes valores iniciais.

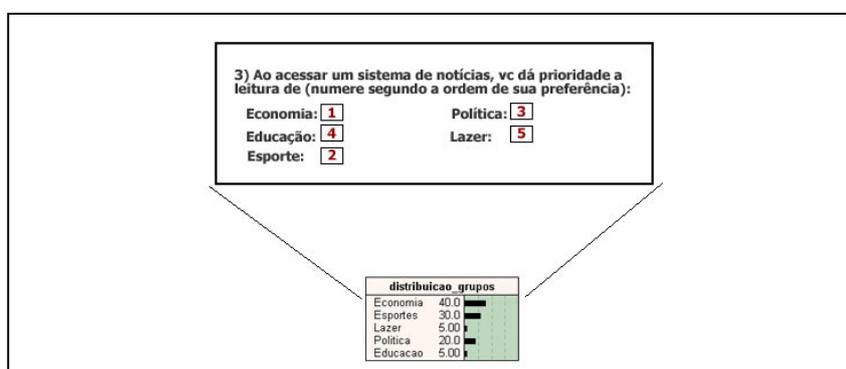


Figura 2: Exemplo de inicialização dos parâmetros de um dos nós da RB

3.2. Definição do modelo de usuário: Monitoramento

A monitoração do usuário será utilizada no decorrer de todo o período em que este usuário estiver acessando o aplicativo. Os dados gerados por este monitoramento fornecerão as evidências para a atualização dos parâmetros da Rede Bayesiana e, assim, modificar o modelo inicial do usuário.

O processo de monitoração iniciará logo que o usuário for identificado no sistema (através de *login* e senha) e registrará todos os *links* acessados e que tenham seu conteúdo lido. Assume-se que um usuário que acesse um *link* e que leia o conteúdo relacionado utilize para isto mais do que dez segundos. Tendo decorrido um tempo menor do que o estipulado na leitura da notícia relacionada ao *link* acessado, este não será computado. A atualização da RB ocorrerá logo após o usuário finalizar a sua sessão (fechar a página). A Figura 3 apresenta as fórmulas de atualização usadas neste trabalho.

$$PI_i = \left(\left(\frac{LA_i * \text{Maior}(TL)}{TL_i * \sum TL_i} \right) * P_i \right) + P_i \quad \text{1}$$

Onde:
PI_i: Probabilidade relativa inicial de um grupo;
LA_i: *Links* acessados de um determinado grupo;
Maior (TL): Retorna o grupo com maior número de *links*;
TL_i: Qtde de *links* de um grupo específico;
P_i: Probabilidade relativa atual.

$$FC = \sum PI_i - 1 \quad \text{2}$$

Onde:
FC: Fator de correção.

$$PF_i = PI_i - FC * P_i \quad \text{3}$$

Onde:
PF_i: Probabilidade relativa final de um grupo.

Figura 3: Fórmulas de atualização dos parâmetros de uma RB

A primeira fórmula calcula a probabilidade relativa de leitura de cada um dos grupos de notícias. Como a soma das probabilidades deve estar entre zero (0) e um (1) verifica-se, através da segunda fórmula, se o somatório das probabilidades geradas pela primeira fórmula ultrapassaram o total de um onde, caso ultrapasse este valor, o Fator de Correção deve ser retirado das probabilidades iniciais, sendo a terceira fórmula a responsável por esta tarefa. A Tabela 1 apresenta os cálculos referentes a um usuário após encerrar sua navegação. Este usuário se caracteriza por dar prioridade pela leitura de notícias relacionadas a economia (40%), esportes (30%) e política (20%).

Tabela 1: Exemplo de atualização

Parâmetro	Prob. Atual	Total de <i>links</i> do grupo	Total de <i>links</i> acessados	PI _i (1)	PF _i (3) FC = 1,25 - 1 = 0,25 (2)
Economia	0,4	16	8	0,48	0,38
Esportes	0,3	12	5	0,35	0,28
Política	0,2	8	8	0,28	0,23
Educação	0,05	2	2	0,07	0,06
Lazer	0,05	2	2	0,07	0,06
Total	1	40	25	1,25	1,00

Os resultados obtidos após a navegação deste usuário não alteraram sensivelmente seu modelo, visto que não houve modificação em suas preferências. No entanto, caso mantenha este novo padrão (lendo mais informações relacionadas aos outros temas) o seu modelo tenderá a ir ao encontro deste padrão, chegando a, em um acesso posterior, ter sua página inicial composta basicamente por *links* para informações sobre política, educação e lazer.

4. Estratégia de adaptação

A estratégia de adaptação é a responsável por fazer a ligação entre as interfaces adaptáveis e o modelo de usuário, utilizando este para organizar o primeiro. No entanto, usando apenas o modelo de usuário, a estratégia de adaptação ficaria restrita a modificar a interface para o próximo acesso do usuário, não permitindo a modificação em tempo de execução. Assim, com o objetivo de dotar este aplicativo de uma certa “inteligência” onde, a partir de uma ação do usuário o sistema tivesse a capacidade de se adiantar aos anseios do usuário oferecendo mais ou menos *links* relacionados ao grupo em questão ou do próximo a ser consultado em tempo de execução, optou-se pela utilização de uma técnica de Inteligência Artificial denominada Redes Bayesianas. Esta técnica por estar fundamenta na teoria da probabilidade permite a atualização das crenças (probabilidades) em respostas a evidências que se tornam disponíveis. Desta forma, a partir de uma interação do usuário (como por exemplo, a seleção de um *link*), a estratégia de adaptação teria as informações necessárias para definir se a distribuição e organização dos *links* deverão ou não ser modificadas.

4.1. Redes Bayesianas

A Inteligência Artificial tem como objetivo principal, transferir o comportamento inteligente para as máquinas, de forma que os programas computacionais simulem o raciocínio de especialistas, sendo esses programas capazes de fazer uma interação com o usuário, de forma amigável, resolvendo os problemas como um especialista [NASSAR, 2003].

A Inteligência Artificial trabalha com dois grandes paradigmas: simbólico e sub-simbólico (conexionista). Será representado aqui, o paradigma simbólico, o qual representa o conhecimento do especialista através de fatos e regras, que formam as bases de conhecimento, sendo as inferências dadas através de regras do tipo SE-ENTÃO.

Como no mundo real, os problemas de especialistas lidam com a incerteza, devido a inexatidão dos relatos apresentados. As Redes Bayesianas oferecem uma estrutura intuitiva de representar o raciocínio incerto. A vantagem de sua utilização concentra-se no sentido de permitir a representação e manipulação da incerteza com base em princípios matemáticos fundamentados.

4.1.1. Conceitos Básicos

Esta seção introduz conceitos da teoria de probabilidade, considerados relevantes para o entendimento das Redes Bayesianas, pois refletem nos valores de probabilidade que mostram a crença do especialista sobre o que ele espera que ocorra em determinadas situações.

O *espaço amostral* é um conjunto de probabilidades que se pode esperar em um domínio de aplicação. O valor $P(e)$ é um resultado individual e representa um *evento*, que é subconjunto do espaço amostral e reflete em uma estimativa da crença de que o resultado ocorra.

4.1.2. Axiomas Básicos da Probabilidade

Considerando dois eventos A e B, é de grande importância a utilização dos conectivos “e” e “ou” (\cap e \cup respectivamente). De forma que $P(A \cap B)$, representa a probabilidade de que ambos ocorram juntos, e $P(A \cup B)$ a probabilidade de que pelo menos um dos eventos ocorra. A seguir, alguns axiomas de probabilidade:

- a) $0 \leq P(A) \leq 1$
- b) $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$
- c) $P(A) + P(\bar{A}) = 1$

4.1.3. Regra de Bayes

O modelo Bayesiano interpreta a probabilidade condicional, onde o grau de crença de um agente causa um efeito em outro agente. Assim, $P(A|B)$ reflete a probabilidade de A SE B ocorrer. Considerando $P(B)$ a *probabilidade a priori*, pois corresponde à probabilidade existente antes de qualquer evidência, e $P(A)$ a *probabilidade a posteriori*, sendo a probabilidade após conhecer a evidência de B, a regra de Bayes é dada pela equação (1).

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

4.1.4. Redes Bayesianas

Uma rede bayesiana (RB) é um formalismo que mistura a teoria dos grafos e a teoria da probabilidade. A maioria dos eventos é condicionalmente independente da maioria dos outros, assim, podem-se criar conjuntos de variáveis que sejam dependentes e manter probabilidades conjuntas apenas para essas variáveis. Para isso, é necessário um sistema de controle que reconheça essa estrutura e calcule as probabilidades condicionais corretamente.

Uma RB é composta de uma parte qualitativa e outra quantitativa, sendo este conjunto a representação do conhecimento especialista. A parte qualitativa é um modelo gráfico representada por um Grafo Acíclico Direcionado (GAD), de forma que os nós representam as variáveis de um domínio e os arcos definem o relacionamento entre eles [Pearl 1995].

5. Definição da RB usada na estratégia de adaptação

Para que uma RB seja definida é necessário que as variáveis (nós) de interesse e arcos (ligações) sejam definidos. No caso deste modelo, as variáveis de interesse são: “grupo_atual”, “grupo_anterior” e “distribuição_grupos”. As duas primeiras variáveis permitem a identificação da tendência de leitura do usuário em que grupos iguais definem a manutenção das distribuições das informações e grupos diferentes especificam uma alteração gradual para o grupo atual. Já a última variável (“distribuição_grupos”) apresenta a quantidade de informações por grupo a serem disponibilizados na interface do usuário e, portanto, serão influenciadas pelas demais variáveis. A Rede Bayesiana composta por estas variáveis pode ser visualizada através da Figura 4.

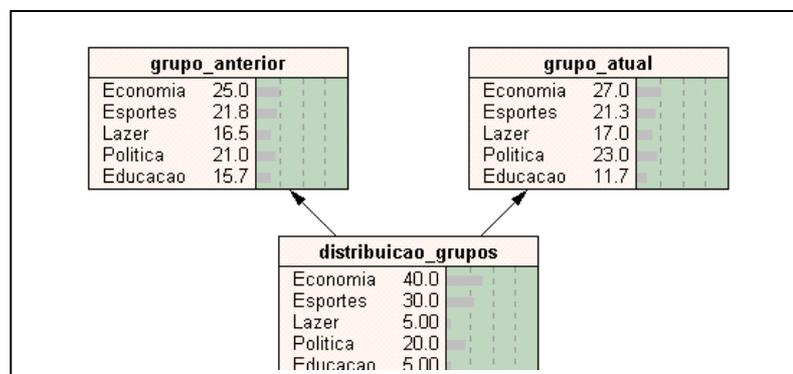


Figura 4: Rede Bayesiana para o modelo de atualização

A RB acima (Figura 4) define a distribuição das informações para um usuário que dá preferência a leitura de notícias relacionadas com economia, esportes e política. As três variáveis independentes (“grupo_anterior” e “grupo_atual”) possuem a mesma probabilidade para cada um dos parâmetros que compõe sua tabela de probabilidades. Já a variável dependente (“distribuição_grupos”) é definida pelo modelo de usuário. Inicialmente, a estratégia de adaptação configura a interface do usuário segundo o modelo de usuário representado pela variável “distribuição_grupos”. O usuário, à medida que for navegando, fornecerá novas evidências o que permitirá outras adaptações. A Figura 5 apresenta as modificações após o usuário (modelado pela RB da Figura 4) ter lido uma notícia sobre economia e outra sobre esportes.



Figura 5: Exemplo de adaptação

Com estas evidências (“grupo_anterior” = economia e “grupo_atual” = esportes), a RB propagaria estas informações pela rede, modificando os valores dos parâmetros do nó “distribuição_grupos”. Estes valores seriam utilizados para definir a nova área (interface) do usuário, distribuindo os *links* por esta de acordo com os valores obtidos na RB. No exemplo da Figura 5, a interface foi montada com 43% dos *links* sobre esportes, 41% sobre economia e 10% sobre política. Caso um destes grupos não contenha *links* suficiente para todo o espaço reservado ao tema, estes espaços seriam preenchidos por notícias relacionadas aos demais, tais como: educação e lazer.

A estratégia de adaptação modifica a interface do usuário em dois momentos distintos. A primeira modificação ocorre logo após o usuário encerrar sua navegação. Isto porque após a navegação deste usuário, o seu modelo pode ter sido modificado e a próxima vez em que ele acessar, a estratégia de navegação irá moldar a interface do aplicativo segundo este novo modelo de usuário. A segunda modificação ocorre em tempo de execução e durante o tempo em que o usuário estiver navegando onde, a cada interação deste com o sistema provoca a propagação das novas evidências na RB, modificando os valores dos parâmetros do nó “distribuição_grupos”, o que acarreta em novas adaptações.

6. Considerações Finais

A utilização de interfaces adaptativas permite a criação de aplicativos Web que possam se adaptar aos anseios de seus usuários. Assim, cada usuário, ao acessar o sistema, terá a sensação de ter sua própria “versão” do sítio Web, facilitando seu acesso a informações que mais lhe agradarem. O objetivo deste trabalho é oferecer um modelo que pudesse ser utilizado para qualquer domínio que contenha informações que possam ser agrupadas em temas. O sistema de notícias *on-line*, apresentado neste trabalho como exemplo, está em fase de desenvolvimento e será utilizado para fazer a análise do modelo proposto e, conseqüentemente, a partir dos dados gerados, modificações poderão ser implementadas com o intuito de disponibilizar ao usuário interfaces que possam ser navegadas de forma simples e natural.

7. Referências

- Carneiro, Alexandre Lênin. (1999) “Aprendizado Automático em Redes Bayesianas“, Dissertação de mestrado – UnB.
- Crow, Daniel, SMITH, Barbara. (1993) “The role of built-in knowledge in adaptive interface systems”, In: Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent User Interfaces, Orlando, Florida.
- Flores, C. D., Ladeira, M., Viccari, R. M., Höher, C. L. (2000) ”Uma Experiência do Uso de Redes Probabilísticas no Diagnóstico Médico”, In: Argentine Symposium on Healthcare Informatics, Tandil.
- Kühme, Tomas. (1993) “A User-Centered Approach to Adaptive Interfaces”, In: Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent User Interfaces, Orlando, Florida.
- Langley, Pat. (1999) “User Modeling in Adaptive Interfaces”, In: Proceedings of the seventh International Conference on User Modeling, Alberta.
- Nassar, Silvia M. (2003) “Sistemas Especialistas Probabilísticos - Notas de Aula”, IN: Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, 69p.
- Nielsen, J. (2000) “Projetoando Websites”. Tradução de Ana Gibson. Rio de Janeiro: Campus.
- Oostendorp, K.A., Punch, W.F., Wiggins, R.W. (1994) “A Tool for Individualizing the Web”, In: Second International WWW Conference '94: Mosaic and the Web, Chicago.
- Pearl, Judea. (1995) “Bayesian Networks”, http://singapore.cs.ucla.edu/csl_papers.html, maio.
- Russel, S.J.; Norvig, P. (1993) "Artificial Inteligence: a modern approach", Prentice-Hall.
- Silva, Wagner Teixeira da, Ladeira, Marcelo. (2002) “Mineração de Dados em Redes Bayesianas”, In: XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. vl. 2, Florianópolis, p.235-286.
- Sukaviriya, Piyawadee, Foley, James D. (1993) “Supporting Adaptive Interfaces in a Knowledge-Based User Interface Environment”, In: Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent User Interfaces, Orlando, Florida.
- Valiati, Eliane R. de A. (2000) “Elaboração e Avaliação de um Guia de Recomendações para auxílio no desenvolvimento de Interfaces com Usabilidade em Softwares Educacionais do tipo Hipertexto/Hipermídia Informativo“, Dissertação de mestrado – UFRGS.
- Vieira, Ana Cláudia Helmann, PONTES Adéle Malta, PALAZZO, Luiz Antônio Moro. (2002) “Projetoando Interfaces Adaptativas para Comunidades Virtuais de Aprendizado”, In: XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. vl. 5, Florianópolis, p.383-387.