

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Um Sistema de Recomendação para Mídias
Baseado em Conteúdo Nebuloso

Maurício Serrano

São Carlos
Maio/2003

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S487sr

Serrano, Maurício.

Um sistema de recomendação para mídias baseado em conteúdo nebuloso/ Maurício Serrano. -- São Carlos : UFSCar, 2006.
144 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2003.

1. Sistemas de recomendação. 2. Lógica nebulosa. 3. Banco de dados multimídia. I. Título.

CDD: 003.7 (20^a)

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

**UM SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO PARA MÍDIAS BASEADO EM
CONTEÚDO NEBULOSO**

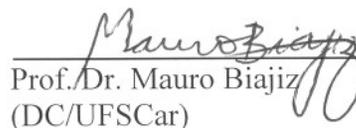
MAURÍCIO SERRANO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Membros da Banca:



Prof. Dr. Marina Teresa Pires Vieira
(Orientadora - DC/UFSCar)



Prof. Dr. Mauro Biajiz
(DC/UFSCar)



Prof. Dr. João Eduardo Ferreira
(IME/USP)

São Carlos
Maio/2003

***À minha noiva, e
À minha família***

AGRADECIMENTOS:

Primeiramente a DEUS, pela oportunidade e capacidade de aprender.

Aos meus pais e a minha noiva, que não pouparam esforços para me incentivar e cujo apoio foi de suma importância para a realização deste projeto.

À minha orientadora Dra. Marina Teresa Pires Vieira pela orientação, dedicação e amizade.

Ao Professor Dr. Antônio Francisco do Prado, pelo carinho e incentivos para realização deste trabalho.

Aos meus amigos do DC, em especial ao grupo de Banco de Dados, pela troca de experiências.

A todos os docentes, pela dedicação e apoio técnico prestado nesse período.

Aos funcionários do DC pelo carinho.

À CAPES.

Finalmente, a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram, direta ou indiretamente, na realização deste projeto.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

<i>Agradecimentos:</i>	<i>iii</i>
<i>Sumário</i>	<i>iv</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>vii</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>x</i>
<i>Resumo</i>	<i>xi</i>
<i>Abstract</i>	<i>xii</i>
<i>Capítulo 1</i>	<i>1</i>
<i>Introdução</i>	<i>1</i>
1.1 - Considerações Iniciais	1
1.2 - Principais Objetivos	2
1.3 - Motivação	2
1.4 - Relevância	3
1.5 - Organização da Dissertação	3
<i>Capítulo 2</i>	<i>5</i>
<i>Sistemas de Recomendação</i>	<i>5</i>
2.1 - Considerações Iniciais	5
2.2 - Research Index (Cite Seer)	7
2.3 - PHOAKS	11
2.4 - LIBRA	13
2.5 - FAB	17
2.6 - Comparação dos Sistemas Apresentados	19
<i>Capítulo 3</i>	<i>21</i>
<i>Lógica Nebulosa</i>	<i>21</i>
3.1 - Considerações Iniciais	21
3.2 - Considerações sobre Informações Imprecisas	21
3.3 - Conjuntos Nebulosos	23
3.3.1 - Propriedade dos Conjuntos Nebulosos	25
3.5 - Modificadores Lingüísticos	31
3.6 - Considerações Finais	32
<i>Capítulo 4</i>	<i>33</i>
<i>Ambiente AMMO</i>	<i>33</i>
4.1 - Considerações Iniciais	33
4.2 - Consultas Nebulosas no Ambiente AMMO	38
4.3 - Considerações Finais	43
<i>Capítulo 5</i>	<i>44</i>

<i>Sistema de Recomendação de Mídias Baseado em Conteúdo Nebuloso</i>	44
5.1 – Visão Geral	44
5.2 – A Regra Nebulosa RNInteresse	49
5.3 – O Algoritmo de <i>Match Of Search Expression versus Semantic Information</i>	55
5.3.1 – A Média de Similaridade para um Termo	61
5.4 – O Otimizador da Expressão de Busca	63
5.5 – Os Testes F e de Tukey para avaliar as Expressões de Busca Modificadas	68
5.6 - Considerações finais	73
Capítulo 6	75
<i>Aspectos de Implementação do SisRMI-CN</i>	75
6.1 – Considerações Iniciais	75
6.2 – Visão Caso de Uso	75
6.3 – Visão Lógica	79
6.4 – Implementação do SisRMI-CN	88
6.5 – Considerações Finais	88
Capítulo 7	89
<i>Estudo de Caso</i>	89
7.1 - Considerações Iniciais	89
7.2 - Descrição do Estudo de Caso	89
7.3 – Uso do Sistema	89
7.3.1 - Efetuando o <i>Login</i>	90
7.3.2 - Realizando uma nova Busca Nebulosa	91
7.3.3 - O primeiro passo da navegação do <i>webmaster</i>	93
7.4 - Considerações finais	102
Capítulo 8	103
<i>Testes Realizados</i>	103
8.1 - Considerações Iniciais	103
8.2 - Descrição dos Testes	103
8.3 – Resultados Obtidos e Conclusões	104
8.3.1 – Seleção das Mídias.....	105
8.3.2 – Seleção das Cenas.....	107
8.3.3 – Seleção das Aplicações Multimídia	109
8.3.4 - O auxílio oferecido pelo sistema em relação à evolução da expressão de busca	109
8.3.5 - Alteração do nível de interesse inferido pelo sistema.....	109
8.3.6 - Flexibilidade do sistema para possibilitar uma mudança de interesse	109
8.3.7 – Comparação do sistema <i>SisRMI-CN</i> em relação a outras formas já existentes de recuperação de mídias, cenas e aplicações multimídia;	110
8.4 – Considerações Finais	110
Capítulo 9	112
<i>Conclusões</i>	112
9.1 - Resultados Alcançados	112
9.2 - Contribuições	112
9.3 – Sugestões de Trabalhos Futuros	113

<i>Referências Bibliográficas</i>	115
<i>Apêndice A</i>	117
<i>A Interface Gráfica do SisRMi-CN</i>	117
<i>Apêndice B</i>	124
<i>Tabelas para as Variáveis F , T e Q</i>	124
<i>Apêndice C</i>	129
<i>Mecanismo de Busca e classificação de mídias</i>	129
1 - Mecanismo de Busca	129
1.1 - Cálculo do grau de similaridade dos temas, μT_i	131
1.2 - Cálculo do grau de similaridade dos grupos, μG_j	133
1.3 - Cálculo do grau de similaridade das mídias, μ_o	137
2 - Classificação de Mídias	139
3- Referências Bibliográficas	139
<i>Apêndice D</i>	140
<i>Formulário Utilizado Nos Testes Com Usuários</i>	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Página principal do site <i>Research Index</i> para consultas através de palavras-chave ..	8
Figura 2 - Publicações científicas relacionadas à palavra chave “Fuzzy”	9
Figura 3 - Maiores informações sobre o primeiro documento da lista, com suas citações e documentos relacionados.....	10
Figura 4 - Maiores informações sobre o primeiro documento da lista, com sugestões sobre documentos similares e as citações realizadas	10
Figura 5 - Página do site do sistema <i>PHOAKS</i> , onde é possível realizar consultas por palavras-chave.....	12
Figura 6 - Página do site do sistema <i>PHOAKS</i> contendo os recursos mais populares para a lista de discussão “soc.genealogy.jewish”	12
Figura 7 - Página inicial do protótipo <i>LIBRA</i>	14
Figura 8 - Conjunto de livros a serem avaliados	14
Figura 9 - Botões para finalizar a avaliação	15
Figura 10 - Livros recomendados pelo protótipo <i>LIBRA</i>	16
Figura 11 - Explicação da recomendação do livro “ <i>Star Wars Episode I: The Phantom Menace</i> ”	16
Figura 12 - Alteração da influência do termo “Descriptive” nas recomendações.....	17
Figura 13 - Arquitetura do sistema <i>FAB</i>	18
Figura 14 - Página do site <i>FAB</i> onde o usuário avalia páginas recomendadas	19
Figura 15 - Conjunto nebuloso Pesado.....	27
Figura 16 - Gráfico das funções de pertinência das regiões complementares dos conjuntos nebulosos Alto e Baixo.....	29
Figura 17 - Arquitetura do ambiente <i>AMMO</i>	34
Figura 18 - Estrutura de classes para armazenar aplicações multimídia	35
Figura 19 - Primeira cena de uma aplicação - cena1.smi	36
Figura 20 - Segunda cena de uma aplicação – cena2.smi	36
Figura 21 - Informações semânticas (parte em destaque) sobre as mídias.....	38
Figura 22 - Tela relativa ao passo 1 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa.....	40
Figura 23 - Tela relativa ao passo 2 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa.....	40
Figura 24 - Tela relativa ao passo 3 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa.....	41
Figura 25 - Tela relativa ao passo 4 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa.....	42

Figura 26 – Tela de apresentação das mídias retornadas pela consulta nebulosa	42
Figura 27 - Contexto do Ambiente <i>AMMO</i>	45
Figura 28 - Atores do sistema <i>SisRMi-CN</i>	46
Figura 29 - Gráfico para a variável lingüística <i>VLSimilaridade</i>	51
Figura 30 - Gráfico para a variável lingüística <i>VLNúmero de Escolhas</i>	52
Figura 31 - Gráfico para a variável lingüística <i>VLInteresse</i>	55
Figura 32 - Os passos do algoritmo de <i>match</i>	57
Figura 33 - Passo 1 do algoritmo de <i>match</i>	58
Figura 34- Passo 2 do algoritmo de <i>match</i>	59
Figura 35 – Passo 1.1 do algoritmo de <i>match</i>	60
Figura 36 - Passos 1.2, 1.3 e 1.4 do algoritmo de <i>match</i>	61
Figura 37 - Subconjuntos de termos do domínio <i>Veículos</i>	62
Figura 38- Casos de Uso do ator Usuário relativos às cenas e aplicações multimídia.....	75
Figura 39 - Casos de Uso do ator Usuário relativos à Mídias	78
Figura 40 - Principal caso de uso do ator Autor	79
Figura 41 - Classes do pacote <i>Jasmine_BDMMCF</i> relacionadas à estrutura das aplicações multimídia e da informação semântica.....	80
Figura 42 - Classes do pacote <i>Jasmine_BDMMCF</i> relacionadas ao usuário e sua navegação	82
Figura 43 - Classes pacote <i>SisRMiCN</i> , adaptadas das classes do módulo desenvolvido por Borges [Borges, 2001].....	83
Figura 44- Classes do pacote <i>SisRMiCN</i> , relativas aos objetos multimídia da interface e à regra nebulosa Interesse.....	84
Figura 45 - Diagrama para a classe <i>ModificationsIdentifier</i>	85
Figura 46 - Diagrama para a classe <i>ExpressionOptimizer</i>	86
Figura 47 - Diagrama para a classe <i>ExpressionsEvaluator</i>	87
Figura 48 - Tela Inicial do sistema <i>SisRMi-CN</i>	90
Figura 49 - Primeira tela do <i>Wizard</i> desenvolvido por Borges [Borges, 2001]	91
Figura 50 - Tela “Subjects” do <i>Wizard</i> desenvolvido por Borges [Borges, 2001], no caso da consulta especificada pelo <i>webmaster</i>	92
Figura 51 - Tela “Results” do <i>Wizard</i> desenvolvido por Borges [Borges, 2001], contendo a seqüência de mídias similares à expressão de busca especificada pelo <i>webmaster</i>	93
Figura 52 - Seqüência de mídias adicionada à parte inferior da janela “SisRMi-CN”	94
Figura 53 - Resposta do sistema à seleção da mídia	95
Figura 54 - Redução do nível de interesse do usuário na mídia	96
Figura 55 - Cenas recuperadas pelo sistema.....	97
Figura 56 - Seleção da cena "scene3"	98

Figura 57 - Exibição da cena "scene3"	99
Figura 58 - Seleção da aplicação multimídia "application2"	99
Figura 59 - Seleção da cena "scene4"	100
Figura 60 - Resposta do sistema para a seleção da mídia.....	100
Figura 61 - Evolução da expressão de busca	101
Figura 62 - Mídias recomendadas pelo sistema	101
Figura 63 - Interface Gráfica desenvolvida	117
Figura 64 - Tela inicial do sistema	119
Figura 65 - A tela do sistema com o retorno de uma consulta nebulosa para a expressão de busca (Montanha [100%,100%] AND Barco [100%,100%])	120
Figura 66 - Tela do sistema após a seleção da mídia que possui o resumo da informação semântica igual a “Barco com Montanha ao fundo”	121
Figura 67 - Tela do sistema após a seleção da opção “Mostrar” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66	122
Figura 68 - A tela do sistema após a seleção da opção “Remover” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66	123

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos S. R. discutidos quanto aos recursos utilizados	20
Tabela 2 - Classificação do Conhecimento Inexato (extraído de [Borges, 2001]).....	22
Tabela 3 - Graus de pertinência para a variável lingüística temperatura.....	26
Tabela 4 - Símbolos não-terminais de V_n	63
Tabela 5 - Símbolos terminais de V_t	64
Tabela 6 - Tabela gerada para cada expressão de busca.....	67
Tabela 7 - Classes de média segundo o Nível de Interesse.....	68
Tabela 8 - Graus de Similaridade para uma expressão de busca modificada, classificados pelo Nível de Interesse da média	69
Tabela 9 - Graus de similaridade das médias de uma determinada classe.....	70
Tabela 10 - Motivos do usuário ao selecionar uma mídia.....	105
Tabela 11 - Ações que se sucederam à seleção da mídia	106
Tabela 12 - Motivos do usuário ao selecionar uma cena.....	107
Tabela 13 - Ações que se sucederam à seleção da cena	108
Tabela 14 - Valores de F para $\alpha= 5\%$, segundo o Número de graus de liberdade do numerador e do denominador	124
Tabela 15 - Valores de t para $\alpha = 5\%$, segundo os graus de liberdade.....	126
Tabela 16 - Valores da amplitude total estudentizada (q) para $\alpha = 5\%$, segundo o número de tratamentos (k) e os graus de liberdade do resíduo.....	127

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de recomendação de mídias baseado em conteúdo nebuloso para um banco de dados multimídia do Ambiente *AMMO* (*Authoring and Manipulation of Multimedia Objects*). Esse ambiente mantém informações semânticas imprecisas que descrevem as mídias, também chamadas de informações nebulosas. O objetivo deste projeto foi desenvolver uma técnica de recomendação que utilizasse essas informações nebulosas. Outras informações consideradas são a evolução do interesse do usuário, *relevance feedback* e a inferência do interesse do usuário com base em sua navegação pelas aplicações multimídia, suas cenas e mídias. Essas aplicações são apresentadas pelo sistema na forma de um grafo, em uma interface gráfica intuitiva e de fácil uso. A técnica de recomendação desenvolvida utiliza testes estatísticos, algoritmos de comparação (*match*) e processamento de conhecimento impreciso através de regras nebulosas.

ABSTRACT

This work presents the development of a content-based recommender system for media of the *AMMO* (Authoring and Manipulation of Multimedia Objects) environment's multimedia database. This environment keeps inexact semantic information that describes the media. This project's objective was to recommend media using this fuzzy information. Other informations that should be considered are the of user's interest evolution, relevance feedback and the inference of the user's interest, based on his navigation in the database's multimedia applications. These multimedia applications are presented by the system in the form of a graph, on an intuitive and easy to use graphical interface. The developed recommendation technique uses statistical tests, match algorithms and inexact knowledge processing through fuzzy rules.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações Iniciais

Com o aumento da disponibilidade de informações, torna-se cada vez mais difícil para um usuário encontrar o que realmente é de seu interesse. Uma procura por um produto, uma página, um serviço ou qualquer outro tipo de informação geralmente é muito difícil, por retornar uma lista de itens encontrados extensa e com vários itens irrelevantes.

Esse problema poderia ser contornado por um sistema que pudesse reconhecer o interesse do usuário e o auxiliar em sua consulta. Esse sistema filtraria os itens irrelevantes e classificaria os itens encontrados por ordem de relevância, além de poder sugerir itens que provavelmente são do interesse do usuário, mas não satisfazem sua consulta. Esse tipo de sistema é denominado Sistema de Recomendação.

Na internet, sistemas de recomendação são utilizados para recomendar recursos web e serviços [Terveen, 1997; Balabanovic, 1997], produtos [Mooney, 1999], publicações científicas [Rucker, 1997] e outros.

Em um ambiente para autoria e manipulação de objetos multimídia, que possui uma base de dados com uma grande quantidade de aplicações multimídia, esse problema também é comum. Usuários que desejam reutilizar mídias, cenas ou aplicações precisam, primeiramente, encontrá-las.

Um ambiente multimídia que possibilite consultas por conteúdo e consultas nebulosas já realiza consultas de uma forma mais eficiente, mas ainda não impede que o problema ocorra e se agrave conforme aumenta o tamanho da base de dados.

Um Sistema de Recomendação automatiza a maior parte do processo de consulta. Assim, fatores como o tamanho da base de dados não aumentam o esforço necessário por

parte do usuário, embora elevem o custo computacional. Sistemas dessa natureza são capazes de recomendar itens de grande relevância sem exigir esforço algum.

1.2 - Principais Objetivos

O propósito desse trabalho é diminuir o esforço necessário por parte do usuário que deseja encontrar mídias, cenas e aplicações multimídia, armazenadas em um banco de dados multimídia, para reutilizá-las. Para isso, um Sistema de Recomendação Baseado em Conteúdo [Mooney, 1999] foi desenvolvido em um ambiente que dá apoio à autoria e manipulação de objetos multimídia (o Ambiente *AMMO*, descrito na seção 2.4).

Esse trabalho também tem como objetivo desenvolver e validar técnicas para recomendação baseada em conteúdo nebuloso, que utilizam as informações semânticas armazenadas para cada mídia (descritas na seção 2.4), a lógica nebulosa, um algoritmo de *match* e testes estatísticos para efetuar as recomendações.

Não é objetivo deste trabalho a obtenção e seleção de características e anotações das mídias. Essas informações e seu respectivo armazenamento na forma de informações semânticas sobre as mídias são objeto de outros estudos realizados pelo Grupo de Banco de Dados (GBD) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

1.3 - Motivação

A motivação para a realização deste trabalho fundamenta-se na existência de bases de dados que possuem informações semânticas nebulosas e na falta de sistemas de recomendação que utilizem a lógica nebulosa (apresentada brevemente na seção 2.3) para o cálculo da semelhança entre itens.

Outra motivação, não menos importante, foi desenvolver um sistema de recomendação para mídias em um ambiente multimídia, auxiliando o usuário em sua consulta à base de dados.

1.4 - Relevância

Podem ser destacados os seguintes pontos relevantes do trabalho:

Facilidade de Uso: o usuário contará com uma interface interativa gráfica que disponibilizará recursos para que sua utilização seja facilitada, bem como permitirá ao usuário navegar pelas mídias, cenas e aplicações multimídia armazenadas na base de dados, otimizando esforços;

Redução de Tempo: o sistema de recomendação reduz o tempo necessário na recuperação de mídias, cenas e aplicações multimídia, uma vez que parte do trabalho, antes realizada pelo próprio usuário, é agora realizada pelo sistema de recomendação, como refazer as consultas nebulosas para acompanhar a evolução do interesse do usuário e descartar mídias, cenas e aplicações multimídia que deixaram de ser relevantes;

Condução para Análise de Mídias Relevantes: o usuário poderá analisar mídias sugeridas a ele pelo sistema de recomendação, sem a necessidade de uma extensa navegação pela base de dados e conseqüentemente a verificação de diversas mídias, e

Desenvolvimento e Validação de uma Técnica de Recomendação baseada em Conteúdo Nebuloso: não foram encontradas na literatura científica atual técnicas de recomendação que considerem as informações nebulosas sobre os itens recomendados.

1.5 - Organização da Dissertação

Esta monografia está organizada da seguinte forma: no capítulo 2, Sistemas de Recomendação, são apresentados alguns dos sistemas de recomendação de maior destaque na literatura científica. No capítulo 3, é apresentada uma breve introdução sobre a Lógica Nebulosa. O ambiente *AMMO* é detalhado no capítulo 4. No capítulo 5, Um Sistema de Recomendação de Mídias Baseado em conteúdo Nebuloso, são apresentados o sistema *SisRMi-Cn* desenvolvido e as técnicas por ele utilizadas. O capítulo 6 trata dos aspectos de implementação do *SisRMi-CN*. Em seguida, no capítulo 7, é apresentado um estudo de caso. No capítulo 8 são discutidos os testes realizados com usuários. As conclusões são

apresentadas no capítulo 9. Em seguida, nas Referências Bibliográficas, são apresentados os *sites*, artigos e livros pesquisados. Finalmente, estão anexos a este trabalho três apêndices: o Apêndice A descreve a interface do sistema *SisRMi-CN*; o Apêndice B contém as tabelas para os valores de F, t e q, utilizadas nos testes estatísticos F e de Tukey, respectivamente, os quais avaliam as expressões de busca. O Apêndice C, Mecanismo de Busca e Classificação, é constituído de trechos adaptados do capítulo 5 do trabalho de Borges [Borges, 2001], que descrevem o mecanismo de consulta nebulosa a partir de uma expressão de busca e, finalmente, o formulário utilizado nos testes com usuários consta no Apêndice D.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

2.1 - Considerações Iniciais

Um problema cada vez mais comum, que é objeto de diversos estudos, é a dificuldade enfrentada pelos usuários que desejam encontrar itens ou recursos que lhes interessam, tendo em vista a grande quantidade de informações disponíveis. O usuário, sem um devido auxílio, perderia muito tempo para encontrar o que procura, ou poderia até não encontrar.

O objetivo dos Sistemas de Recomendação (S.R.) é viabilizar e otimizar essa procura. É comum encontrá-los na Internet, geralmente para recomendação de produtos em *sites* de vendas. Os sistemas de recomendação foram desenvolvidos para auxiliar usuários na escolha de algum item que o usuário deseja, como filmes, livros, produtos, serviços, etc.

Os S.R. podem ser classificados, quanto a sua forma de efetuar recomendações, em dois grupos: os que fazem uma recomendação baseada em itens semelhantes a outros itens que já satisfizeram o usuário, e os que baseiam suas recomendações em itens que satisfizeram outros usuários do sistema com interesse semelhante ao do usuário que realiza a consulta.

Os Sistemas de Recomendação pertencentes ao primeiro grupo são chamados S. R. Baseados em Conteúdo, e possuem a característica de diferenciar os interesses dos usuários, recomendando itens individualmente.

Os Sistemas de Recomendação pertencentes ao segundo grupo são chamados S. R. Colaborativos, e possuem a característica de homogeneizar os interesses dos usuários, criando comunidades de usuários que possuem interesses semelhantes e recomendando um mesmo item a todos dessa comunidade.

A seguir tem-se uma descrição mais completa dos dois grupos:

- Sistemas de Recomendação Baseados em Conteúdo: Os sistemas de recomendação baseados em conteúdo [Mooney, 1999] [Rucker, 1997] [Balabanovic, 1997], mantêm metadados sobre os itens ou recursos de sua base de dados. Eles realizam as consultas e armazenam informações sobre os metadados dos itens que um usuário teve interesse e dos que não teve. Depois, realizam recomendações comparando as informações armazenadas para esse usuário com os metadados de outros itens da base de dados. Assim, o que é analisado é a semelhança entre os itens.
- Sistemas de Recomendação Colaborativos: Os sistemas de recomendação colaborativos dispensam o uso de metadados. Em geral, utilizam métodos de filtros colaborativos [Breese, 1998] [Terveen, 1997] [Balabanovic, 1997] e apenas mantêm por quais itens um usuário já demonstrou interesse. Depois, realizam as recomendações tentando associar esse usuário a uma comunidade de usuários que possuem interesses semelhantes. O que é analisado por esse tipo de sistema é a semelhança entre os usuários.

Esses dois grupos de sistema possuem suas vantagens e desvantagens. Quando o número de usuários é pequeno, por exemplo, os S.R. colaborativos tendem a não conseguir associar os usuários a um grupo de usuários com interesses semelhantes, e novos itens geralmente precisam ser acessados diversas vezes através de consultas, antes de o sistema começar a recomendá-los. Porém, quando o número de usuários cresce, os S.R. baseados em conteúdo geralmente geram recomendações muito mais imprecisas. Além disso, itens muito acessados, normalmente de alto interesse para uma comunidade de usuários, e antigos na base de dados, são recomendados pelos S.R. baseados em conteúdo na mesma proporção que itens novos ou de baixo interesse.

Essas peculiaridades se devem à tendência dos S.R. colaborativos de homogeneizar os interesses dos usuários e a dos S.R. baseados em conteúdo de diferenciá-los.

Quanto melhor a recomendação, isto é, quanto mais o item recomendado se aproxima do item que o usuário desejava, mais eficiente é o sistema de recomendação.

Neste capítulo são descritos quatro sistemas de recomendação, que visam diminuir o esforço necessário por parte dos usuários para encontrar um item de seu interesse, e resumidos

em uma tabela comparativa. Esses sistemas foram escolhidos por estarem entre os sistemas mais referenciados na literatura científica. Suas principais características estão descritas nas próximas seções: na seção 2.2 é descrito o sistema *Research Index*, um S. R. baseado em conteúdo para trabalhos científicos de uma biblioteca digital; em seguida, na seção 2.3 discorre-se sobre o sistema *PHOAKS*, um S. R. colaborativo para recursos *web* citados em listas de discussão; o sistema *LIBRA*, um S. R. baseado em conteúdo para livros é exposto na seção 2.4; na seção 2.5, é citado o sistema *FAB*, um S. R. híbrido que aplica as duas abordagens para recomendar páginas *web* aos usuários e, finalmente, na sessão 2.6 é apresentada uma tabela comparativa dos sistemas mencionados.

2.2 - Research Index (Cite Seer)

Research Index [Rucker, 1997; Rucker, 2002] é uma biblioteca digital de trabalhos científicos disponível na *Web*. O objetivo dessa biblioteca digital é organizar a literatura científica e auxiliar o usuário na procura por artigos, livros e outros tipos de publicações científicas. Essa biblioteca dispõe de algoritmos, técnicas e softwares que podem ser usados em outras bibliotecas digitais, e trabalha com artigos científicos em *POSTSCRIPT* e *PDF* na *Web*.

A biblioteca *Research Index* utiliza o *Autonomous Citation Indexing (ACI)* para criar um índice de citações literárias para pesquisa e avaliação científica. Em [Rucker, 1997] é feita uma comparação do *ACI* com as formas tradicionais de se indexar informações, ou seja, *Citation Indexing (CI)*. Segundo Rucker, o *ACI* é economicamente mais viável, além de ser mais eficiente e rápido, por associar trabalhos científicos com suas referências de forma automatizada, em contraste com a associação manual requerida pelos *CI*. Dados estatísticos comparativos e documentos relacionados são mantidos pela *Research Index* para cada citação científica do banco de dados, e não apenas para os artigos indexados como na maioria das bibliotecas tradicionais.

Todas as publicações são armazenadas em uma base de dados, e todo o texto é indexado. Consultas booleanas, por frase (exatas) e por proximidade estão implementadas. A *Research Index* apresenta, aos interessados em um determinado artigo, as avaliações de outros pesquisadores sobre o mesmo. Assim, os interessados podem saber previamente se o artigo

atende às suas necessidades, quantos se interessaram em ler o artigo, quais aspectos são relevantes e quais críticas o mesmo recebeu.

O sistema organiza a literatura coletando publicações na *Web* através de consultas e *web-crawling*, para depois analisar o documento utilizando *parsers* e *text-mining*. Com isso, são extraídas informações como as referências bibliográficas e o contexto onde ocorrem, palavras chave e resumos realizados por técnicas de sumarização.

O auxílio à procura de publicações científicas tem o seu início em uma consulta por palavras chave, fornecidas pelo usuário (Figura 1), que podem ser localizadas no texto dos documentos ou em referências bibliográficas.

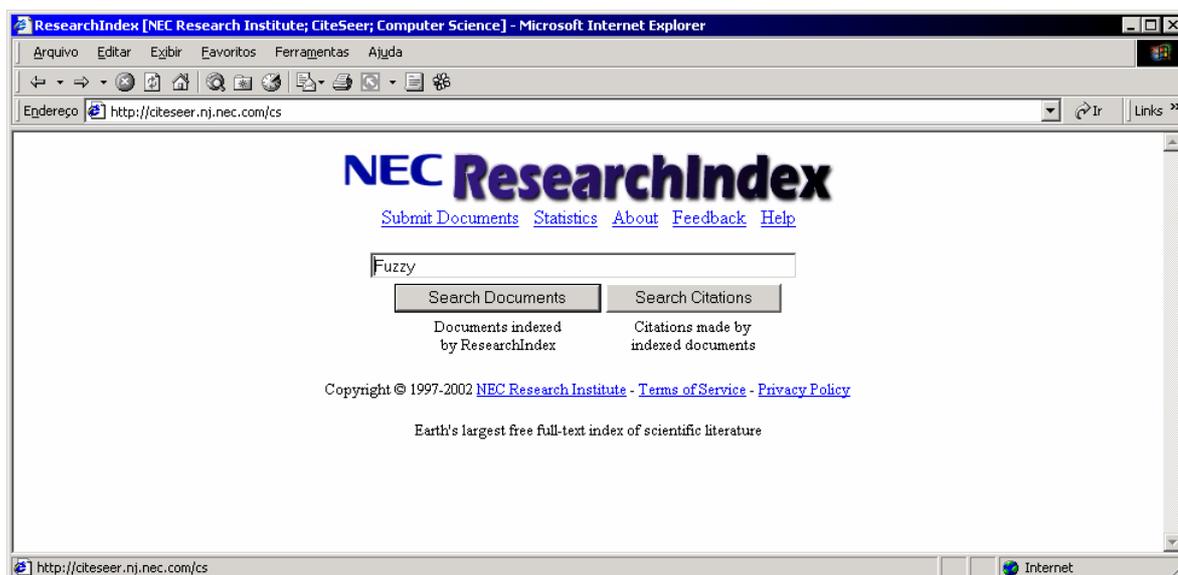


Figura 1 - Página principal do site *Research Index* para consultas através de palavras-chave

Uma consulta pelas palavras-chave fornecidas é realizada na base de dados, e os primeiros 500 documentos ou citações são listados, em páginas contendo 10 itens. Para cada documento listado são mostrados o seu nome, seus autores, o ano de publicação, o contexto onde as palavras-chave ocorrem e o número de citações feitas a esse documento (o que indica uma possível relevância do documento para a área de conhecimento). Podem ser utilizados filtros para restringir a lista e são disponibilizadas outras formas de ordenação. A página do site com a lista dos 10 primeiros documentos relativa a uma consulta pela palavra-chave “Fuzzy” está na Figura 2.

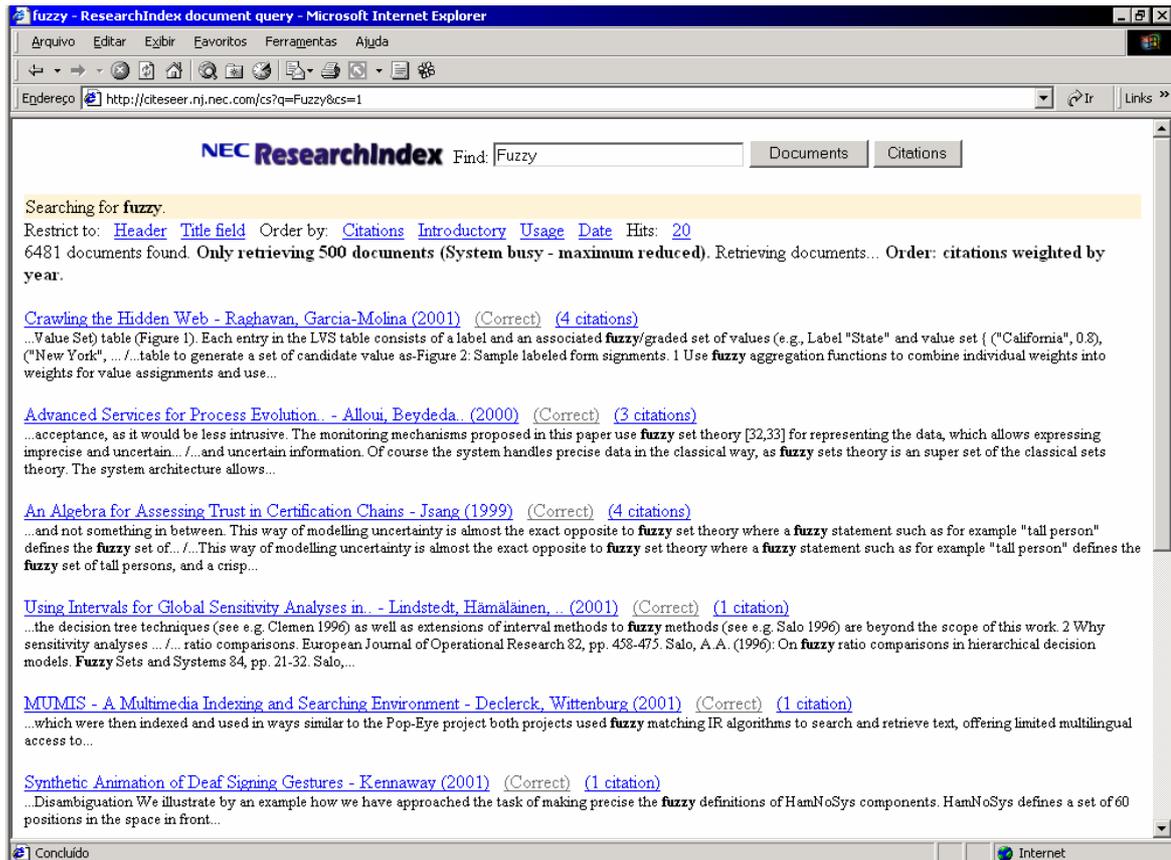


Figura 2 - Publicações científicas relacionadas à palavra chave “Fuzzy”

Selecionando-se um dos documentos listados uma nova página é mostrada ao usuário, com maiores informações sobre o documento. São disponibilizados: um resumo do documento, gerado por técnicas de sumarização ou extraído do mesmo; as publicações científicas que o utilizaram como referência; o contexto das referências dessas publicações; documentos com textos similares, e os documentos utilizados como referência pelo autor. As duas próximas figuras, as Figuras 3 e 4, mostram maiores informações sobre o primeiro documento da lista apresentada na figura anterior (Figura 2).

A *Research Index* é um sistema de recomendação baseado em conteúdo, mas não realiza as recomendações automaticamente. Ela apenas provê *links* para publicações semelhantes, o que caracteriza a análise de semelhança entre itens, e não interesses. Ela ainda fornece *links* para publicações tomadas como referência e para publicações posteriores, auxiliando o usuário a navegar pela árvore de conhecimento daquela área.

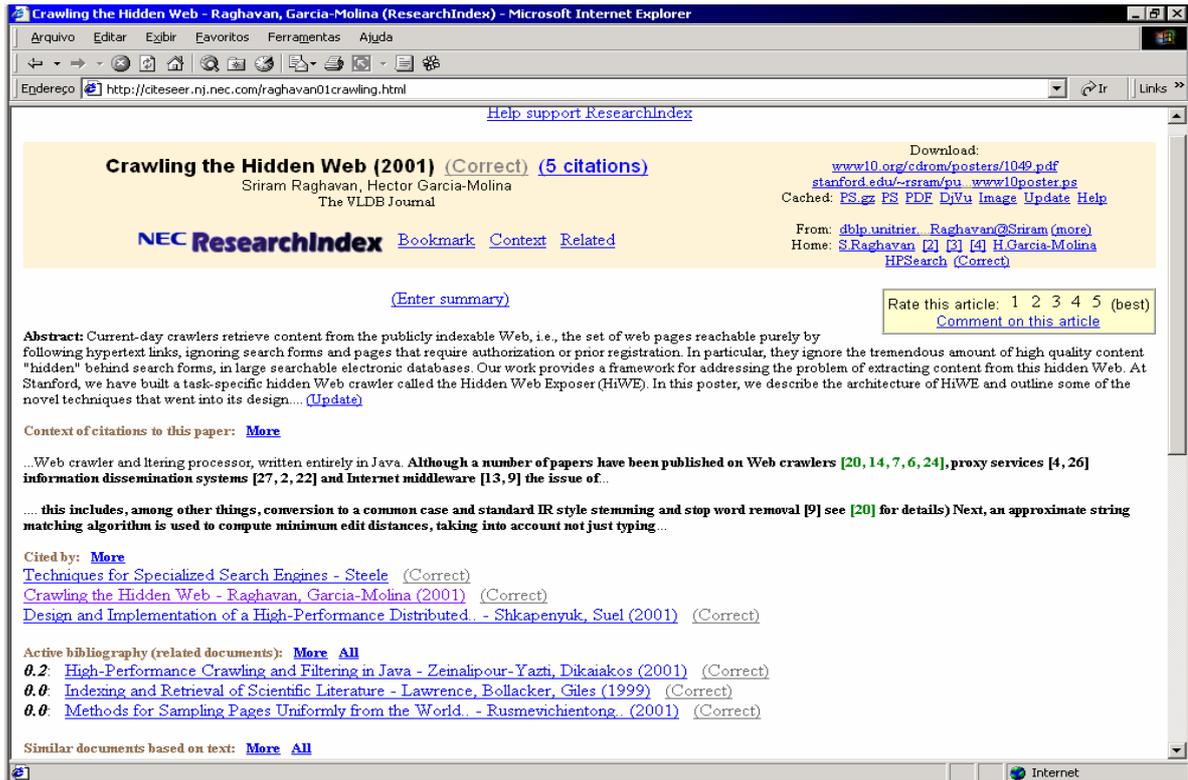


Figura 3 - Maiores informações sobre o primeiro documento da lista, com suas citações e documentos relacionados

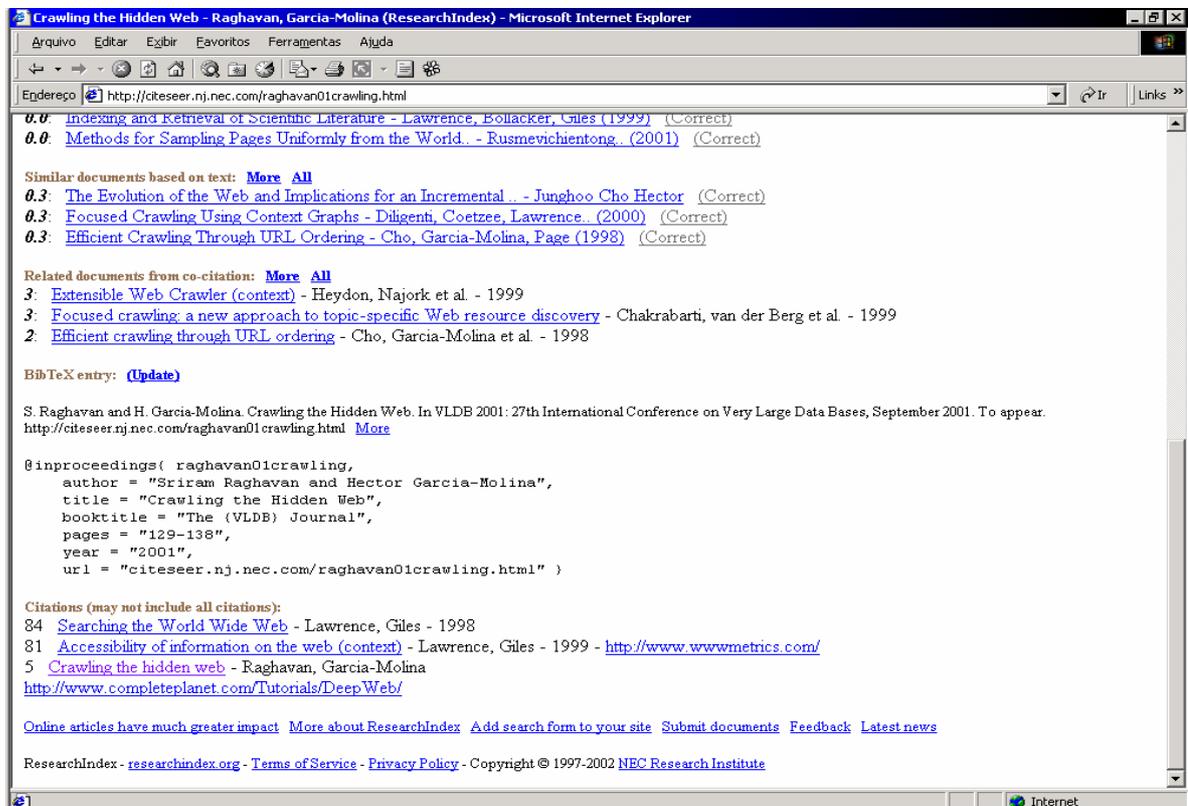


Figura 4 - Maiores informações sobre o primeiro documento da lista, com sugestões sobre documentos similares e as citações realizadas

2.3 - PHOAKS

PHOAKS (People Helping One Another Known Stuff) [Terveen, 1997] é um sistema de recomendação colaborativo para recursos disponíveis na *Web* que reutiliza recomendações trocadas por usuários em mensagens de listas de discussão *USENET*.

O sistema está disponível ao público em [Terveen, 2002] desde fevereiro de 1996, e em um período de cinco meses foram trocadas 1,3 milhão de mensagens em 1500 listas de discussões. O sistema *PHOAKS* se cadastra nessas listas e assim recebe cópias de todas as mensagens trocadas. Aproximadamente 23% das mensagens enviadas a essas listas de discussão contêm recomendações, e *PHOAKS* utiliza *text-mining* para identificá-las nos textos das mensagens. Outros sistemas de recomendação para recursos *Web* exigem que os usuários avaliem diretamente os recursos, de uma forma pré-definida e fixa, o que não é realizado pela maioria dos usuários e diminui consideravelmente o número de recomendações utilizáveis pelo sistema, além de não especializar os avaliadores em grupos distintos. *PHOAKS* identifica recomendações no texto de mensagens de forma automática, com um acerto superior a 90%, não exigindo nenhum outro tipo de esforço do usuário que recomendou o recurso em sua mensagem. Esta identificação é feita através de complexas regras de categorização e de alguns testes básicos que visam, além de localizar as *URLs* dos recursos, perceber o contexto em que aparecem. Pelo contexto é possível distinguir as *URLs* que são recomendações de recursos *web* pelo autor da mensagem de outras *URLs*, como anúncios, *URLs* em assinaturas da mensagem e recomendações feitas em mensagens anteriores.

Basicamente o sistema utiliza três passos:

1. Procura nas mensagens por padrões como “http:// “, extraindo o contexto onde o padrão foi encontrado;
2. Tenta categorizar a *URL* como recomendação de um recurso ou como uma simples referência a uma página (como anúncios, assinatura da mensagem, e outros), e
3. Dispõe o recurso na base de dados ou o descarta.

A Figura 5 ilustra a página do *site* do sistema *PHOAKS* onde é possível iniciar uma consulta por palavra-chave de um recurso da *Web*. Pode-se ainda ir direto a um recurso popular, ou restringir a consulta selecionando-se uma área ou uma lista de discussão. Para

uma determinada lista de discussão são mostrados os recursos mais mencionados na mesma, como na Figura 6.

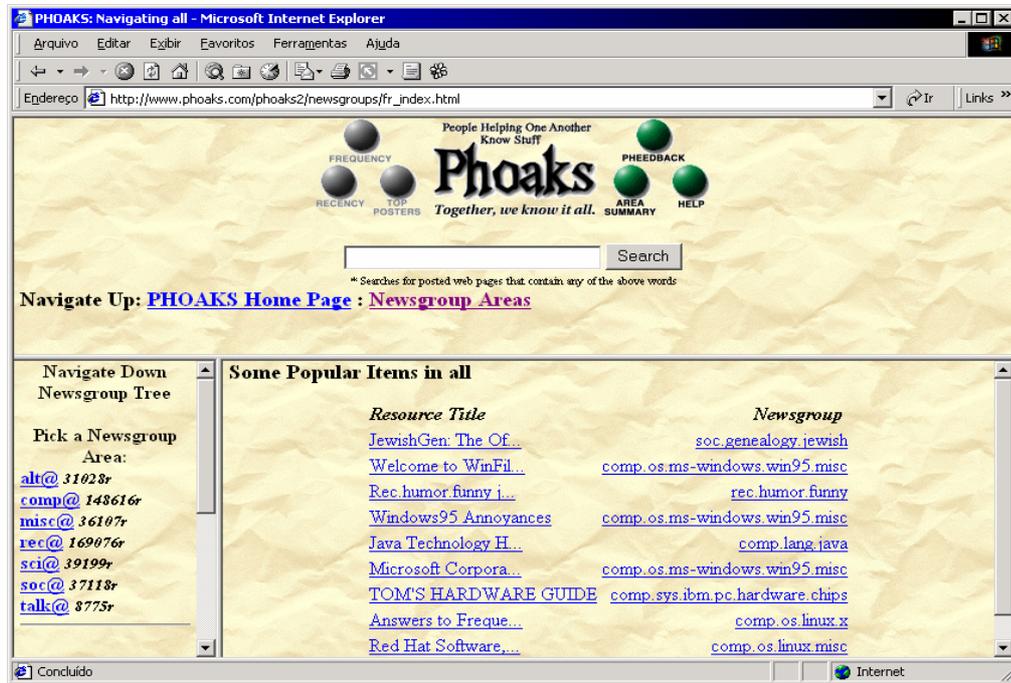


Figura 5 - Página do site do sistema PHOAKS, onde é possível realizar consultas por palavras-chave

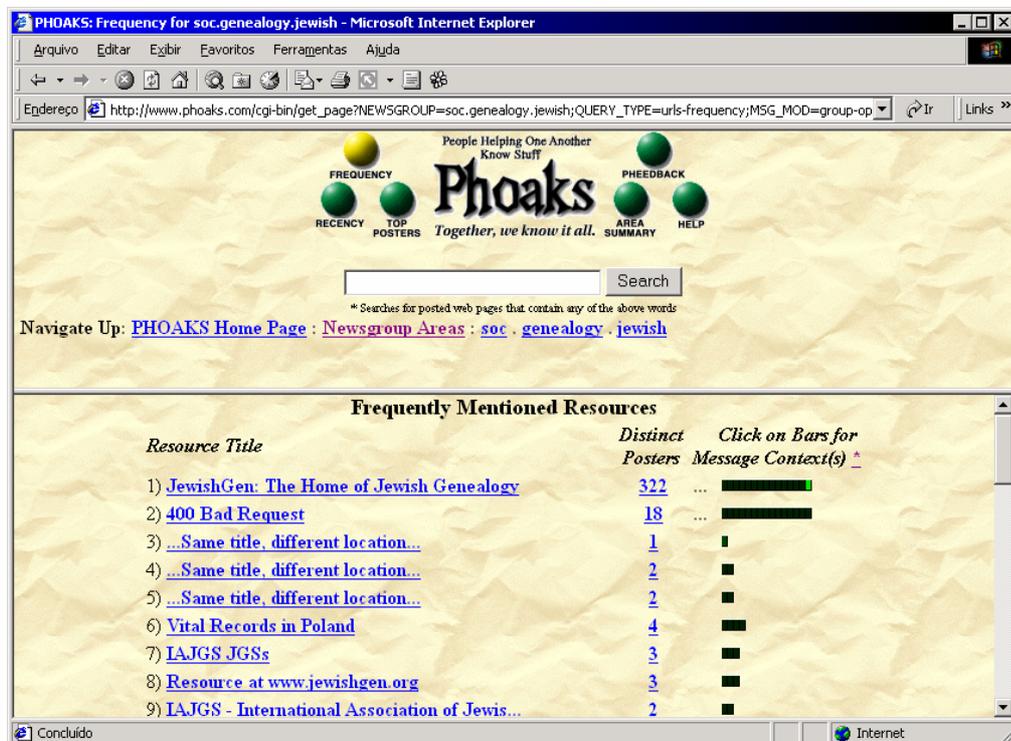


Figura 6 - Página do site do sistema PHOAKS contendo os recursos mais populares para a lista de discussão “soc.genealogy.jewish”

Uma política adotada no sistema *PHOAKS* é que, quanto maior o número de recomendações de determinado recurso, maior a sua confiabilidade ou relevância para o tema da lista de discussão. Isso foi verificado com uma comparação com os recursos mencionados em *FAQs*, e normalmente os recursos mais mencionados na lista coincidem com os recursos mencionados nos *FAQs*, feitos por especialistas da respectiva área.

Também se pode comparar a proporção na qual o recurso foi mencionado em mensagens recentes em relação ao número total de menções, o que facilita a identificação de recursos que estão desatualizados, ou novos recursos relevantes que, por serem recentes, ainda não foram tão mencionados quanto recursos mais antigos.

2.4 - LIBRA

Em [Mooney, 1999] é proposto um sistema de recomendação de livros, baseado em conteúdo, utilizando aprendizado para categorização de textos, cujo protótipo é denominado *LIBRA* (*Learning Intelligent Book Recommending Agent*). O sistema faz recomendações utilizando as preferências do usuário e metadados dos livros armazenados na base de dados. A página inicial do protótipo *LIBRA* [Mooney, 2002] é apresentada na Figura 7.

A maioria dos sistemas de recomendação de livros existente baseia suas recomendações em preferências de outros usuários, pois utilizam métodos de filtros colaborativos. As desvantagens da abordagem colaborativa para esse contexto é que se presume que existem outros leitores com as mesmas preferências e interesses do leitor para o qual deseja-se recomendar um livro, e que estes já leram diversos livros, o que normalmente não ocorre.

LIBRA utiliza as preferências do usuário como base para efetuar uma recomendação. Essas preferências são obtidas a partir da avaliação de um conjunto de livros (Figuras 8 e 9), aos quais devem ser atribuídas notas discretas de 1 a 10, além de acessos aos livros da base de dados realizados pelo usuário.

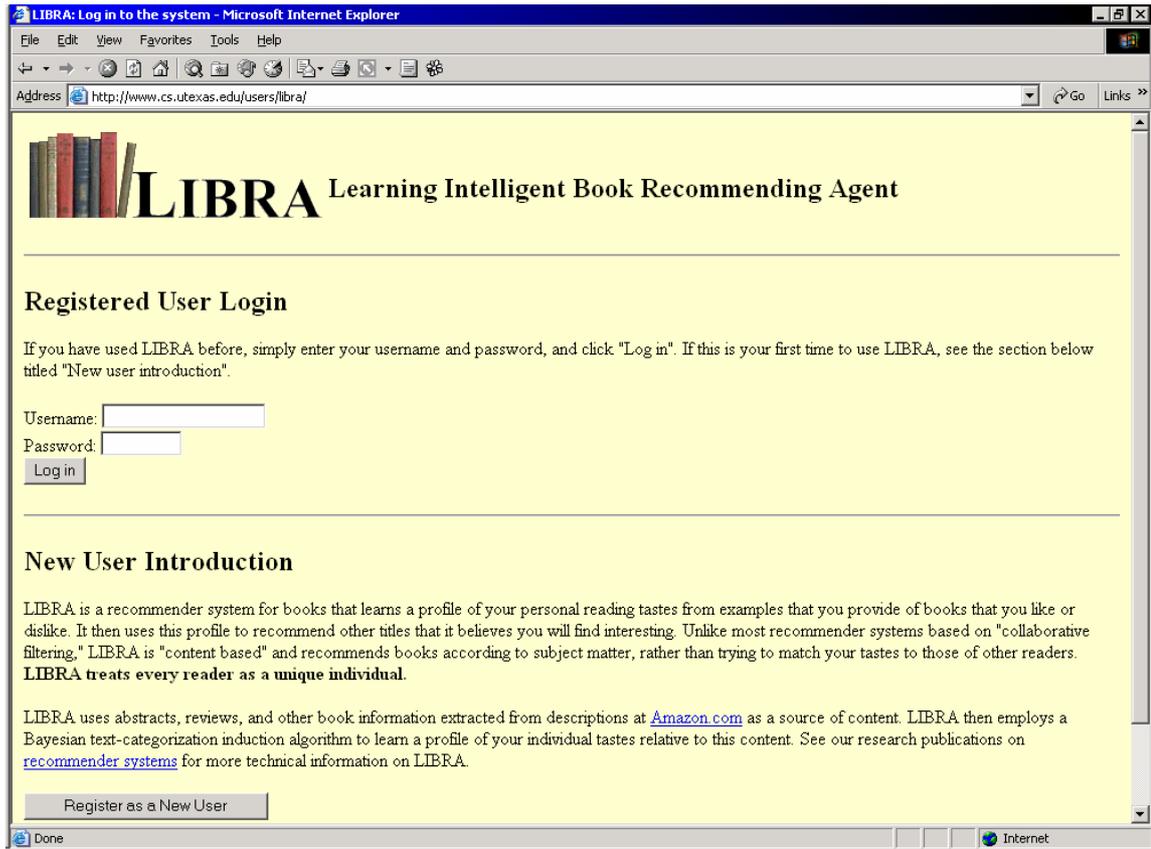


Figura 7 - Página inicial do protótipo LIBRA

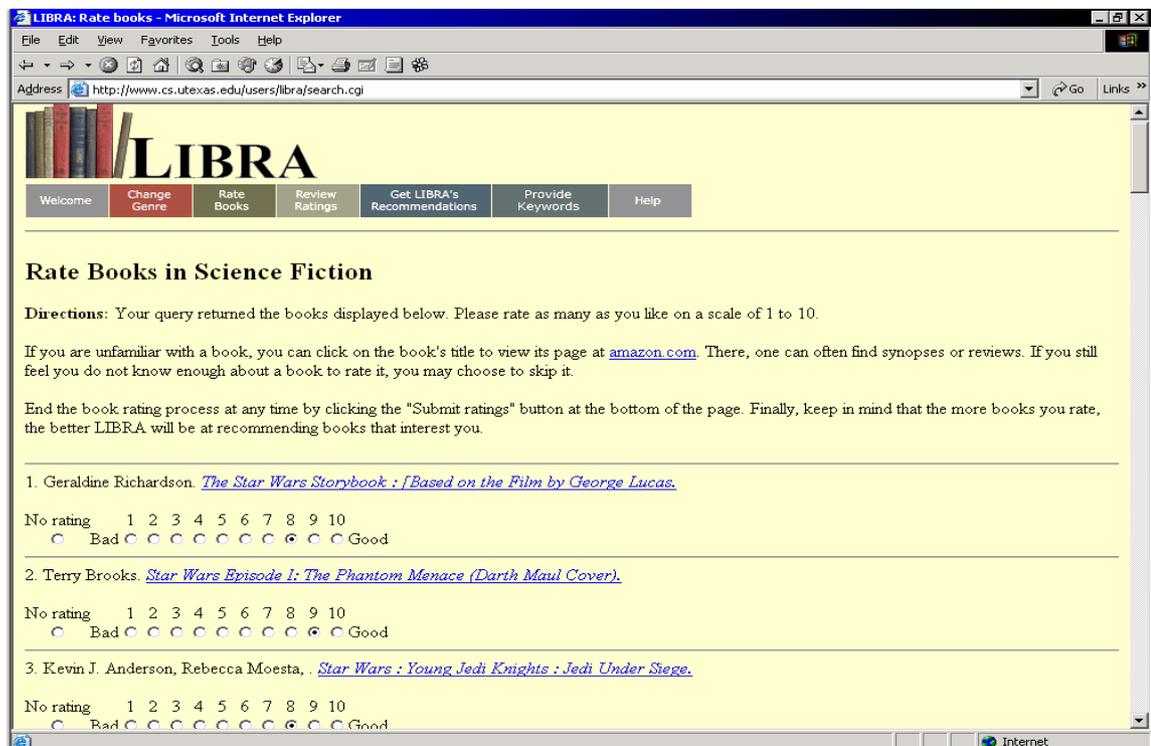


Figura 8 - Conjunto de livros a serem avaliados

Com base nessas preferências é realizada uma pesquisa na base de dados de livros. Essa base é mantida de forma automática, sendo alimentada com informações extraídas por um *wrapper* de páginas do *site* Amazon (<http://www.amazon.com>). Cada página possui diversas informações sobre um determinado livro, como um resumo, nome, autor, livros relacionados, etc. O conteúdo de cada um desses campos é armazenado como um *bag* desordenado de palavras, e a lista de campos, como um vetor de *bags*.

A pesquisa na base de dados utiliza um algoritmo de categorização de texto de *bags* de palavras Bayesiano simples, modificado para acessar um vetor de *bags*. Os livros obtidos como mais relevantes são ordenados em uma lista decrescente de relevância e apresentados ao usuário, como mostra a Figura 10.

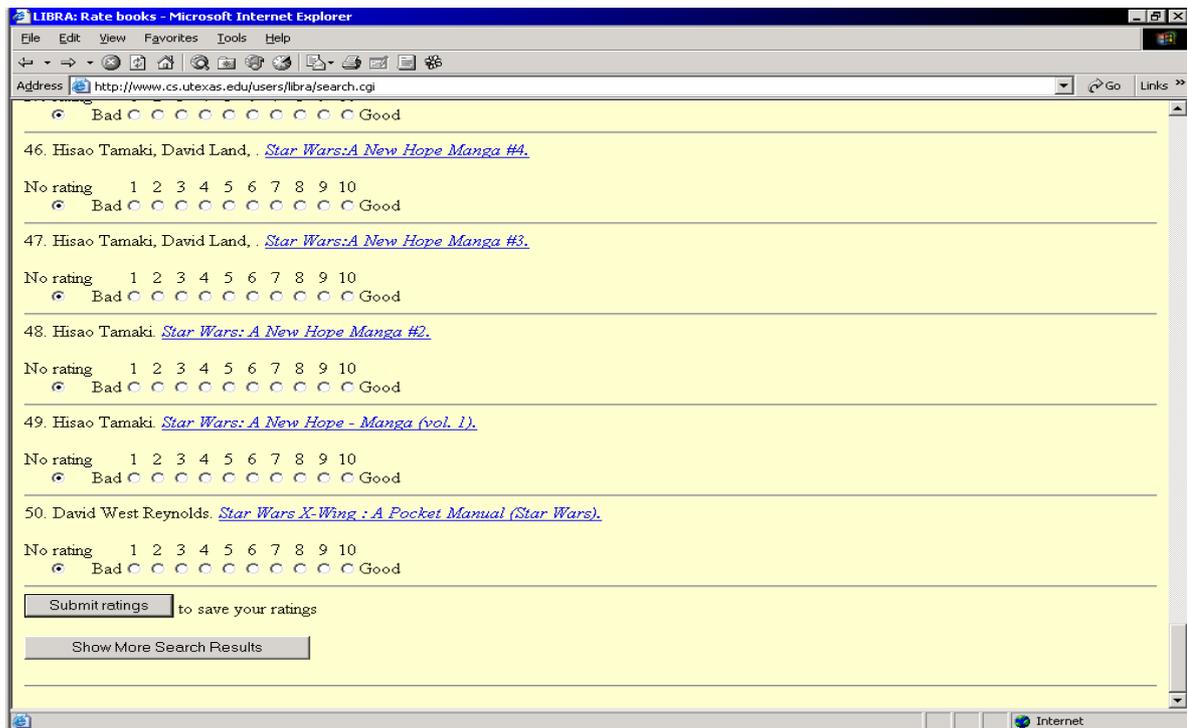


Figura 9 - Botões para finalizar a avaliação

Um dos aspectos mais interessantes da recomendação utilizando esse algoritmo e não o de filtros colaborativos é a possibilidade de explicar ao usuário porque um determinado livro foi recomendado (Figura 11), e de permitir que sejam alteradas as influências dos termos na recomendação (Figura 12), o que aumenta a confiança do usuário no sistema de recomendação.

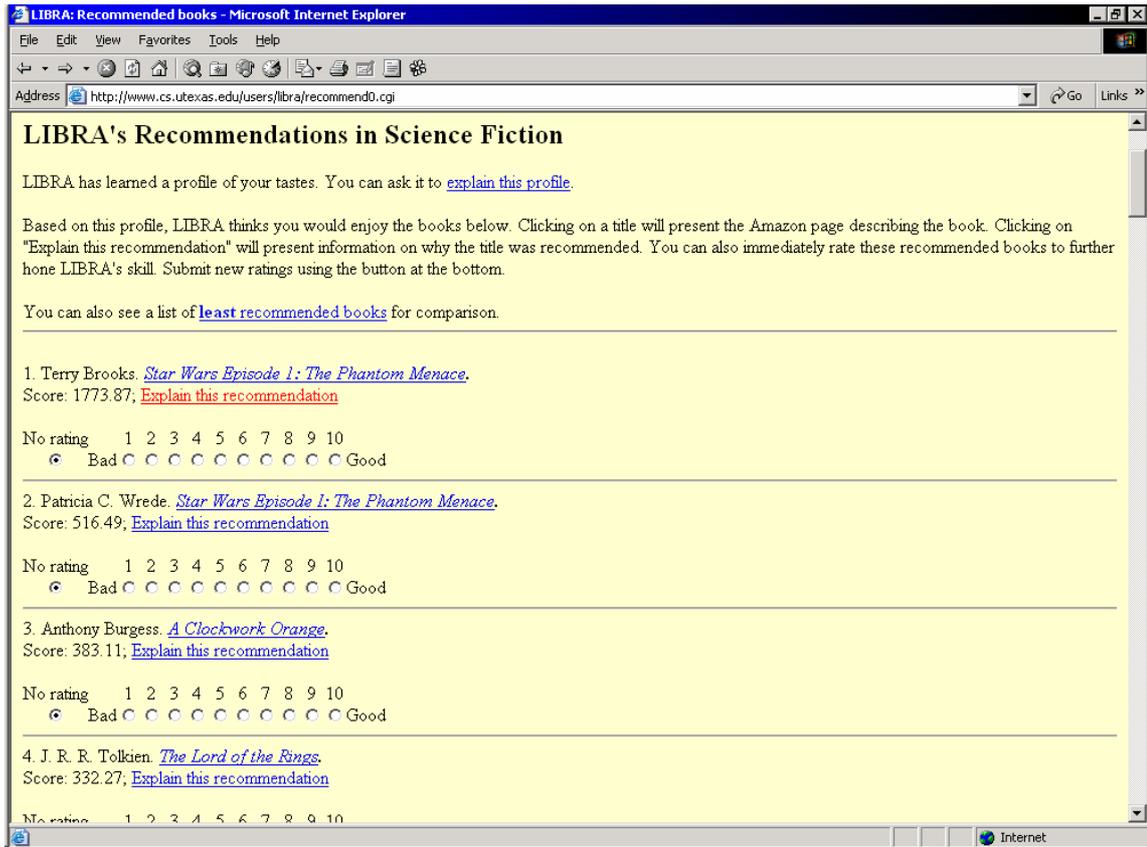


Figura 10 - Livros recomendados pelo protótipo LIBRA

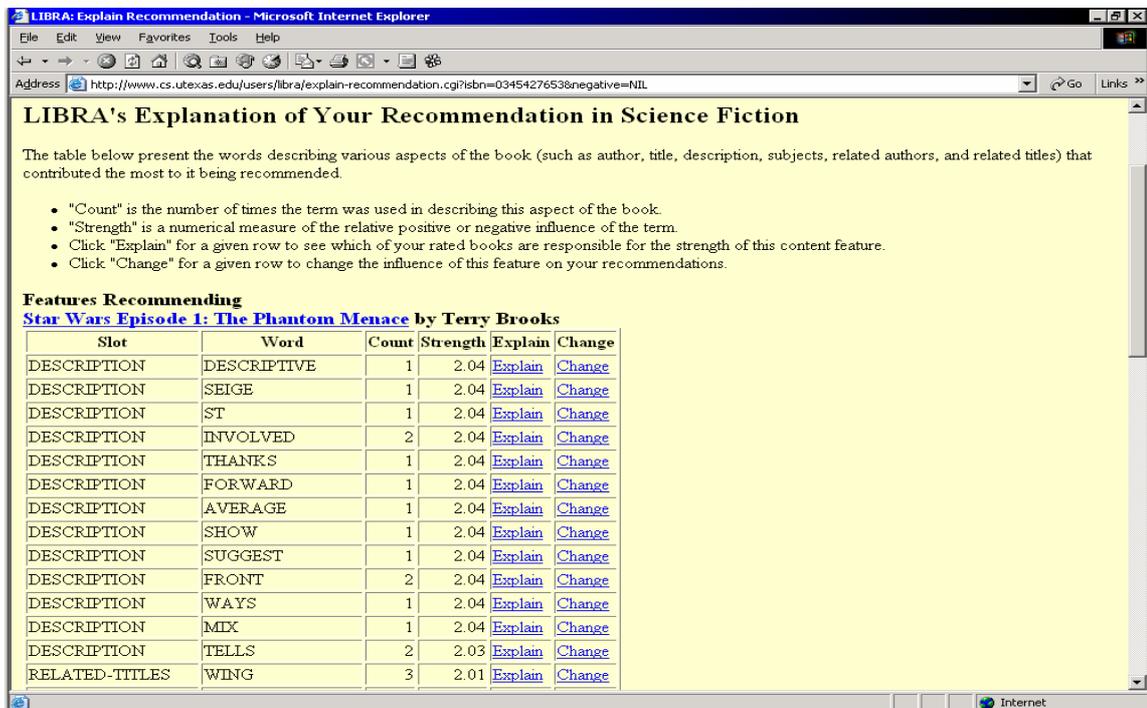


Figura 11 - Explicação da recomendação do livro “Star Wars Episode I: The Phantom Menace”

Conforme dito em [Mooney, 1999] a desvantagem dessa abordagem é que para grupos de usuários com preferências e interesses semelhantes, como o meio acadêmico, o uso de filtros colaborativos gera recomendações mais compatíveis com os reais interesses do usuário.

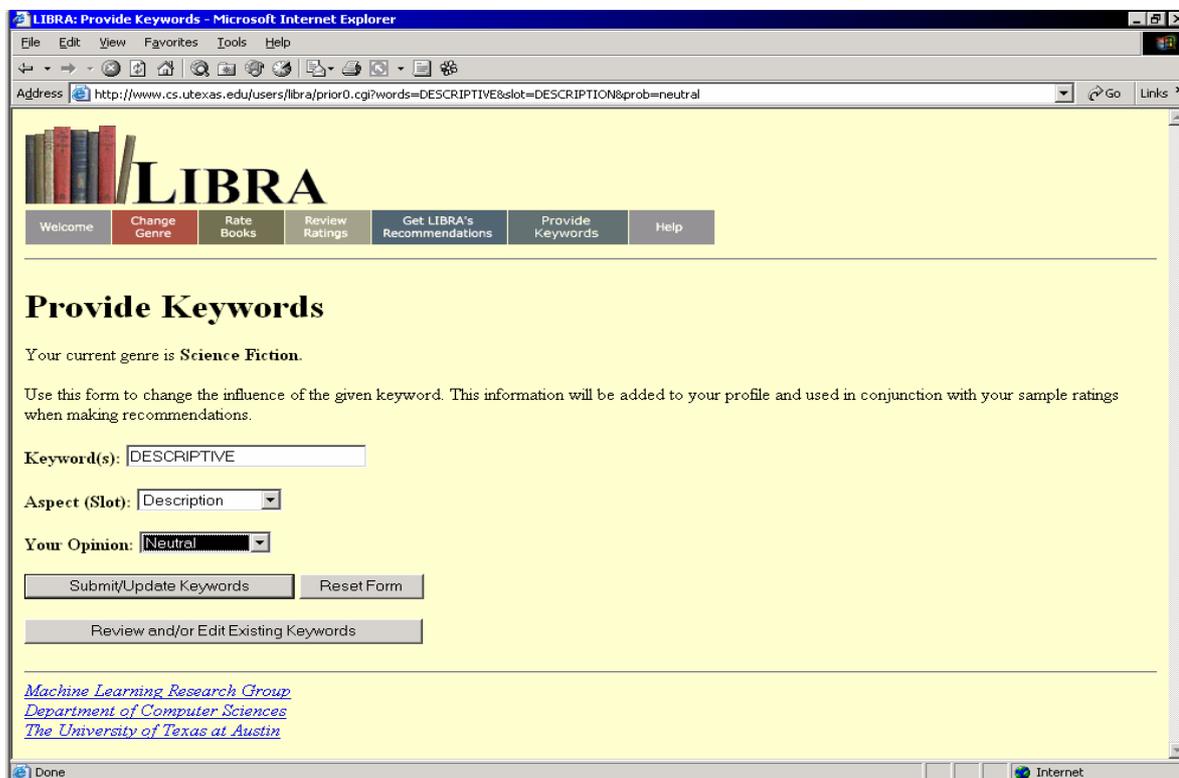


Figura 12 - Alteração da influência do termo “Descriptive” nas recomendações

2.5 - FAB

FAB [Balabanovic, 1997] é a implementação de um projeto para a biblioteca digital da Universidade de Stanford. Trata-se de um sistema de recomendação híbrido, ou seja, que realiza recomendações baseadas na preferência do usuário e no conteúdo dos itens, e também baseadas nas preferências de outros usuários cujos interesses são semelhantes aos dele.

FAB tenta, assim, somar as vantagens das duas abordagens e minimizar suas desvantagens. Quando temos uma situação crítica que causaria recomendações imprecisas ou inviabilizaria as mesmas segundo uma das abordagens, a outra geraria recomendações precisas. Por exemplo: com um número pequeno de usuários, a abordagem de S.R.

colaborativos não conseguiria gerar recomendações, mas a abordagem dos S.R. baseados em conteúdo conseguiria gerar recomendações precisas.

O sistema é implementado através de agentes. Vários agentes, denominados *collection agents*, são responsáveis por alimentar a base de dados com páginas sobre um determinado assunto e gerar metadados baseados em palavras contidas nessas páginas *Web*. Os *collection agents* realizam consultas por páginas sobre um assunto de interesse de uma comunidade de usuários. Outros agentes, denominados *selection agents*, representam os interesses de um único usuário e avaliam as páginas encontradas pelos *collection agents*. Existe ainda um roteador central, que encaminha as requisições de um assunto feitas por um usuário de uma comunidade a um *collection agent* e retorna as páginas encontradas para todos os *selection agents* daquela comunidade. Essa arquitetura está esquematizada na Figura 13.

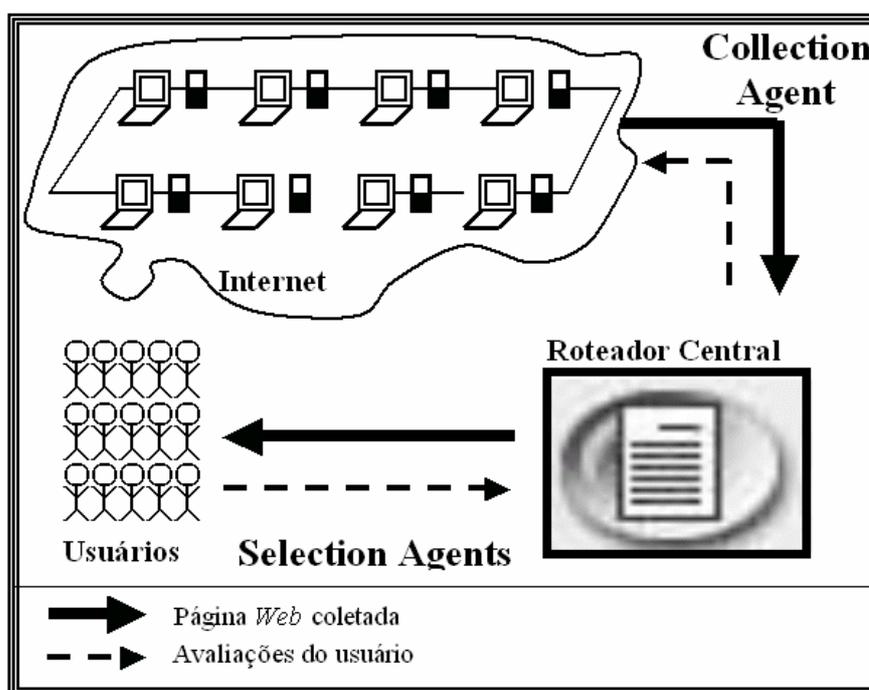


Figura 13 - Arquitetura do sistema *FAB*

O usuário precisa avaliar as páginas enviadas a ele pelo seu *selection agent*, que irá se adaptar aos atuais interesses do usuário modificando seu *s.a.profile* (conjunto de informações que representa o interesse do usuário), o que pode ocasionar uma troca de comunidade. Quando essa adaptação é mais sutil, e ocorre em diversos usuários de uma mesma comunidade, o *collection agent* que procura informações para essa comunidade também deve

se adaptar. Assim, ele também modifica seu *c.a.profile* (conjunto de informações que representa o assunto de interesse da comunidade).

Na Figura 14 é mostrada a página do *site* de teste do sistema *FAB* onde o usuário pode avaliar as páginas enviadas a ele pelo seu *selection agent*.

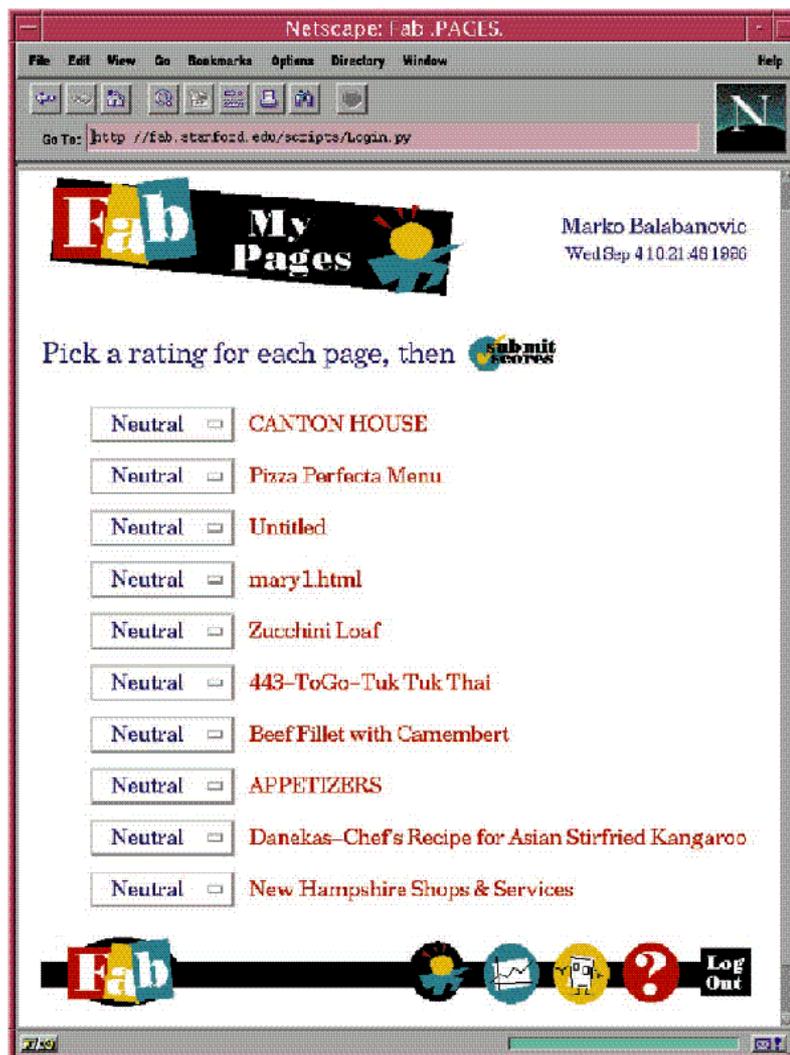


Figura 14 - Página do *site* *FAB* onde o usuário avalia páginas recomendadas

2.6 - Comparação dos Sistemas Apresentados

A tabela a seguir (Tabela 1) mostra um resumo quanto aos recursos utilizados entre os S. R. mencionados nas sessões de 2.2 a 2.5.

Tabela 1 - Resumo dos S. R. discutidos quanto aos recursos utilizados
ou fornecidos ao usuário

Recursos	<i>Research Index</i>	<i>PHOAKS</i>	<i>LIBRA</i>	<i>FAB</i>
Recomendações baseadas em conteúdo	X	-	X	X
Recomendações Colaborativas	-	X	-	X
Alimentação da base de dados	<i>ACI</i>	<i>Text- Mining</i>	<i>Wrappers</i>	Agentes de Software
Uso do número de acessos como parâmetro de relevância do item	X	X	-	-
Necessita de avaliações iniciais do usuário para um conjunto teste	-	-	X	X
Necessita de avaliações contínuas dos itens recomendados	-	-	-	X
Uso de metadados sobre os itens na base de dados	X	-	X	X
Disponível ao público na <i>web</i>	X	X	X	-
Contempla evolução de interesse	-	-	X	X
Permite a explicação da recomendação	-	-	X	-

CAPÍTULO 3

LÓGICA NEBULOSA

3.1 - Considerações Iniciais

Neste capítulo a lógica nebulosa é brevemente apresentada, e os principais conceitos necessários para a compreensão de como o sistema realiza as consultas nebulosas no ambiente *AMMO (Authoring and Manipulation of Multimedia Objects, Capítulo 4)* são apresentados.

A Lógica Nebulosa (*Fuzzy Logic*) é uma técnica que fornece um mecanismo para manipular informações imprecisas, como os conceitos de alto, bom e muito quente. O objetivo da lógica nebulosa é responder de forma aproximada uma pergunta baseada em informações inexatas, incompletas ou não totalmente confiáveis e exatas, do modo mais próximo possível do raciocínio humano. É aplicada em sistemas de controle e de suporte à decisão onde ou a descrição do problema não pode ser feita de forma precisa ou as informações envolvidas não sejam exatas.

O principal objetivo de se aplicar lógica nebulosa é fornecer os fundamentos para efetuar o raciocínio aproximado, com proposições imprecisas, usando a teoria de conjuntos nebulosos [Zadeh, 1965] como ferramenta principal.

3.2 - Considerações sobre Informações Imprecisas

Dentro da comunidade dos pesquisadores de lógica nebulosa não há um consenso de como se distinguir os diferentes tipos de imprecisão. Na literatura, porém, uma abordagem comumente defendida é a distinção entre incerteza e imprecisão.

Incerteza: baseia-se na confiança depositada em uma determinada informação. Ela é representada, normalmente, por um valor numérico; e

Imprecisão: ocorre quando parte da informação não possui limites definidos. Ao contrário da incerteza, não depende se a informação está ou não correta, mas é inerente aos valores lingüísticos utilizados, como os valores pequeno, largo e rápido, por exemplo.

Resumidamente pode-se classificar o conhecimento inexato conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do Conhecimento Inexato (extraído de [Borges, 2001])

Conhecimento Inexato	Situação
Imprecisão	<p>Informação: José é alto.</p> <p>Imprecisão: Sabe-se que José é alto, mas não se tem informação precisa da altura dele. Será que ele tem um metro e oitenta ou mais?</p>
Incerteza	<p>Informação: objeto Y é um gato (0,7).</p> <p>Incerteza: A certeza de que o objeto Y é um gato está associada a um valor, no caso 70%.</p>
Imprecisão e Incerteza	<p>Informação: José é jovem (0,8).</p> <p>Imprecisão: Sabe-se que José é jovem, mas não se tem informação precisa da idade dele. Será que ele tem 15 anos ou mais?</p> <p>Incerteza: A certeza de que “José é jovem” é de 80%.</p>
Incerteza nebulosa	<p>Informação: José é <u>muito claro</u> (em torno de 0,9).</p> <p>Incerteza Nebulosa: Sabe-se que a certeza de que José é uma pessoa muito clara é em torno de 90%.</p>

Existem duas formas principais de imprecisão: a imprecisão na medição e a imprecisão intrínseca. A primeira forma ocorre quando existem falhas na medição. A segunda forma está associada com a descrição das propriedades de um fenômeno e não com as medidas da propriedade.

Os mais importantes fatores causadores de imprecisões na medição são a precisão e a acuidade:

Precisão: diz respeito ao grau de exatidão com o qual se pode medir uma grandeza; e

Acuidade: refere-se ao grau com que uma medida corresponde ao valor padrão de uma grandeza indicadora de erros devido a fatores do ambiente, como por exemplo, a falta de calibração de um instrumento de medida. Incertezas podem afetar a acuidade, mas a precisão não é afetada uma vez que esta só depende da granularidade do dispositivo de medida.

O tipo de imprecisão dos modelos nebulosos (*fuzzy*) é independente dos sistemas de medição. Em [Cox, 1994] definições importantes sobre informações imperfeitas devem ser consideradas:

- **Inexatidão:** É referente à precisão da nossa habilidade de medir;
- **Ambigüidade:** É a propriedade de possuir várias interpretações plausíveis. Por exemplo: “A festa está quente” possui duas interpretações: “A festa está animada” ou “Faz calor na festa”;
- **Ambigüidade antes de estabelecer o domínio de discurso (ambíguo mas não nebuloso):** “A lógica nebulosa preocupa-se em identificar conceitos semanticamente ambíguos e convertê-los em conjuntos nebulosos“; e
- **Grau de pertinência:** É o nível de compatibilidade de um elemento do conjunto com o conceito do conjunto. A representação do grau de pertinência é o símbolo grego μ . Por exemplo: Pedro é alto ($\mu = 0,85$) indica que a altura do elemento Pedro é bem compatível com o conceito ALTO. Tem-se, portanto, uma idéia da altura de Pedro.

3.3 - Conjuntos Nebulosos

As origens dos conjuntos nebulosos remontam ao ano de 1962, quando o professor Lofti A. Zadeh publicou um artigo denominado “*From Circuit Theory to Systems Theory*”, alertando para o que chamou de “*Mathematics of fuzzy or cloudy quantities which are not describable in terms of probability distributions*” quando, pela primeira vez, o termo “*fuzzy*” foi empregado. Logo depois, em 1965, o próprio Zadeh publicaria um artigo que é considerado o marco-zero da teoria: “*Fuzzy Sets*”, onde lança as bases matemáticas desse tipo de conjunto. A partir daí, inúmeras aplicações e destinos têm sido dados a essa teoria, nos mais variados campos como: estatística; inteligência artificial; reconhecimento de padrões, e programação linear, entre outros.

A teoria sobre conjuntos, lançada pelo Prof. Lofti A. Zadeh, presume que cada elemento de um universo possui pertinência parcial a um determinado conjunto.

Na teoria clássica dos conjuntos, os conjuntos são ditos *crisp*, de tal forma que um dado elemento do universo em discurso (domínio) pertence ou não pertence ao referido conjunto. Na teoria dos conjuntos nebulosos existe um grau de pertinência de cada elemento a um determinado conjunto. Este conceito parece ser bastante natural e facilmente percebido ao examinarmos a lista de conjuntos abaixo:

- ▶ conjunto dos números naturais (*crisp*)
- ▶ conjunto dos caracteres ASCII (*crisp*)
- ▶ conjunto dos números naturais muito maiores do que dez (*fuzzy*)
- ▶ conjunto dos clientes com alta renda (*fuzzy*)

Existe claramente uma diferença fundamental entre os conjuntos marcados com *crisp* e os conjuntos marcados com *fuzzy*. Por exemplo, apresentado um caractere, pode-se afirmar, sem nenhuma discussão ou dúvida, se esse caractere pertence ou não pertence ao conjunto dos caracteres ASCII. Esta questão não é tão simples quando se lida, por exemplo, com o conjunto dos homens altos. Uma pessoa que tenha 1,74 metros de altura seria considerada como pertencente a esse conjunto? E a de 1,75? Percebe-se claramente que não existe uma fronteira bem definida que separe os elementos do conjunto dos homens altos dos elementos do conjunto dos homens não altos.

Definição Clássica: Um conjunto nebuloso A definido no universo de discurso U é caracterizado por uma função de pertinência μ_A , a qual mapeia os elementos de U para o intervalo $[0, 1]$.

$$\mu_A: U \Rightarrow [0, 1]$$

Desta forma, a função de pertinência associa com cada elemento x pertencente a U um número real $\mu_A(x)$ no intervalo $[0, 1]$, que representa o grau de possibilidade de que o elemento x venha a pertencer ao conjunto A , isto é, o quanto é possível para o elemento x pertencer ao conjunto A .

O grau de pertinência de um elemento é calculado convertendo o valor de entrada em sua representação nebulosa correspondente. A esse processo dá-se o nome de “*fuzzificação*”.

Um conceito relacionado com conjuntos nebulosos é o de variável lingüística. Entende-se por variável um identificador que pode assumir um dentre vários valores. Deste modo, uma variável lingüística pode assumir um valor lingüístico dentre vários outros em um conjunto de termos lingüísticos.

Formalmente, uma variável lingüística é caracterizada pela quintupla $\{X, T(X), U, G, M\}$, onde X é o nome do conjunto de termos, U o universo de discurso, G uma gramática para gerar os termos $T(X)$, e M o significado dos termos lingüísticos, representado através de conjuntos nebulosos [Klir, 1995a]¹ apud [Borges, 2001].

Variáveis lingüísticas podem também conter modificadores (também lingüísticos) que alteram seu valor. Exemplos de modificadores válidos são: **muito**, **pouco**, **não_muito**, **mais ou menos**. Existem também conectivos que podem ser aplicados a essas variáveis, "e" e "ou". Assim, um valor válido para a variável lingüística altura seria **não muito alto e não muito baixo**.

Os modificadores lingüísticos podem ser definidos matematicamente, como no exemplo dos conjuntos, **baixo e muito_baixo**, onde o modificador **muito** é caracterizado por elevar cada ponto da função de pertinência à segunda potência. Os conectivos AND (e) e OR (ou) são equivalentes a operações de união e intersecção de conjuntos, respectivamente, podendo dar origem a conjuntos complexamente definidos, porém representados lingüisticamente de maneira simples.

3.3.1 - Propriedade dos Conjuntos Nebulosos

As principais propriedades dos conjuntos nebulosos são: altura, normalização, domínio, universo de discurso, suporte e conjunto α -cut.

¹[Klir, 1995a] Klir, G. J.; Yuan, B.; Fuzzy Sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications. Prentice Hall PTR, 1995.

Altura: Essa propriedade representa o maior grau de pertinência permitido pela função de pertinência;

Normalização: Um conjunto nebuloso é normal quando a sua altura for igual a 1. Um conjunto nebuloso tem forma normal mínima quando possui pelo menos um elemento com $\mu_A(x) = 1$. Se um conjunto tem um elemento com $\mu_A(x) = 1$ e outro com $\mu_A(x) = 0$, então ele possui forma normal máxima;

Domínio: Essa propriedade representa o universo que contém todos os possíveis valores para os elementos do conjunto em contexto;

Universo de Discurso: Representa o espaço nebuloso completo de variação de uma variável do conjunto nebuloso. Por exemplo, o universo de discurso para a variável do conjunto nebuloso Altura é de 1 metro a 2 metros. O universo de discurso é denotado pelo símbolo U.

Suporte: É a área efetiva do domínio de um conjunto nebuloso que apresenta valores de $\mu_A(x) > 0$. Um conjunto nebuloso cujo Suporte é um único ponto em U, com valor de $\mu_A(x) = 1$, é chamado de conjunto unitário (Singleton).

Conjunto α -cut: É uma restrição (limite) imposta ao domínio, baseada em um valor de α . Um conjunto α -cut contém todos os elementos do domínio que possuam $\mu_A(x)$ superior ou igual a um determinado valor de α . Por exemplo, considere a tabela 2, que apresenta a variável lingüística Temperatura, com os respectivos graus de pertinência para os termos lingüísticos segunda-feira, terça-feira, quarta-feira e quinta-feira.

Tabela 3 - Graus de pertinência para a variável lingüística temperatura

Temperatura	Segunda	Terça	Quarta	Quinta
5	1.0	0.1	0.0	0.0
10	0.8	0.3	0.0	0.0
20	0.1	0.8	0.7	0.1
30	0.0	0.5	1.0	0.2
40	0.0	0.2	1.0	0.4
50	0.0	0.1	1.0	0.6
60	0.0	0.0	1.0	0.8
70	0.0	0.0	1.0	1.0
80	0.0	0.0	1.0	1.0

Os α -cuts para o subconjunto do termo lingüístico temperatura poderiam ser: $Quinta(0.2) = \{30,40,50,60,70,80\}$; $Quinta(0.8) = \{60,70,80\}$ e $Quinta(1.0) = \{70,80\}$. Os conjuntos α -cuts são utilizados para limitar funções de pertinência que tendem a possuir valores baixíssimos de $\mu(x)$ em um domínio extenso. A Figura 15 apresenta a função de pertinência para o conjunto nebuloso Pesado.

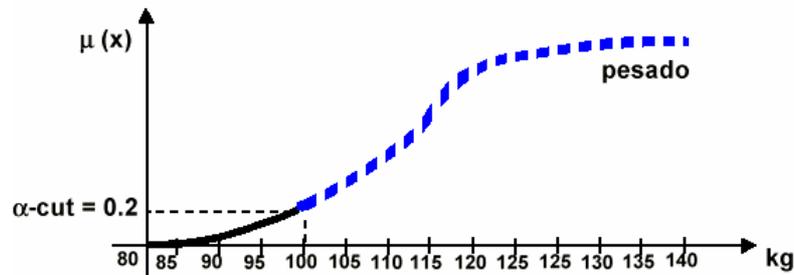


Figura 15 - Conjunto nebuloso Pesado

Observe que a função de pertinência possui uma longa calda, onde o α -cut = 0.2 limita o domínio, considerando apenas os valores de 100 a 140 Kg.

3.3.2 – Operações sobre os Conjuntos Nebulosos

As operações nebulosas de união e interseção são consideradas operações de agregação. Embora nesta seção elas estejam definidas apenas para dois argumentos, sua propriedade de associatividade proporciona um mecanismo de definição para qualquer número de argumentos.

Quando são associados graus de pertinência de um elemento " $x \in X$ " a um conjunto nebuloso " A ", pode-se utilizar uma avaliação "subjetiva" [Bellman, 1973].

Não é completamente possível associar um "grau de verdade" para declarações do tipo da anterior (" $x \in X$ ") depois que a função de pertinência de " A " foi determinada, dado que associar uma aceitação maior para a afirmação verdadeira " x e y são membros de A " do que para " x é membro de A ", pareceria inconsistente.

- Operação **COMPLEMENTO**: O complemento de um Conjunto Nebuloso “A” define-se como o Conjunto Nebuloso cuja função de pertinência é:

$$\neg A(x) = 1 - \mu_A(x)$$

O Complemento Nebuloso é uma métrica para a distância entre dois pontos de regiões Nebulosas de mesmo domínio.

O deslocamento linear entre as regiões complementares das regiões Nebulosas determina o grau no qual um conjunto é um contra-exemplo do outro. Isto pode ser visto como uma medida da Nebulosidade ou Entropia da Informação no conjunto.

Exemplo: Considere dois conjuntos nebulosos Alto e Baixo, com funções de pertinência $\mu_{\text{Alto}}(x) = x-1$ para $1,00 \leq x \leq 2,00$, $\mu_{\text{Alto}}(x) = 0$ para $x < 0$, $\mu_{\text{Alto}}(x) = 1$ para $x > 2$, $\mu_{\text{Baixo}}(x) = 1-2*(x-1)$ para $1,00 \leq x \leq 2,00$, $\mu_{\text{Baixo}}(x) = 1$ para $x < 0$, $\mu_{\text{Baixo}}(x) = 0$ para $x > 1,5$. O gráfico das funções de pertinência das regiões complementares dos conjuntos nebulosos Alto e Baixo estão representados na Figura 16. Uma pessoa com altura de 1,3 metros pertence à região complementar do conjunto nebuloso alto com $\mu_{\neg\text{Alto}}(x) = 0,7 = 70\%$. Essa mesma pessoa pertence à região complementar do conjunto nebuloso baixo com $\mu_{\neg\text{Baixo}}(x) = 0,6 = 60\%$. Outra pessoa, de 1,4 metros pertence à região complementar do conjunto nebuloso alto com $\mu_{\neg\text{Alto}}(x) = 0,6 = 60\%$. Essa mesma pessoa pertence à região complementar do conjunto nebuloso baixo com $\mu_{\neg\text{Baixo}}(x) = 0,8 = 80\%$. Nota-se que uma variação positiva de dez centímetros causa um deslocamento para dentro da região complementar do conjunto nebuloso Baixo duas vezes maior do que o deslocamento para fora da região complementar do conjunto nebuloso Alto. Então, pode-se dizer que o conjunto nebuloso Baixo é um contra-exemplo do conjunto nebuloso Alto.

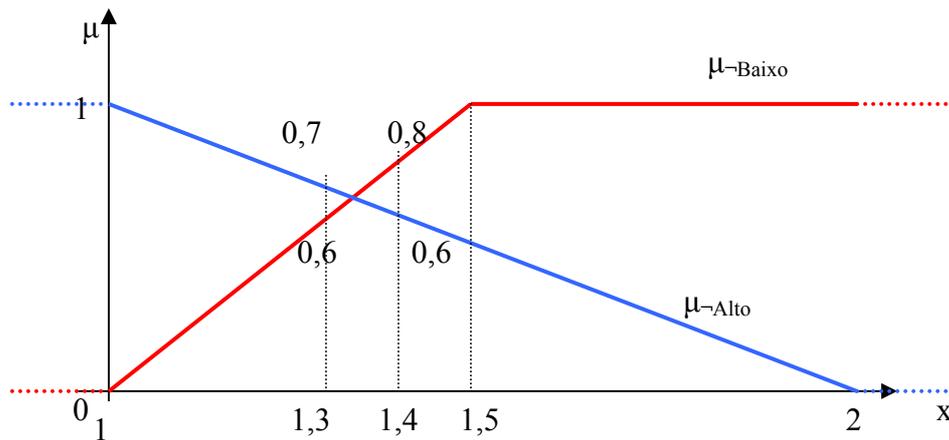


Figura 16 - Gráfico das funções de pertinência das regiões complementares dos conjuntos nebulosos Alto e Baixo

Existe uma propriedade dos conjuntos nebulosos conhecida como **Relação de Equivalência Nebulosa**. Dois conjuntos Nebulosos “A” e “B” são equivalentes se suas funções de pertinência são iguais.

$$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in X \text{ onde: } \forall = \text{qualquer que seja}$$

Outras operações, além das três básicas, podem ser consideradas no estudo dos conjuntos nebulosos.

- ▶ Operação **AGREGAÇÃO DE CONJUNTOS NEBULOSOS**: vários conjuntos nebulosos são combinados de uma forma “adequada” (ou “desejada”) de modo a produzir um único conjunto nebuloso [Klir, 1995b]¹ apud [Borges, 2001].
- ▶ Operação **RELAÇÃO DE INCLUSÃO NEBULOSA**: O Conjunto Nebuloso “A” está incluído no Conjunto Nebuloso “B” se:

$$A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x), \forall x \subseteq X \text{ onde: } “\subseteq” = \text{está contido}$$

As Operações Nebulosas Lógicas satisfazem as seguintes propriedades:

¹ [Klir, 1995b] Klir, G. J.; Yuan, B.; Fuzzy Databases and Information Retrieval Systems (chapter 14). In Fuzzy Sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications, Prentice Hall PTR, pp. 379-389, 1995.

1) Lei da dupla negação - Complemento do complemento de um Conjunto Nebuloso “A” é o próprio “A”.

$$\neg(\neg(A)) = A$$

2) Leis de Morgan

► 2.a O complemento da união de dois Conjuntos Nebulosos “A” e “B” é a interseção dos Conjuntos complementares.

$$\neg(A \cup B) = \neg A \cap \neg B$$

► 2.b O complemento da interseção de dois Conjuntos Nebulosos “A” e “B” é a união dos Conjuntos complementares.

$$\neg(A \cap B) = \neg A \cup \neg B$$

Os seguintes princípios da Lógica Clássica NÃO são verificados:

1) Princípio da não contradição – Na Teoria Clássica de Conjuntos a interseção de um conjunto com seu complementar é vazia.

$$[\text{Na Lógica Booleana } a \cdot \neg a = 0], \text{ onde } \cdot = \text{AND}$$

Em geral a interseção de um Conjunto Nebuloso com seu complemento não é um conjunto vazio.

$$A \cap \neg A \neq \emptyset$$

2) Princípio do intermediário excluído - Na Lógica Clássica a união de um conjunto com seu complementar resulta no conjunto universal do domínio subjacente.

$$[\text{Na Lógica Booleana } a + \neg a = 1], \text{ onde } + = \text{OR}$$

A união de um Conjunto Nebuloso com seu complementar, dentro do universo de discurso “X”, não é igual a “X”. Por exemplo: Se um elemento x pertence à um conjunto nebuloso A com $\mu_A(x)=0,5$, ele também pertence à $\neg A$ com $\mu_{\neg A}(x)=0,5$, e no conjunto resultante da união dos dois conjuntos o elemento x terá um valor de pertinência de $\mu_R(x)=0,5$.

$$A \cup \neg A \neq X$$

3.5 - Modificadores Lingüísticos

Os Modificadores lingüísticos [Klir, 1995b]¹ apud [Borges, 2001] podem ser entendidos como termos lingüísticos especiais que, aplicados a outros termos lingüísticos, alteram seus significados. Os termos lingüísticos: **muito**, **mais**, **menos**, ou **razoavelmente**, podem ser citados como exemplos de modificadores lingüísticos.

Ex: O João é **muito** baixo.

O modificador **muito** intensifica o fato de João ser **baixo**, modificando assim a interpretação da frase. Os modificadores são conhecidos na área lingüística, mais especificamente na gramática, pelo nome de “cercas semânticas”. Podem ser definidos, no contexto deste trabalho, como partículas lingüísticas que, antecedendo a um predicado vago, originam um outro predicado vago.

- Modificador “Muito” - Diminui a extensão de um predicado vago.
- Modificador “Mais ou Menos” - Aumenta a extensão de um predicado vago.

Na Lógica clássica, o único modificador que existe é a negação (“NOT”). Na Lógica Nebulosa, existe uma grande variedade de modificadores lingüísticos: bastante, mais ou menos, etc.

Segundo Klir [Klir, 1995b]³ apud [Borges, 2001], os modificadores lingüísticos podem ser usados para modificar predicados nebulosos. Entende-se por predicado, um adjetivo que qualifica determinados objetos dos quais tem-se um certo conhecimento ou experiência prévia. Por exemplo: **idoso** é uma propriedade que se “predica”, ou uma propriedade que os seres humanos “possuem”. Os predicados podem ser nítidos ou vagos.

Dada uma Família F de predicados P, Q, R e um Universo de Discurso $U = \{x, y, z, \dots\}$, o Produto Cartesiano $F \times U$ “representa” o conjunto de todas as proposições (asseverações) P_x , P_y , P_z, \dots, Q_x , Q_y , Q_z, \dots, R_x , R_y , R_z, \dots , etc.

¹ [Klir, 1995b] Klir, G. J.; Yuan, B.; Fuzzy Databases and Information Retrieval Systems (chapter 14). In Fuzzy Sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications, Prentice Hall PTR, pp. 379-389, 1995.

Um predicado isolado não pode ser considerado nem verdadeiro nem falso. Somente no conjunto FxU devem ser identificados os subconjuntos de elementos verdadeiros (T) ou falsos (F). Os predicados podem ser nítidos ou vagos.

- Nítidos - Verdadeiro/Falso
- Vagos - Função de pertinência $\mu P(x)$.

Em geral, dada uma proposição nebulosa: $p: x \text{ é } F$, e um modificador lingüístico H , pode-se construir uma proposição modificada, $Hp: x \text{ é } HF$, onde HF denota o predicado nebuloso obtido ao aplicar o modificador H para dado predicado F . Os modificadores não são aplicados na lógica clássica.

Um modificador lingüístico H pode ser interpretado como uma operação **unária** h em um intervalo $[0,1]$. Dado um predicado nebuloso F em X e um modificador h , que representa o modificador lingüístico H , o predicado nebuloso modificado HF é determinado, para cada $x \in X$, pela equação:

$$HF(x) = h(F(x))$$

3.6 - Considerações Finais

Este capítulo teve o intuito de apresentar, de forma resumida, alguns conceitos sobre a lógica nebulosa, incluindo os conjuntos nebulosos e os modificadores lingüísticos. Esses conceitos foram introduzidos por Zadeh, em 1965, e Klir, em 1995, e fornecem a base para o processamento de conhecimento inexato. Os conceitos apresentados são fundamentais para a compreensão do presente trabalho, visto que o *SisRMi-CN* utiliza uma técnica de recomendação que processa informações imprecisas, através de Regras Nebulosas (seção 5.2).

CAPÍTULO 4

AMBIENTE *AMMO*

4.1 - Considerações Iniciais

O Ambiente *AMMO* (*Authoring and Manipulation of Multimedia Objects*) visa desenvolver um ambiente para a autoria e manipulação de aplicações multimídia armazenadas em um banco de dados orientado a objetos. Em desenvolvimento pelo Grupo de Banco de Dados do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos, este ambiente é composto por um servidor de objetos multimídia (*MmOS - Multimedia Objects Server*), uma ferramenta de autoria (*MAE - Multimedia Authoring Environment*) [Figueiredo, 2000] e um módulo de consultas nebulosas, e recuperação de mídias e aplicações no banco de dados multimídia [Borges, 2001]. O sistema foi projetado de modo a permitir sua utilização através da *Web*.

A seguir são descritas as funções dos componentes do ambiente *AMMO*, cuja arquitetura está exposta na Figura 17.

- *Multimedia Objects Server (MmOS)*: armazena e manipula mídias, cenas e aplicações multimídia em um banco de dados orientado a objetos. Além disso, mantém metadados contendo informações semânticas relativas às mídias armazenadas, que visam descrever o conteúdo das mídias.
- *Multimedia Application WebBuilder (MAW)*: módulo responsável por dar apoio à autoria de aplicações multimídia através da web. As aplicações multimídia criadas na ferramenta *MAE (Multimedia Authoring Environment)*, que está contida nesse módulo, são armazenadas no banco de dados do *MmOS*.
- *Sistema Gerenciador de Banco de Dados Orientado a Objetos (SGBDOO)*: gerencia os objetos mantidos no banco de dados multimídia.

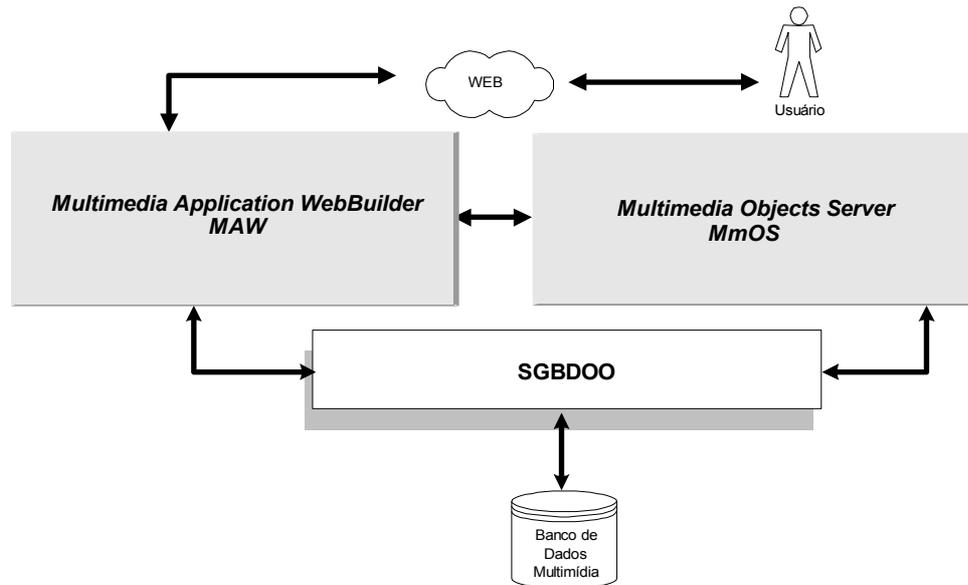


Figura 17 - Arquitetura do ambiente *AMMO*

As aplicações multimídia armazenadas seguem o padrão *SMIL* [SMIL, 1998] e, para mantê-las, uma estrutura de classes apropriada foi criada no *MmOS* (Figura 18).

Uma aplicação multimídia é constituída de uma ou mais cenas, sendo cada uma delas um documento *SMIL*. A classe *Root* mantém um identificador único para cada objeto da aplicação armazenado, herdado por todas as outras classes.

A classe *Application* armazena informações sobre as aplicações multimídia, e através da associação *docs* se obtêm as cenas de cada aplicação. A associação *firstScene* indica qual é a primeira cena da aplicação, ou seja, o primeiro documento *SMIL* que deve ser apresentado a um usuário que deseja visualizar a aplicação.

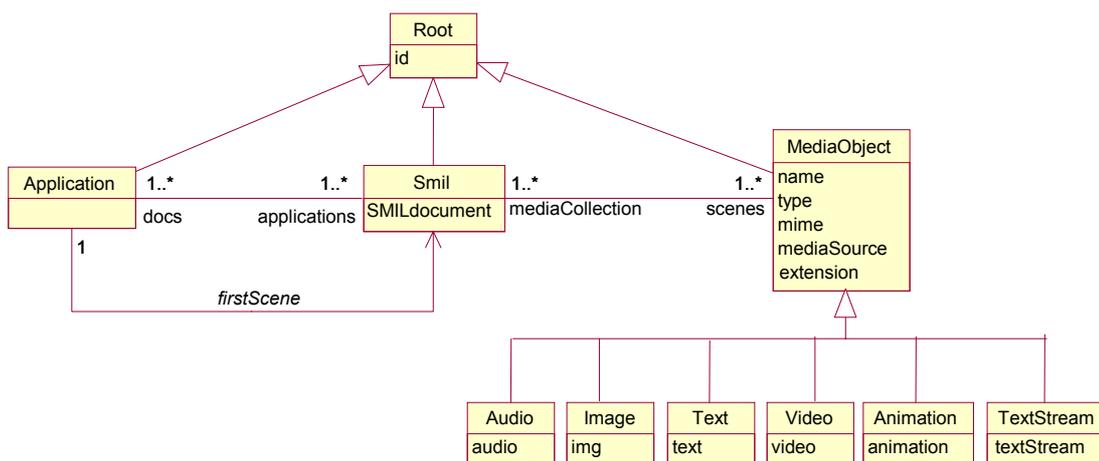


Figura 18 - Estrutura de classes para armazenar aplicações multimídia

A classe *Smil* representa as cenas de uma aplicação. No atributo *SMILdocument* é mantido o código do documento *SMIL* que descreve aquela cena. A associação *applications* mantém todas as aplicações que utilizam aquela cena e, através da associação *mediaCollection*, são mantidas todas as mídias que compõem aquela cena.

As mídias contidas em uma cena são armazenadas na classe *MediaObject*. Os atributos *name*, *type*, *mediaSource* e *extension* armazenam, respectivamente, o nome da mídia, o seu tipo *MIME*, o caminho para a mídia (uma *URL*, por exemplo) e a extensão do arquivo de mídia (*JPEG*, *WAV*, *TXT*, *AVI*, etc.). As especializações da classe *MediaObject* são as classes *Video*, *Image*, *Audio*, *TextStream*, *Text* e *Animation*, e são utilizadas para conter as mídias, quando estas se encontram armazenadas no banco de dados, e não em outro local. Os atributos *audio*, *img*, *text*, *video*, *animation* e *textStream* guardam as mídias.

A título de ilustração, seja uma aplicação multimídia que possui duas cenas, cujos códigos *SMIL* são mostrados nas Figuras 19 (primeira cena – cena1.smi) e 20 (segunda cena – cena2.smi). Essa aplicação, em sua primeira cena, exibe um vídeo (*video1.avi*) de trinta segundos de duração e na seqüência apresenta uma imagem (*imag1.jpg*) durante vinte segundos e um áudio (*audio1.wav*) ao mesmo tempo, até o término do áudio.

```
<smil>
  <head>
    <layout>
      <root-layout height="200" width="450" background-color="black"/>
      <region id="region1" left="0" top="0" height="200" width="225"/>
      <region id="region2" left="225" top="0" height="200" width="200"/>
    </layout>
  </head>
  <body>
    <seq>
      <video src=http://www.servidor.com/dir/video1.avi region="region1"
dur="30s"/>
      <par>
        <a id="link_cena2" show="replace" href="cena2.smi">
          
        </a>
        <audio src="audio1.wav"/>
      </par>
    </seq>
  </body>
</smil>
```

Figura 19 - Primeira cena de uma aplicação - cena1.smi

```
<smil>
  <head>
    <layout>
      <root-layout height="250" width="500" background-color="black"/>
      <region id="text" left="0" top="0" height="189" width="283"/>
      <region id="video" left="285" top="0" height="189" width="200"/>
    </layout>
  </head>
  <body>
    <seq>
      <text src="text1.txt" region="text" dur="20s"/>
      <video src="video2.mpg" region="video"/>
    </seq>
  </body>
</smil>
```

Figura 20 - Segunda cena de uma aplicação – cena2.smi

A segunda cena é apresentada quando o usuário clica na região da imagem (imag1.jpg) da primeira cena, e mostra um texto (text01.txt) durante 20 segundos e depois apresenta um vídeo (video2.mpg), terminando a apresentação.

As informações sobre o conteúdo das mídias (informações semânticas) são mantidas nas classes mostradas na parte de cima da Figura 21. Essas classes formam os metadados sobre as mídias, que são utilizados em consultas por conteúdo e em consultas nebulosas no ambiente *AMMO*.

A classe *SemanticInformation* associa-se à classe *MediaObject* (Figura 21), sendo que uma informação semântica é relativa a apenas uma mídia e uma mídia possui apenas uma informação semântica.

Uma informação semântica possui temas, por exemplo “homem” e “barco”. Cada tema pode possuir qualificadores, por exemplo, homem “alto” e barco “vermelho”. Além disso, a classe *SemanticInformation* agrega associações diretas e reversas entre os temas, por exemplo, homem alto “no” barco vermelho (associação direta) e barco vermelho “pilotado por” homem alto (associação reversa). Todos esses termos são armazenados na classe *Element*, quer sejam eles temas, qualificadores ou associações. Essa classe destina-se a manter grupos de termos semanticamente semelhantes, armazenados no atributo *elementName*. O que diferencia os grupos de termos como temas, qualificadores ou associações são as referências feitas pelas classes *Subject* (temas, na associação *identifiers*, e qualificadores, na agregação *qualifiers*) e *Association* (associações diretas e reversas, nas associações *directAssoc* e *reverseAssoc*, respectivamente).

As classes *Domain* e *Similarity* são utilizadas para guardar informações sobre os domínios dos elementos considerados (temas, qualificadores e associações) e sobre a similaridade existente entre os elementos de um mesmo domínio. Essas classes foram criadas para dar apoio à consulta nebulosa desenvolvida no projeto *AMMO*. Um exemplo de domínio seria Veículos de Transporte, que seria composto pelos elementos carro, barco, avião, navio, etc.

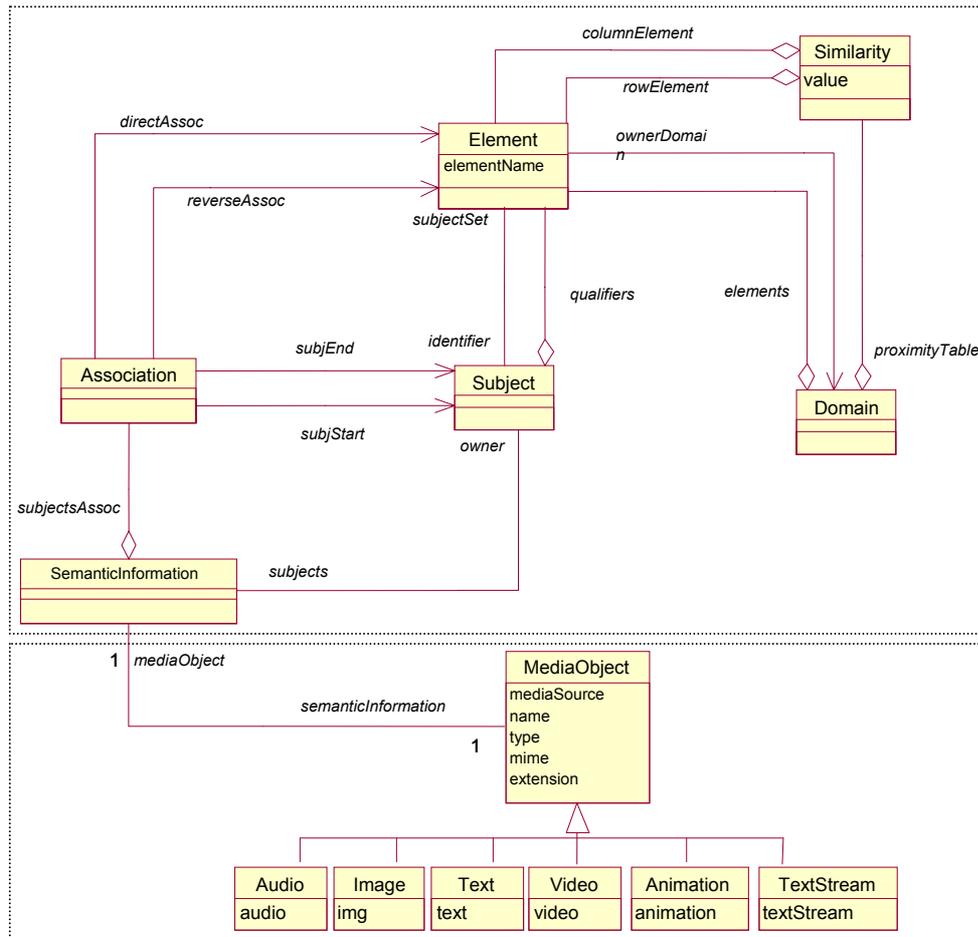


Figura 21 - Informações semânticas (parte em destaque) sobre as mídias

4.2 - Consultas Nebulosas no Ambiente AMMO

Um módulo para realizar consultas nebulosas foi desenvolvido por Borges [Borges, 2001]. A formulação da expressão de busca é realizada passo-a-passo (*Wizard*), através das telas apresentadas nas Figuras 22, 23, 24, 25 e 26.

O primeiro passo a ser realizado pelo usuário é definir quais os tipos de mídia que serão recuperados pela consulta. O usuário pode desconsiderar tipos de mídia que, para ele, não sejam relevantes (se ele deseja encontrar mídias de apelo visual, áudios e textos podem ser desconsiderados, por exemplo), realizar consultas em um tipo de mídia específico (Figura 22) ou em todos os tipos disponíveis.

O segundo passo seria a especificação dos temas e composições (AND, OR) entre eles e os graus de similaridade mínima e de relevância (descritos a seguir) respectivos a cada tema. A Figura 23 apresenta a tela relativa ao passo 2. Na área 1 pode-se incluir temas relativos a um domínio e definir-se composições entre os temas; na área 2 é possível especificar os graus de similaridade mínima e de relevância para o tema selecionado, e na área 3 é visualizada a expressão de busca.

Um par de valores no intervalo $[0,1]$ pode ser associado a cada tema ou qualificador. O primeiro valor é o grau de similaridade mínima e as mídias são recuperadas se satisfizerem os graus de similaridade mínima estabelecidos. Um valor igual a 1 significa que o tema ou qualificador deve ter uma similaridade semântica mínima de 100%, ou seja, apenas mídias que possuem, em sua informação semântica, o termo exato, ou sinônimos, são recuperadas. Um valor menor que 1 permite, através da tabela de similaridade, encontrar termos próximos, como “Homem” e “Rapaz”. Aquelas que não satisfizerem completamente os graus de similaridade ainda podem ser recuperadas se o usuário definir graus de relevância para temas ou qualificadores. O grau de relevância representa a importância da ocorrência do tema ou qualificador nas mídias recuperadas (um valor menor que 1 permite encontrar mídias que não possuem o tema ou qualificador). Um exemplo de expressão de busca seria “Pássaro $[0.8,0.75]$ Azul $[1,0.5]$ Voando $[1,1]$ ”. Essa expressão recuperaria mídias que possuíssem em sua informação semântica o termo “Pássaro” ou termos no mínimo 80% similares, qualificado por um termo “Azul”, ou um sinônimo, e pelo termo “Voando”, ou um sinônimo. Ainda são especificadas as relevâncias de cada um desses termos para a consulta, sendo o termo “Pássaro” 75% relevante, o termo “Azul” 50% relevante e o termo “Voando” 100% relevante.

O terceiro passo a ser realizado na formulação da expressão de busca é se definir as associações entre os temas, e pode ser acessado a partir do botão “Assoc” da área 2 da Figura 23. A Figura 24 apresenta a tela relativa ao passo 3. Na área 1 escolhe-se quais dos temas selecionados no passo 2 é o tema inicial; na área 2 escolhe-se qual o tema final, e na área 3 apresenta-se as associações entre os dois temas.

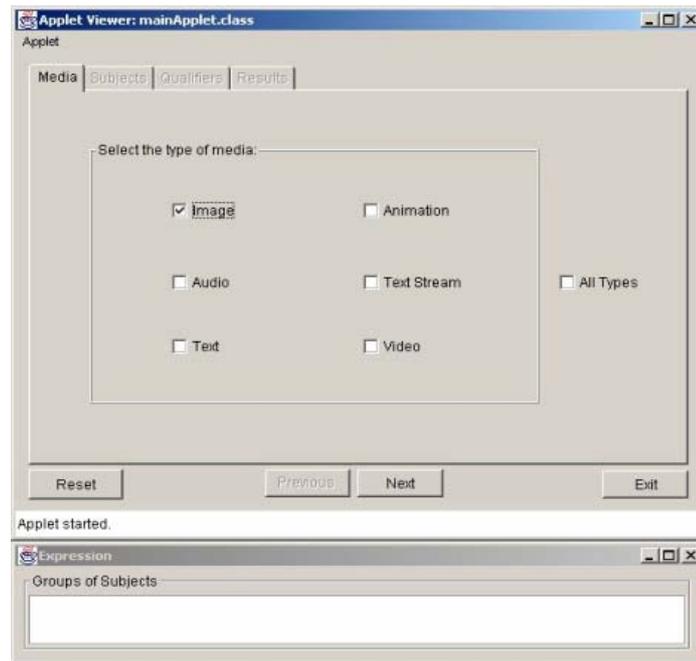


Figura 22 - Tela relativa ao passo 1 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa

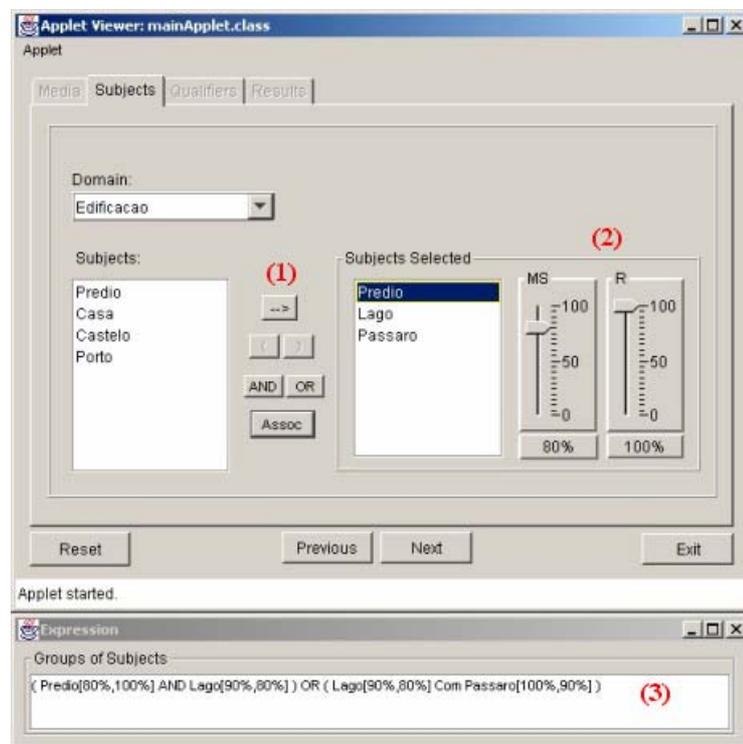


Figura 23 - Tela relativa ao passo 2 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa

O quarto passo a ser realizado pelo usuário é a especificação de qualificadores para os temas escolhidos. A Figura 25 apresenta a tela relativa ao passo 4. Na área 1 escolhe-se a qual tema será atribuído o qualificador; na área 2, seleciona-se qual o domínio onde se encontra o qualificador desejado; na área 3 escolhe-se o qualificador propriamente dito, pertencente ao domínio; na área 4 são apresentados todos os qualificadores relativos ao tema, e na área 5, pode-se especificar os graus de similaridade mínima e de relevância para o qualificador selecionado na área 4.

Na Figura 26 é mostrada a tela onde é apresentado o retorno da consulta nebulosa. As mídias recuperadas são dispostas em ordem decrescente em relação à similaridade (o grau de similaridade é mostrado na forma de uma barra, área 1 da Figura 26) de suas informações semânticas com a expressão de busca. O mecanismo de busca e a forma adotada para a classificação das mídias, desenvolvido por Borges [Borges, 2001] é apresentado no Apêndice C.

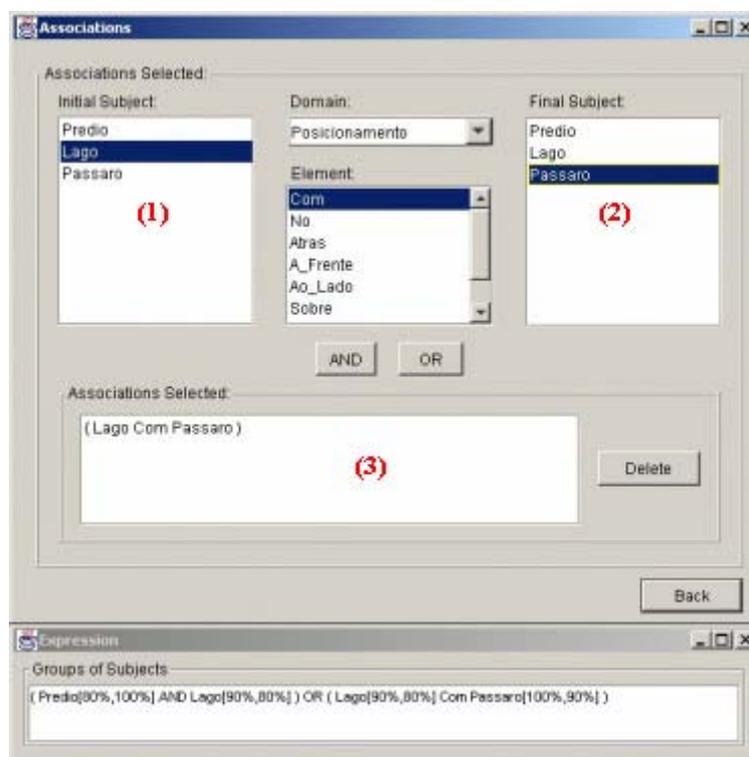


Figura 24 - Tela relativa ao passo 3 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa

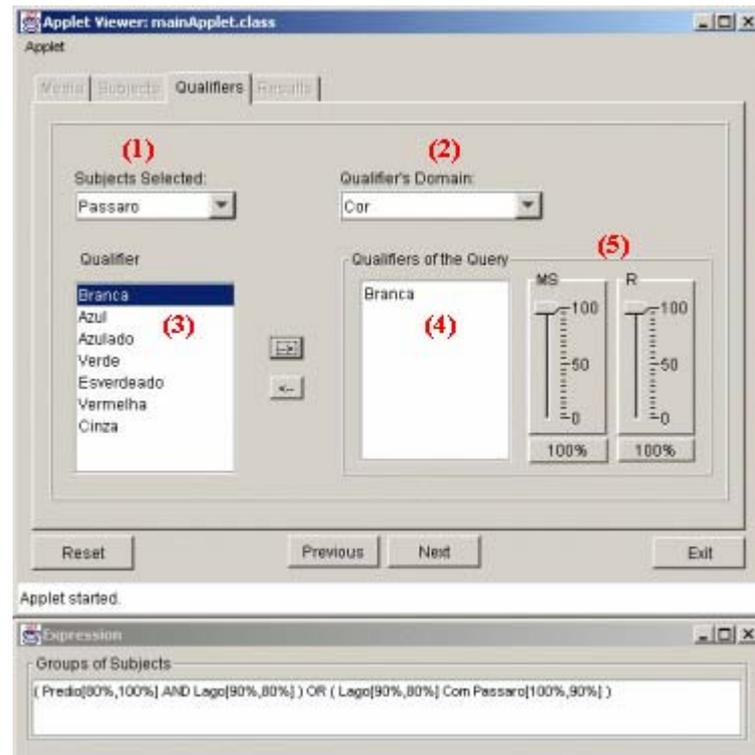


Figura 25 - Tela relativa ao passo 4 da elaboração da expressão de busca para a consulta nebulosa

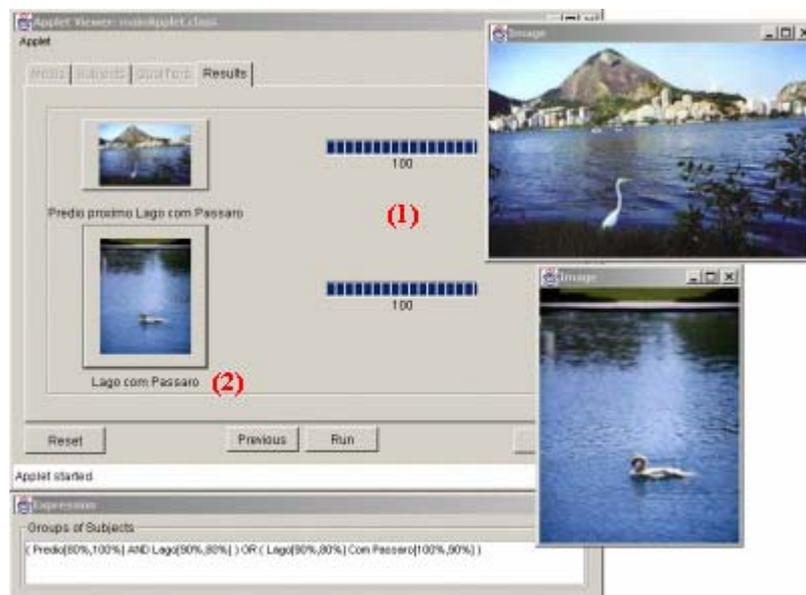


Figura 26 – Tela de apresentação das mídias retornadas pela consulta nebulosa

4.3 - Considerações Finais

Neste capítulo foram abordados o Ambiente *AMMO*, a sua estrutura de classes e uma visão geral de como as Consultas Nebulosas são efetuadas atualmente, com noções fundamentais, como: temas, qualificadores, associações, graus de relevância e de similaridade mínima, expressões de busca e informações semânticas sobre as mídias armazenadas no *MmOS*. Mais informações sobre o mecanismo de busca e classificação das mídias podem ser encontradas no Apêndice C.

CAPÍTULO 5

SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE MÍDIAS BASEADO EM CONTEÚDO NEBULOSO

5.1 – Visão Geral

A forma como os sistemas de recomendação efetuam as recomendações deve ser compatível com o contexto da procura dos usuários pelos itens. Rucker [Rucker, 1997] expõe que um sistema de recomendação para publicações científicas deve utilizar técnicas para recomendações colaborativas, para identificar comunidades de usuários com interesses semelhantes, que correspondem, cada uma delas, a uma determinada área do conhecimento (semelhante ao sistema *PHOAKS*, descrito na seção 2.2.2). Segundo Terveen [Terveen, 1997], um sistema de recomendação que recomenda livros a leitores deve considerar cada leitor como um usuário de interesse único, pois não é comum encontrar duas pessoas com o mesmo gosto literário, e é ainda mais difícil tentar agrupar várias pessoas em uma comunidade de mesmo interesse (como acontece no sistema *LIBRA*, descrito na seção 2.2.3). Nesse contexto, é mais lógico o uso de técnicas de recomendação baseadas em conteúdo, como é o caso da técnica adotada neste trabalho.

O sistema desenvolvido neste projeto de pesquisa, denominado *SisRMi-CN*, é um Sistema de Recomendação de Mídias baseado em Conteúdo Nebuloso. O sistema visa estender o ambiente *AMMO*, dando maior flexibilidade ao acesso das mídias, cenas e aplicações multimídia armazenadas no Banco de Objetos Multimídia e manipuladas pelo Servidor de Objetos Multimídia (*MmOS*).

A Figura 27 mostra o contexto do ambiente *AMMO*, com os módulos *CBFS*, *MAW* e *SisRMi-CN*.

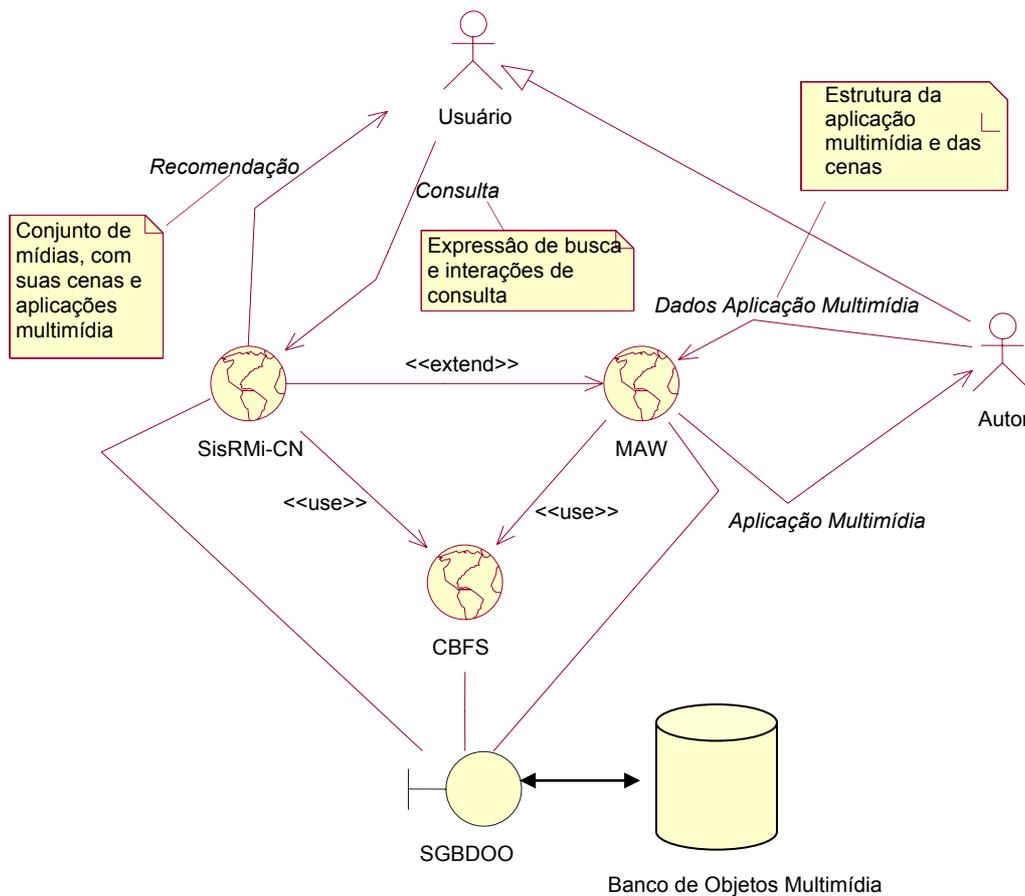


Figura 27 - Contexto do Ambiente AMMO

Na Figura 27 tem-se que:

- O Banco de Objetos Multimídia é o repositório de Aplicações Multimídia;
- O SGBDOO é o Sistema Gerenciador de Banco de Dados Orientado a Objetos responsável por gerenciar o Banco de Objetos Multimídia, e é único para os módulos Construção de Aplicações Multimídia via Web (Multimedia Authoring via Web - MAW) e SisRMI-CN e o Servidor de Objetos Multimídia (Multimedia Object Server - MmOS);
- O Módulo de Consulta Nebulosa por Conteúdo (Content Based Fuzzy Search - CBFS) é um módulo do MmOS responsável por realizar consultas nebulosas em aplicações multimídia armazenadas no SGBDOO;

- O *MAW* provê o apoio à autoria de aplicações multimídia na *Web*. Seu principal componente é o Ambiente de Autoria Multimídia (Multimedia Authoring Environment - *MAE*);
- O Módulo *SisRMi-CN* é o sistema de recomendação desenvolvido neste projeto de pesquisa;
- Os Módulos *MAW* e *SisRMi-CN* usam o *CBFS* para realizar consultas nebulosas no Banco de Objetos Multimídia; e
- Com algumas modificações, O Módulo *SisRMi-CN* pode prover recursos de recomendação para a ferramenta *MAE* do Módulo *MAW*; a principal modificação é a mudança do *SGBDOO* Jasmine II, usado na implementação do *SisRMi-CN*, para o *SGBDOO* Cachê.

No contexto do Ambiente *AMMO* são ainda identificados os atores Usuário e Autor. No contexto particular do *SisRMi-CN*, esses atores desempenham os papéis descritos na Figura 28.

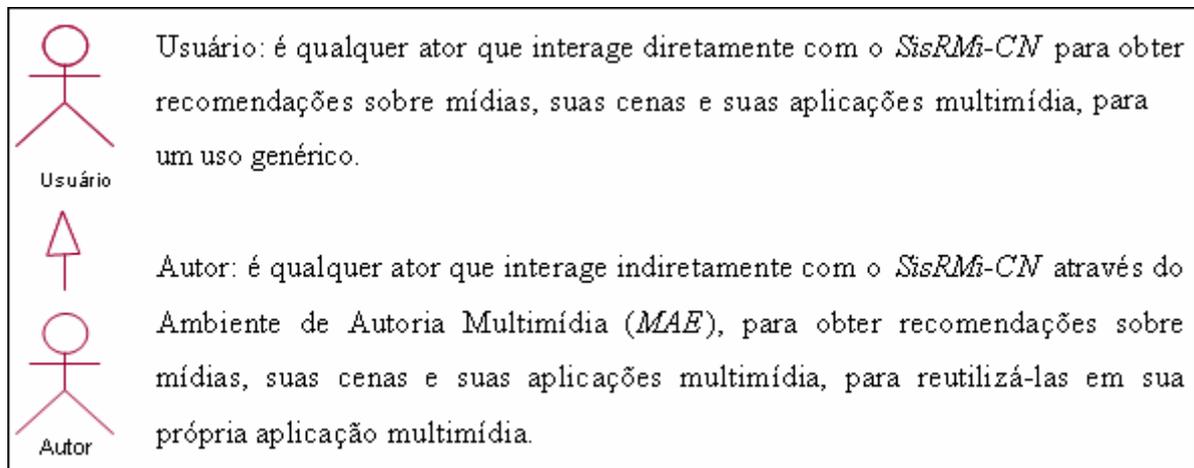


Figura 28 - Atores do sistema *SisRMi-CN*

A técnica de recomendação, desenvolvida no *SisRMi-CN*, pode ser utilizada em aplicações dos mais diferentes domínios. Hoje são comuns consultas que recuperam objetos analisando suas descrições, em diferentes áreas de aplicação. Além disso, o *SisRMi-CN* também utiliza o módulo *MmOS*, onde são mantidos metadados que descrevem as mídias armazenadas. Esses metadados, já descritos na seção 2.4, dão apoio a consultas nebulosas no ambiente *AMMO*, e são constituídos por temas, qualificadores e associações, possuindo

imprecisões inerentes. Imprecisões e incertezas também são inerentes ao uso da expressão de busca. Nesse contexto, de forma a utilizar os metadados já existentes e a obter o interesse do usuário a partir da expressão de busca, além de utilizar todo o ferramental de cálculo oferecido pela lógica nebulosa, torna-se natural o desenvolvimento de novas técnicas para recomendação baseada em conteúdo nebuloso, que utilizam a lógica nebulosa para o cálculo da semelhança entre as mídias e o interesse do usuário.

O *SisRMi-CN* objetiva auxiliar na consulta e escolha de mídias armazenadas no Banco de Objetos Multimídia, no ambiente *AMMO*. O usuário do *SisRMi-CN* pode simplesmente consultar uma mídia para visualizá-la, assim como as respectivas cenas e aplicações multimídia a ela relacionadas. Uma mídia pode ou não fazer parte de uma ou mais cenas. Por sua vez, uma cena faz parte de uma ou mais aplicações multimídia. Opcionalmente, o usuário pode escolher uma mídia, uma cena ou uma aplicação multimídia para reutilizá-las em sua própria aplicação. A reutilização da mídia é apoiada pelo ambiente *AMMO* através do Módulo *MAW*.

Durante a consulta, é permitido ao usuário a evolução da sua expressão de busca. Novas consultas são geradas dinamicamente, em função do interesse do usuário. A expressão de busca vigente em um dado momento é denominada expressão de busca atual. Cada consulta utiliza o módulo de consultas nebulosas desenvolvido por Borges [Borges, 2001]. Esse módulo foi adaptado para ser executado na plataforma de software atual do *SisRMi-CN*, a Plataforma Java SDK 1.4.0.

O interesse do usuário é representado pela expressão de busca atual. O uso de um perfil de usuário (informações mantidas sobre o usuário, como nos sistemas *LIBRA* e *FAB*, descritos nas seções 2.2.3 e 2.2.4, respectivamente) para representar o interesse torna-se inadequado, pois o interesse representado por esse perfil não corresponde ao interesse atual, e sim ao interesse do usuário em outras sessões de consulta. Cada vez que um ator utiliza o sistema (inicia uma sessão), entende-se que ele possui um novo interesse. Se ele é um usuário, deve estar procurando uma aplicação multimídia diferente das demais que ele já procurou. Se o usuário estiver procurando uma aplicação multimídia que ele já conhece, uma consulta exata ou por conteúdo no ambiente *AMMO* seria mais adequada. No caso de um autor, provavelmente está criando uma nova aplicação multimídia e precisa de novas mídias ou está procurando outras mídias para uma aplicação multimídia ainda inacabada. Assim, a

recomendação de mídias no *SisRMi-CN* não se baseia em perfil de usuário, mas principalmente em análise das ações dos usuários sobre as mídias recuperadas com base na expressão de busca atual.

A escolha de mídias para recomendação é realizada com base na interação do usuário, técnicas de lógica nebulosa e tratamento estatístico. Inicialmente o usuário, através de uma expressão de busca, faz uma consulta nebulosa no banco de objetos multimídia. O resultado desta busca é um conjunto de mídias. A partir das mídias obtidas na consulta, o usuário interage com o sistema para poder aprofundar ou evoluir o seu interesse. Essa interação é realizada navegando-se pelas mídias, suas cenas e aplicações multimídia relacionadas.

O nível de interesse do usuário em cada mídia recuperada é obtido a partir do grau de similaridade da mídia e do número de usuários que a escolheram. Aplica-se uma regra nebulosa para transformar o grau de similaridade e o número de escolhas da mídia, em um nível de interesse. Interagindo com a mídia o usuário pode redefinir seu nível de interesse. Uma solicitação para exibir a mídia aumenta seu nível de interesse, e uma remoção torna nulo seu nível de interesse. O usuário também pode modificar o nível de interesse explicitamente, numa escala de zero (interesse nulo) a dez (interesse máximo).

Uma vez conhecido o nível de interesse de todas as mídias presentes na interface do *SisRMi-CN*, pode-se determinar uma nova expressão de busca. O processo de se considerar o nível de interesse do usuário nas mídias para determinar uma nova expressão de busca é denominado *relevance feedback*. Para cada mídia selecionada, determinam-se as possíveis modificações da expressão de busca atual, usando um algoritmo de *match* da expressão de busca com a informação semântica da mídia, como descrito na seção 5.3.

Cada expressão de busca modificada resultará em um *score*, obtido através de lógica nebulosa e um tratamento estatístico. O *score* baseia-se no nível de interesse do usuário em cada mídia presente na interface e nos seus graus de similaridade recalculados conforme a expressão de busca modificada. A expressão de busca com maior *score* passa a ser a expressão de busca atual.

O processo se repete até que se obtenha uma expressão de busca ideal, que será utilizada pelo sistema para fazer a recomendação. Uma recomendação compreende as mídias

que possuem conteúdo de interesse do usuário, mesmo que sejam mídias que não satisfazem sua consulta inicial.

Segue-se uma explicação mais detalhada dos principais conceitos e técnicas utilizados pelo sistema *SisRMi-CN* para a recomendação de mídias baseada em conteúdo nebuloso.

5.2 – A Regra Nebulosa **RNI**interesse

Para determinar o nível de interesse nas mídias recuperadas através de consultas nebulosas, numa sessão interativa do usuário com o *SisRMi-CN*, utiliza-se uma regra nebulosa denominada **RNI**interesse.

A regra nebulosa **RNI**interesse baseia-se nos princípios da lógica nebulosa ou *fuzzy*, que fornece um tratamento adequado para informações imprecisas [Zadeh, 1965].

A regra nebulosa **RNI**interesse é aplicada em cada mídia recuperada. O objetivo dessa regra é transformar o grau de similaridade de cada mídia e o número de usuários que a escolheram (mantido no Banco de Objetos Multimídia como um novo atributo para a classe “MediaObject”), em níveis de interesse. O grau de similaridade é calculado em cada consulta nebulosa. A aplicação de uma regra nebulosa é denominada Propagação. Para que seja possível realizar a propagação é necessário antes “fuzzificar” o grau de similaridade e o número de usuários que escolheram a mídia. Após a propagação faz-se também a “defuzzificação” da saída, último estágio do processo.

A “fuzzificação” do grau de similaridade utiliza a variável lingüística **VLSimilaridade**, que representa os conjuntos nebulosos Muito Similar, Similar, Meio Similar, Pouco Similar e Pouquíssimo Similar. Todos os conjuntos foram definidos na forma de triângulos, conforme a Figura 29, sendo suas arestas definidas por funções matemáticas de retas afins:

$$f(x) = a * x + b ,$$

onde “a” é a inclinação da reta. Se b é igual a zero, a reta passa pela origem.

Seguem-se as definições empíricas desses conjuntos, usando a notação¹ $\mu_{\langle \text{nome do conjunto} \rangle}(x)$, onde μ é a pertinência da variável x ao conjunto nebuloso, e a variável x é o grau de similaridade da mídia em relação à consulta nebulosa, cujo valor é retornado pelo módulo de consultas nebulosas por conteúdo (CBFS). As expressões para cada conjunto nebuloso são as funções matemáticas das retas que os delimitam, formando os triângulos que podem ser visualizados na Figura 29, garantindo uma pertinência ao conjunto nebuloso que varie de 0 a 1 em seu intervalo estipulado.

Conjunto Nebuloso Muito Similar:

$$\mu_{\text{Muito-Similar}}(x) = 4 * x - 3, \text{ para } x > 0.75, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Muito-Similar}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 0.75$$

Conjunto Nebuloso Similar:

$$\mu_{\text{Similar}}(x) = 6,66 * x - 3,66, \text{ para } 0.55 < x \leq 0.7;$$

$$\mu_{\text{Similar}}(x) = 1 - (6,66 * x - 4,66), \text{ para } 0.7 < x < 0.85, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Similar}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 0.55 \text{ e } x \geq 0.85$$

Conjunto Nebuloso Meio Similar:

$$\mu_{\text{Meio-Similar}}(x) = 6,66 * x - 2,33, \text{ para } 0.35 < x \leq 0.5;$$

$$\mu_{\text{Meio-Similar}}(x) = 1 - (6,66 * x - 3,33), \text{ para } 0.5 < x < 0.65, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Meio-Similar}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 0.35 \text{ e } x \geq 0.65$$

Conjunto Nebuloso Pouco Similar:

$$\mu_{\text{Pouco-Similar}}(x) = 6,66 * x, \text{ para } 0.15 < x \leq 0.3;$$

$$\mu_{\text{Pouco-Similar}}(x) = 1 - (6,66 * x - 2), \text{ para } 0.3 < x < 0.45;$$

$$\mu_{\text{Pouco-Similar}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 0.15 \text{ e } x \geq 0.45$$

Conjunto Nebuloso Pouquíssimo Similar:

$$\mu_{\text{Pouquíssimo-Similar}}(x) = 1 - (4 * x), \text{ para } x < 0.25;$$

$$\mu_{\text{Pouquíssimo-Similar}}(x) = 0, \text{ para } x \geq 0.25$$

¹ No trabalho desenvolvido por Borges [Borges, 2001], usa-se a notação μ para o grau de similaridade de uma mídia em relação a uma consulta nebulosa. Nesta seção, essa notação é utilizada como a pertinência aos conjuntos nebulosos definidos para as variáveis linguísticas.

A Figura 29 mostra uma representação gráfica dos conjuntos nebulosos que descrevem a variável lingüística VLSimilaridade. No gráfico tem-se, num dos eixos, a variável de pertinência (μ), que representa a pertinência da média (que possui o grau de similaridade) ao conjunto nebuloso. No outro eixo tem-se a variável x , que representa o grau de similaridade da média. Por exemplo: no conjunto Pouco Similar, para o grau de similaridade 0,27 (27%), tem-se um valor de pertinência igual a 0,80 (80%), significando que uma média que é 27% similar à expressão de busca atual, pertence ao conjunto nebuloso Pouco Similar com grau de pertinência de 0,80 (80%).

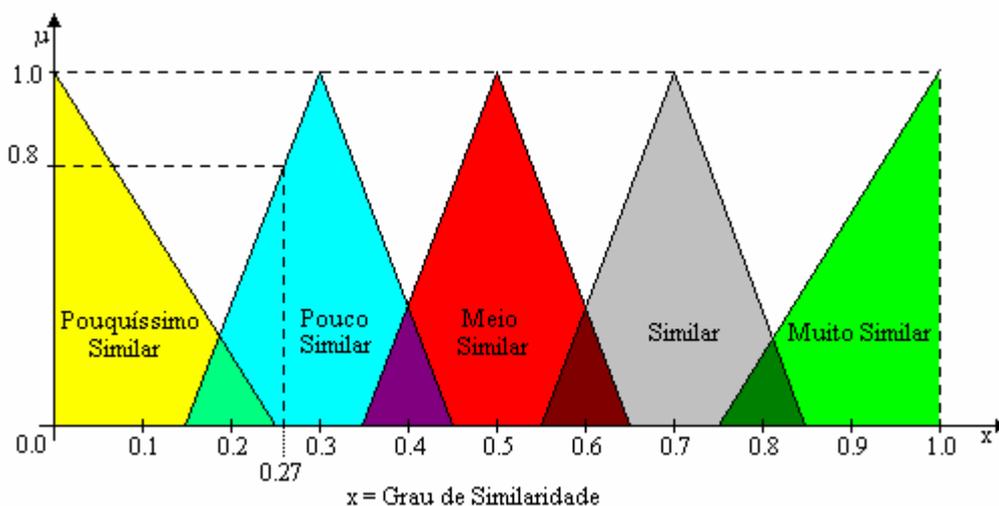


Figura 29 - Gráfico para a variável lingüística VLSimilaridade

A “fuzzificação” do número de usuários que escolheram a mídia utiliza a variável lingüística **VLNúmero de Escolhas**, que representa os conjuntos nebulosos Muito Alto, Alto, Médio e Baixo. No contexto do sistema *SisRMi-CN* definiu-se, por exemplo, que um número de escolhas superior a 25 representa um número muito alto de escolhas, mas os intervalos aqui estipulados para os conjuntos nebulosos devem ser ajustados de acordo com diversos fatores, como o número de usuários que utilizam o sistema. Seguem-se as definições destes conjuntos, usando a notação $\mu_{\langle \text{nome do conjunto} \rangle}(x)$, onde μ é a pertinência da variável x ao conjunto nebuloso, e a variável x é o número de usuários que escolheram a mídia:

Conjunto Nebuloso Muito Alto:

$$\mu_{\text{Muito-Alto}}(x) = (x - 25) / 10, \text{ para } 25 < x < 35;$$

$$\mu_{\text{Muito-Alto}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 25, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Muito-Alto}}(x) = 1, \text{ para } x \geq 35$$

Conjunto Nebuloso Alto:

$$\mu_{\text{Alto}}(x) = (x - 15) / 10, \text{ para } 15 < x \leq 25;$$

$$\mu_{\text{Alto}}(x) = 1 - ((x - 25) / 10), \text{ para } 25 < x < 35, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Alto}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 15 \text{ e } x \geq 35$$

Conjunto Nebuloso Médio:

$$\mu_{\text{Médio}}(x) = (x - 5) / 5, \text{ para } 5 < x \leq 10;$$

$$\mu_{\text{Médio}}(x) = 1 - ((x - 10) / 10), \text{ para } 10 < x < 20, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Médio}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 5 \text{ e } x \geq 20$$

Conjunto Nebuloso Baixo:

$$\mu_{\text{Baixo}}(x) = 1 - (x / 10), \text{ para } x < 10;$$

$$\mu_{\text{Baixo}}(x) = 0, \text{ para } x \geq 10$$

A Figura 30 mostra uma representação gráfica dos conjuntos nebulosos que descrevem a variável lingüística **VLNúmero de Escolhas**. Por exemplo: no conjunto Médio, para uma média escolhida por 15 usuários, tem-se um valor de pertinência igual a 0,50 (50%).

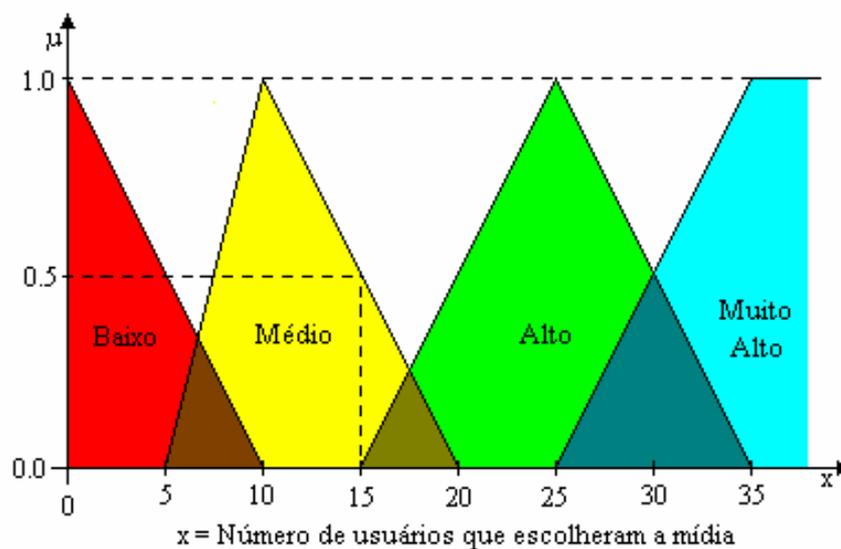


Figura 30 - Gráfico para a variável lingüística **VLNúmero de Escolhas**

Uma vez conhecida a pertinência da média em cada conjunto nebuloso (“fuzzificação”), é possível determinar a propagação, aplicando a regra nebulosa **RNIinteresse** definida pela Matriz *Fuzzy* da regra nebulosa **RNIinteresse** (VLI), onde “VLI” representa o interesse. Na matriz tem-se, para cada par VLSimilaridade e VLNúmero de Escolhas, um

determinado VLInteresse. Por exemplo: Se a VLSimilaridade é “Muito Similar” e a VLNúmero de Escolhas é “Muito Alto”, então “VLI” (interesse) é “Muito Interessado”.

Matriz *Fuzzy* da regra nebulosa **RNInteresse** (VLI):

VLSimilaridade	AND (*)	VLNúmero de Escolhas	THEN (▶)	VLInteresse
Muito Similar	*	Muito Alto	▶	Muito Interessado
Muito Similar	*	Alto	▶	Muito Interessado
Muito Similar	*	Médio	▶	Muito Interessado
Muito Similar	*	Baixo	▶	Interessado
Similar	*	Muito Alto	▶	Muito Interessado
Similar	*	Alto	▶	Muito Interessado
Similar	*	Médio	▶	Interessado
Similar	*	Baixo	▶	Interessado
Meio Similar	*	Muito Alto	▶	Muito Interessado
Meio Similar	*	Alto	▶	Interessado
Meio Similar	*	Médio	▶	Interessado
Meio Similar	*	Baixo	▶	Meio Interessado
Pouco Similar	*	Muito Alto	▶	Meio Interessado
Pouco Similar	*	Alto	▶	Meio Interessado
Pouco Similar	*	Médio	▶	Pouco Interessado
Pouco Similar	*	Baixo	▶	Pouco Interessado
Pouquíssimo Similar	*	Muito Alto	▶	Meio Interessado
Pouquíssimo Similar	*	Alto	▶	Pouco Interessado
Pouquíssimo Similar	*	Médio	▶	Pouco Interessado
Pouquíssimo Similar	*	Baixo	▶	Pouco Interessado

Após a aplicação da regra nebulosa Interesse faz-se a “de-fuzzificação” da variável lingüística **VLInteresse**, que tem por objetivo obter um valor no intervalo [0, 10] para o nível de interesse do usuário pela mídia. Neste intervalo, 0 indica um interesse nulo, e 10 indica um interesse máximo. A “de-fuzzificação” é obtida calculando a abscissa do centro da área do gráfico resultante da aplicação da regra nebulosa **RNInteresse**. O uso do intervalo [0, 10] baseia-se no fato de estarmos familiarizados, no Brasil, com o conceito de “notas” que variam

neste mesmo intervalo. Além disso, esse intervalo também é utilizado em trabalhos correlatos, como o LIBRA [Mooney, 1999].

A “de-fuzzificação” do interesse utiliza a variável lingüística **VLInteresse**, que representa os conjuntos nebulosos Muito Interessado, Interessado, Meio Interessado e Pouco Interessado. Seguem-se as definições desses conjuntos, usando a notação $\mu_{\langle \text{nome do conjunto} \rangle}(x)$, onde μ é a pertinência da variável x ao conjunto nebuloso, e a variável x é um nível de interesse de zero (interesse mínimo) a dez (interesse máximo) para a média:

Conjunto Nebuloso Muito Interessado:

$$\mu_{\text{Muito-Interessado}}(x) = (x - 7.5) / 2.5, \text{ para } x > 7.5;$$

$$\mu_{\text{Muito-Interessado}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 7.5, \text{ e}$$

Conjunto Nebuloso Interessado:

$$\mu_{\text{Interessado}}(x) = (x - 4.5) / 2, \text{ para } 4.5 < x \leq 6.5;$$

$$\mu_{\text{Interessado}}(x) = 1 - ((x - 6.5) / 2), \text{ para } 6.5 < x < 8.5, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Interessado}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 4.5 \text{ e } x \geq 8.5$$

Conjunto Nebuloso Meio Interessado:

$$\mu_{\text{Meio-Interessado}}(x) = (x - 1.5) / 2, \text{ para } 1.5 < x \leq 3.5;$$

$$\mu_{\text{Meio-Interessado}}(x) = 1 - ((x - 3.5) / 2), \text{ para } 3.5 < x < 5.5, \text{ e}$$

$$\mu_{\text{Meio-Interessado}}(x) = 0, \text{ para } x \leq 1.5 \text{ e } x \geq 5.5$$

Conjunto Nebuloso Pouco Interessado:

$$\mu_{\text{Pouco-Interessado}}(x) = 1 - (x / 2.5), \text{ para } x < 2.5;$$

$$\mu_{\text{Pouco-Interessado}}(x) = 0, \text{ para } x \geq 2.5$$

A Figura 31 mostra uma representação gráfica dos conjuntos nebulosos que descrevem a variável lingüística VLInteresse. Por exemplo: no conjunto Interessado, para uma média com um nível de interesse igual a 6, tem-se um valor de pertinência igual a 0,75 (75%).

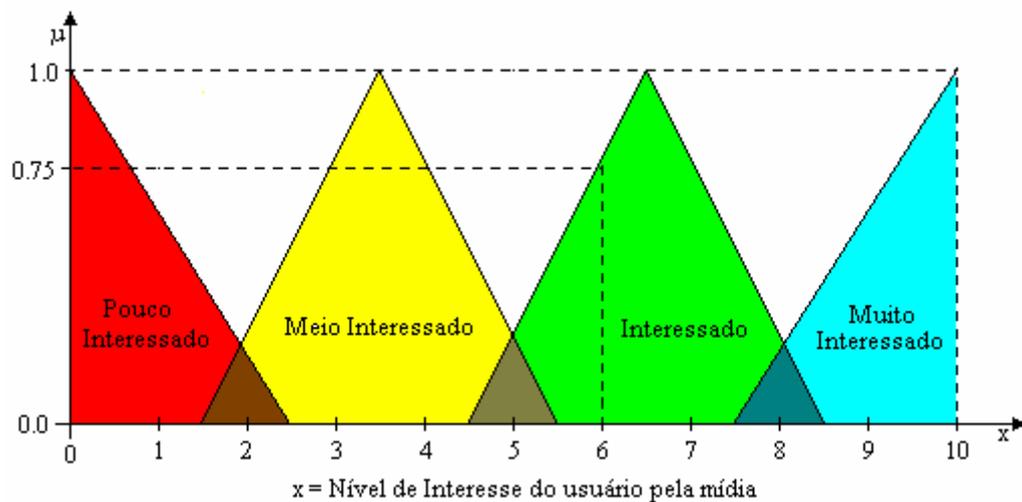


Figura 31 - Gráfico para a variável linguística VLInteresse

Outra técnica utilizada pelo *SisRMi-CN*, baseia-se em um algoritmo que compara a informação semântica da mídia com a expressão de busca atual, para gerar possíveis modificações para a expressão de busca. Segue-se uma apresentação mais detalhada do algoritmo usado nessa comparação.

5.3 – O Algoritmo de *Match of Search Expression versus Semantic Information*

O algoritmo é utilizado para definir as possíveis modificações para a expressão de busca atual, em relação à informação semântica da mídia selecionada, durante as interações do usuário com o *SisRMi-CN*.

O algoritmo identifica, na informação semântica da mídia, o que está diferente da expressão de busca atual. As possíveis diferenças são termos a mais, a menos, ou semelhantes, com grau de similaridade < 1 . Um termo pode ser um tema, um qualificador ou uma associação.

O algoritmo parte do princípio que, quando um usuário seleciona uma mídia, ele demonstra um possível interesse por essa determinada mídia. Portanto, é necessário recuperar do banco de dados multimídia a informação semântica correspondente à mídia selecionada.

Tanto a informação semântica quanto a expressão de busca atual podem ser compostas por temas, seus qualificadores e as suas associações. A informação semântica representa o **conteúdo real** da mídia selecionada. Já a expressão de busca atual representa o **conteúdo esperado** da mídia selecionada. A comparação é realizada para identificar o que existe no conteúdo real da mídia diferente do esperado.

O algoritmo considera alguns fatores que devem ser explicados:

- Um tema, qualificador ou associação faz parte da expressão de busca se o mesmo ou outro termo similar do mesmo domínio pertence à mesma;
- Quando um tema, qualificador ou associação similar faz parte da expressão de busca, três possíveis modificações podem ser armazenadas:

- A mais extrema: a remoção do termo similar da expressão de busca. A hipótese é que o termo não representa o interesse do usuário. O usuário está interessado exatamente no termo da informação semântica, não no termo similar encontrado;
- A moderada: a modificação da relevância do termo na expressão de busca. A hipótese é que o usuário é indiferente aos dois termos (o termo similar na expressão de busca e o termo da informação semântica). A relevância é modificada de modo a diminuir a relevância do termo. Como para um termo ser recuperado sua similaridade deve ser maior que a *tolerância* (vide Apêndice C, expressão 1), então a relevância do termo deve ser alterada para

$$\text{relevância do termo} = \frac{\text{similaridade entre os termos}}{\text{similaridade mínima do termo na expressão de busca}}$$

para que ambos os termos sejam recuperados.

- A que busca conciliar os dois termos: a similaridade mínima do termo similar na expressão de busca é reduzida para a similaridade entre os termos, de modo que uma nova consulta nebulosa consideraria os dois termos. A hipótese é que o usuário possui interesse em ambos os termos;
- Uma associação pode ocorrer diversas vezes em uma expressão de busca, envolvendo temas diferentes. Então, obviamente, os temas que estão sendo associados devem ser

considerados para se identificar se uma associação contida na informação semântica da mídia selecionada é a mesma que foi encontrada na expressão de busca;

- O algoritmo usa a Média de Similaridade para um Termo, descrita na seção 5.3.1, para determinar se um termo é muito, meio ou pouco similar a outro.

O algoritmo de *match* é constituído de dois passos, como mostra a Figura 32. O passo 1 verifica se cada um dos temas e seus qualificadores, na informação semântica, fazem parte da expressão de busca, e anota possíveis modificações envolvendo a adição ou a remoção desses temas e qualificadores da expressão de busca atual, bem como a alteração dos seus graus de similaridade mínima e de relevância. O passo 2 verifica se cada uma das associações da informação semântica faz parte da expressão de busca, e anota possíveis modificações envolvendo a adição ou a remoção dessas associações.

```
Início do Algoritmo de Match:  
  Para cada tema T da informação semântica faça {  
  
    // Passo 1  
  
  } fim faça  
  Para cada associação A da informação semântica faça {  
  
    // Passo 2  
  
  } fim faça  
Fim do Algoritmo de Match.
```

Figura 32 - Os passos do algoritmo de *match*

O passo 1 do algoritmo de *match* é detalhado na Figura 33. Esse passo executa 4 ações diferentes, uma para cada possível resultado da procura pelo tema T na expressão de busca, conforme se segue:

- O tema T foi encontrado na expressão de busca: são analisados seus qualificadores, executando o passo 1.1 do algoritmo de *match*;

- O tema T não foi encontrado na expressão de busca, mas um tema muito similar ou meio similar foi encontrado: é executado o passo 1.2 para se propor a modificação do grau de similaridade mínima de T na expressão de busca;
- O tema T não foi encontrado na expressão de busca, mas um tema pouco similar ou meio similar foi encontrado: é executado o passo 1.3 para se propor a modificação do grau de relevância de T na expressão de busca e a remoção do tema similar, e
- O tema T não foi encontrado na expressão de busca: é executado o passo 1.4 para propor a adição do tema T na expressão de busca.

```
...
Se o tema T faz parte da expressão de busca então {
    // Passo 1.1
} fim então
senão {
    Se um tema similar a T faz parte da expressão de busca então {
        Se o tema é muito similar (MS) ou meio similar a T então {
            // Passo 1.2
        } fim então
        Se o tema é pouco similar (PS) ou meio similar a T então {
            // Passo 1.3
        } fim então
    } fim então
    senão {
        // Passo 1.4
    } fim senão
} fim senão
...
```

Figura 33 - Passo 1 do algoritmo de *match*

O passo 2 do algoritmo de *match* é detalhado na Figura 34. Esse passo analisa se uma associação A existente na informação semântica está presente na expressão de busca:

- A associação A faz parte da expressão de busca, envolvendo os mesmos temas: não há diferença que justifique uma modificação na expressão de busca atual;

- A associação A não faz parte da expressão de busca, mas os temas associados por A fazem parte: é proposta a associação A para os temas;
- A associação A não faz parte da expressão de busca, e algum dos temas associados por A, ou os dois, não fazem parte, mas temas muito similares fazem: é proposta a associação A para os temas; e
- A associação A faz parte da expressão de busca, mas não associa os mesmos temas, nem temas muito similares: a associação não é correspondente a A.

```

...
Se((os temas associados pela associação A fazem parte da expressão
de busca)E(não são associados por A))OU((algum dos temas ou os dois
temas associados por A não fazem parte da expressão de busca, mas
temas muito similares fazem)E(não são associados por A)) então {
    Anotar uma possível modificação: associar os temas
    utilizando a associação A;
} fim-então
...

```

Figura 34- Passo 2 do algoritmo de *match*

O passo 1.1 do algoritmo de match é detalhado na Figura 35. Esse passo executa 4 ações diferentes, uma para cada possível resultado da procura pelo qualificador Q na expressão de busca atual, conforme se segue:

- O qualificador Q foi encontrado na expressão de busca: não há diferença que justifique uma modificação na expressão de busca atual;
- O qualificador Q não foi encontrado na expressão de busca, mas um qualificador muito similar ou meio similar foi encontrado: é proposta a modificação do grau de similaridade mínima de Q na expressão de busca atual;
- O qualificador Q não foi encontrado na expressão de busca, mas um qualificador pouco similar ou meio similar foi encontrado: são propostas a modificação do grau de relevância de Q na expressão de busca atual e a remoção do qualificador similar, e
- O qualificador Q não foi encontrado na expressão de busca, tampouco um qualificador similar: é proposta a adição do qualificador Q na expressão de busca atual.

```
...  
  
Para cada qualificador Q do tema T faça {  
  Se o qualificador Q não consta na expressão de busca associado ao  
  tema T então {  
    Se um qualificador MS, muito similar ou meio similar  
    ao qualificador Q, faz parte da expressão de busca  
    associado ao tema T, então {  
      Anotar uma possível modificação: o valor da  
      similaridade mínima do qualificador MS recebe o valor  
      da similaridade entre Q e MS;  
    } fim então  
    Se um qualificador PS, pouco similar ou meio similar  
    ao qualificador Q, faz parte da expressão de busca  
    associado ao tema T, então {  
      Anotar uma possível modificação: o qualificador PS deve  
      ser removido da expressão de busca;  
      Anotar uma possível modificação: o valor da relevância  
      de PS recebe a similaridade mínima do qualificador PS  
      dividida pela similaridade entre Q e PS;  
    } fim então  
    Se nenhum qualificador similar foi encontrado então {  
      Anotar uma possível modificação: Adicionar o  
      qualificador Q à expressão de busca;  
    } fim senão  
  } fim então  
} fim para  
  
...
```

Figura 35 – Passo 1.1 do algoritmo de *match*

Os passos 1.2, 1.3 e 1.4 são detalhados na Figura 36, e, juntamente com o passo 1.1, preenchem o passo 1 do algoritmo de *match*. Assim, completa-se o passo 1. O passo 1.2 propõe uma modificação na expressão de busca quando um tema da informação semântica possui um tema muito similar correspondente na expressão de busca. O passo 1.3 propõe uma modificação na expressão de busca atual quando um tema da informação semântica possui um tema pouco similar correspondente na expressão de busca. O passo 1.4 propõe a adição do tema T à expressão de busca, pois o tema T, ou um tema similar, não faz parte da expressão de busca.

```
Passo 1.2:  
Anotar uma possível modificação: o valor da similaridade  
mínima do tema MS na expressão de busca recebe o valor da  
similaridade entre T e MS;  
  
Passo 1.3:  
Anotar uma possível modificação: o tema PS deve ser removido  
da expressão de busca;  
Anotar uma possível modificação: o valor da relevância do  
tema PS recebe a similaridade mínima de PS dividida pela  
similaridade entre T e PS;  
  
Passo 1.4:  
Anotar uma possível modificação: adicionar o tema T à  
expressão de busca;
```

Figura 36 - Passos 1.2, 1.3 e 1.4 do algoritmo de *match*

O algoritmo usa a Média de Similaridade para um Termo, descrita a seguir, para determinar se um termo é muito ou pouco similar a outro.

5.3.1 – A Média de Similaridade para um Termo

Como já dito, um termo pode ser um tema, um qualificador ou uma associação. Por sua vez, um termo pode possuir outros termos similares do mesmo domínio. Por exemplo, em um domínio “Relevo”, um tema “Montanha” pode ter os temas similares “Monte”, “Morro” e “Colina”, do mesmo domínio. Mas como determinar se esses temas são muito similares ou pouco similares a “Montanha”? Uma similaridade de 65% para “Colina” pode nos sugerir erroneamente que o tema é muito similar, mas se “Monte” e “Morro” são ambos 95% similares a “Montanha”, um valor de 65% de similaridade para “Colina” provavelmente torna o tema pouco similar.

Um domínio é constituído de um conjunto de elementos. Cada elemento representa um termo. Um termo de um domínio pode ter um conjunto de termos semelhantes, que é um subconjunto do domínio. Na Figura 37 é apresentado um domínio Veículos, e os subconjuntos de termos semelhantes ao termos Carro e ao termo Barco.

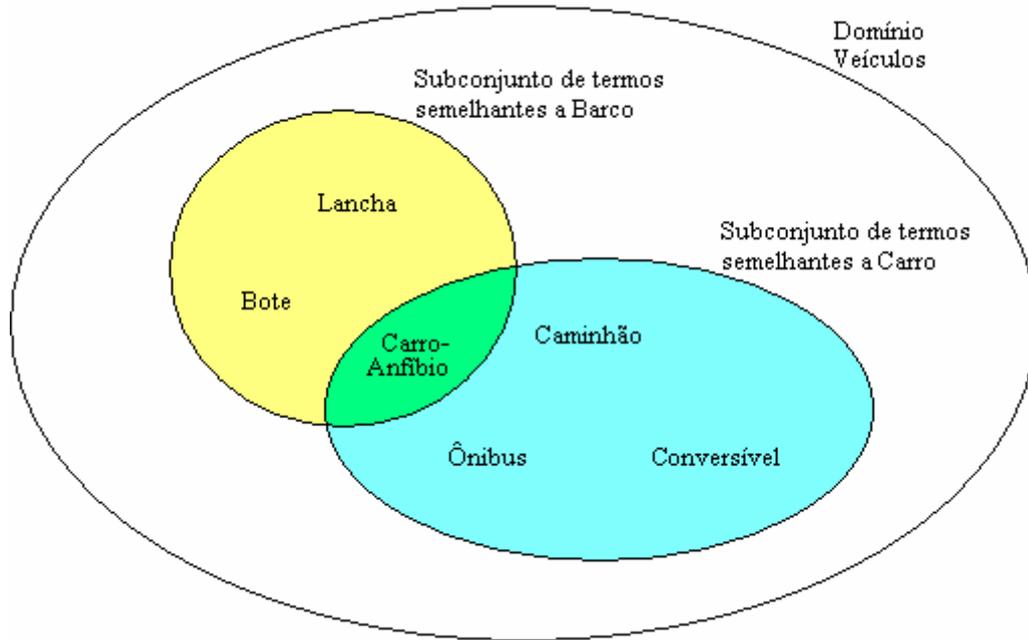


Figura 37 - Subconjuntos de termos do domínio Veículos semelhantes a Carro e a Barco

Para determinar se um termo é muito similar ou pouco similar, é utilizado o intervalo de confiança (margem de erro) da média aritmética da população de similaridades entre o termo e os elementos do seu conjunto de termos semelhantes. Utilizou-se a média aritmética, pois ela é uma medida de tendência central que dá a abscissa (valor de x) do centro de gravidade do conjunto dos dados quantitativos e pode ser estimada a partir de uma amostra para toda uma população. No caso dos termos é possível estimar a média de similaridade não apenas para os termos instanciados no domínio, mas para todos os termos que poderiam pertencer ao mesmo domínio e não foram incluídos. Evita-se, assim, distorções na definição de se um termo é muito, meio ou pouco similar, por se tratar de uma amostra. Esse fato é possível, pois é calculada a margem de erro dessa amostra, obtendo um intervalo de confiança quando se extrapola o conjunto para toda a população. O intervalo de confiança da média aritmética para toda uma população é dado pela expressão:

$$\bar{x} - t \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

onde n é maior que zero e t é um valor dado em tabela (Apêndice B, Tabela 15), com $n-1$ graus de liberdade e ao nível de significância α , \bar{x} é a média das médias de amostra e s é a raiz

quadrada da variância estimada da amostra. A amostra utilizada pelo *SisRMi-CN* são as similaridades dos termos pertencentes ao subconjunto de termos do domínio semelhantes ao termo em questão.

Uma similaridade entre os termos, superior ao intervalo de confiança da média aritmética da população de similaridades entre o termo e os elementos do seu conjunto de termos semelhantes, define o termo como muito similar (ou acima da média) e, uma similaridade inferior, o define como pouco similar (ou abaixo da média). Mas se a similaridade entre os termos estiver contida no intervalo de confiança da média aritmética, os termos são considerados meio-similares (ou mediano).

5.4 – O Otimizador da Expressão de Busca

Para que a Expressão de Busca Atual possa ser otimizada, aplicando as possíveis modificações identificadas pelo algoritmo de *match*, primeiramente foi necessária uma formalização da gramática para escrita das expressões de busca. A gramática foi formalizada usando a metalinguagem definida por Hopcroft [Hopcroft, 2000]. Assim, a gramática da expressão de busca foi definida formalmente por uma quádrupla $G_{Exp-Busca} = \{V_n, V_t, P, S\}$, onde V_n é o conjunto de símbolos não-terminais, V_t é o conjunto de símbolos terminais, P é um conjunto de regras de produção para a gramática e S é o símbolo não-terminal inicial.

Na gramática $G_{Exp-Busca} = \{V_n, V_t, P, S\}$, tem-se que:

- $V_n = \{\text{Grupo, GrupoTema, Operador, Associação, Tema, Qualificador, Graus}\}$. A Tabela 4 define cada símbolo não terminal de V_n .

Tabela 4 - Símbolos não-terminais de V_n

Símbolo não-terminal	Item Gerado
Grupo	Grupos da expressão de busca
GrupoTema	Grupos de temas (com ou sem qualificadores)
Operador	Operadores da lógica nebulosa
Associação	Associações entre grupos
Tema	Um tema da expressão de busca
Qualificador	Lista de qualificadores de um tema da expressão de busca

Graus	Graus de similaridade mínima e de relevância
-------	--

- $Vt = \{ \text{tema, qualificador, “[”, ms, “”, rlv, “]”, and, or, associação, “(”, “)” \}$. Os símbolos terminais “[”, “]”, “(”, “)” e “,” são utilizados para a organização da expressão de busca. A Tabela 5 define cada símbolo terminal de Vt.

Tabela 5 - Símbolos terminais de Vt

Símbolo Terminal	Convertido para:
tema	Tema contido em um domínio de temas
qualificador	Qualificador contido em um domínio de qualificadores
“[”	Caractere “[”
ms	Grau de similaridade mínima
“,”	Caractere “,”
rlv	Grau de relevância
“]”	Caractere “]”
and	Operador AND da lógica nebulosa
or	Operador OR da lógica nebulosa
associação	Associação contida em um domínio de associações
“(”	Caractere “(”
“)”	Caractere “)”

- $P = \{ \text{Grupo} \rightarrow (\text{Grupo}) \quad [1]$
 $\text{Grupo} \rightarrow \text{Grupo Operador Grupo} \quad [2]$
 $\text{Grupo} \rightarrow (\text{GrupoTema Associação GrupoTema}) \quad [3]$
 $\text{Grupo} \rightarrow \text{GrupoTema} \quad [4]$
 $\text{GrupoTema} \rightarrow \text{Tema} \quad [5]$
 $\text{GrupoTema} \rightarrow \text{Tema Qualificador} \quad [6]$
 $\text{Tema} \rightarrow \text{tema Graus} \quad [7]$
 $\text{Qualificador} \rightarrow \text{qualificador Graus} \quad [8]$
 $\text{Qualificador} \rightarrow \text{qualificador Graus Qualificador} \quad [9]$
 $\text{Graus} \rightarrow [\text{ms, rlv}] \quad [10]$
 $\text{Operador} \rightarrow \text{and} \quad [11]$
 $\text{Operador} \rightarrow \text{or} \quad [12]$
 $\text{Associação} \rightarrow \text{associação} \quad [13] \}$

- S = Grupo.

Baseado na gramática formalizada foi construído um otimizador de expressões de busca que auxilia o usuário na evolução das mesmas. O otimizador é acionado pelo algoritmo de *Match Of Search Expression versus Semantic Information*, que identifica as possíveis modificações. Nas decisões tomadas pelo otimizador, faz-se referência às regras de produção denotadas por regra[i]. Seguem-se as otimizações e as respectivas decisões dadas pelo otimizador:

- Adicionar o qualificador Q ao tema T na expressão de busca:

```
Se o tema não possui qualificadores então {
    deixar de aplicar a regra [5];
    aplicar a regra [6];
    aplicar a regra [8];
} fim então
senão {
    // adicionar o qualificador Q à lista de qualificadores de T
    // como o último qualificador
    deixar de aplicar a regra [8] para o último qualificador da lista;
    aplicar a regra [9];
    aplicar a regra [8];
} fim senão
```

- O valor da similaridade mínima do qualificador similar na expressão de busca recebe o valor da similaridade entre o qualificador similar e o qualificador Q”:

Converter o símbolo terminal “ms” da regra [10] para o novo valor da similaridade mínima.

- O valor da relevância do qualificador similar recebe a similaridade mínima do qualificador similar dividida pela similaridade entre os qualificadores:

Converter o símbolo terminal “rlv” da regra [10] para o novo valor da relevância.

- O qualificador similar à Q deve ser removido da expressão de busca:

Se o qualificador similar for o único qualificador do tema T então {

deixar de aplicar a regra [5];

aplicar a regra [4], excluindo o qualificador do tema T;

} fim então

senão {

aplicar a regra [9] que gera a lista de qualificadores para o tema T uma vez a menos;

} fim senão

- Adicionar o tema T à expressão de busca, concatenado por um AND:

Aplicar em primeiro lugar a regra [2]. O primeiro Grupo será o gerador de toda a expressão de busca, e o segundo Grupo será o gerador do tema T1. O Operador será o gerador do símbolo terminal “and” aplicando a regra [11].

- O valor da similaridade mínima do tema similar na expressão de busca recebe o valor da similaridade entre o tema similar e T:

Converter o símbolo terminal “ms” da regra [10] para o novo valor da similaridade mínima.

- O tema T deve ser removido da expressão de busca:

// a expressão de busca não pode se tornar uma cadeia vazia

Se a expressão de busca possuir mais de um tema então {

não aplicar a regra que gerou o Grupo que produziu o tema T;

// regras [2] ou [3]

} fim então

- O valor da relevância do tema similar recebe sua similaridade mínima dividida pela similaridade entre “Tn” e “T1”;

Converter o símbolo terminal “rlv” da regra [10] para o novo valor da relevância.

Ao término do algoritmo de *match*, é aplicada cada uma das possíveis modificações na expressão de busca, gerando uma expressão de busca modificada para cada modificação. Recalcula-se as similaridades de cada uma das mídias presentes ou removidas da interface, em relação a cada uma das expressões de busca modificadas, usando lógica nebulosa conforme proposto por Borges [Borges, 2001]. Para cada expressão de busca modificada, é gerada uma tabela (Tabela 6), com o identificador da mídia e seu nível de interesse do usuário, e o grau de similaridade da mídia em relação à expressão de busca.

Tabela 6 - Tabela gerada para cada expressão de busca

Mídia	Nível de Interesse	Grau de Similaridade com a expressão de busca
Mídia 1	Nível 1	Similaridade 1
Mídia 2	Nível 2	Similaridade 2
...
Mídia n	Nível n	Similaridade n

Baseado nas informações das tabelas das expressões de busca modificadas faz-se uma análise de variância, para determinar a nova expressão de busca atual. A nova expressão de busca atual é obtida com base em testes estatísticos, denominados F e Tukey, que serão apresentados a seguir.

5.5 – Os Testes F e de Tukey para avaliar as Expressões de Busca Modificadas

Os Testes F e de Tukey são utilizados em conjunto para se comparar as médias de uma determinada variável em duas ou mais amostras de populações diferentes, através de uma Análise de Variância. O Teste F apenas conclui se existe, ou não, médias estatisticamente diferentes para as amostras das populações em estudo. O Teste de Tukey permite estabelecer qual ou quais são as médias estatisticamente diferentes, e se elas são superiores ou inferiores às outras.

Para utilização do Teste F e de Tukey, inicialmente as médias da Tabela 6 de cada expressão de busca modificada são classificadas de acordo com o seu nível de interesse do usuário (inferido pela regra nebulosa Interesse e pelas interações do usuário ou estabelecido pelo mesmo). Embora não exista um número ideal de classes [Vieira, 1980], a estatística recomenda o uso de 5 a 20 classes de médias. Como o número de médias presentes ou removidas da interface do *SisRMi-CN* é normalmente pequeno, para reduzir a complexidade e facilitar as decisões de escolha de médias do usuário, as médias são agrupadas em cinco classes, conforme o nível de interesse do usuário pela mídia. A Tabela 7 mostra as 5 classes de mídia.

Tabela 7 - Classes de mídia segundo o Nível de Interesse

Nível de Interesse	Classe
8 \vdash 10	Classe 1
6 \vdash 8	Classe 2
4 \vdash 6	Classe 3
2 \vdash 4	Classe 4
0 \vdash 2	Classe 5

Para cada expressão de busca modificada, as médias são organizadas em classes, como mostra a Tabela 8. Cada coluna da Tabela 8 contém as médias de uma determinada classe de médias, representadas pelos seus graus de similaridade em relação à expressão de busca modificada. Os elementos $(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{ir})$ são os graus de similaridade de cada mídia pertencente à classe i , que possui r elementos.

Tabela 8 - Graus de Similaridade para uma expressão de busca modificada, classificados pelo Nível de Interesse da mídia

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
x_{11}	x_{21}	x_{31}	x_{41}	x_{51}
x_{12}	x_{22}	x_{32}	x_{42}	x_{52}
x_{13}	x_{23}			x_{53}
	x_{24}			
$r = 3$	$r = 4$	$r = 2$	$r = 2$	$r = 3$

Nos Testes F e de Tukey, a variável considerada é o grau de similaridade das mídias, e as amostras são os conjuntos de graus de similaridade de cada coluna da Tabela 8. Obtêm-se, assim, as expressões de busca modificadas com as melhores médias de similaridade, que são apresentadas ao usuário para que ele possa evoluir seu interesse. O número de expressões de busca modificadas, com as melhores médias de similaridade, varia de 1 a n , onde n é o número máximo de expressões de busca modificadas a serem mantidas pelo sistema em memória. O valor de n é informado pelo usuário no ato da execução do sistema, sendo passado como parâmetro na linha de comando.

Para cada classe da Tabela 8 constrói-se uma tabela, a Tabela 9, de graus de similaridade das mídias de uma determinada classe, em relação a cada expressão de busca modificada. Essa tabela contém, ainda, os cálculos intermediários utilizados pelo Teste F. No Teste F, o conjunto de graus de similaridade de cada expressão de busca modificada (colunas 1 a k da Tabela 9), é denominado um Tratamento, e k é o Número de Tratamentos. Cada Tratamento possui r elementos e cada elemento é denominado uma Repetição. A soma das Repetições, denotada por T , constitui o Total desse Tratamento. O Total Geral, denotado por ΣT , é dado pela soma dos k Totais de Tratamentos. O Total de Repetições, denotado por n , é a soma dos k Números de Repetições ($k * r$). A Média das Repetições de um Tratamento é denotada por \bar{x} . Todos os cálculos intermediários serão utilizados no Teste F.

Tabela 9 - Graus de similaridade das médias de uma determinada classe para cada expressão de busca

Conjuntos (1 a k) de graus de similaridade de cada expressão de busca, para a mesma classe (Tratamentos de 1 a k)						
	1	2	3	...	k	
	x_{11}	x_{21}	x_{31}	...	x_{k1}	
	x_{12}	x_{22}	x_{32}	...	x_{k2}	
	
	x_{1r1}	x_{2r2}	x_{3r3}	...	x_{krk}	
Total	T_1	T_2	T_3	...	T_k	Total Geral = ΣT
Nº de repetições	r	r	r	...	r	Total de Repetições (n) = $k*r$
Média	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3	...	\bar{x}_k	

Para fazer a análise de variância através do teste F é necessário, primeiramente, estabelecer um nível de significância. Esse nível é a probabilidade (risco) de se obter um erro no teste, e é normalmente uma porcentagem estabelecida em 1%, 5% ou 10% [Vieira, 1980]. No *SisRMi-CN*, foi estabelecido um nível de significância de 5%, que indica que tem-se um risco de 5% de erro no Teste F.

No Teste F, F é um valor utilizado para separar a variabilidade residual da variabilidade devida aos graus de similaridade terem vindo de expressões de busca modificadas diferentes. Para o seu cálculo, são necessários cálculos intermediários, realizados conforme se segue:

Passo 1 – Determinar os graus de liberdade:

- de Tratamentos, igual a $k - 1$
- do Total de Repetições, igual a $n - 1$
- do Resíduo: $(n - 1) - (k - 1) = n - k$

Passo 2 – Determinar a *correção* (C), dada pelo total geral elevado ao quadrado e dividido pelo total de repetições, conforme a fórmula:

$$C = \frac{(\sum x)^2}{n}$$

Passo 3 – Determinar a *soma dos quadrados total* (SQT), dada pela fórmula:

$$SQT = \sum x^2 - C$$

onde $\sum x^2$ é o somatório das repetições elevadas à segunda potência;

Passo 4 – Determinar a *soma de quadrados de tratamentos* ($SQTr$), dada pela fórmula:

$$SQTr = \frac{\sum T^2}{r} - C$$

onde $\sum T^2$ é a soma dos totais dos tratamentos elevados à segunda potência e r é o número de repetições;

Passo 5 – Determinar a *soma de quadrados de resíduo* (SQR), dada pela fórmula:

$$SQR = SQT - SQTr$$

Passo 6 - Determinar o quadrado médio de tratamentos ($QMTr$), dado pela fórmula:

$$QMTr = \frac{SQTr}{k-1}$$

onde $k - 1$ é o número de graus de liberdade dos tratamentos;

Passo 7 – Determinar o quadrado médio de resíduo (QMR), dado pela fórmula:

$$QMR = \frac{SQR}{n-k}$$

onde $n - k$ é o número de graus de liberdade do resíduo;

Passo 8 – Finalmente, determinar o valor de F , para definir a existência ou não de uma ou mais médias de similaridades estatisticamente diferentes das demais. O valor de F é dado pela fórmula:

$$F = \frac{QMTr}{QMR}$$

Em seguida é preciso comparar o valor calculado de F com o valor tabelado de F , dado na Tabela 14 do Apêndice B, em função do nível de significância estabelecido, do número de graus de liberdade para $QMTR$ ($k-1$) e do número de graus de liberdade para QMR ($n - k$). Se o valor calculado de F for igual ou maior que o valor tabelado, conclui-se, ao nível de significância estabelecido, que as médias de similaridade não são iguais.

Caso as médias de similaridade não sejam iguais, para se analisar qual expressão de busca modificada, ou grupo de expressões de busca, possui a média de similaridade superior às demais, é utilizado o Teste de Tukey. Esse teste compara as médias de similaridade duas a duas. O Teste de Tukey estabelece uma diferença mínima significativa (*d.m.s.*), dada pela fórmula:

$$d.m.s. = q \sqrt{\frac{QMR}{r}}$$

onde QMR é o quadrado médio do resíduo e r é o número de repetições. O valor q é denominado amplitude total estudentizada, e é dado pela Tabela 16 do Apêndice B, em função do nível de significância, do número de tratamentos e do número de graus de liberdade do resíduo.

Quando o valor absoluto da diferença das médias de similaridade é maior ou igual do que a respectiva *d.m.s.*, conclui-se que as médias de similaridade são diferentes ao nível de significância estabelecido. Caso a diferença entre as médias de A e de B seja positiva, a média de A é maior que a média de B. Caso seja negativa, a média de A é menor que a média de B.

Segue-se o algoritmo para a determinação da nova expressão de busca atual, aplicando-se os Testes F e de Tukey. A ordem de priorização das expressões de busca foi escolhida de modo a aumentar a taxa de evolução da expressão de busca.

Início do algoritmo para a determinação da nova expressão de busca atual:

- 1 - Para a classe 1 de mídias até a classe 5, enquanto a nova expressão de busca não for determinada faça {
 - 1.1 - Aplicar o teste F para determinar se as médias de similaridade são iguais;
 - 1.2 - Se as médias de similaridade não são iguais então {
 - 1.2.1 - Aplicar o Teste de Tukey para obter qual a expressão de busca, ou o grupo de expressões de busca, possui a média de similaridade superior às demais;
 - 1.2.2 - Caso apenas uma expressão de busca possua a média de similaridade superior às demais, então ela se torna a expressão de busca atual;
 - 1.2.3 - Caso um grupo de expressões de busca possua a média de similaridade superior às demais, então as demais expressões de busca são descartadas;
 - } fim então
 - } fim para
 - 2 - Se não for possível definir um grupo de n (número máximo estabelecido pelo usuário) expressões de busca com a média de similaridade superior às demais então {
 - 2.1 - Priorizam-se, em 1° lugar, as modificações que envolvem a adição ou remoção de associações; em 2° lugar, as que envolvem a adição ou remoção de temas; em 3° lugar, as que envolvem a adição ou remoção de qualificadores e, por último, os outros tipos de modificação, como por exemplo, a alteração do grau de similaridade de um tema;
 - } fim então
- fim do algoritmo**

5.6 - Considerações finais

Na construção do *SisRMi-CN*, utilizou-se técnicas de lógica nebulosa, algoritmo de *match* de expressão de busca e informação semântica, e testes estatísticos, de modo a apoiar a recomendação de mídias no ambiente *AMMO*.

O uso das técnicas de lógica nebulosa foi fundamental no processamento das informações imprecisas contidas nas informações semânticas das mídias.

O algoritmo de *match* de expressão de busca e informação semântica é o responsável por analisar a expressão de busca atual e a informação semântica das mídias consultadas, e identificar se houve uma efetiva evolução de interesse do usuário.

Uma vez identificada a evolução de interesse do usuário, os testes estatísticos F e de Turkey foram utilizados para tentar se obter, dentre um conjunto de expressões de busca, qual a mais semelhante ao novo interesse do usuário.

CAPÍTULO 6

ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISRMi-CN

6.1 – Considerações Iniciais

Combinando as diferentes técnicas e idéias apresentadas, desenvolveu-se e implementou-se o sistema *SisRMi-CN*. O sistema foi projetado em UML [Booch, 2000; OMG, 2003], usando Diagramas de Caso de Uso e de Classes, e implementado na linguagem de programação Java 1.4.0. Segue-se uma apresentação das visões: Caso de Uso e Lógica, do sistema *SisRMi-CN*.

6.2 – Visão Caso de Uso

Os principais Casos de Uso, que mostram os cenários de interação com o sistema *SisRMi-CN* foram agrupados pelos atores usuário e autor. A Figura 38 mostra os principais casos de uso do ator usuário relativos às cenas e aplicações multimídia:

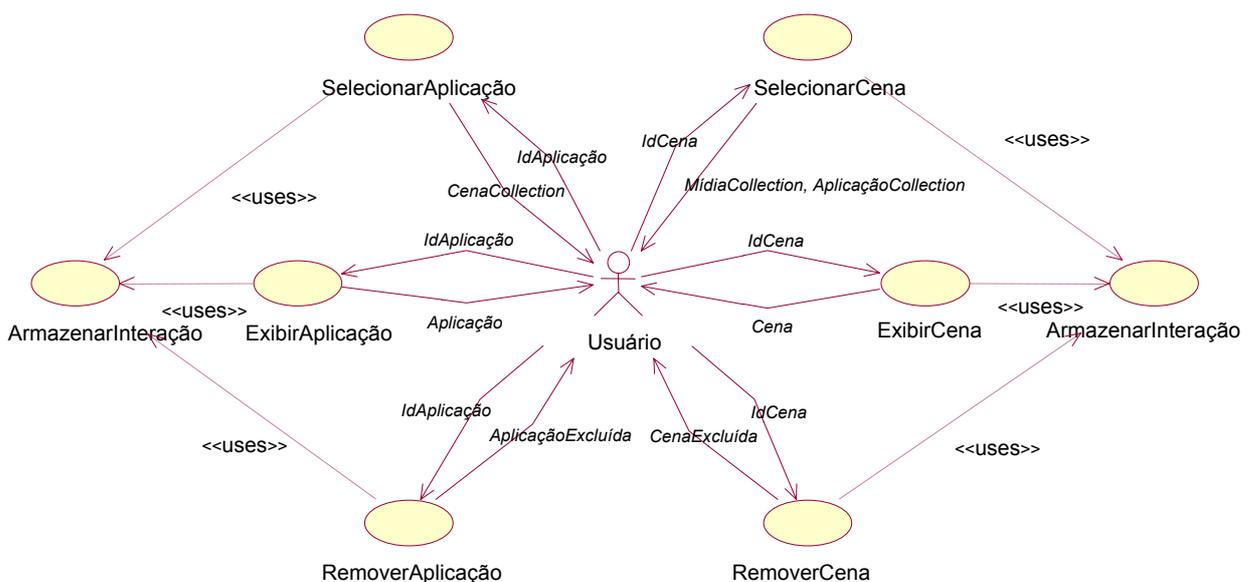


Figura 38- Casos de Uso do ator Usuário relativos às cenas e aplicações multimídia

Segue-se uma explanação dos principais casos de uso expostos na Figura 38:

- **ArmazenarInteração:** Responsável por armazenar, em uma base de dados, todas as interações do usuário com os objetos multimídia presentes na interface do *SisRMi-CN* e aos recursos por ela oferecidos, como fazer uma pesquisa por mídias no *Kazaa Media Desktop*;
- **SelecionarAplicação:** Recupera do Banco de Objetos Multimídia uma coleção de cenas de uma aplicação multimídia selecionada pelo usuário, e disponibiliza um *Menu* para aquela aplicação multimídia. A coleção de cenas é apresentada pela interface para o usuário na forma de *thumbnails* associados à aplicação multimídia. O caso de uso *ArmazenarInteração* é usado para armazenar a seleção da aplicação multimídia;
- **ExibirAplicação:** Executa uma aplicação multimídia presente na interface na forma de um ícone. O usuário pode solicitar a exibição de uma aplicação multimídia selecionando a opção “Exibir” no *Menu* da respectiva aplicação multimídia. Essa interação é armazenada pelo caso de uso *ArmazenarInteração*;
- **RemoverAplicação:** Remove o ícone de uma aplicação multimídia da interface. O usuário pode retirar uma aplicação multimídia da interface selecionando a opção “Remover” do *Menu* da respectiva aplicação multimídia. Essa interação é armazenada pelo caso de uso *ArmazenarInteração*;
- **SelecionarCena:** Recupera, do Banco de Objetos Multimídia, uma coleção de mídias existentes na cena selecionada pelo usuário e uma coleção de aplicações multimídia, que possuem aquela cena. Também disponibiliza um *Menu* para aquela cena. A coleção de mídias é apresentada pela interface para o usuário na forma de *thumbnails* associados à cena. A coleção de aplicações multimídia é apresentada pela interface para o usuário na forma de ícones associados à cena. O caso de uso *ArmazenarInteração* é usado para armazenar a seleção da cena;
- **ExibirCena:** Exibe, no formato original, uma cena presente na interface na forma de um ícone. O usuário pode solicitar a exibição da cena selecionando a opção “Exibir” no *Menu* da respectiva cena. Essa interação é armazenada pelo caso de uso *ArmazenarInteração*, e

- **RemoverCena:** Remove o ícone de uma cena da interface. O usuário pode retirar uma cena da interface selecionando a opção “Remover” do *Menu* da respectiva cena. Essa interação é armazenada pelo caso de uso ArmazenarInteração.

A

Figura 39 mostra os principais casos de uso do ator Usuário relativos às mídias. Segue-se uma lista desses casos de uso.

- **AlterarNívelDeInteresse:** Altera o nível de interesse de uma mídia para um novo valor definido pelo usuário ou pelos casos de uso SelecionarMídia, ExibirMídia e RemoverMídia. Quando o valor é definido pelo usuário, através da alteração do nível de interesse da mídia em seu *Menu*, essa interação é armazenada pelo caso de uso ArmazenarInteração;
- **SelecionarMídia:** Recupera, do Banco de Objetos Multimídia, uma coleção de cenas que possuem aquela mídia e disponibiliza um *Menu* para aquela mídia. A coleção de cenas recuperada é apresentada pela interface para o usuário na forma de ícones associados à mídia. O caso de uso SelecionarMídia usa os seguintes casos de uso: AlterarNívelDeInteresse, para incrementar em 1 o nível de interesse da mídia; ArmazenarInteração, para armazenar a seleção da mídia; IdentificarModificações, para identificar as possíveis modificações na expressão de busca atual. Caso sejam identificadas possíveis modificações, essas modificações são aplicadas pelo caso de uso AplicarModificações, gerando as expressões de busca modificadas. Essas expressões de busca modificadas são avaliadas pelo caso de uso AvaliarExpressões. As n melhores expressões de busca são retornadas para o usuário, que determina qual será a nova expressão de busca atual.
- **ExibirMídia:** Exibe, no formato original, uma mídia presente na interface na forma de um *thumbnail*, e usa o caso de uso AlterarNívelDeInteresse para incrementar em 2 o nível de interesse da mídia. O usuário pode solicitar a exibição da mídia selecionando a opção “Exibir” no *Menu* da respectiva mídia. Essa interação é armazenada pelo caso de uso ArmazenarInteração, e
- **RemoverMídia:** Remove o *thumbnail* de uma mídia da interface, e usa o caso de uso AlterarNívelDeInteresse para tornar nulo o nível de interesse da mídia. O usuário pode

retirar uma mídia da interface selecionando a opção “Remover” do *Menu* da respectiva mídia. Essa interação é armazenada pelo caso de uso ArmazenarInteração;

- **IdentificarModificações:** Recupera a informação semântica da mídia selecionada e identifica as possíveis alterações na expressão de busca atual através do Algoritmo de *Match Of Search Expression versus Semantic Information*;
- **AplicarModificações:** Aplica as modificações identificadas pelo caso de uso IdentificarModificações, utilizando o otimizador da expressão de busca, gerando uma expressões de busca modificada para cada modificação, e
- **AvaliarExpressões:** Avalia as expressões de busca modificadas geradas no caso de uso AplicarModificações, utilizando os Testes F e de Tukey.

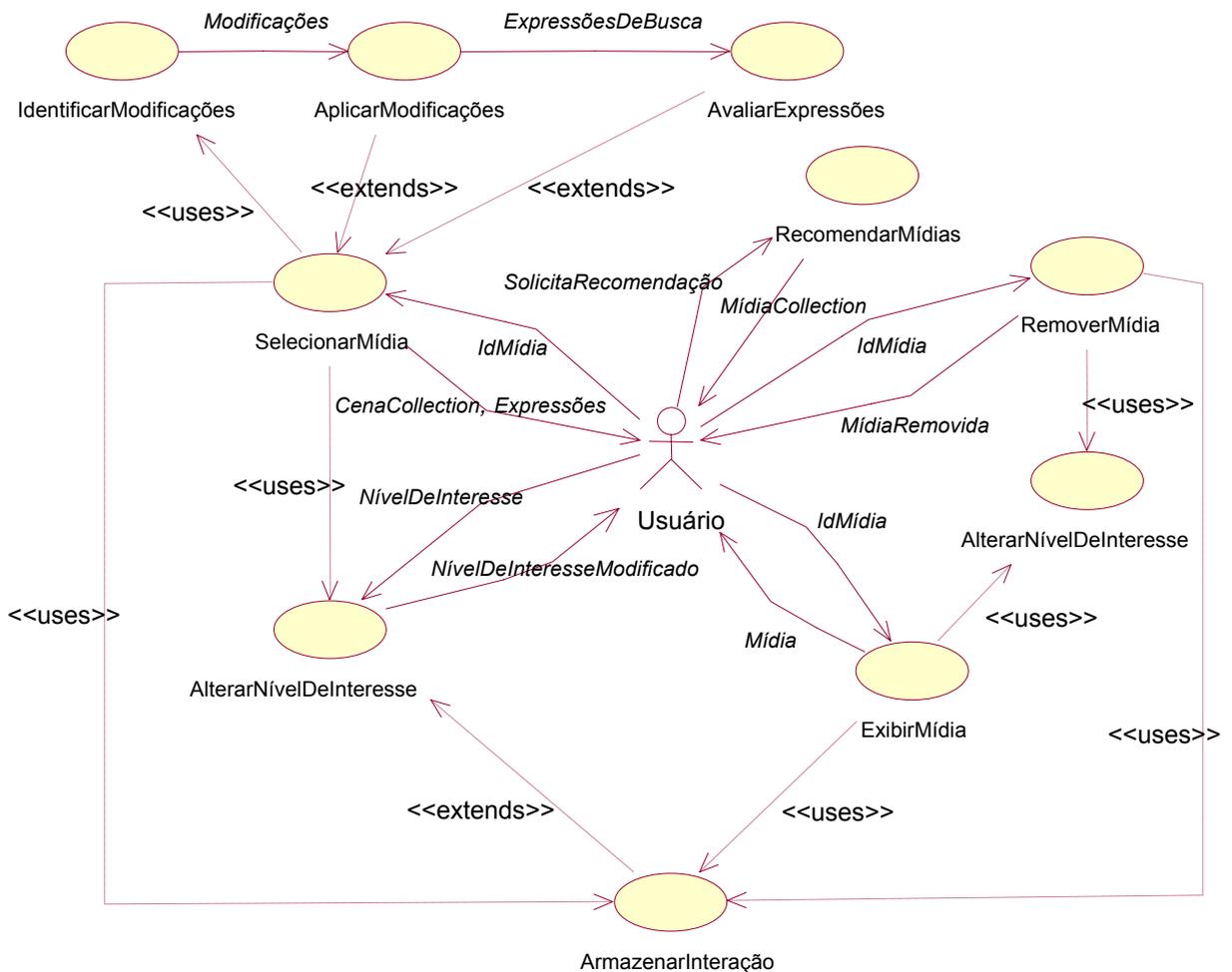


Figura 39 - Casos de Uso do ator Usuário relativos à Mídias

A Figura 40 mostra o principal caso de uso do ator Autor, o caso de uso RecuperarObjetoMultimídia. Esse caso de uso retorna para o ator Autor uma mídia, uma cena ou uma aplicação multimídia por ele solicitada, através da opção “Recuperar” do *Menu* do respectivo objeto multimídia. Essa interação é armazenada pelo caso de uso ArmazenarInteração.

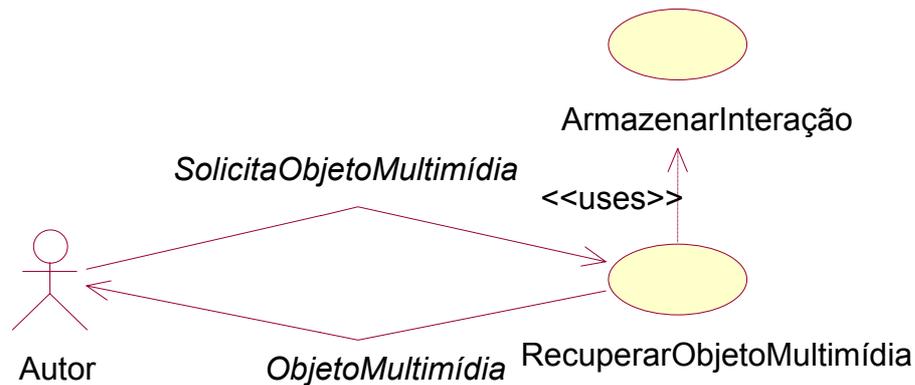


Figura 40 - Principal caso de uso do ator Autor

6.3 – Visão Lógica

Na visão lógica tem-se as classes do sistema *SisRMi-CN*, com seus atributos, métodos e associações. Para facilitar o entendimento as classes foram agrupadas em dois pacotes: *Jasmine__BDMMCF*, que possui as classes persistentes, e *SisRMiCN*, que possui as classes transientes. A Figura 41 mostra as classes do pacote *Jasmine__BDMMCF*, já descritas na seção 4.1, relacionadas à estrutura das aplicações multimídia e da informação semântica.

A Figura 42 mostra as classes do pacote *Jasmine__BDMMCF* relacionadas ao usuário e sua navegação. A classe **User** representa um usuário do sistema *SisRMi-CN*. O nome do usuário é armazenado no atributo **name**, e o atributo **lastNavigation** armazena o número da última navegação do usuário. Um usuário possui uma ou mais navegações, representadas pela classe **Navigation**. Uma navegação pertence a um único usuário. O identificador de uma navegação é armazenado no atributo **navID**. Uma navegação é constituída de um ou mais passos (*step*), representados pela classe **NavigationContent**. A expressão de busca vigente no momento do passo é armazenada no atributo **currentExpression**, e o interesse demonstrado pelo usuário no objeto multimídia é armazenado no atributo **interest**. Um passo representa

uma interação com um objeto multimídia (multimediaObject), e um objeto multimídia pode ter sido acessado em muitos ou em nenhum passo. O objetivo de se armazenar as navegações do usuário é comparar, nos testes realizados com usuários (Capítulo 8), os passos das navegações com as intenções do usuário. Além disso, em trabalhos futuros, essas navegações poderão ser analisadas por técnicas de *Data Mining* ou técnicas de recomendação colaborativas.

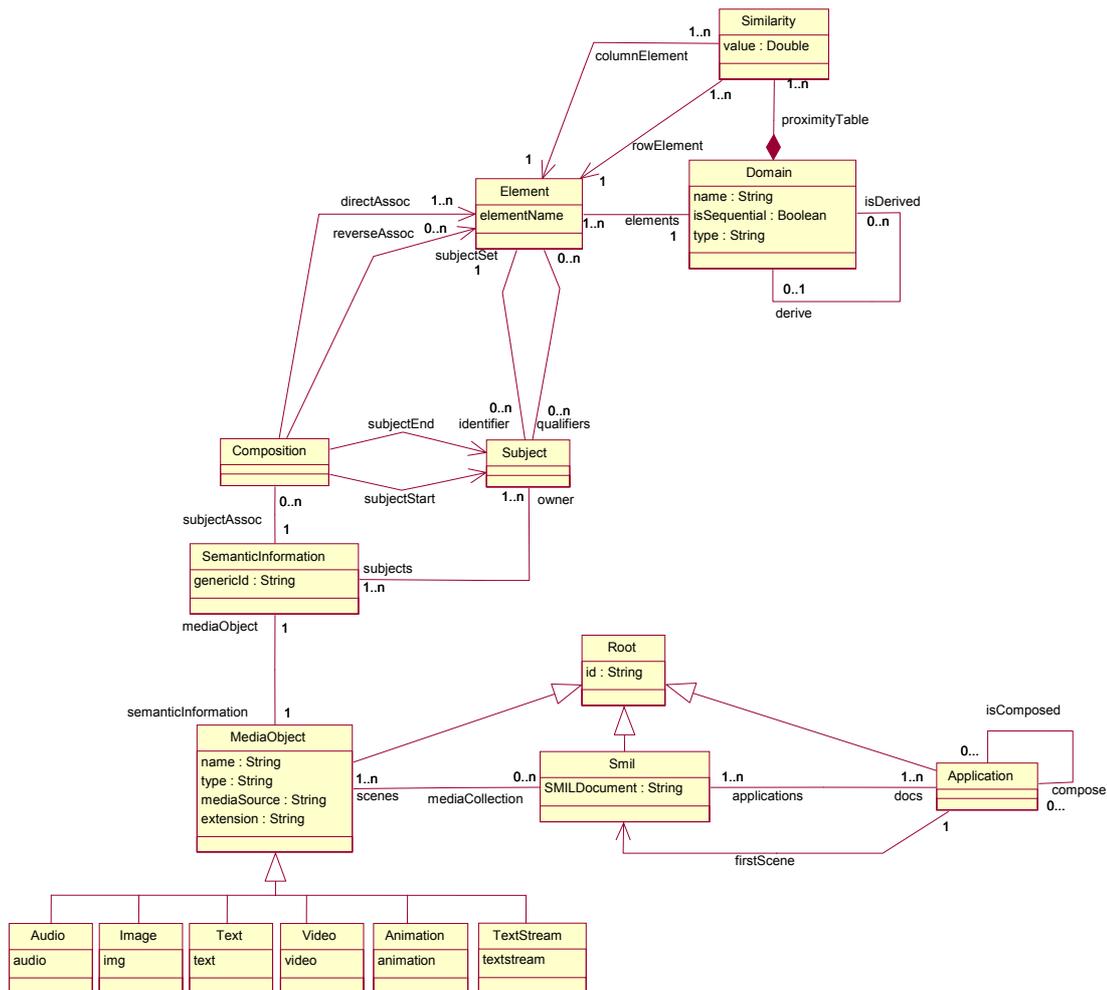


Figura 41 - Classes do pacote *Jasmine_BDMMCF* relacionadas à estrutura das aplicações multimídia e da informação semântica

A Figura 43 mostra as classes do pacote *SisRMiCN*, adaptadas das classes do módulo desenvolvido por Borges [Borges, 2001]. Essas classes recuperam, através de uma consulta nebulosa no Banco de Objetos Multimídia, as mídias similares à expressão de busca e seus graus de similaridade. A classe **FuzzySearchFrame** implementa a interface do módulo de pesquisas nebulosas por conteúdo (*Content Based Fuzzy Search, CBFS*). Essa interface foi desenvolvida na forma de um *Wizard*, e exibe uma instância da classe **ExpressionFrame**

para apresentar ao usuário a expressão de busca que está sendo especificada passo a passo pelo *Wizard*. A classe `FuzzySearchFrame` exibe o *frame* `AssociationFrame`, onde o usuário pode especificar as associações entre os temas, e utiliza objetos das classes `Expression`, `FuzzyVector` e `SearchMechanism` para manipular a expressão de busca, sua correspondência com os objetos do Banco de Objetos Multimídia e os cálculos realizados, respectivamente. A classe `SearchMechanism` efetua os cálculos necessários para determinar os graus de similaridade das mídias. Para isso, ela acessa as classes persistentes da estrutura das aplicações multimídia e da informação semântica (Figura 41) e os objetos das classes `Expression` e `FuzzyVector` instanciados pela classe `FuzzySearchFrame`. A classe `SearchMechanism` passa a expressão de busca através de um parser, instância da classe `Parser`, para calcular a similaridade de cada grupo que a compõe. A classe `Expression` também utiliza um *parser* para manipular seus atributos `expression`, `expressionIndex`, `expressionComplement` e `complementIndex`, utilizados na estruturação da expressão de busca.



Figura 42 - Classes do pacote *Jasmine__BDMMCF* relacionadas ao usuário e sua navegação

A classe *ApplicationFrame* é a classe principal do pacote *SisRMiCN*, e controla a interface, os objetos multimídia nela contidos ou dela removidos, a expressão de busca atual, as consultas nebulosas realizadas pela classe *FuzzySearchFrame* e a recomendação de mídias. Os objetos multimídia presentes ou removidos da interface são mantidos nas classes *MediaInterfaceObject*, *SceneInterfaceObject* e *ApplicationInterfaceObject*. A classe *FuzzyRule* é a classe que aplica a regra nebulosa *Interesse* nas mídias recuperadas por uma consulta nebulosa. O diagrama para essas classes e a classe *ApplicationFrame* é mostrado na Figura 44.

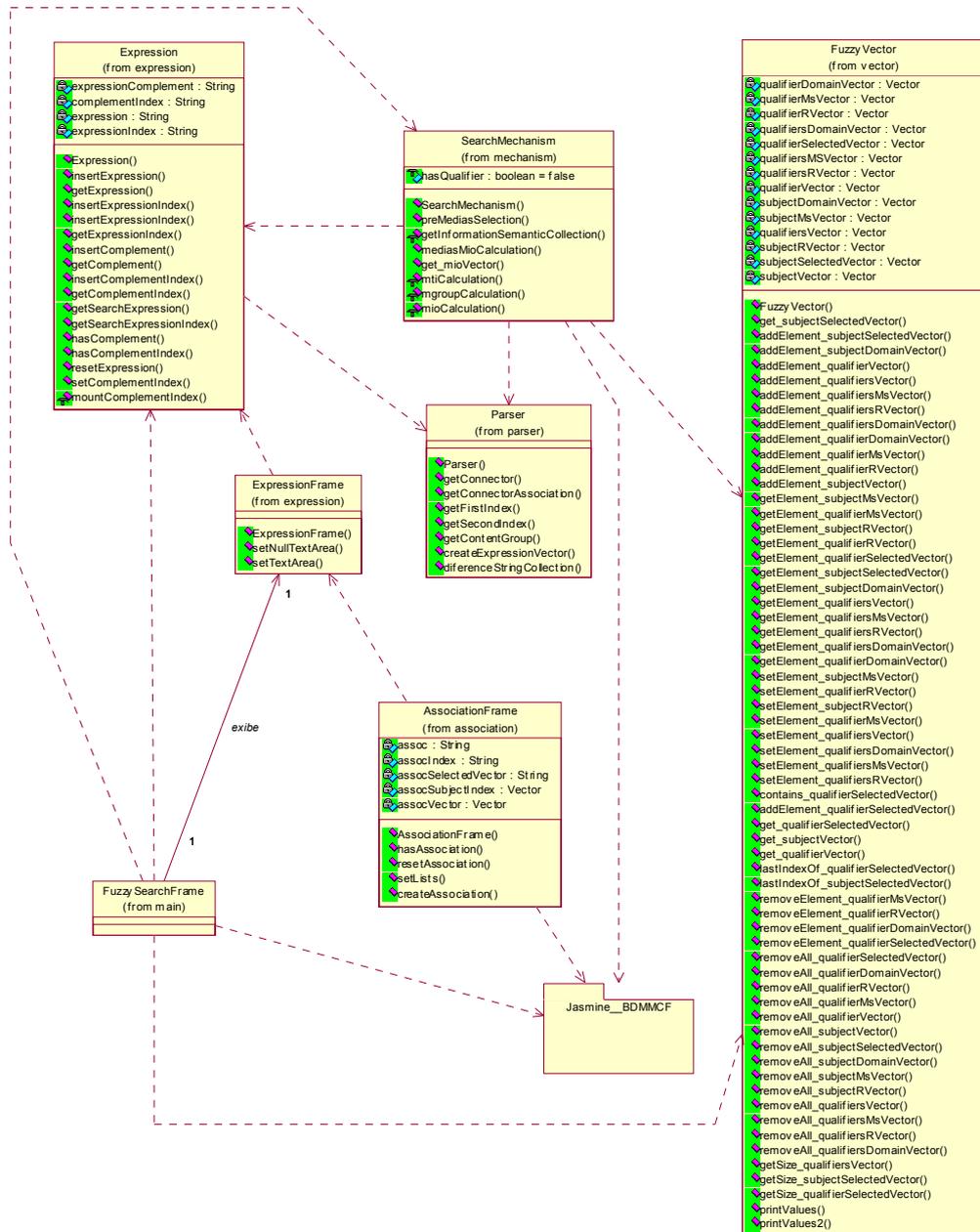


Figura 43 - Classes pacote *SisRMiCN*, adaptadas das classes do módulo desenvolvido por Borges [Borges, 2001]

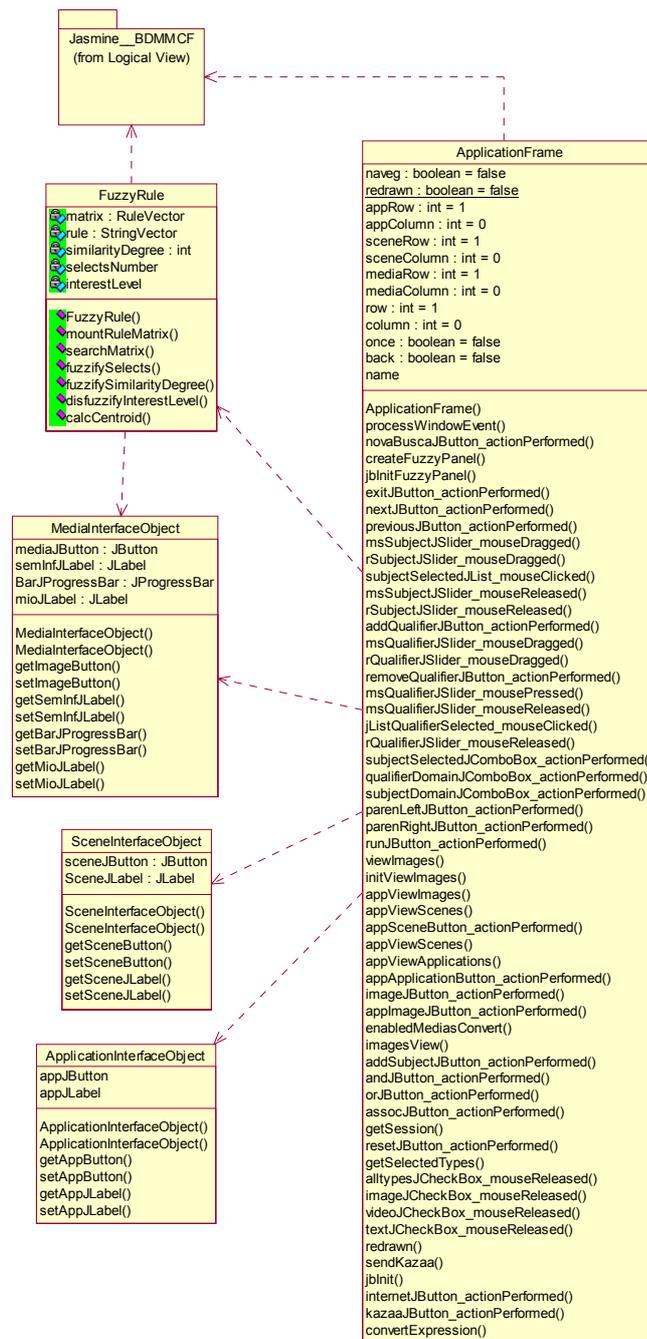


Figura 44- Classes do pacote *SisRMiCN*, relativas aos objetos multimídia da interface e à regra nebulosa Interesse

A classe *ModificationsIdentifier* implementa o Algoritmo de *Match Of Search Expression versus Semantic Information*. Quando o usuário seleciona uma mídia na interface do *SisRMi-CN*, esse algoritmo compara a informação semântica dessa mídia com a expressão de busca atual. As possíveis diferenças são temas, qualificadores e associações a mais, a menos, ou semelhantes, mas nunca idênticos. A comparação é realizada para identificar o que existe no conteúdo da mídia diferente do esperado. A informação semântica da mídia é

mantida nas classes persistentes do pacote *Jasmine_BDMMCF*, da estrutura da informação semântica, Figura 41. O diagrama para essa classe é mostrado na Figura 45. Os atributos e métodos das classes *FuzzyVector* e *ApplicationFrame* foram suprimidos para facilitar o entendimento do diagrama, mas os mesmos podem ser verificados na Figura 43 e na Figura 44, respectivamente.

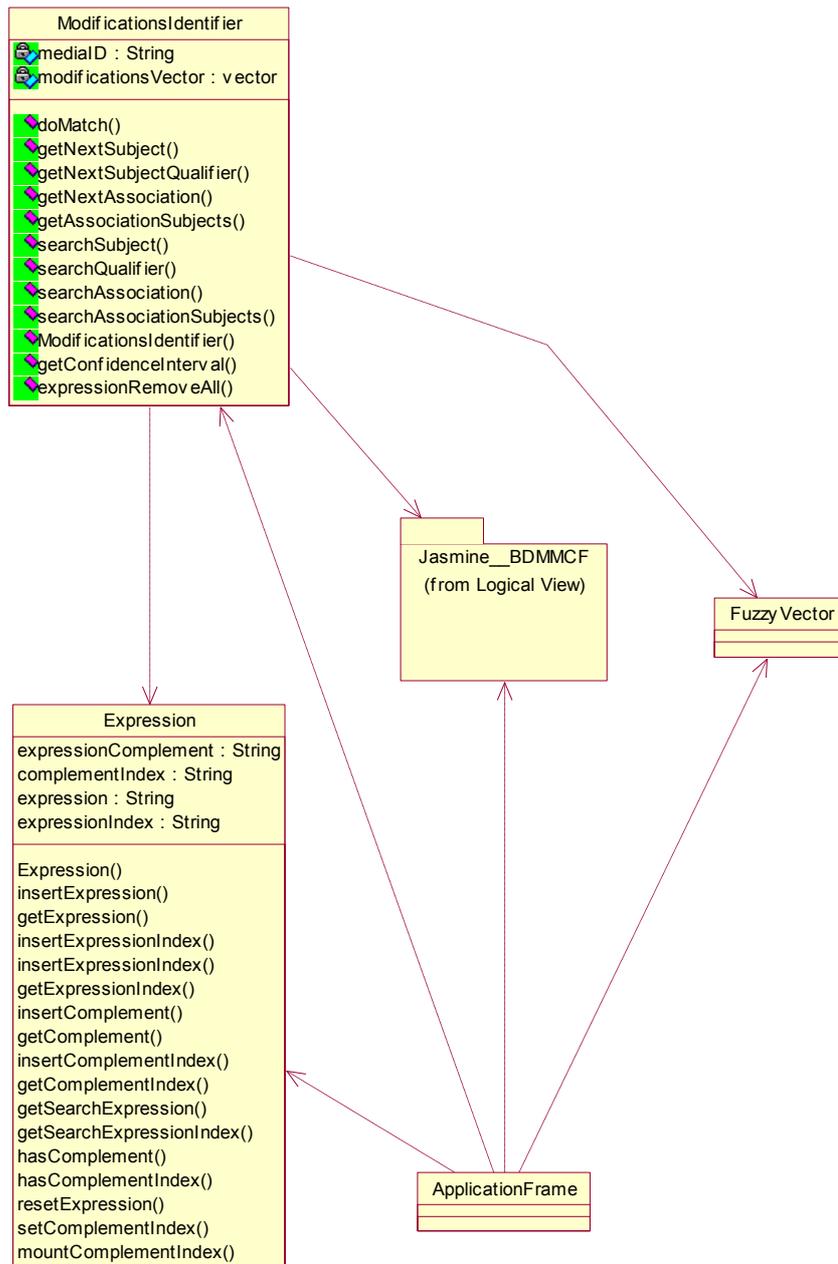


Figura 45 - Diagrama para a classe *ModificationsIdentifier*

A classe ExpressionOptimizer implementa o otimizador da expressão de busca, responsável por gerar um conjunto de expressões de busca modificadas, a partir de um conjunto de possíveis modificações para a expressão de busca atual. Esse otimizador utiliza as regras de produção para a gramática da expressão de busca, de modo a remover, alterar ou adicionar termos à expressão de busca atual. O diagrama para essa classe é mostrado na Figura 46.



Figura 46 - Diagrama para a classe ExpressionOptimizer

A classe ExpressionsEvaluator implementa a classificação das mídias e os Testes F e de Tukey, para efetuar a análise de variância das classes de mídia para cada expressão de busca. O objetivo é ordenar o vetor de expressões de busca modificadas, gerado pelo otimizador da expressão de busca. A expressão de busca, com a melhor média de similaridade de suas classes de mídia, ocupará a primeira posição do vetor, e a com a pior média ocupará a última. As n melhores expressões de busca são apresentadas ao usuário para que ele possa evoluir seu interesse. Essa classe utiliza a lógica nebulosa conforme proposto por Borges [Borges, 2001], para determinar os graus de similaridade das mídias classificadas em relação à cada uma das expressões de busca modificadas.

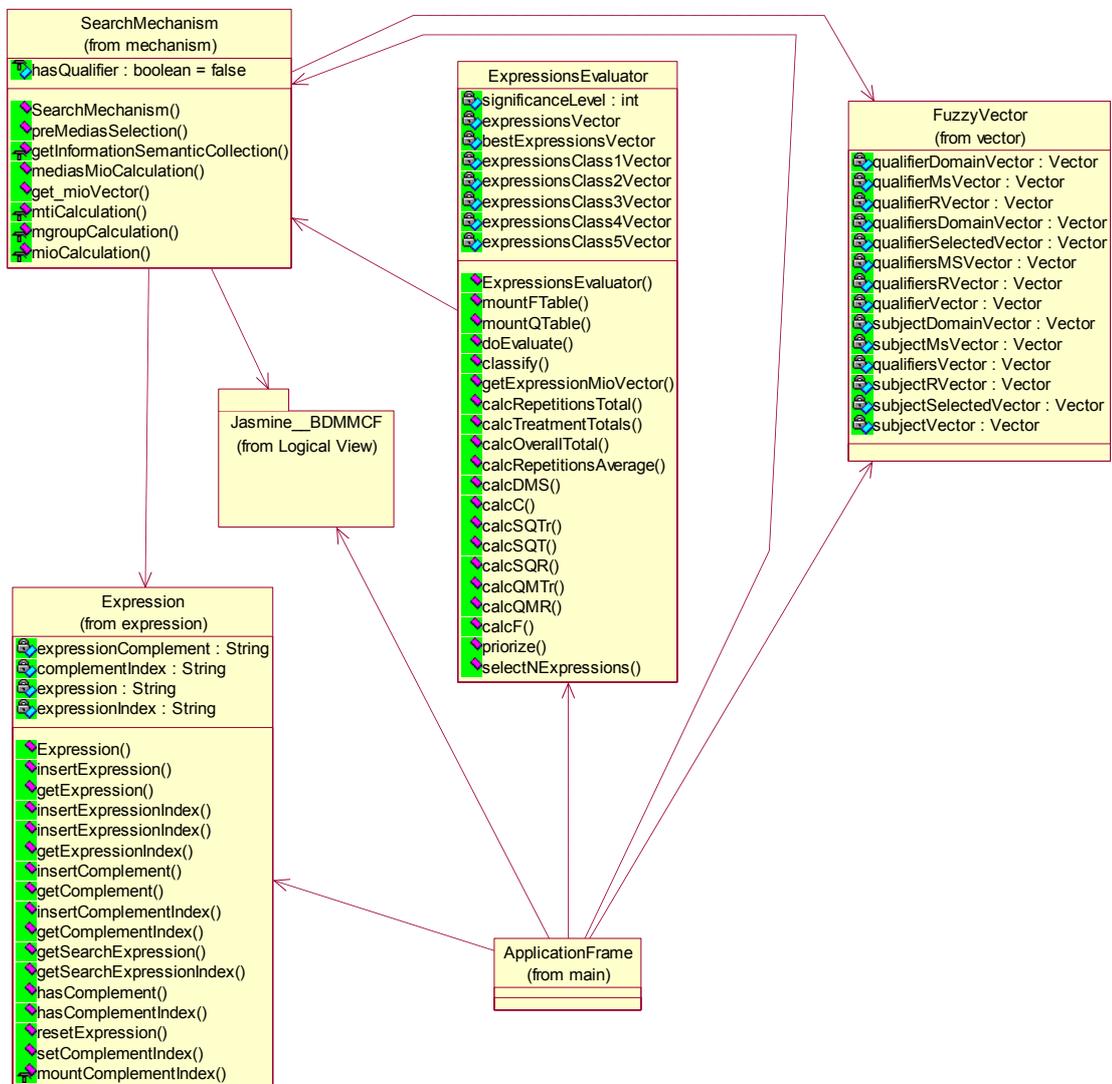


Figura 47 - Diagrama para a classe ExpressionsEvaluator

Depois de concluída a modelagem do sistema *SisRMi-CN*, o mesmo foi implementado conforme se segue.

6.4 – Implementação do SisRMi-CN

Para a implementação do sistema *SisRMi-CN* adotou-se uma plataforma de Hardware e Software com a seguinte configuração:

Software:

- Sistema Operacional Microsoft Windows XP 5.1 (Build 2600);
- SGBDOO Jasmine II, Beta 2, 2000, da Computer Associates;
- Linguagem de Programação Java SDK 1.4.0, da Sun Microsystems;
- Ambiente de desenvolvimento JBuilder 6, da Borland Enterprises;
- FuzzyJ Toolkit, da NRC, um API Java *Open-Source* para se trabalhar com regras nebulosas.

Hardware:

- Processador AMD Athlon(TM) XP 1800+ 1.5 GHz;
- BIOS ASUS - 42302e31 Award Modular BIOS v6.0, 04/29/02;
- *BUS type* PCI, ISA, USB;
- 256Mb de memória RAM;
- 40Gb de *Hard-Disk*.

6.5 – Considerações Finais

O sistema *SisRMi-CN* foi projetado e implementado, e uma interface gráfica foi desenvolvida para o mesmo, de modo a permitir a navegação do usuário pelas mídias, cenas e aplicações multimídia armazenadas no Banco de Objetos Multimídia.

CAPÍTULO 7

ESTUDO DE CASO

7.1 - Considerações Iniciais

Para exemplificar a utilização do *SisRMi-CN* por um usuário, é apresentado, neste capítulo, um estudo de caso, visando mostrar o funcionamento do sistema e o auxílio prestado ao usuário na procura por mídias, cenas e/ou aplicações multimídia. Na seção seguinte é apresentada a descrição do estudo de caso.

7.2 - Descrição do Estudo de Caso

O estudo de caso apresentado neste capítulo exemplifica um passo do uso do sistema *SisRMi-CN* por um *webmaster*, que deseja encontrar imagens de paisagens para utilizá-las em seu *website*. A paisagem por ele desejada deve possuir um mar e ter um aspecto tropical.

Para que o sistema pudesse ser utilizado, foi armazenado, no banco de dados multimídia do Servidor de Objetos Multimídia (*MmOS*), um conjunto de 18 aplicações multimídia que, juntas, possuem 36 cenas e cerca de 100 imagens de paisagens diversas. Cada imagem de paisagem foi devidamente descrita em sua informação semântica, através de temas, qualificadores e associações.

7.3 – Uso do Sistema

O usuário deve, em primeiro lugar, estabelecer o seu interesse. Como o *webmaster* deseja utilizar a paisagem em um *website*, ele está interessado em uma imagem que, além de possuir um mar e ter um aspecto tropical, seja bonita, de boa nitidez e resolução, e de um tamanho não muito pequeno. Uma vez definido o interesse do usuário, ele deve executar o sistema.

7.3.1 - Efetuando o *Login*

A Figura 48 mostra a tela inicial do sistema. Nessa tela, podem ser identificadas três janelas:

- “SisRMi-CN”: a janela principal do sistema, onde serão visualizadas as mídias, cenas e aplicações multimídia recuperadas, e onde o usuário efetua as navegações;
- “Expressão de Busca Atual”: a janela onde se pode observar qual expressão de busca está sendo utilizada no momento, e
- “Login”: Nessa janela o usuário deve digitar seu nome para efetuar o login no sistema, e depois clicar no botão “Entrar”.

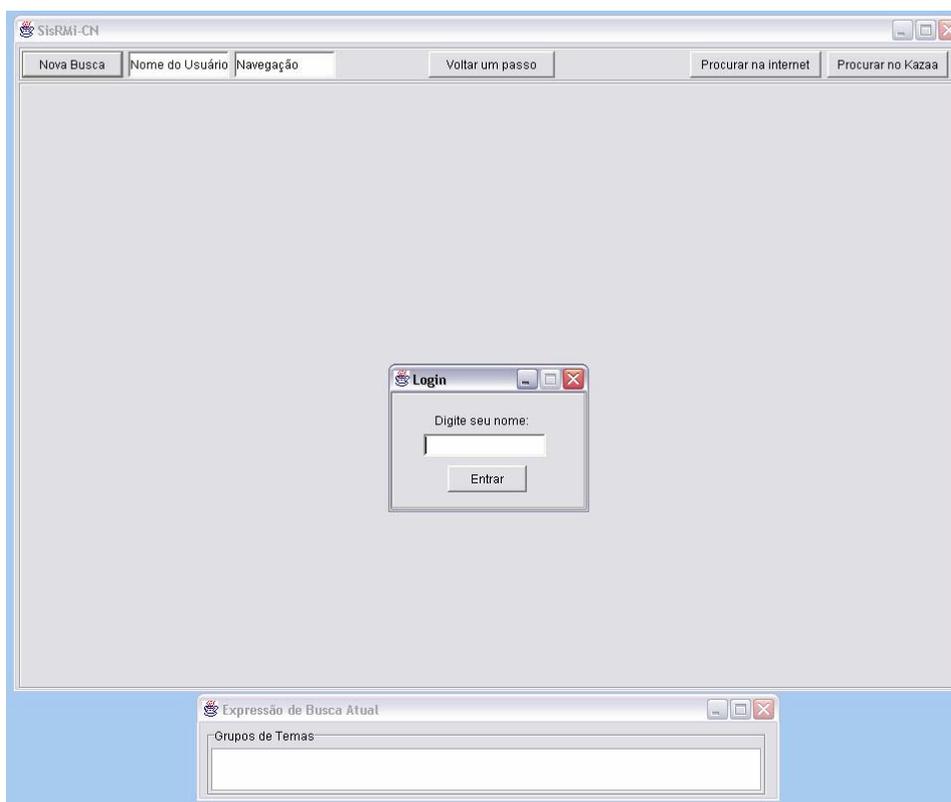


Figura 48 - Tela Inicial do sistema *SisRMi-CN*

O nome do usuário é utilizado para identificar o usuário. Caso seja a primeira vez que o usuário está utilizando o sistema, é criado um novo usuário automaticamente e o número da navegação atual é 1. Caso o usuário já tenha utilizado o sistema alguma vez, o número de sua última navegação é recuperado do banco de dados e a navegação atual terá o número seguinte.

Toda a navegação do usuário nessa sessão, iniciada com o *login*, é armazenada em um banco de dados associada ao usuário.

O *webmaster* deve digitar seu nome, “João”, e clicar no botão “Entrar”. Uma vez efetuado o *login*, a janela “Login” é fechada automaticamente, tornando-se disponíveis ao usuário apenas as janelas “SisRMi-CN” e “Expressão de Busca Atual”.

7.3.2 - Realizando uma nova Busca Nebulosa

Para poder navegar pelas mídias, cenas e aplicações multimídia mantidas no banco de dados multimídia do Servidor de Objetos Multimídia (*MmOS*), o usuário deve, primeiramente, realizar uma busca nebulosa e recuperar um conjunto de mídias inicial. Assim, o *webmaster* deve clicar no botão “Nova Busca” da janela principal do sistema, “SisRMi-CN” (Figura 48). É apresentada ao usuário a primeira tela do *Wizard* desenvolvido por Borges [Borges, 2001], (Figura 49), onde deve-se selecionar qual o tipo de mídia que se deseja recuperar.

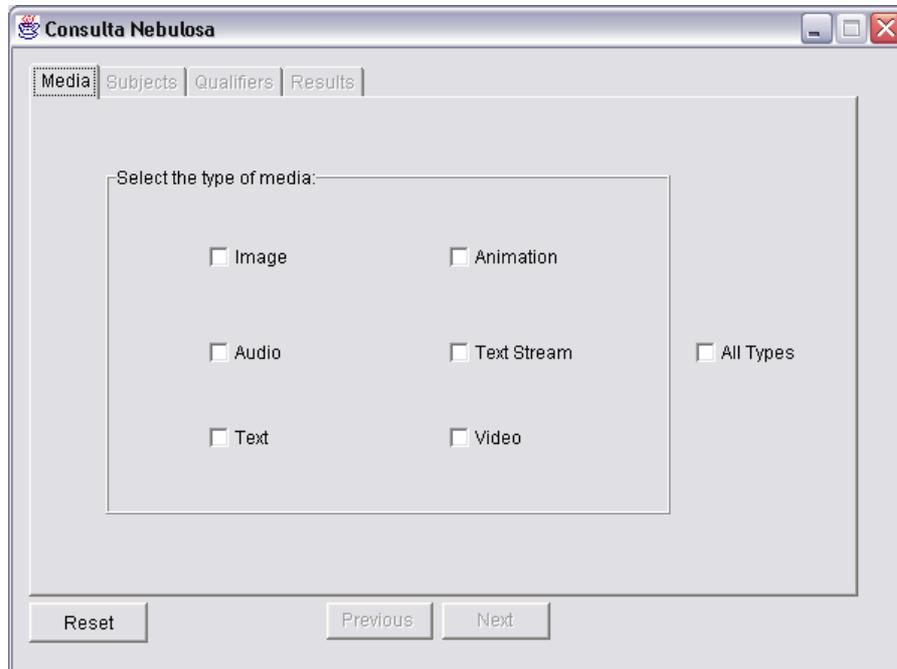


Figura 49 - Primeira tela do *Wizard* desenvolvido por Borges [Borges, 2001]

Como o *webmaster* deseja recuperar imagens de paisagens, ele deve marcar o *checkbox* “Image” da janela “Consulta Nebulosa”, e clicar no botão “Next”, que se tornará disponível.

Na próxima tela do *Wizard*, denominada “Subjects” o usuário deve selecionar o domínio dos temas, selecionar um tema e adicioná-lo à expressão de busca. A Figura 50 mostra a tela “Subjects” no caso da consulta especificada pelo *webmaster*, onde o domínio “Hidrografia” foi selecionado e o tema “Mar” foi adicionado à expressão de busca.

O *webmaster* deve clicar no botão “Next”, e a tela “Qualifiers” será apresentada. Como a consulta do *webmaster* não envolve qualificadores para o tema “Mar”, ele deve clicar mais uma vez no botão “Next”, porém um usuário pode especificar qualificadores e associações para os temas adicionados à expressão de busca (mais detalhes podem ser encontrados na seção 4.2).

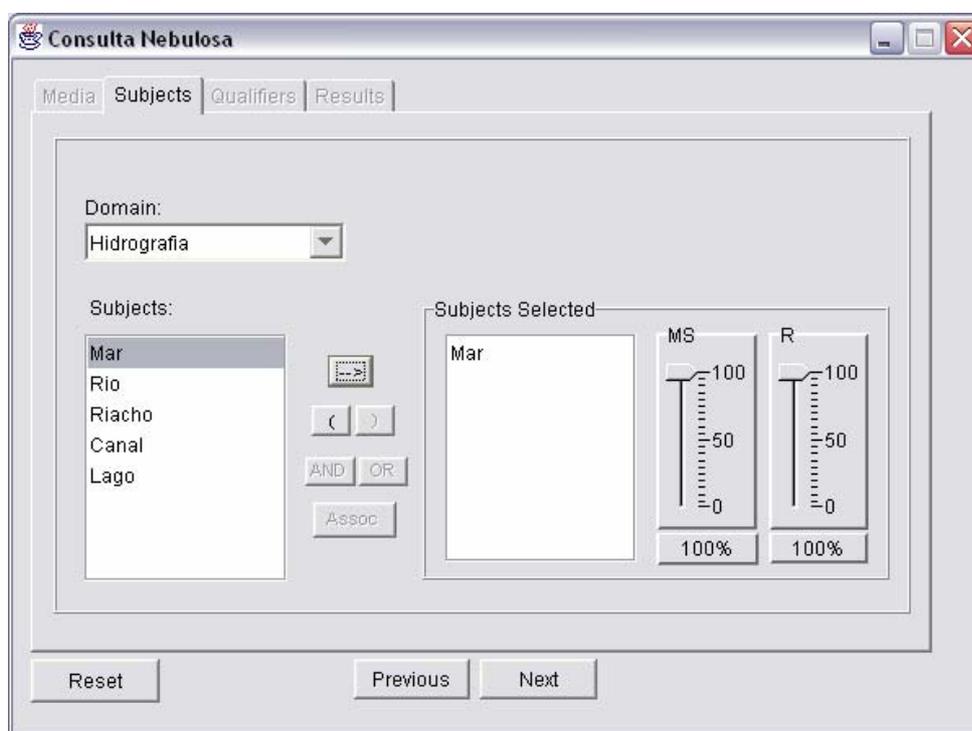


Figura 50 - Tela “Subjects” do *Wizard* desenvolvido por Borges [Borges, 2001], no caso da consulta especificada pelo *webmaster*

Na tela final do *Wizard*, denominada “Results”, o *webmaster* deve clicar no botão “Run”, e uma seqüência de mídias similares à expressão de busca será apresentada (Figura 51). Essa mesma seqüência de mídias é adicionada à parte inferior da janela “SisRMi-CN” (Figura 52), porém essas mídias são dispostas horizontalmente, da esquerda

para a direita, ordenadas pelo nível de interesse do usuário inferido pelo sistema através da regra nebulosa interesse.

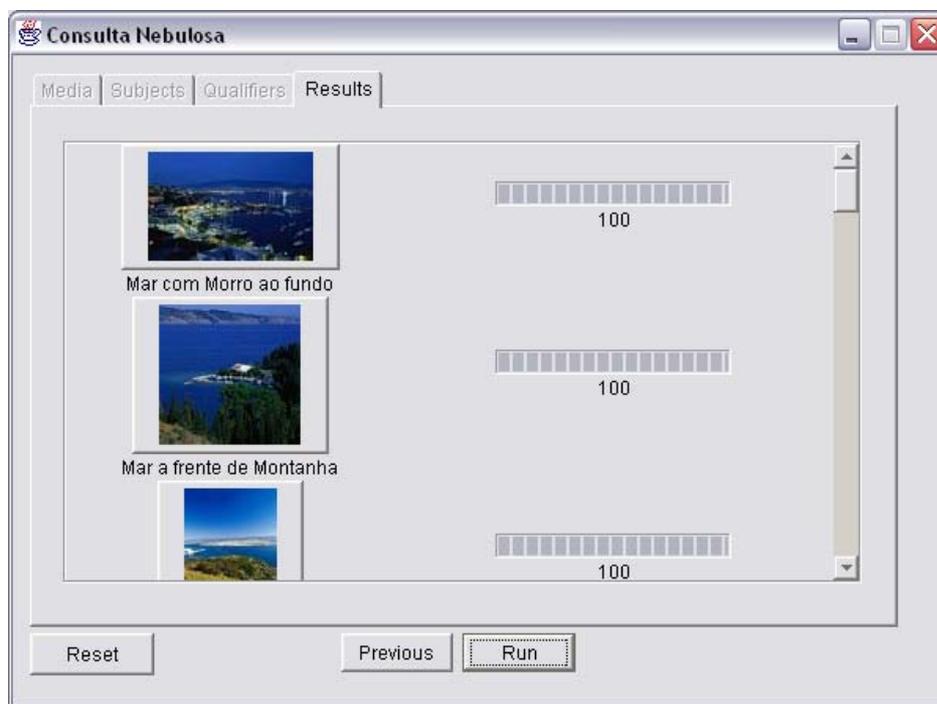


Figura 51 - Tela “Results” do Wizard desenvolvido por Borges [Borges, 2001], contendo a sequência de mídias similares à expressão de busca especificada pelo *webmaster*

7.3.3 - O primeiro passo da navegação do *webmaster*

O *webmaster*, ao visualizar todos os *thumbnails* das mídias recuperadas, se interessou pela quarta mídia da esquerda para a direita, que contém o resumo da informação semântica “Mar com Barco ao lado de Penhasco”, e selecionou-a clicando em seu botão. A Figura 53 mostra a resposta do sistema à seleção da respectiva mídia, que contém, entre outros, o nível de interesse do usuário (inferido) naquela mídia e as possíveis evoluções para a expressão de busca à partir daquela mídia. Um outro usuário poderia ter selecionado uma outra mídia, e a resposta seria semelhante, porém com um nível de interesse e evoluções respectivos à outra mídia.

O nível de interesse inferido pelo sistema para a mídia selecionada pelo *webmaster* era “10”, mas ele achou que a mídia ainda não é o que estava procurando. Assim, o *webmaster* reduziu o seu nível de interesse na mídia clicando no *slider* “Nível de Interesse” e arrastando-o até o novo valor desejado, “7.5” (Figura 54), e depois clicou na janela *SisRMi-CN* para

continuar sua navegação, obtendo a tela mostrada na Figura 55, onde nota-se que as cenas que possuem a mídia selecionada foram recuperadas pelo sistema e disponibilizadas. O *webmaster* poderia ter solicitado a exibição da mídia, a remoção da mesma ou ainda evoluído sua expressão de busca.

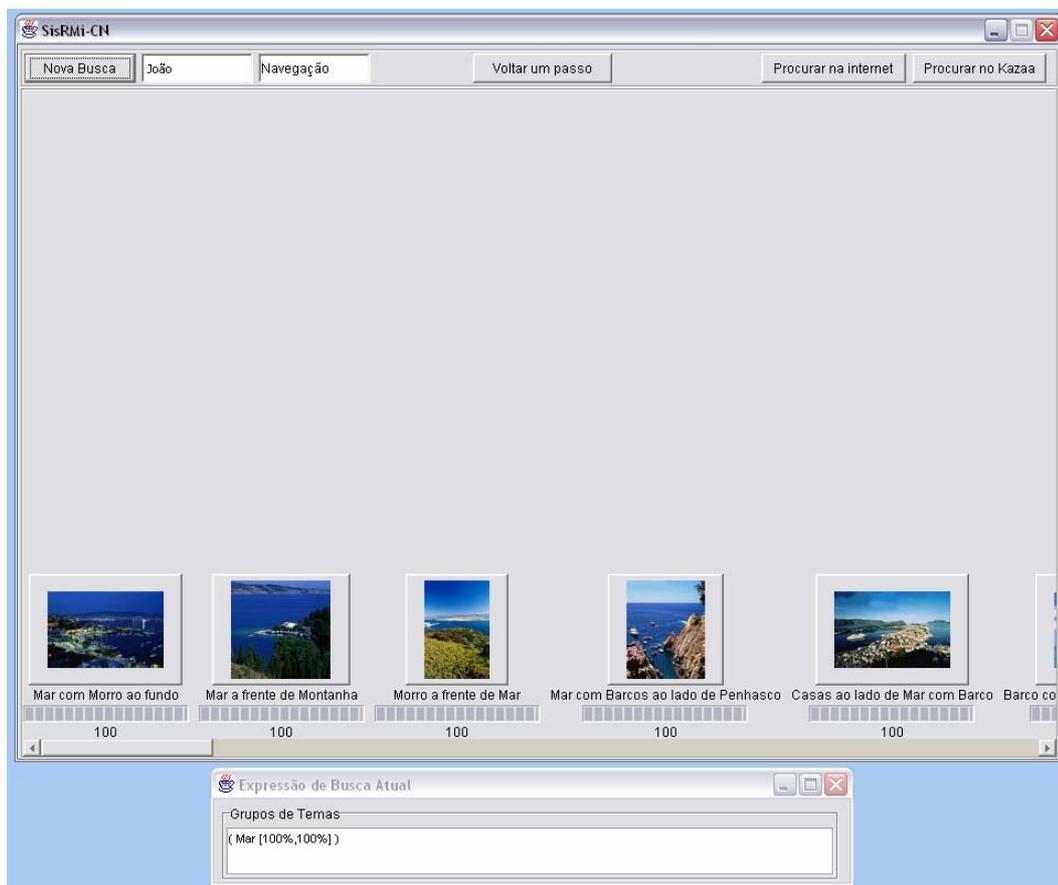


Figura 52 - Seqüência de mídias adicionada à parte inferior da janela “SisRMI-CN”

O *webmaster* continuou sua navegação selecionando a cena “scene3”, clicando em seu botão. A Figura 56 mostra a resposta do sistema à seleção da cena, que consiste em disponibilizar ao usuário um *menu* com duas opções:

- “Exibir”: clicando neste botão o usuário pode solicitar a exibição da cena, e
- “Remover”: clicando neste botão o usuário pode solicitar a remoção da cena da interface gráfica.

O *webmaster* poderia ter selecionado outra mídia ou outra cena ao invés de selecionar a cena “scene3”.

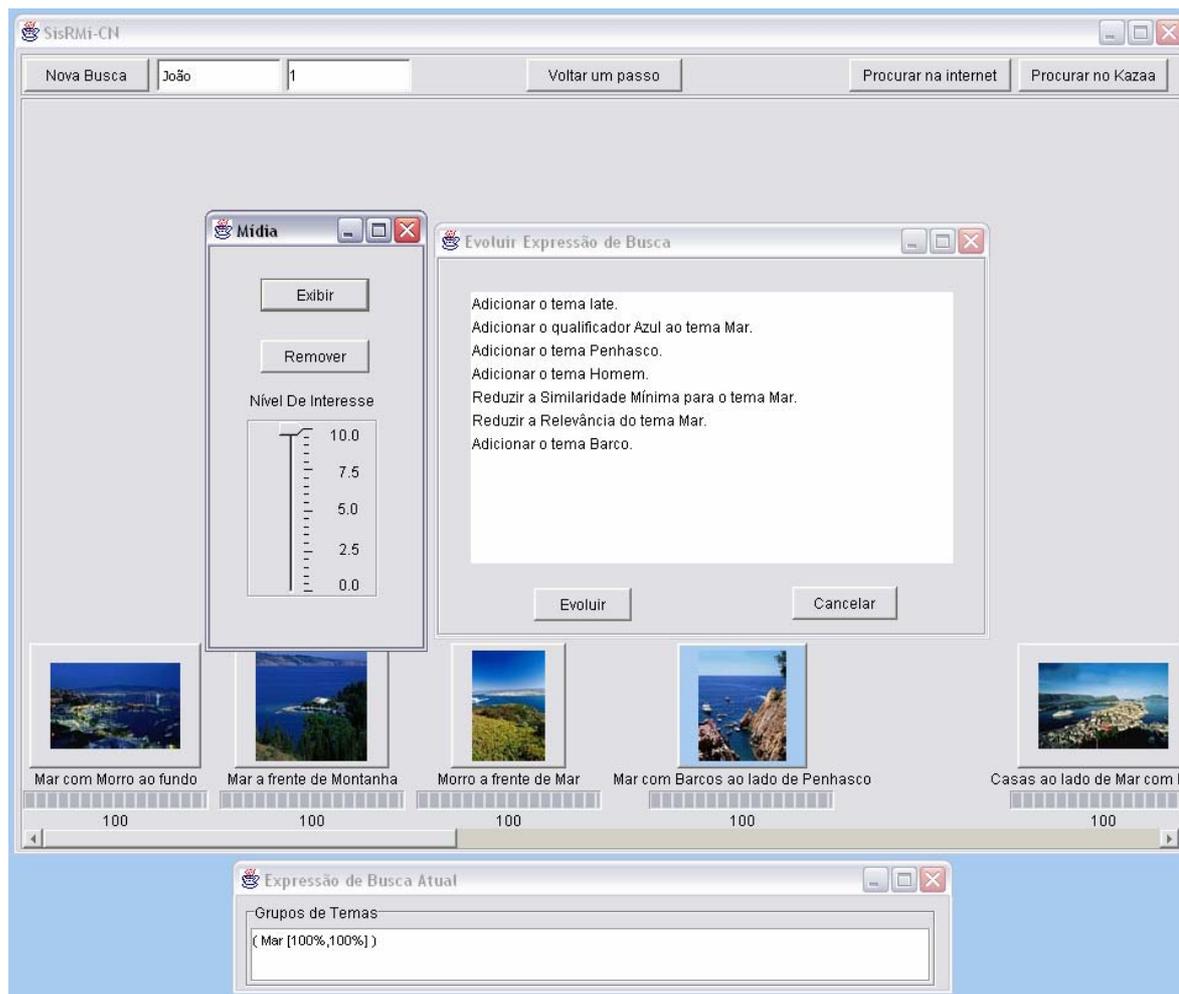


Figura 53 - Resposta do sistema à seleção da mídia

Como o *webmaster* desejava mídias similares, ele optou por solicitar a exibição da cena “scene3”, para avaliar seu conteúdo. A Figura 57 mostra a apresentação da cena “scene3” pelo software *Real One Player*, da *Real Networks*, executado pelo *SisRMi-CN*.

O *webmaster* achou interessante a cena, então decidiu continuar sua navegação selecionando a aplicação multimídia “application2”, à qual essa cena pertence. A Figura 58 mostra a resposta do sistema à seleção da aplicação multimídia, que também consiste em disponibilizar ao usuário um *menu* com duas opções:

- “Exibir”: clicando neste botão o usuário pode solicitar a exibição da aplicação multimídia, e
- “Remover”: clicando neste botão o usuário pode solicitar a remoção da aplicação multimídia da interface gráfica.

O *webmaster* poderia ter selecionado outra mídia ou outra cena ao invés de selecionar a aplicação multimídia “application2”.

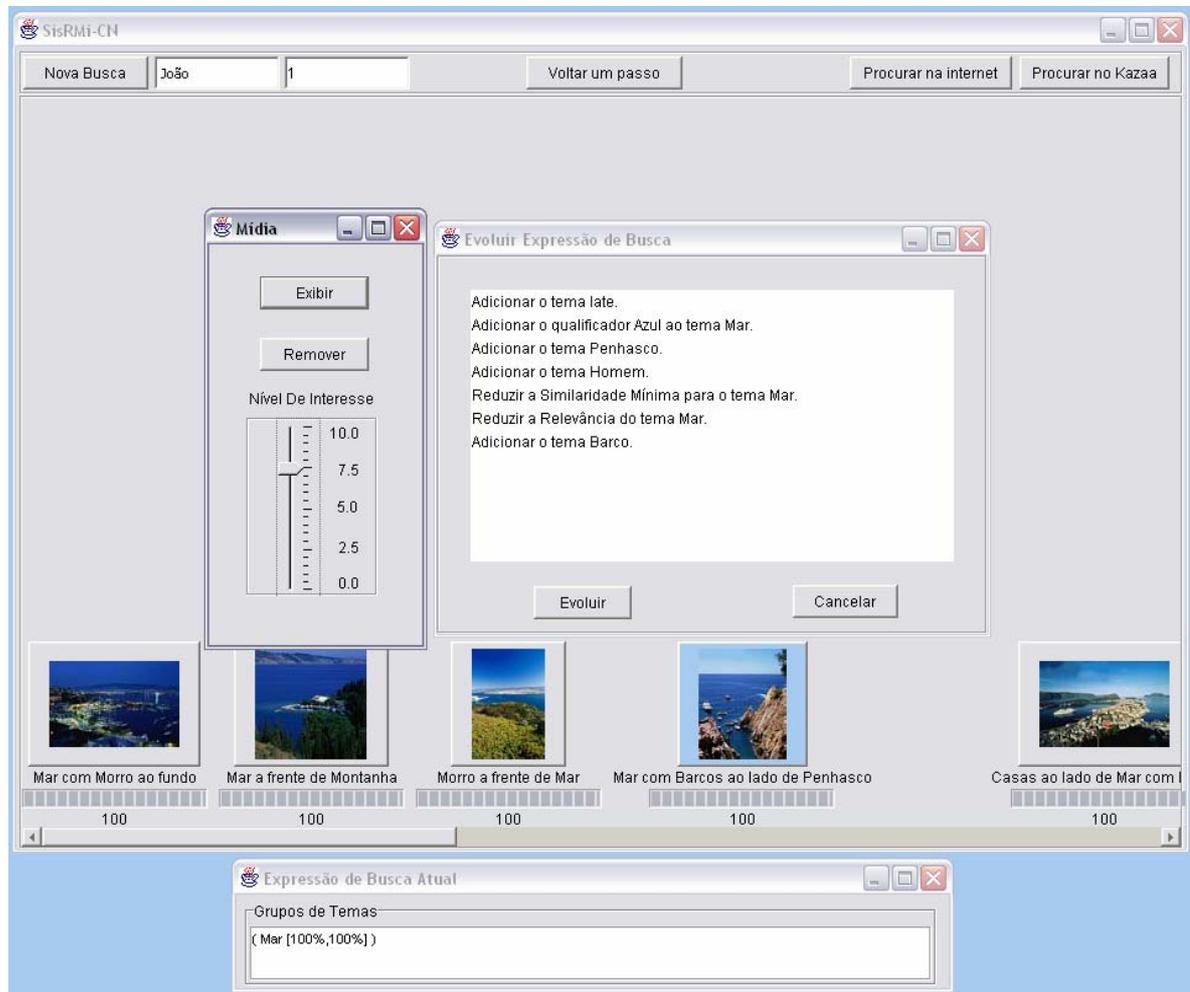


Figura 54 - Redução do nível de interesse do usuário na mídia

O *webmaster* optou por não clicar nos botões do *menu* “Aplicação” e continuar sua navegação, pois percebeu que o sistema recuperou a outra cena “scene4” que faz parte da aplicação multimídia “application2” e a selecionou. A Figura 59 mostra a resposta do sistema à seleção da cena “scene4”, que consiste na disponibilização do *menu* “Cena”. O *webmaster* poderia ter selecionado outra cena ou mídia, ao invés de ter selecionado a cena “scene4”.

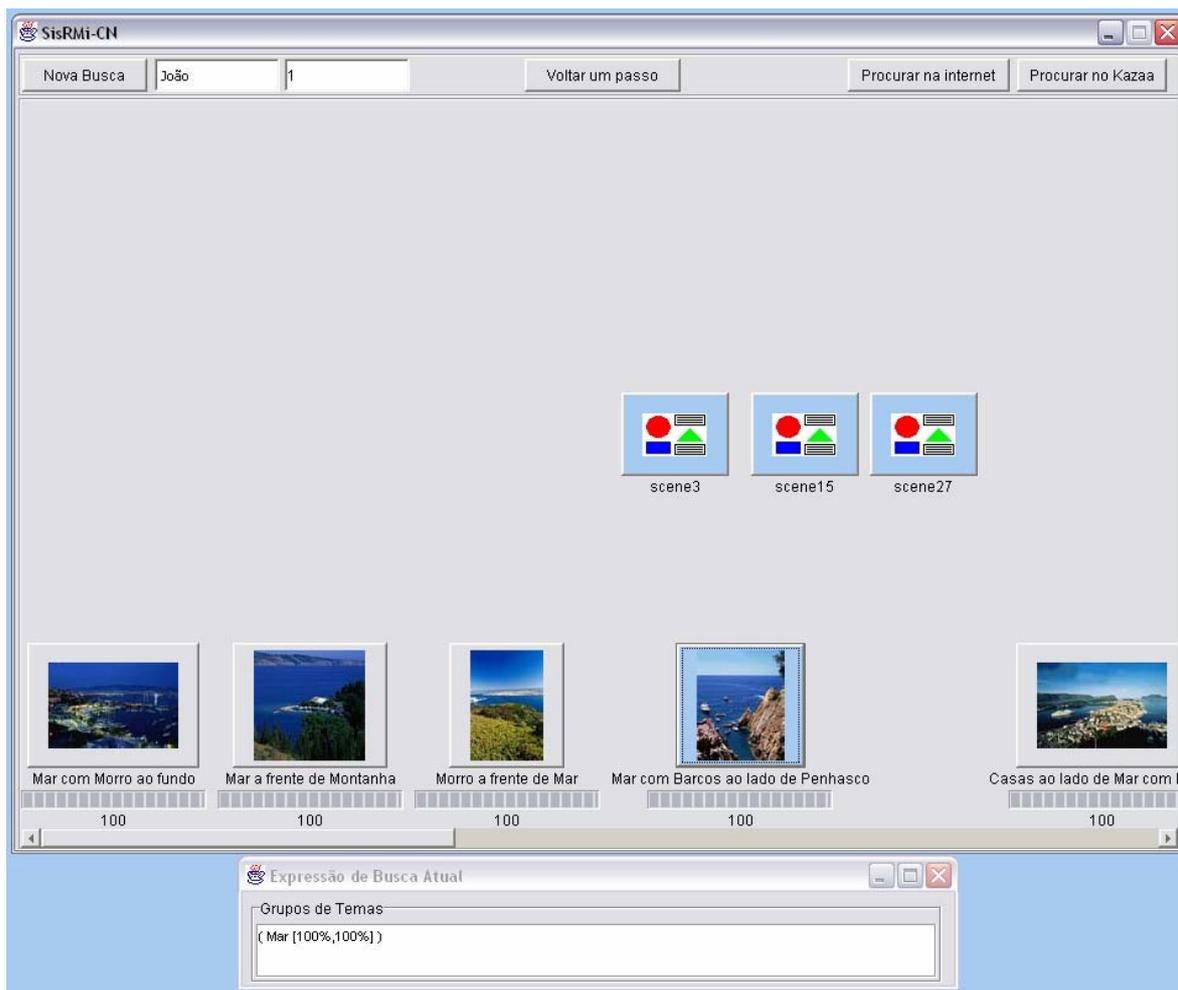


Figura 55 - Cenas recuperadas pelo sistema

O *webmaster* solicitou a exibição da cena “scene4”, pois ainda está interessado em mídias similares à mídia selecionada anteriormente.

Ao visualizar a cena “scene4”, o *webmaster* se interessou por uma de suas mídias. Procurando seu *thumbnail* na interface do sistema, ele o encontrou e clicou em seu botão, selecionando a mídia que possui o resumo da informação semântica “Prédio atrás de Mar com Barco”. A Figura 60 mostra a resposta do sistema para a seleção da mídia.

Como ele já visualizou a mídia durante a exibição da cena e está interessado nela, o *webmaster* optou por evoluir seu interesse (Figura 61). De todas as evoluções sugeridas pelo sistema, a evolução “Adicionar o tema Barco” lhe pareceu ser a que correspondia melhor ao seu interesse, pois todas as mídias que ele estava achando interessante continham um barco. O sistema recuperou um conjunto de mídias com menos itens, e cada item desse conjunto de

itens está mais próximo do interesse do *webmaster*. A Figura 62 mostra a tela do sistema com as mídias recomendadas pelo *SisRMi-CN*.

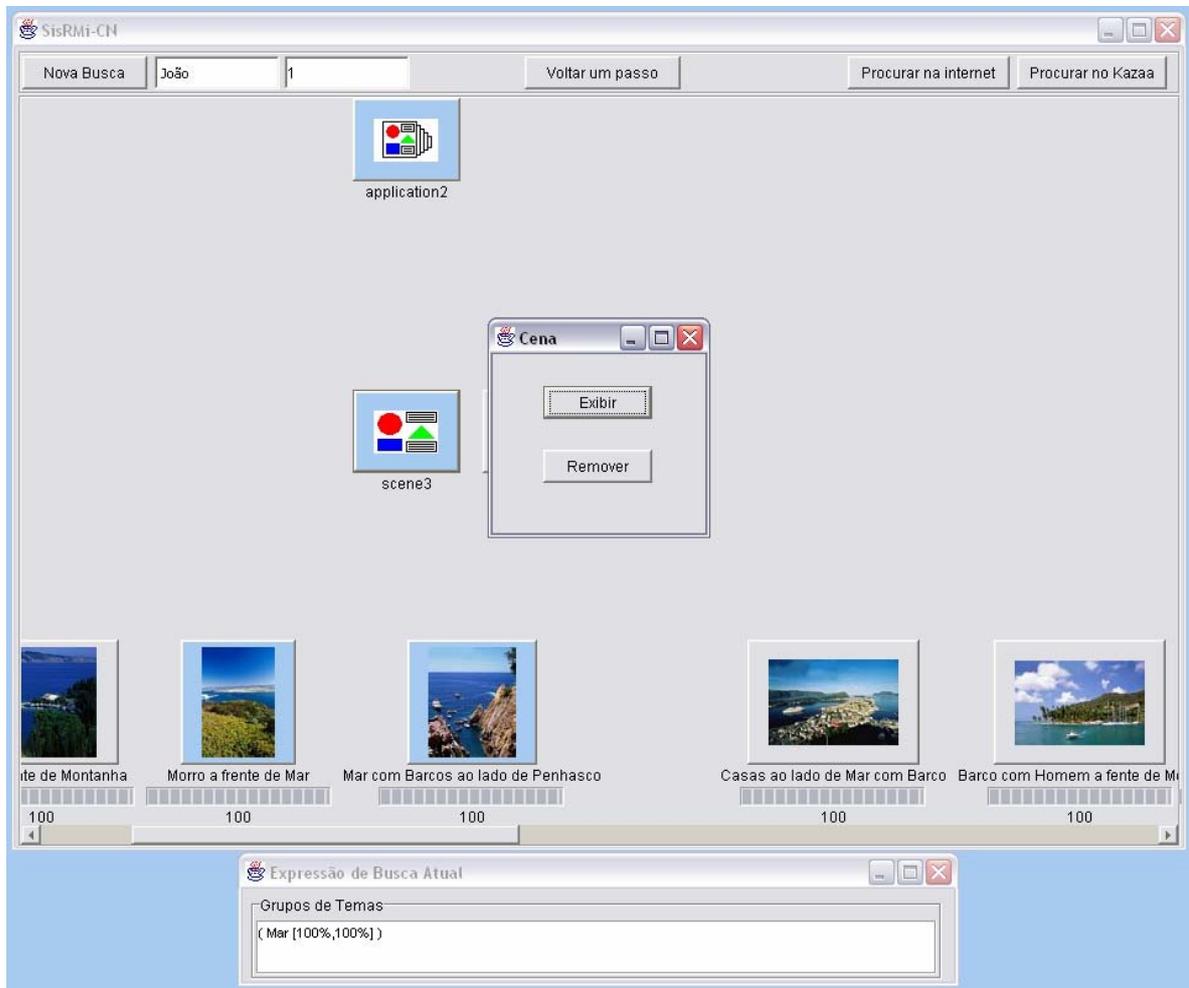


Figura 56 - Seleção da cena "scene3"

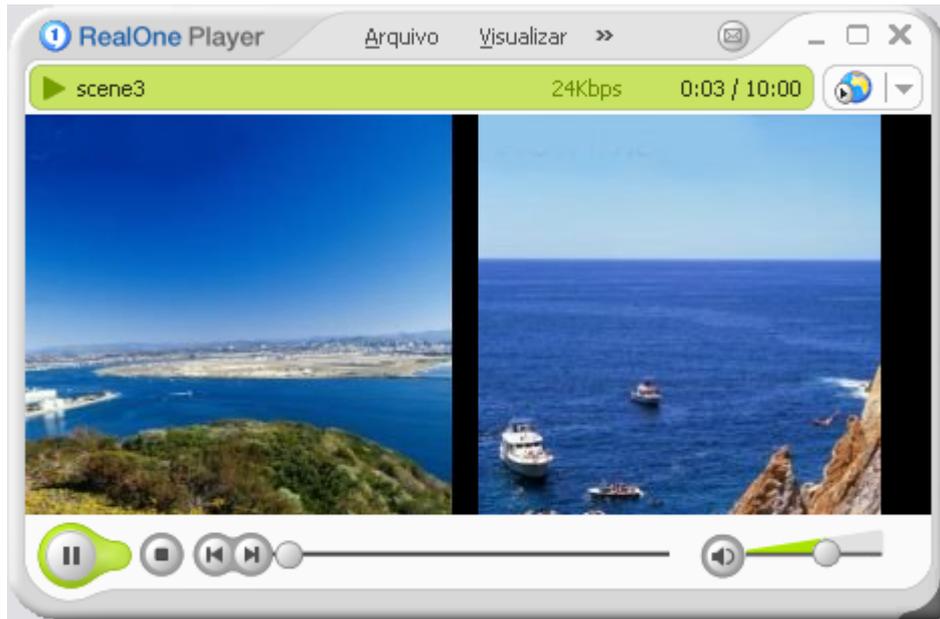


Figura 57 - Exibição da cena "scene3"

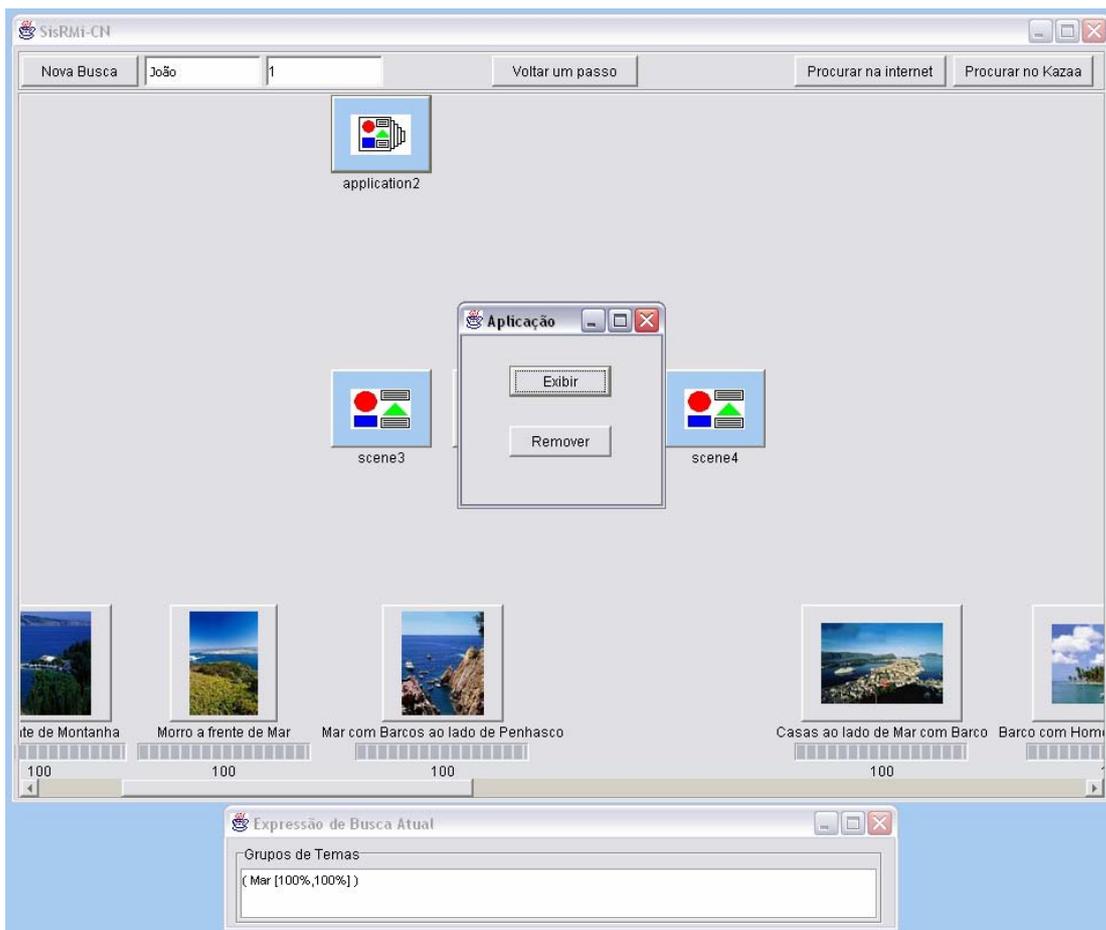


Figura 58 - Seleção da aplicação multimídia "application2"

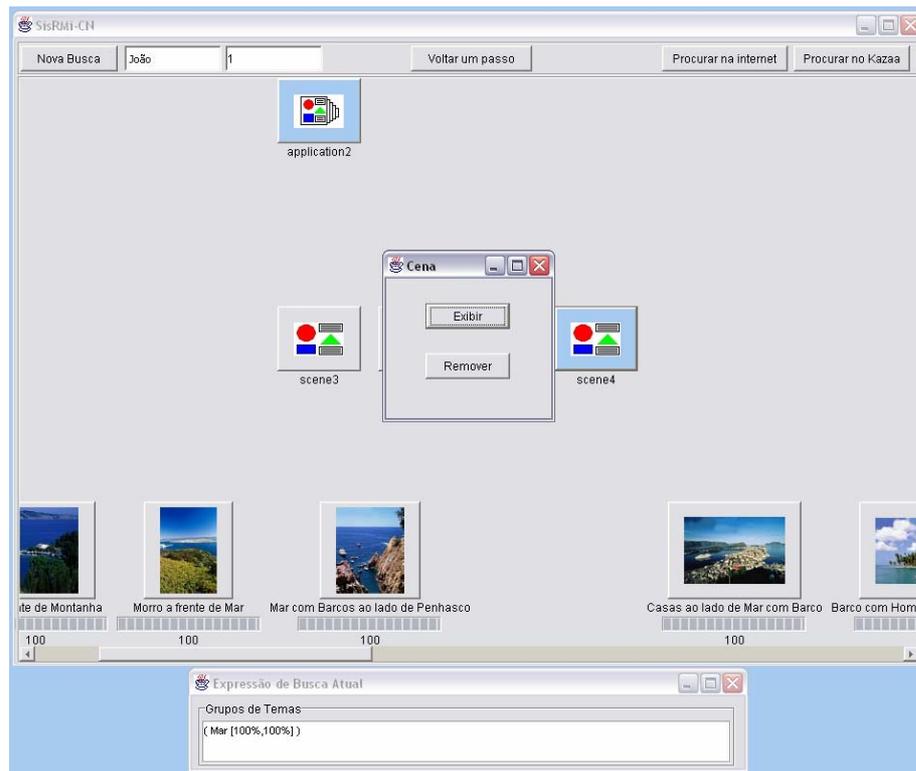


Figura 59 - Seleção da cena "scene4"

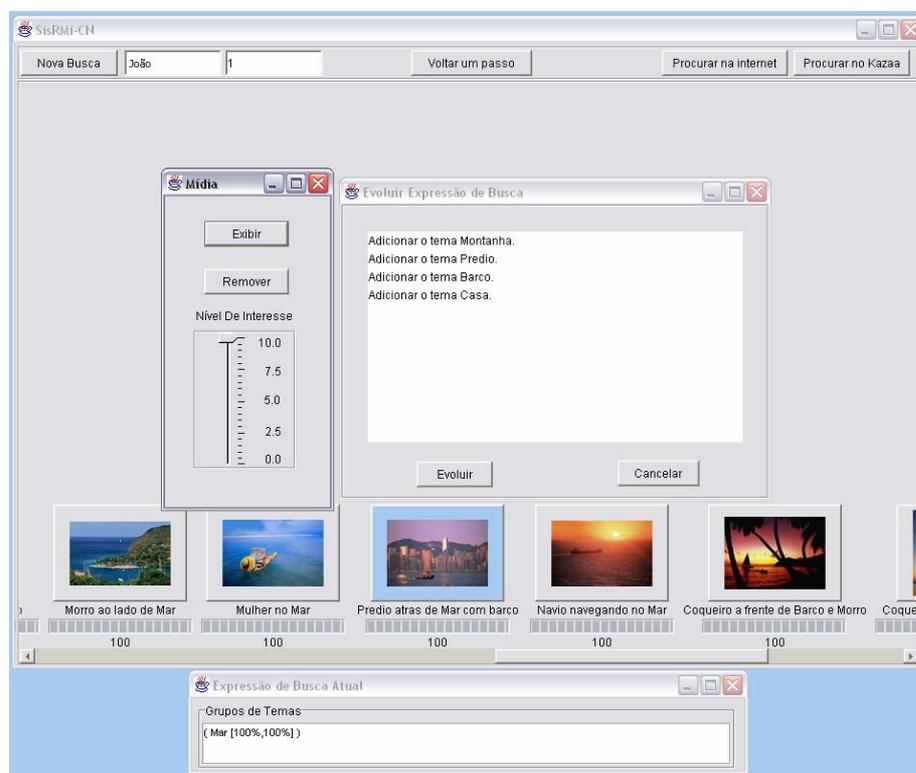


Figura 60 - Resposta do sistema para a seleção da mídia

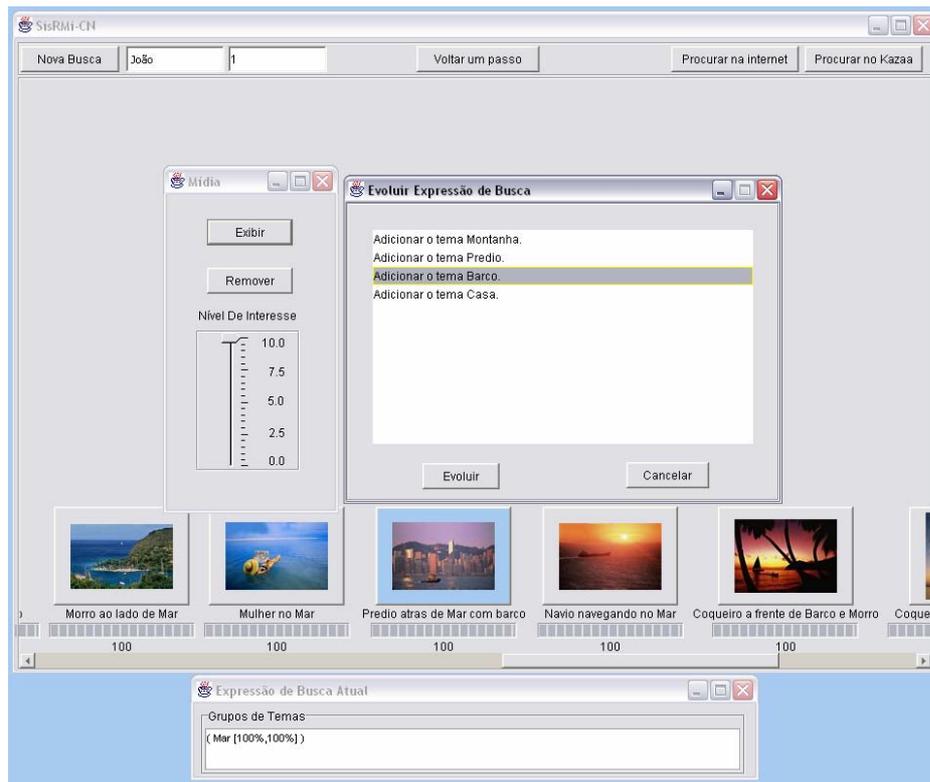


Figura 61 - Evolução da expressão de busca

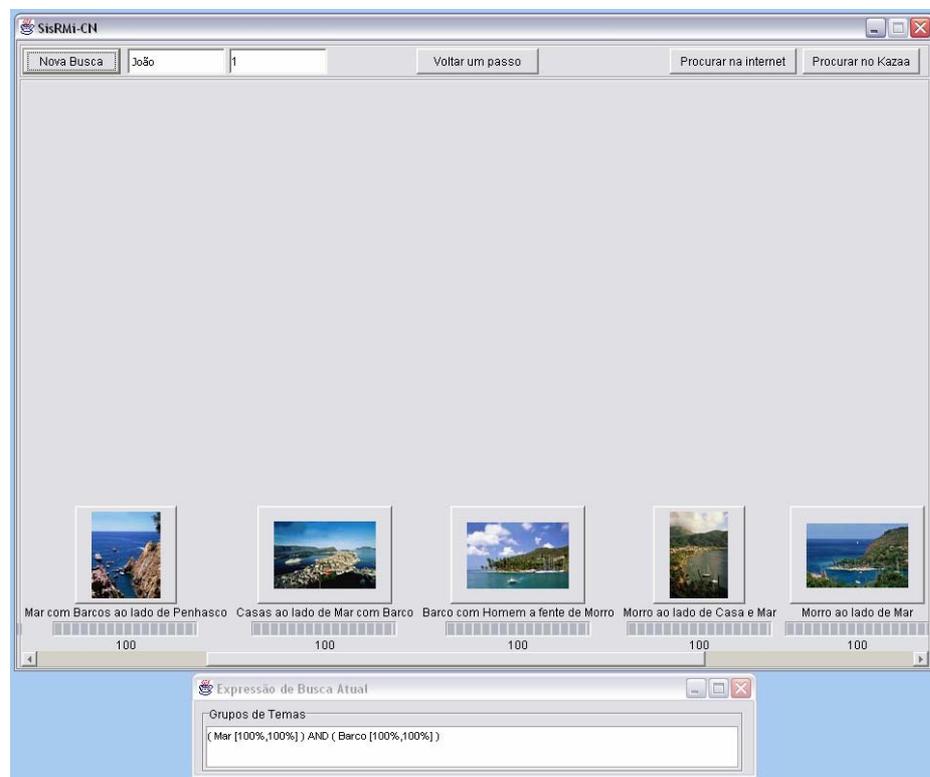


Figura 62 - Mídias recomendadas pelo sistema

7.4 - Considerações finais

A evolução de interesse do usuário e de sua expressão de busca é um processo iterativo, onde a cada passo é realizada uma evolução gradual. O estudo de caso aqui desenvolvido apresentou apenas um passo da navegação do *webmaster*, que pode conter inúmeros passos. A cada passo espera-se que sua expressão de busca e as mídias recuperadas pelo sistema estejam mais próximas ao interesse do usuário.

CAPÍTULO 8

TESTES REALIZADOS

8.1 - Considerações Iniciais

Para analisar se o comportamento do sistema atinge os objetivos dos usuários, e o modo como eles interagem com as funcionalidades oferecidas pelo sistema *SisRMi-CN*, foram realizados testes com usuários. Um total de oito pessoas, sendo elas 1 professora e 7 alunos do Grupo de Banco de Dados, do Programa de Pós Graduação em Ciência Da Computação (PPG-CC) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), se dispuseram a utilizar o sistema e navegar pelas mídias, cenas e aplicações multimídia em busca de mídias que lhes agradassem. Foram obtidas, no total, 12 navegações. Como foi utilizada a base de dados criada para o estudo de caso, todas as mídias às quais os usuários tiveram acesso eram imagens de paisagens.

8.2 - Descrição dos Testes

Os testes com os usuários foram conduzidos da seguinte forma:

- Em uma apresentação dirigida aos alunos e professores do Grupo de Banco de Dados, o sistema foi apresentado aos usuários e os mesmos receberam uma breve explicação de suas funcionalidades;
- Os usuários, depois, foram orientados a realizar duas navegações:
 - na primeira navegação, o usuário não mudava de interesse, embora pudesse evoluí-lo;
 - na segunda navegação, o usuário também evoluía seu interesse, mas em um determinado momento o usuário era instruído à mudar completamente de interesse.

Esse procedimento visou avaliar se o sistema é flexível o suficiente para permitir um arrependimento ou mudança de interesse;

- As navegações dos usuários partiram de uma expressão de busca simples, possuindo apenas um ou dois temas, de forma a simular o caso de um usuário que sabe

aproximadamente o que deseja, pois se ele soubesse exatamente o que deseja poderia encontrar mídias facilmente através de buscas exatas ou uma busca nebulosa, não necessitando de auxílio do sistema, tampouco de recomendações. O uso de mais temas e/ou qualificadores não afetaria o comportamento do sistema. Os usuários ficaram livres para navegar e utilizar as funcionalidades oferecidas.

- Os usuários preencheram um formulário, que consta no Apêndice D, onde anotaram suas ações, motivos e críticas à resposta do sistema à cada ação, além de responder a perguntas gerais sobre o sistema.

Os testes visaram avaliar os seguintes aspectos:

- Os motivos do usuário ao selecionar uma mídia e a qual resultado levou a seleção de uma mídia;
- Os motivos do usuário ao selecionar uma cena e a qual resultado levou a seleção de uma cena;
- Os motivos do usuário ao selecionar uma aplicação multimídia e a qual resultado levou a seleção de uma aplicação multimídia;
- Se foi perceptível aos usuários o auxílio oferecido pelo sistema em relação à evolução da expressão de busca;
- Se foi sentida a necessidade de se alterar o nível de interesse inferido pelo sistema;
- A flexibilidade do sistema para possibilitar uma mudança de interesse;
- sistema *SisRMi-CN* em geral, comparado à outras formas já existentes de recuperação de mídias, cenas e aplicações multimídia;

Além disso, foram anotadas críticas e sugestões sobre o sistema. Seguem-se os resultados obtidos pelos testes realizados e as conclusões .

8.3 – Resultados Obtidos e Conclusões

Após uma análise dos formulários preenchidos pelos usuários, foi possível tecer algumas conclusões. As seções que se seguem (8.3.1 a 8.3.4) apresentam os resultados obtidos e as conclusões para cada um dos aspectos avaliados listados na seção anterior.

8.3.1 – Seleção das Mídias

Nas 12 navegações realizadas pelos usuários foram executadas 81 seleções de mídia. A Tabela 10 mostra os motivos que levaram os usuários a selecionarem as mídias.

Tabela 10 - Motivos do usuário ao selecionar uma mídia

Motivo do usuário	Número de seleções de mídias pelo motivo	Porcentagem
Gostou, estava interessado ou achou mais próxima à Expressão de Busca Atual	51	63%
Já havia selecionado a mídia anteriormente e estava interessado.	16	19,8%
Se interessou pela mídia em uma cena que visualizou	6	7,4%
Para poder removê-la	6	7,4%
Para diminuir o nível de interesse do usuário relativo àquela mídia	1	1,2%
Por engano	1	1,2%
Total:	81	100%

Nota-se, claramente, que a maioria (90,2%) das seleções de mídias ocorre porque o usuário está interessado na mídia, e uma minoria das seleções se deve ao fato do usuário estar pouco interessado na mídia (8,6%). Isso mostra que o procedimento adotado de somar um valor x , informado ao se executar o sistema como o segundo parâmetro, ao nível de interesse do usuário respectivo à mídia selecionada, é correto, principalmente porque se esse procedimento for errôneo (o usuário selecionou a mídia para removê-la ou diminuir seu nível de interesse em relação a ela), o fato do usuário remover a mídia em seguida ou explicitamente reduzir seu nível de interesse anula o valor somado. O fato do número de seleções por engano ser ínfimo significa, portanto, que apenas 1,2% das vezes que esse procedimento for adotado pode-se estar cometendo um erro.

Verifica-se, também, que os usuários possuem uma certa tendência a realizar múltiplas seleções em uma mídia na qual possuem um interesse elevado, numa mesma navegação, e que

a visualização de cenas é importante para que os usuários possam observar e se interessar por novas mídias.

A Tabela 11 mostra as ações que se sucederam (não necessariamente de imediato) à seleção das mídias pelo usuário e é interessante para compreender o comportamento dos usuários ao selecionarem uma mídia.

Tabela 11 - Ações que se sucederam à seleção da mídia

Ação Sucessora	Número de vezes que a ação sucedeu à seleção	Porcentagem
Evolução da expressão de busca	39	48,1%
Exibição da mídia	25	30,8%
Navegação a partir da mídia	17	21%
Escolha da mídia	13	16%
Alteração do nível de interesse do usuário relativo à mídia	12	14,8%
Remoção da mídia	9	11,1%

Aproximadamente em metade das vezes (48,1%) que o usuário seleciona uma mídia ele tem interesse em evoluir sua expressão de busca, o que justifica a apresentação da janela que oferece as possíveis evoluções para a expressão de busca a cada seleção de mídia.

Também conclui-se que em um número significativo de vezes é solicitada a exibição da mídia, tanto por curiosidade do usuário em ver mais detalhes da mídia quanto por ele não ter conseguido visualizá-la perfeitamente através do *thumbnail* oferecido. Foi percebido durante os testes que o tamanho dos *thumbnails* era suficiente para representar a maioria das mídias, porém alguns *thumbnails* eram confusos. Como isso ocorreu em apenas 8% das mídias não foi necessário um aumento no tamanho dos *thumbnails*.

O procedimento de se somar de um valor y , informado como o terceiro parâmetro ao se executar o sistema, ao nível de interesse do usuário na mídia toda vez que fosse solicitada a exibição da mesma também havia sido adotado, porém foi descartado pois a maioria das exibições não evidenciaram um interesse elevado na mídia.

A regra nebulosa Interesse, utilizada para inferir o nível de interesse do usuário em uma mídia, mostrou-se eficiente em 85,2% dos casos, pois em apenas 14,8% das seleções de mídia o usuário sentiu a necessidade de alterar o nível de interesse da mídia. Além disso, o número de alterações do nível de interesse para aumentá-lo mostrou-se idêntico ao número de alterações para diminuí-lo, apresentando um balanceamento correto da regra nebulosa Interesse.

É perceptível que embora em apenas 7,4% das seleções de mídia a intenção do usuário era removê-la (Tabela 10), 11,1% das seleções de mídias resultaram na sua remoção. Esse fato mostra que ao visualizar a mídia em seu tamanho original, em 12% das vezes o usuário decidiu descartá-la, pois 3 mídias foram removidas depois de exibidas, em um total de 25 exibições de mídia.

8.3.2 – Seleção das Cenas

Em todas as navegações foram realizadas 25 seleções de cenas. Em comparação às 81 seleções de mídias, esse número é relativamente baixo, e percebe-se um foco dos usuários nas mídias, pois as principais funcionalidades do sistema estão nelas agrupadas. Em um banco de dados com aplicações multimídia reais, o interesse dos usuários pelas cenas provavelmente será maior, por oferecer uma maior diversidade de mídias e de outros tipos de mídia além de imagens.

A Tabela 12 mostra os motivos que levaram os usuários a selecionarem as cenas.

Tabela 12 - Motivos do usuário ao selecionar uma cena

Motivo do usuário	Número de seleções de cenas pelo motivo	Porcentagem
Selecionou pela ordem nas quais as cenas foram apresentadas, e esperava obter mídias similares	19	76%
Porque sabia que a cena possuía uma mídia que desejava	5	20%
Selecionou aleatoriamente, e esperava obter mídias similares	1	4%
Total:	25	100%

A maioria dos usuários (80%) espera que as cenas possuam pelo menos uma mídia similar à mídia na qual ele demonstrou interesse, mesmo que nada tenha sido especificado nesse sentido. Como a criação das cenas para o estudo de caso considerou incluir na mesma cenas mídias similares, a expectativa dos usuários foi concretizada.

Em 20% dos casos os usuários selecionaram uma cena por saberem (em uma prévia seleção) que ela continha mídias que ele desejava, e o fizeram como artifício para poder navegar pela base de dados.

Os usuários tendem a selecionar as cenas pela ordem na qual elas estão expostas e não aleatoriamente (76% contra 4%). O uso de *thumbnails* para cenas, e não de um ícone genérico, poderia influenciar essas decisões.

A Tabela 13 mostra as ações que se sucederam (não necessariamente de imediato) à seleção das cenas pelos usuários e é interessante para compreender o comportamento dos usuários ao selecionarem uma cena.

Tabela 13 - Ações que se sucederam à seleção da cena

Ação Sucessora	Número de vezes que a ação sucedeu à seleção	Porcentagem
Exibição da cena	19	76%
Navegação à partir da cena	6	24%
Remoção da cena	0	0%
Total:	25	100%

A maioria das vezes (76%) é solicitada a exibição da cena, para que o usuário observe como as mídias se relacionam na cena. Mas como ao selecionar a cena suas mídias são recuperadas automaticamente, e pode-se observar seus *thumbnails*, em 24% das vezes pelo menos um *thumbnail* mostrou-se interessante o suficiente para desviar a atenção do usuário.

Os usuários não sentiram a necessidade de remover explicitamente cenas da interface, pois elas eram removidas automaticamente toda vez que se evoluía a expressão de busca. Isso

é, de fato, positivo, visto que o processo de remover manualmente diversas cenas da interface pode ser tedioso para o usuário..

8.3.3 – Seleção das Aplicações Multimídia

Apenas uma aplicação multimídia foi selecionada e exibida. Como o foco do sistema está voltado para as mídias, e os usuários podem também visualizar todas as cenas às quais as mídias pertencem, os usuários não sentiram a necessidade de selecioná-las, por não achar que conseguiriam informações adicionais sobre as mídias. Uma possível modificação do sistema seria recuperar as aplicações multimídia às quais as mídias pertencem quando estas são selecionadas, de modo a torná-las disponíveis para o usuário um número maior de vezes. No momento dos testes, as aplicações multimídia eram recuperadas apenas quando o usuário selecionava uma cena contida pela mesma.

8.3.4 - O auxílio oferecido pelo sistema em relação à evolução da expressão de busca

Todos os usuários afirmaram que o auxílio oferecido pelo sistema foi percebido, e que o conjunto de mídias recuperado à cada evolução era mais específico e de acordo com seu interesse do que o conjunto de mídias anterior à evolução.

8.3.5 - Alteração do nível de interesse inferido pelo sistema

Em 50% das navegações foi alterado o nível de interesse inferido pelo sistema para alguma mídia, mas em todas essas navegações os usuários alegaram que as alterações não eram uma necessidade, pois visavam tornar seu interesse mais explícito ao sistema e assim obter recomendações mais precisas. Foi elogiado o fato do usuário poder alterar o nível de interesse de apenas algumas mídias e não ser obrigado a avaliar todas as mídias recuperadas.

Nas outras navegações, nenhum nível de interesse foi modificado pois os usuários preferiram utilizar um método de consulta semelhante ao esperado, que se resume em remover o que não se quer e interagir com as mídias mais interessantes.

8.3.6 - Flexibilidade do sistema para possibilitar uma mudança de interesse

Todos os usuários acharam o sistema flexível a mudanças de interesse, mas em 30% das navegações os usuários perceberam que, quando mudaram de interesse, a mídia pela qual haviam se interessado e que não era similar à expressão de busca não foi recuperada pelo sistema. Essa distorção ocorreu devido ao sistema permitir apenas alterações graduais à expressão de busca, e ao fato da mídia ser totalmente diferente da mesma, o que exige várias alterações graduais para que a mídia volte a ser recuperada. Esse problema já foi sanado adicionando uma opção para descartar a expressão de busca e evoluir, que pode ser utilizada somente quando a evolução envolve adicionar um tema. Essa funcionalidade está disponível através do botão "Descartar a Expressão de Busca e Evoluir", adicionado à janela "Evoluir Expressão de Busca" e que só está habilitado quando a evolução selecionada envolve adicionar um tema.

8.3.7 – Comparação do sistema *SisRMI-CN* em relação a outras formas já existentes de recuperação de mídias, cenas e aplicações multimídia;

Todos os usuários afirmaram que o sistema *SisRMI-CN* era superior em relação a outras formas já oferecidas de recuperação de mídias, cenas e aplicações multimídia pelo Ambiente *AMMO*, principalmente por permitir a navegação pelo Banco de Objetos Multimídia e por gerenciar as modificações da expressão de busca automaticamente, liberando o usuário apenas para identificar seu interesse.

Os outros tipos de recuperação citados foram o uso através de tentativa-e-erro do Módulo de Consultas Nebulosas desenvolvido por Borges [Borges, 2001], a procura por toda a base de dados e consultas SQL realizadas diretamente no Banco de Objetos Multimídia. Em todos os outros tipos de recuperação o maior impecilho sugerido era não poder visualizar as cenas que continham as mídias e ter que supor a informação semântica da mídia desejada.

8.4 – Considerações Finais

O uso de uma base de dados contendo aplicações reais provavelmente causará uma modificação nos dados observados, como por exemplo um aumento na seleção de cenas e aplicações multimídia, pois as cenas e aplicações multimídia reais são mais complexas e interessantes do que um conjunto de cenas geradas da mesma forma, contendo apenas

imagens. Porém, essas modificações serão relacionadas à navegação do usuário, e não comportamentais. Os comportamentos (dos usuários) observados certamente não irão mudar, como por exemplo a curiosidade em ver mais detalhes de uma mídia na qual se interessaram pelo seu *thumbnail*, a seleção de mídias ou cenas pela ordem na qual estão dispostas na interface quando não conseguem priorizar uma delas, a remoção de mídias após solicitarem sua exibição e constatarem que não era o que desejavam, etc.

Como o objetivo dos testes era analisar se o comportamento do sistema atingia os objetivos dos usuários, e o modo como eles interagem com as funcionalidades oferecidas pelo sistema *SisRMi-CN*, concluiu-se que os testes realizados com usuários foram de suma importância para a avaliação do sistema.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

9.1 - Resultados Alcançados

Com a elaboração do protótipo do sistema *SisRMi-CN* foram alcançados os seguintes resultados:

- 1 Desenvolvimento de um sistema de recomendação de mídias baseado em conteúdo nebuloso, que estende o Módulo de Consultas Nebulosas por Conteúdo (*CBFS*) do ambiente *AMMO*;
- 2 Recomendação de mídias com base em *relevance feedback*, nas interações do usuário com o sistema e em evolução de interesse;
- 3 Uma interface para a navegação através das aplicações multimídia, suas cenas e mídias armazenadas no Banco de Objetos Multimídia, com representação baseada em grafos¹, onde a navegação pelas classes ocorre através de interações gráficas;
- 4 Processamento de conhecimento inexato através do uso de regras nebulosas, e
- 5 Definição do conceito da Média de Similaridade para um Termo.

9.2 - Contribuições

O presente projeto possibilitou o desenvolvimento de um sistema de recomendação para mídias baseado em conteúdo nebuloso, o sistema *SisRMi-CN*. Esse sistema estende o módulo de consultas nebulosas por conteúdo do Ambiente *AMMO*. Permite também elaborar recomendações de mídias para os usuários com base em sua expressão de busca inicial, suas interações com o sistema, nas informações semânticas imprecisas das mídias pertencentes às aplicações multimídias armazenadas e em *relevance feedback*. Para isso, foi especificada uma técnica de recomendação baseada em conteúdo nebuloso que utiliza uma regra nebulosa, um

¹ De modo a obter uma interface gráfica mais limpa, evitando o cruzamento de inúmeras retas, a representação gráfica das arestas do grafo foi alterada. Os vértices do grafo unidos por uma mesma aresta são destacados preenchendo-os com a cor azul.

algoritmo de match, um otimizador para a expressão de busca, a classificação de mídias e testes estatísticos para determinar a evolução da expressão de busca.

A técnica proposta neste trabalho para a evolução da expressão de busca e a recomendação das mídias pode ser aplicada para recomendar praticamente qualquer item que possa ser descrito através da estrutura da informação semântica utilizada no Ambiente *AMMO*, como livros, músicas e produtos. Por não se basear em iterações para a avaliação de qual expressão de busca modificada será a nova expressão de busca atual, tem um custo computacional relativamente baixo. Esses aspectos propiciam, por exemplo, o uso dessa técnica de recomendação em sites de e-commerce na internet, de uma forma relativamente simples e funcional.

Além disso, novos trabalhos dentro do contexto do Ambiente *AMMO* podem utilizar o conceito da média de similaridade para um termo, de modo a tomar diferentes decisões computacionais para termos muito similares, meio similares ou pouco similares.

Uma interface foi especificada e implementada com o objetivo de ser intuitiva e de fácil manipulação, além de permitir a navegação através das aplicações multimídia, suas cenas e mídias armazenadas no Banco de Objetos Multimídia.

As ferramentas desenvolvidas para o Ambiente *AMMO*, como a proposta por Figueiredo [Figueiredo, 2000], podem utilizar-se do sistema *SisRMi-CN* como uma nova forma de recuperar mídias do Banco de Objetos Multimídia contido no ambiente.

9.3 – Sugestões de Trabalhos Futuros

Em relação ao aprimoramento da técnica de recomendação utilizada pelo *SisRMi-CN*:

1. Estudo do comportamento dos conjuntos nebulosos para as variáveis lingüísticas utilizadas na regra nebulosa interesse, para um melhor processamento do conhecimento inexato;
2. Estudo de novas regras para obter uma nova matriz para a regra nebulosa interesse;

3. Estudo de novas formas de aplicação dos testes F e de Tukey para a evolução da expressão de busca, principalmente em relação a novas formas de classificação das mídias;

Através de leituras e comparações do tratamento adotado para a recomendação, no presente projeto, com os existentes na literatura, foram identificados alguns aspectos a serem avaliados quanto à sua aplicabilidade ao tratamento das informações nebulosas. São eles:

1. Adoção de novas fórmulas que transformem o espaço de atributos nebulosos das mídias em um espaço de atributos numéricos, para a recomendação através da partição do espaço em regiões;
2. Formulação de funções de distâncias métricas para medir a similaridade entre as mídias, ao invés do uso da média de similaridade para os termos e o grau de similaridade em relação à expressão de busca;
3. Conversão do sistema de recomendação baseado em conteúdo nebuloso para um sistema híbrido, que efetue recomendações para grupos de usuários com interesses semelhantes, através da aplicação de regras de Data-Mining sobre o conjunto de navegações de usuários armazenada pelo SisRMi-CN.

Alguns dos itens acima são intuitivos quanto à sua viabilidade, outros merecem um estudo mais aprofundado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Abiteboul, 2000] Abiteboul, S.; Buneman, P.; Suciu, D.; Data on the Web: From Relations to Semistructured Data and XML, Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- [Balabanovic, 1997] Balabanovic, M.; Shoham, Y.; FAB: Combining content-based and collaborative recommendation. Communications of the ACM, pp. 66-72, Vol. 40, no. 3, London, March 1997.
- [Bellman, 1973] Bellman, Richard and Magnus Giertz. "On the Analytic Formalism of the Theory of Fuzzy Sets." Information Sciences 5, 1973.
- [Booch, 2000] Booch, G.; Rumbaugh, J.; Jacobson, I. "UML: Guia do Usuário," Editora Campus, Primeira Edição, Rio de Janeiro, 2000.
- [Borges, 2001] Borges Jr, S. R.; Consultas Nebulosas Baseadas em Informações Semânticas em um Banco de Dados Multimídia. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Departamento de Computação, UFSCar, São Paulo, Brasil, Agosto de 2001.
- [Breese, 1998] Breese, J. S.; Heckerman, D.; Kadie, C.; Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering. In Proceedings of the Fourteenth Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, pp. 43-52, July 1998.
- [Chang, 1997] Chang, S. F.; Smith, J. R.; Beigi, M.; and Benitez, A. "Visual Information Retrieval from Large Distributed On-Line Repositories." Communications of the ACM, Vol. 40, No. 12, December 1997, pp. 63-71.
- [Cox, 1994] Cox, E.; The Fuzzy Systems Handbook. AP Professional, 1994.
- [Figueiredo, 2000] Figueiredo, J. M; Desenvolvimento de um Ambiente para Autoria e Manipulação de Aplicações Multimídia na World Wide Web. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Departamento de Computação, UFSCar, São Paulo, Brasil, Agosto de 2000.
- [Grosky, 1997] Grosky, W.I.; "Managing Multimedia Information in Database Systems," Communications of the ACM, Vol 40, No. 12, (December 1997), pp. 73-80.
- [Hopcroft, 2000] Hopcroft, J.E; Motwani, R; Ullman, J.D.; "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation", First Edition. Addison-Wesley, 2000.
- [Hughes, 1971] Hughes, A.; Grawoig, D.; "Statistics: A Foundation for Analysis," Addison-Wesley Publishing Company, 1971
- [Lu, 1999a] Lu, G.; "Multimedia Database Management Systems", Chapter 8, First Edition, Artech House Publishers, 1999, pp. 201-219
- [Lu, 1999b] Lu, G.; "Multimedia Database Management Systems", Chapter 11, First Edition, Artech House Publishers, 1999, pp. 335-345
- [Mooney, 1999] Mooney, R.J.; Roy, L.; Content-based book recommending using learning for text categorization. In SIGIR'99 Workshop on Recommender Systems: Algorithms and Evaluation, 1999.
- [Mooney, 2002] LIBRA Home Page: <http://www.cs.utexas.edu/users/libra/> (Acessada em 24/05/2002)
- [OMG, 2003] OMG Home Page: <http://www.uml.org/> (Acessada em 20/03/2003)

-
- [Rucker, 1997] Rucker, J.; Marcos, J.P.; Citeseer: Personalized Navigation for the Web, Communications of the ACM, pp. 73-75, Vol. 40, no. 3, London, March 1997.
- [Rucker, 2002] Research Index Home Page: <http://www.researchindex.com>
(Acessada em 27/04/2002)
- [SMIL, 1998] W3C Recommendation; Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification, 1998. URL: <http://www.w3.org/TR/REC-smil/>
(Acessado em julho de 2002).
- [Snedecor, 1967] Snedecor, G. W.; Cochran, W. G.; "Statistical Methods," The Iowa State University Press, 1967.
- [Terveen, 1997] Terveen, L.; Hill, W.; Amento, B.; McDonald, D.; Creter, J.; PHOAKS: A System for Sharing Recommendations, Communications of the ACM, Vol. 40, No. 3, March 1997, pp. 59-62.
- [Terveen, 2002] PHOAKS Home Page: <http://www.phoaks.com>
(Acessada em 16/05/2002)
- [Vieira, 1980] Vieira, S.; "Introdução à Estatística," Editora Campus, Terceira Edição, Rio de Janeiro, 1980.
- [Zadeh, 1965] Zadeh, L. A. Fuzzy sets. Information and Control, Vol 8, pp. 338-352, 1965.

APÊNDICE A

A INTERFACE GRÁFICA DO SISRMI-CN

Em [Ruy, 1998]¹ apud [Lu, 1999a] é dito que uma procura por informações multimídia é um processo progressivo e interativo. Para auxiliar os usuários do ambiente *AMMO* nesse processo e permitir que o usuário navegue através das referências da base de dados, uma interface gráfica foi desenvolvida (Figura 63). Essa interface permite ainda o acompanhamento da navegação do usuário e de suas interações com as funcionalidades oferecidas. Uma descrição dessas funcionalidades também é apresentada nesta seção.

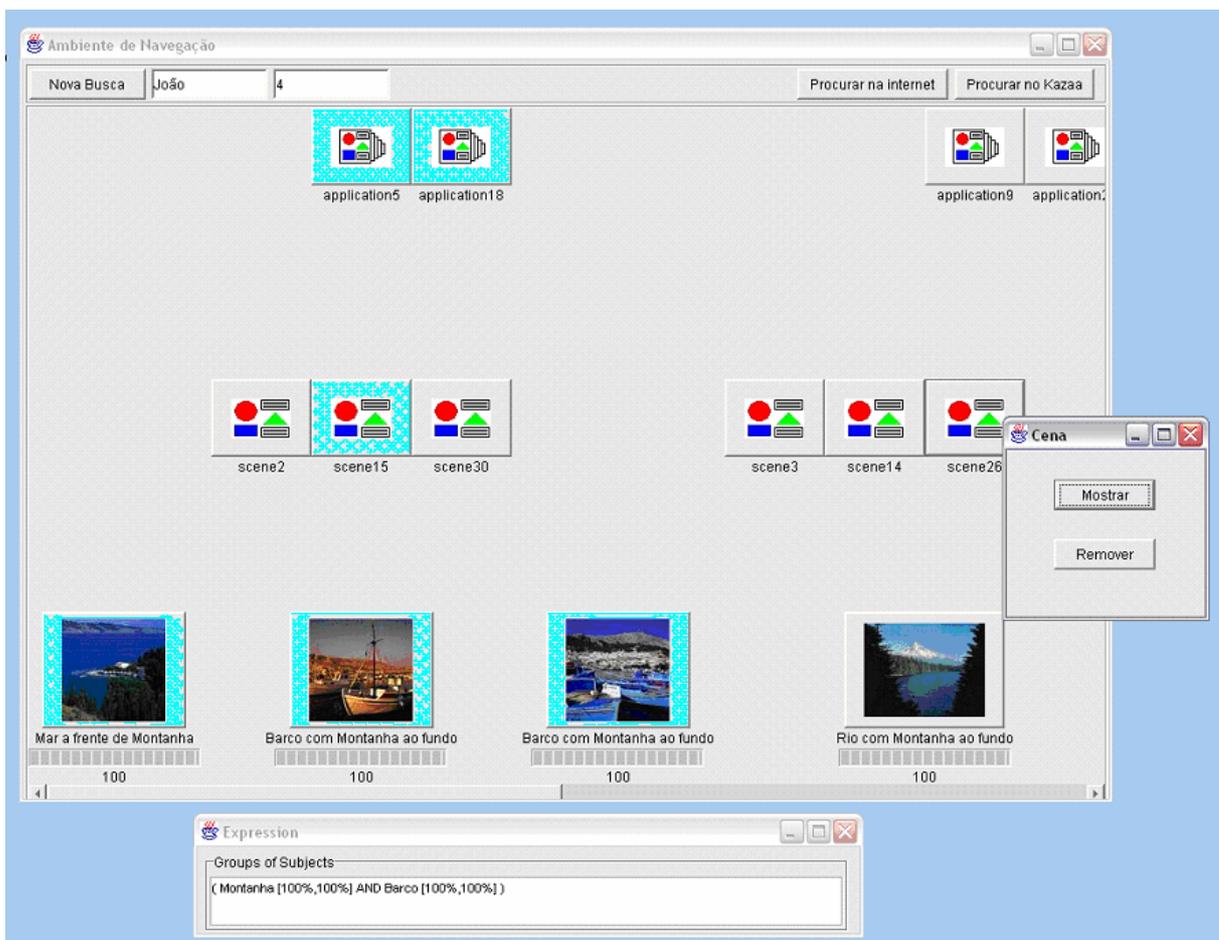


Figura 63 - Interface Gráfica desenvolvida

¹ [Ruy, 1998] Ruy, Y.; Huang, T. S.; Mehrotra, S.; "Relevance Feedback Techniques in Iterative Content-Based Image Retrieval", Proceedings of the Conference on Storage and Retrieval for Image and Video Databases IV, San Jose, CA, January 1998, SPIE Proceedings Series, Vol. 3312, pp. 25-36

Quando o usuário inicia o sistema é apresentada para ele a tela inicial (Figura 64). A tela não contém os botões relativos às cenas, mídias e aplicações, que podem ser observados na Figura 63, pois ainda nenhuma consulta nebulosa foi realizada e conseqüentemente nenhuma mídia, cena ou aplicação foi recuperada do banco de dados multimídia.

Na interface gráfica apresentada na Figura 63, podemos visualizar um grafo. As aplicações multimídia, cenas e mídias são os vértices, dispostos em três níveis, sendo as aplicações multimídia dispostas acima das cenas e essas acima das mídias, de modo a ser intuitivo a visualização e a compreensão de que os vértices acima contêm os vértices que estão abaixo, unidos a ele por uma aresta representada pelo destaque dos vértices unidos por uma mesma aresta cor azul. O grafo é, obviamente, acíclico.

Os nós que representam aplicações multimídia são rotulados com o nome da aplicação representada por ele, e os nós que representam cenas e mídias são rotulados com o nome do documento *SMIL* e do arquivo multimídia, respectivamente

Para iniciar o uso do sistema o usuário deve, primeiramente, digitar seu nome na caixa de texto onde se lê “Nome do Usuário” (Figura 64, item 1). Em seguida, a primeira consulta nebulosa no banco de dados multimídia deve ser executada, e o usuário deve formulá-la clicando no botão “Nova Consulta Nebulosa” (Figura 64, item 2) e utilizando o Wizard desenvolvido em [Borges, 2001], já descrito na seção 4.2. Essa primeira consulta nebulosa é denominada convenientemente “Consulta Nebulosa Inicial” no contexto deste trabalho. Após a Consulta Nebulosa Inicial ter sido executada o sistema informará o número da navegação do usuário no campo de texto onde se lê “Navegação” (Figura 64, item 3), e o usuário poderá visualizar as mídias recuperadas do banco de dados multimídia na parte inferior da região 4 da Figura 29. A expressão de busca atual do sistema pode ser visualizada na janela “Expressão de Busca Atual” (Figura 64, área 5), e nesse primeiro momento será idêntica à expressão utilizada na Consulta Nebulosa Inicial.

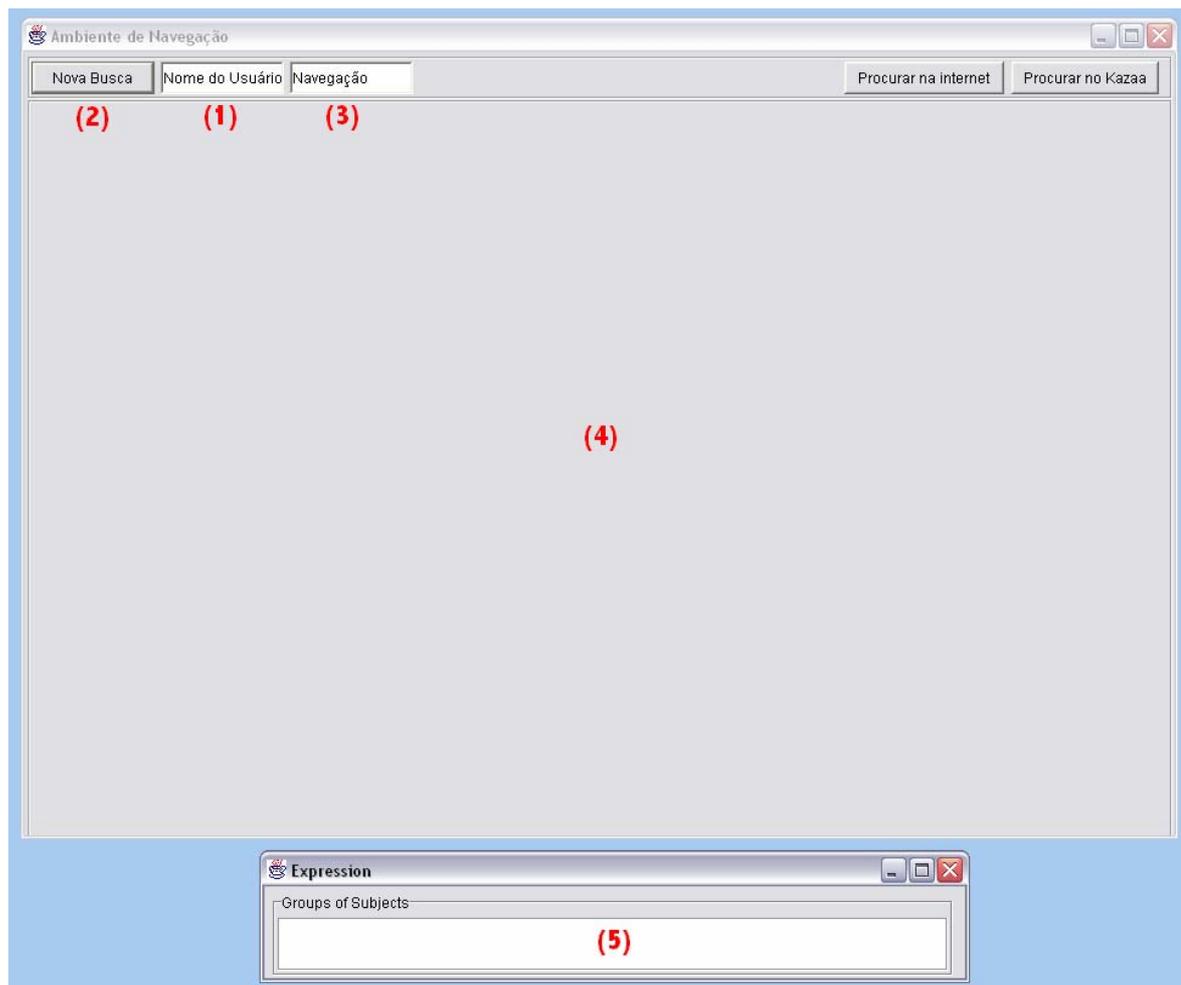


Figura 64 - Tela inicial do sistema

A Figura 65 apresenta a tela do sistema com o retorno de uma consulta nebulosa para a expressão de busca (Montanha [100%,100%] AND Barco [100%,100%]), realizada pelo usuário “João”, na sexta vez em que ele utilizou o sistema.

As mídias recuperadas do banco de dados multimídia são dispostas lado a lado na parte inferior da tela, na forma de botões estampados com o *thumbnail* da mídia respectiva (Figura 65, item 1). Abaixo de cada botão são destacadas duas informações fundamentais sobre aquela respectiva mídia: um resumo de sua informação semântica (Figura 65, item 2) e o seu grau de similaridade em relação à Expressão de Busca Atual (Figura 65, item 3).

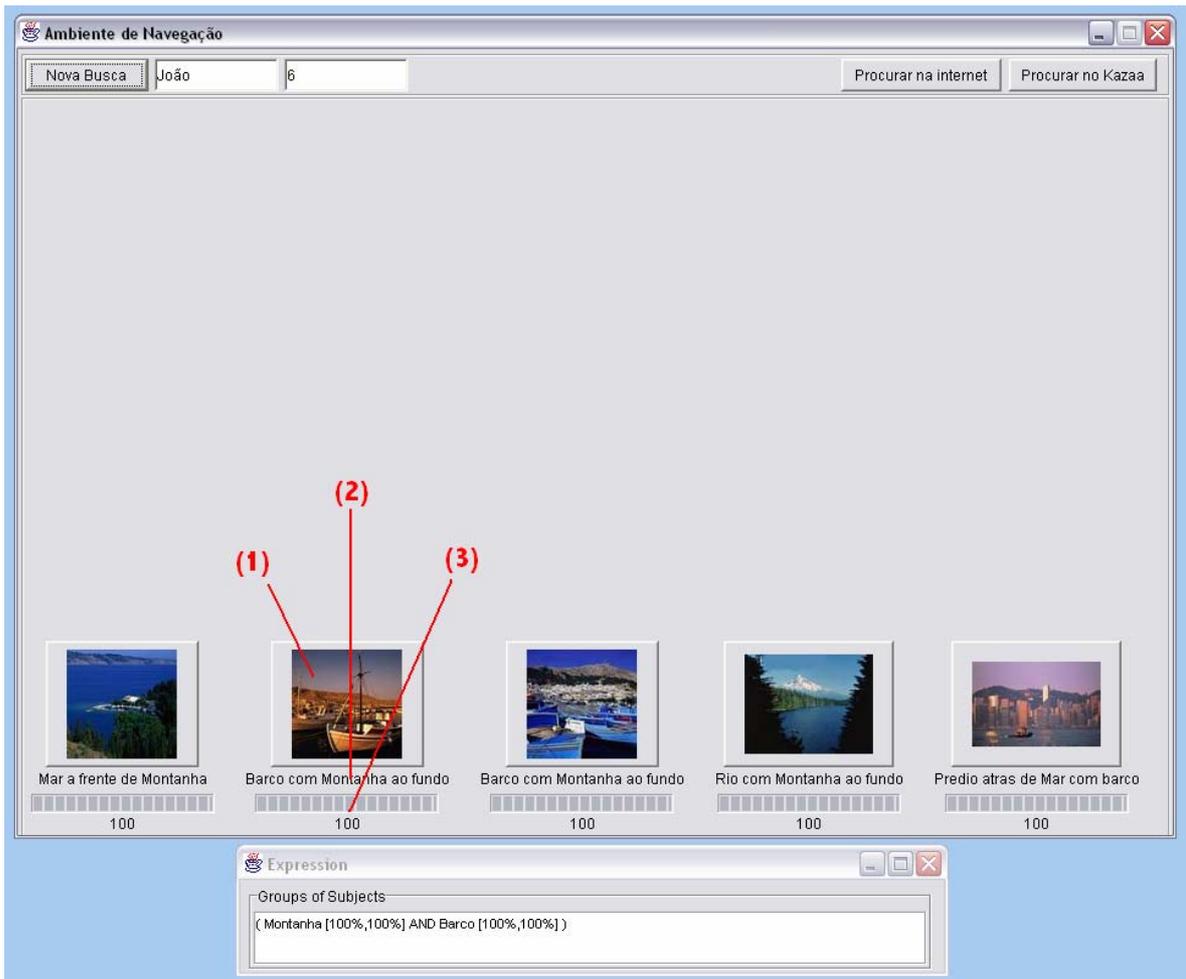


Figura 65 - A tela do sistema com o retorno de uma consulta nebulosa para a expressão de busca (Montanha [100%,100%] AND Barco [100%,100%])

O usuário pode agora iniciar a sua navegação através das mídias, cenas e aplicações multimídia contidas no banco de dados selecionando (clikando sobre o botão) uma das mídias recuperadas. Ao clicar sobre o botão da mídia são recuperadas do banco de dados todas as cenas compostas por aquela mídia, e um menu é apresentado ao usuário disponibilizando as opções relativas àquela mídia. A Figura 66 mostra a tela do sistema após o usuário “João” ter selecionado a mídia que possui o resumo da informação semântica igual a “Barco com Montanha ao fundo”, em um estado do sistema idêntico ao da Figura 65.

O sistema apenas acrescenta à interface gráfica os objetos multimídias (mídia, cenas ou aplicações multimídia) que ainda não estão representados na interface gráfica (evitando que o mesmo objeto multimídia apareça diversas vezes) e que não foram removidos anteriormente pelo usuário (o mesmo já demonstrou que não possui interesse no objeto multimídia).

As cenas recuperadas e que podem ser adicionadas à interface gráfica são acrescentadas lado a lado, logo acima da mídia selecionada (Figura 66, item 1), tornando evidente a relação com a mesma. Cada cena é representada por um botão com um ícone que denota uma cena (Figura 66, item 2). O nome da cena é mostrado logo abaixo de seu botão (Figura 66, item 3).

A janela de título “Mídia” (Figura 66, item 4) apresenta o menu que disponibiliza as opções relativas a mídia que possui o resumo da informação semântica igual a “Barco com Montanha ao fundo”. Duas opções são disponibilizadas: “Mostrar” (Figura 66, item 5) e “Remover” (Figura 66, item 6).

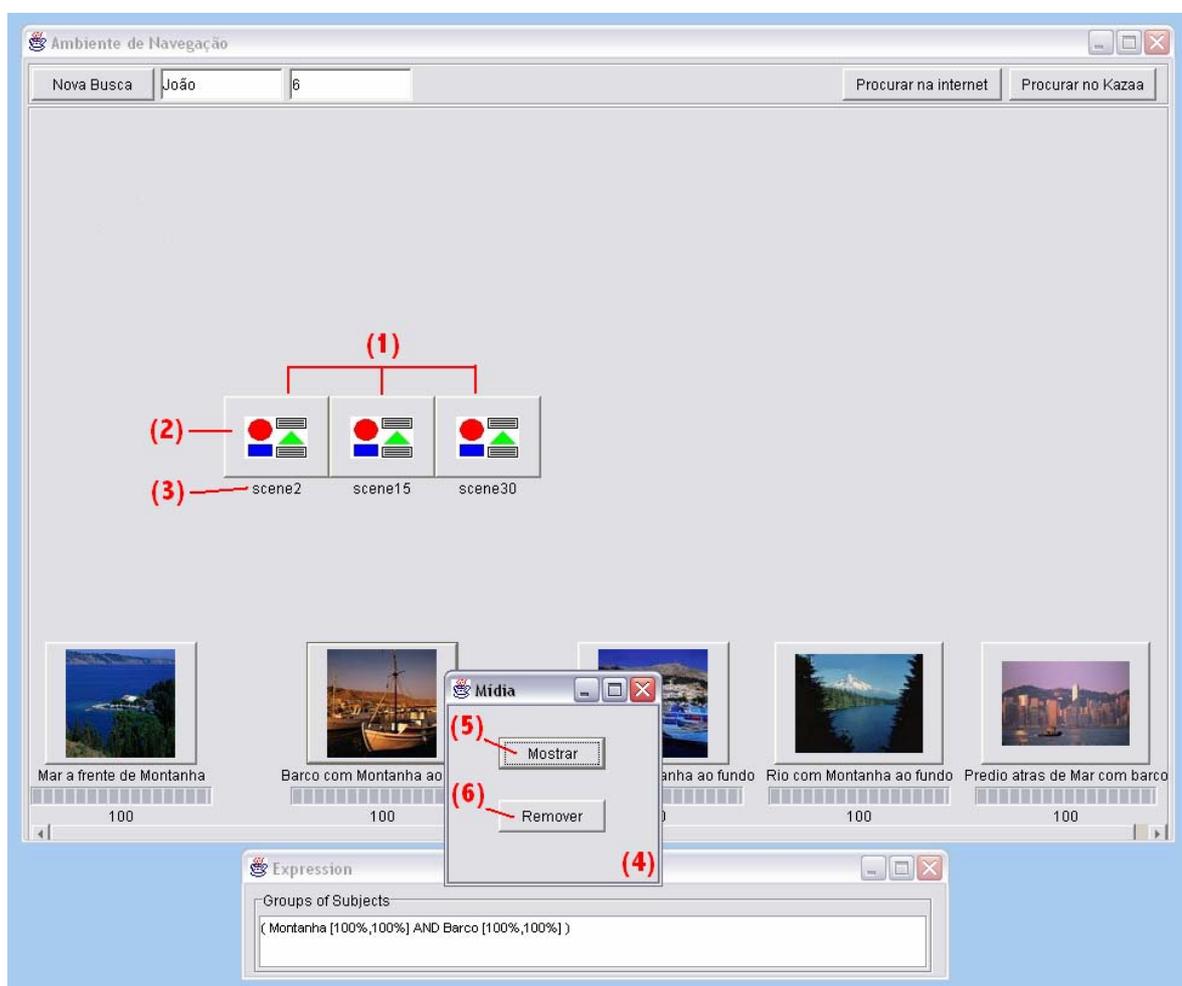


Figura 66 - Tela do sistema após a seleção da mídia que possui o resumo da informação semântica igual a “Barco com Montanha ao fundo”

A primeira opção, “Mostrar”, quando selecionada faz com que o sistema abra uma nova janela e apresente a mídia na íntegra, ou seja, uma imagem será mostrada no seu

tamanho natural, um áudio, um vídeo ou animação serão executados e um texto será apresentado. A tela do sistema após a seleção da opção “Mostrar” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66 é vista na Figura 67.

A segunda opção, “Remover”, quando selecionada remove a mídia da interface gráfica, de forma a retirar da interface mídias que não sejam do interesse do usuário. Também são retiradas da interface as cenas que foram adicionadas à interface pela seleção da mídia. A tela do sistema após a seleção da opção “Remover” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66 é exposta na Figura 68. As cenas que foram adicionadas à interface gráfica pela seleção da mídia que possui o resumo da informação semântica igual a “Barco com Montanha ao fundo” (scene 2, scene 15 e scene30, Figura 30) também são retiradas da interface gráfica.

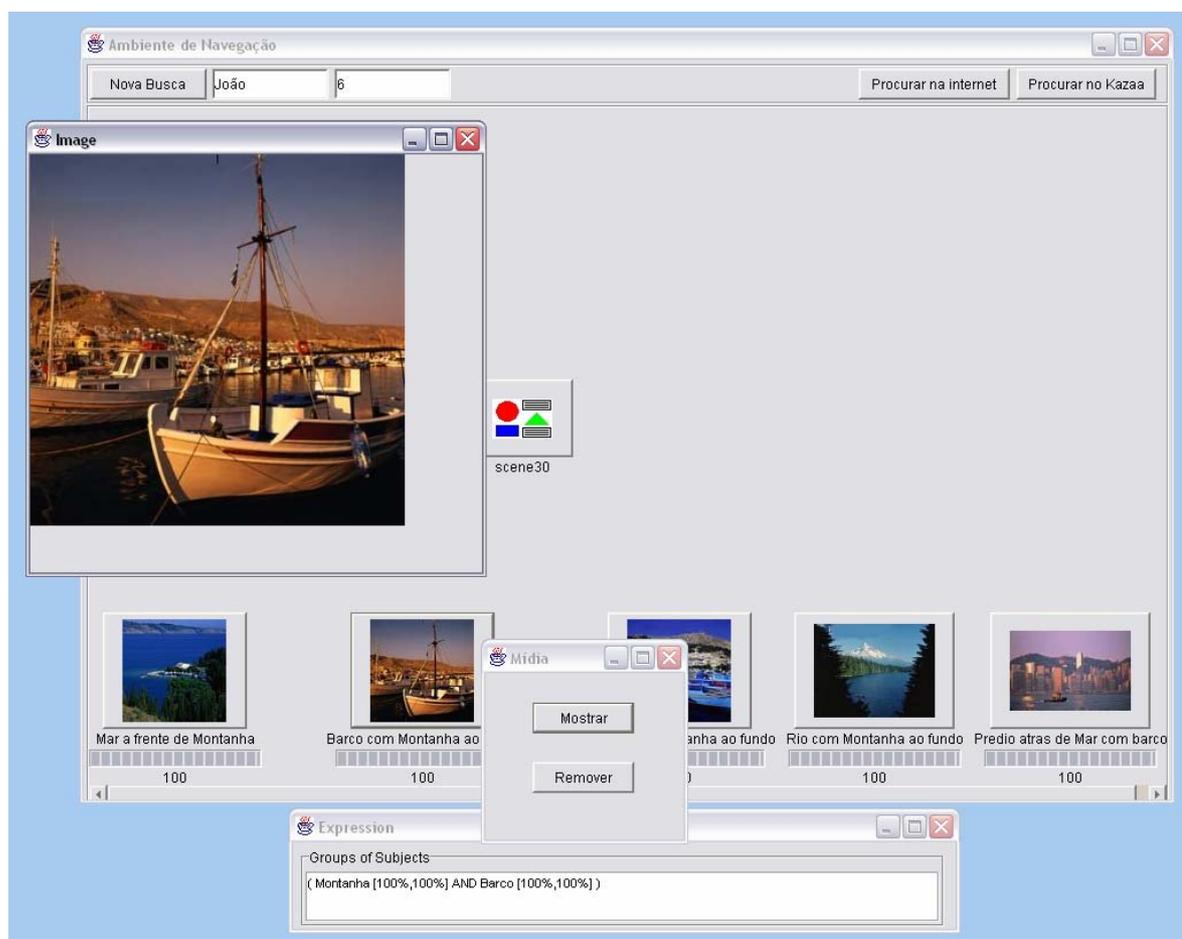


Figura 67 - Tela do sistema após a seleção da opção “Mostrar” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66

Como as cenas “scene2”, “scene15” e “scene30” foram retiradas da interface pelo sistema, elas podem voltar a serem adicionadas à interface gráfica, porém a mídia, que foi removida pelo usuário, não. O sistema também é responsável por manter a clareza da interface, redesenhando e reorganizando os objetos multimídia de modo a não deixar espaços vazios entre eles. Na Figura 68 pode-se observar que não sobrou um espaço entre as mídias depois da seleção da opção “Remove” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66.

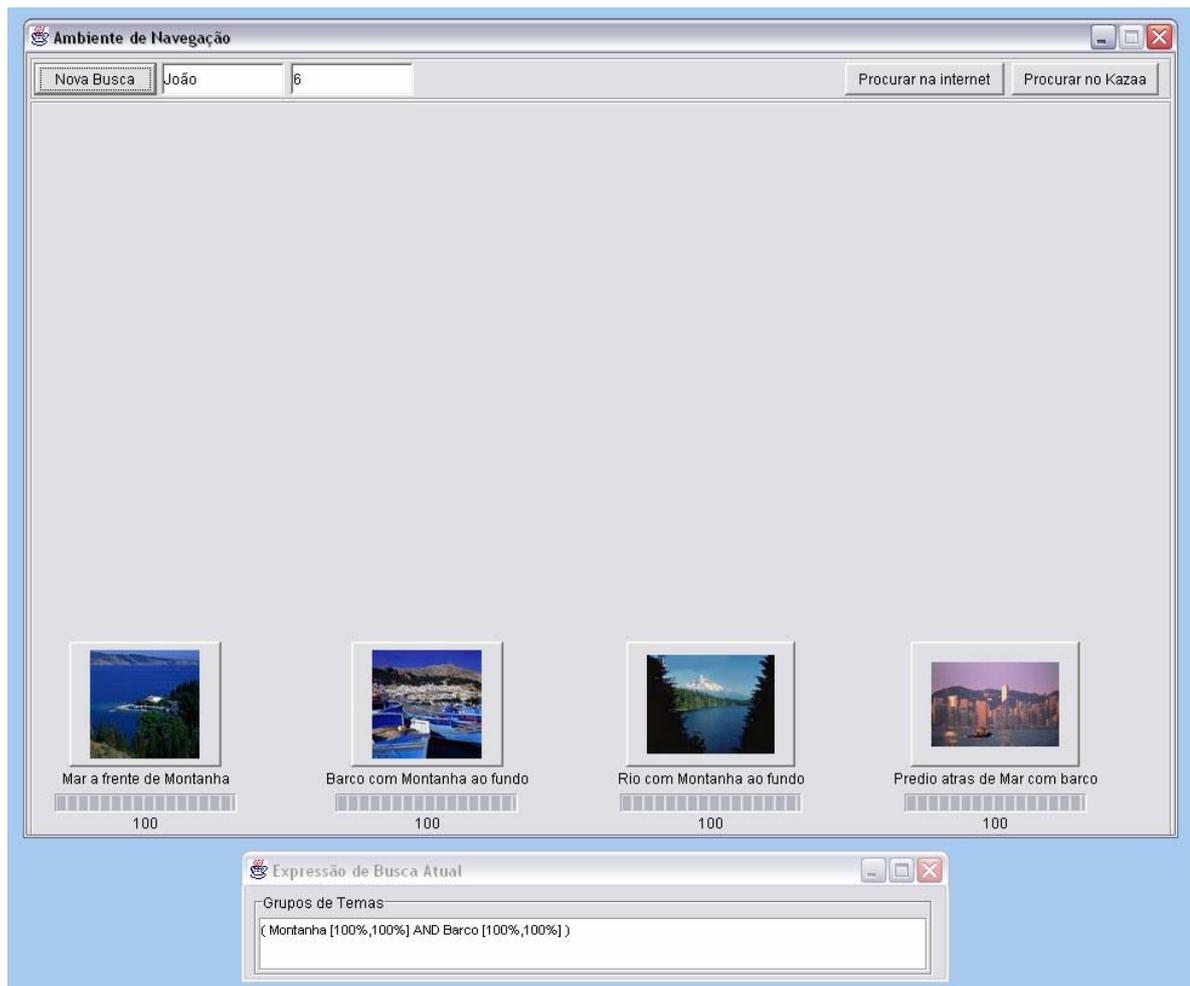


Figura 68 - A tela do sistema após a seleção da opção “Remove” em um estado do sistema idêntico ao da Figura 66

APÊNDICE B

TABELAS PARA AS VARIÁVEIS F, T E Q

Tabela 14 - Valores de F para $\alpha = 5\%$, segundo o Número de graus de liberdade do numerador e do denominador

Número de graus de liberdade do denominador	Número de graus de liberdade do numerador								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

continua

Continuação da Tabela 14

Número de graus de liberdade do denominador	Número de graus de liberdade do numerador									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,43	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Fonte: SCHEFFÉ (1959)

Tabela 15 - Valores de t para $\alpha = 5\%$, segundo os graus de liberdade

Graus de Liberdade	Valor de t
1	12.71
2	4.30
3	3.18
4	2.78
5	2.57
6	2.45
7	2.36
8	2.31
9	2.26
10	2.23
11	2.20
12	2.18
13	2.16
14	2.14
15	2.13
16	2.12
17	2.11
18	2.10
19	2.09
20	2.09
21	2.08
22	2.07
23	2.07
24	2.06
25	2.06
26	2.06
27	2.05
28	2.05
29	2.04
30	2.04
40	2.02
60	2.00
120	1.98
∞	1.96

Fonte. SCHEFFÉ (1959)

Tabela 16 - Valores da amplitude total estudentizada (q) para $\alpha = 5\%$, segundo o número de tratamentos (k) e os graus de liberdade do resíduo

Número de graus de liberdade do resíduo	Número de tratamentos (k)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8,0	27,0	32,8	37,1	40,4	43,1	45,4	47,4	49,1
2	6,08	8,33	9,80	10,9	11,7	12,4	13,0	13,5	14,0
3	4,50	5,91	6,82	7,50	8,04	8,48	8,85	9,18	9,46
4	3,93	5,04	5,76	6,29	6,71	7,05	7,35	7,60	7,83
5	3,64	4,60	5,22	5,67	6,03	6,33	6,58	6,80	6,99
6	3,46	4,34	4,90	5,30	5,63	5,90	6,12	6,32	6,49
7	3,34	4,16	4,68	5,06	5,36	5,61	5,82	5,00	6,16
8	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,40	5,60	5,77	5,92
9	3,20	3,95	4,41	4,76	5,02	5,24	5,43	5,59	5,74
10	3,15	3,88	4,33	4,65	4,91	5,12	5,30	5,46	5,60
11	3,11	3,82	4,26	4,57	4,82	5,03	5,20	5,35	5,49
12	3,08	3,77	4,20	4,51	4,75	4,95	5,12	5,27	5,39
13	3,06	3,73	4,15	4,45	4,69	4,88	5,05	5,19	5,32
14	3,03	3,70	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99	5,13	5,25
15	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94	5,08	5,20
16	3,00	3,65	4,05	4,33	4,56	4,74	4,90	5,03	5,15
17	2,98	3,63	4,02	4,30	4,52	4,70	4,86	4,99	5,11
18	2,97	3,61	4,00	4,28	4,49	4,67	4,82	4,96	5,07
19	2,96	3,59	3,98	4,25	4,47	4,65	4,79	4,92	5,04
20	2,95	3,58	3,96	4,23	4,45	4,62	4,77	4,90	5,01
24	2,92	3,53	3,90	4,17	4,37	4,54	4,68	4,81	4,92
30	2,89	3,49	3,85	4,10	4,30	4,46	4,60	4,72	4,82
40	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52	4,63	4,73
60	2,83	3,40	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44	4,55	4,65
120	2,80	3,36	3,68	3,92	4,10	4,24	4,36	4,47	4,56
∞	2,77	3,31	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29	4,39	4,47

continua

Continuação da Tabela 16

Número de graus de liberdade do resíduo	Número de tratamentos (k)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	50,6	52,0	53,2	54,3	55,4	56,3	57,2	58,0	58,8	59,6
2	14,4	14,7	15,1	15,4	15,7	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8
3	9,72	9,95	10,2	10,3	10,5	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2
4	8,03	8,21	8,37	8,52	66	8,79	8,91	9,03	9,13	9,23
5	7,17	7,32	7,47	7,60	7,72	7,83	7,93	8,03	8,12	8,21
6	6,65	6,79	6,92	7,03	7,14	7,24	7,34	7,43	7,51	7,59
7	6,30	6,43	6,55	6,66	6,76	6,85	6,94	7,02	7,10	7,17
8	6,05	6,18	6,29	6,39	6,48	6,57	6,65	6,73	6,80	6,87
9	5,87	5,98	6,09	6,19	6,28	6,36	6,44	6,51	6,58	6,64
10	5,72	5,83	5,93	6,03	6,11	6,19	6,27	6,34	6,40	6,47
11	5,61	5,71	5,81	5,90	5,98	6,06	6,13	6,20	6,27	6,33
12	5,51	5,61	5,71	5,80	5,88	5,95	6,02	6,09	6,15	6,21
13	5,43	5,53	5,63	5,71	5,79	5,86	5,93	5,99	6,05	6,11
14	5,36	5,46	5,55	5,64	5,71	5,79	5,85	5,91	5,97	6,03
15	5,31	5,40	5,49	5,57	5,65	5,72	5,78	5,85	5,90	5,96
16	5,26	5,35	5,44	5,52	5,59	5,66	5,73	5,79	5,84	5,90
17	5,21	5,31	5,39	5,47	5,54	5,61	5,67	5,73	5,79	5,84
18	5,17	5,27	5,35	5,43	5,50	5,57	5,63	5,69	5,74	5,79
19	5,14	5,23	5,31	5,39	5,46	5,53	5,59	5,65	5,70	5,75
20	5,11	5,20	5,28	5,36	5,43	5,49	5,55	5,61	5,66	5,71
24	5,01	5,10	5,18	5,25	5,32	5,38	5,44	5,49	5,55	5,59
30	4,92	5,00	5,08	5,15	5,21	5,27	5,33	5,38	5,43	5,47
40	4,82	4,90	4,98	5,04	5,11	5,16	5,22	5,27	5,31	5,36
60	4,73	4,81	4,88	4,94	5,00	5,06	5,11	5,15	5,20	5,24
120	4,64	4,71	4,78	4,84	4,90	4,95	5,00	5,04	5,09	5,13
∞	4,55	4,62	4,68	4,74	4,80	4,85	4,89	4,93	4,97	5,01

Fonte. SCHEFFÉ (1959)

APÊNDICE C

MECANISMO DE BUSCA E CLASSIFICAÇÃO DE MÍDIAS

Esse apêndice é constituído de trechos adaptados do capítulo 5 do trabalho de Borges [Borges, 2001].

1 - Mecanismo de Busca

Para avaliar a expressão de busca, o mecanismo de busca realiza duas etapas. A primeira efetua uma pré-seleção das mídias armazenadas com base nos temas envolvidos, e a segunda realiza o cálculo do μ_o para cada uma das mídias pré-selecionadas.

As mídias pré-selecionadas na primeira etapa contêm, no mínimo, um dos temas desejados pelo usuário, ou algum tema similar aos desejados, o qual satisfaz a similaridade mínima definida. Por exemplo, suponha que o usuário deseja recuperar um tema Morro com grau de similaridade mínima de 0.8 (80%). Para esse tema Morro é pré-selecionado um conjunto de mídias que contêm o tema Morro, e também mídias que contêm temas similares a Morro, tais como Montanha e Monte, supondo que o grau de similaridade entre esses temas seja maior ou igual a 0.8. Isso ocorre para cada tema estabelecido na consulta.

Na segunda etapa, o cálculo do μ_o para cada mídia recuperada é realizado através da avaliação da expressão de busca definida pelo usuário, a qual é composta por temas combinados em grupos que se relacionam através de conectores AND/OR. Dessa forma, a expressão de busca pode ser definida por:

$$G_1 \theta G_2 K \theta G_n ,$$

onde G_1 , G_2 e G_n representam os grupos da expressão de busca e θ os conectores AND ou OR.

Os grupos que compõem a expressão de busca são classificados em:

- Grupos de temas: grupos constituídos por um ou vários temas relacionados entre si através de conectores AND/OR;
- Composições de temas: grupos constituídos por temas conectados entre si através de uma associação.

Um exemplo de expressão de busca que contempla esses grupos é apresentado a seguir:

$$((\text{Morro}) \text{ OR } (\text{Mar OR Praia})) \text{ AND } (\text{Mar COM Barco})$$

Nessa expressão têm-se os grupos de temas (Morro), constituído por um único tema Morro, e (Mar OR Praia), constituído pelos temas Mar e Praia e pelo conector OR, e também o grupo de composição de temas (Mar Com Barco), constituído pelos temas Mar e Barco, relacionados pela associação COM. Cada grupo G_j é definido formalmente como:

$$G_j = \begin{cases} T_{j_1}, \\ T_{j_1} \text{ Assoc } T_{j_2}, \text{ ou} \\ T_{j_1} \theta T_{j_2} \text{ K } \theta T_{j_m} \text{ p/ } \theta = \text{ AND/OR} \end{cases}$$

onde *Assoc* representa a associação entre dois temas de uma composição e, T_{j_i} , $i = 1, \dots, m$ os temas do grupo G_j .

Para o cálculo do valor μ_o são considerados os grupos G_j envolvidos na expressão de busca e como estes estão relacionados entre si (conectores AND/OR). Para cada grupo é calculado um grau de similaridade, denominado μ_{G_j} , que é diferenciado de acordo com a sua formação. O cálculo dos graus de similaridade dos grupos de temas relacionados através do conector AND é diferente do cálculo dos grupos de temas relacionados pelo conector OR, que, por sua vez, é diferente dos cálculos dos grupos de composição de temas. Os temas também possuem cálculos específicos quando acompanhados por qualificadores ou não. Dessa forma, para se realizar o cálculo do μ_o para cada mídia pré-selecionada, é necessário calcular os graus de similaridade de cada grupo (μ_{G_j}) e também os graus de similaridade de cada um dos temas desses grupos, denominado de μ_{T_i} (μ_{T_i} é uma simplificação de T_{j_i}).

A seguir são apresentadas as fórmulas utilizadas para os cálculos dos graus de similaridade dos temas e dos grupos, e em seguida, as utilizadas para o cálculo do μ_o .

1.1 - Cálculo do grau de similaridade dos temas, μT_i

O valor de μT_i representa o grau de similaridade de cada tema de um grupo em relação aos temas encontrados na mídia. Por exemplo, se o usuário está procurando uma mídia que contém um Morro, e se uma determinada imagem encontrada possui o tema Morro, o grau de similaridade entre esses temas é 1.0, ou seja, o tema desejado é 100% similar ao encontrado na mídia.

O cálculo de μT_i difere para tema com e sem qualificadores:

a. μT_i para temas sem qualificadores

Quando o tema T_i fornecido pelo usuário não possui qualificadores, o cálculo de μT_i é obtido através da expressão (1):

$$\mu T_i = \begin{cases} simT_i, & \text{se } simT_i \geq tlr \\ 0, & \text{se } simT_i < tlr \end{cases} \quad (1)$$

onde $tlr = sim_{desejada} * rlvT_i$ é o valor de tolerância e, $sim_{desejada}$ e $rlvT_i$ são graus de similaridade e relevância correspondentes fornecidos pelo usuário para um tema T_i , e $simT_i$ é o grau de similaridade encontrada para o tema T_i .

O valor de tolerância, tlr , é aplicado para permitir que temas com graus de similaridade próxima ao tema desejado também possam ser qualificados para a consulta, ou seja, a exigência na recuperação de temas é reduzida, pois o valor mínimo do grau de similaridade para que um tema seja recuperado deve ser superior ao valor de tolerância do tema requerido (1). Por exemplo, suponha que o usuário deseja recuperar uma imagem que contenha uma Montanha, com grau de similaridade mínima de 0.95 (95%) e relevância de 0.85 (85%), e que durante a recuperação foi encontrada uma imagem que possui um Morro, com grau de similaridade de 0.9 em relação à Montanha. Essa mídia não seria recuperada se o cálculo da tolerância não fosse

utilizado, pois o grau de similaridade entre o tema desejado (Montanha) e o encontrado na mídia (Morro), 0.9, é menor do que a desejada para Montanha, 0.95. No entanto, utilizando o cálculo da tolerância ($0.85 * 0.95 = 0.81$), a imagem encontrada é recuperada, pois o grau de similaridade do tema encontrado, 0.85, é maior que a tolerância, 0.81.

b. μT_i para tema com qualificadores

Quando um determinado tema procurado é encontrado na mídia (temas com qualificadores), a fórmula da expressão (2) é utilizada para o cálculo de μT_i .

$$\mu T_i = \frac{\sum_{j=1}^n (sim_{Q_j} * rlv_{Q_j})}{\sum_{j=1}^n rlv_{Q_j}} \quad (2)$$

onde $Q_j, j = 1, \dots, n$, é o conjunto de qualificadores de T_i , sendo sim_{Q_j} o grau de similaridade encontrado na tabela de proximidade do qualificador Q_j e rlv_{Q_j} seu grau de relevância fornecido pelo usuário.

O valor de μT_i da expressão (5.2) é calculado através da média ponderada dos graus de similaridade dos qualificadores utilizando-se como peso a relevância. Dessa forma, ocorre uma compensação da influência dos termos para o cálculo da similaridade. Assim, quanto maior a relevância de um qualificador para um tema, maior será sua influência no valor de μT_i .

Neste caso também é tratada a situação em que o grau de similaridade encontrado de um qualificador é menor que o desejado, semelhante ao considerado para temas na expressão (5.1); também é utilizada a tolerância para diminuir a exigência na recuperação. Assim, a tolerância de um qualificador ($tlr_{Q_j} = sim_{Q_{desejada}} * rlv_{Q_j}$) deve ser menor que o grau de similaridade encontrado, sim_{Q_j} .

Por exemplo, considere que o usuário deseja recuperar uma mídia que contenha o tema Morro, com grau de similaridade mínima de 0.8 e relevância 1, e com os seguintes qualificadores com seus respectivos graus de similaridade e relevância: cor Verde (0.8, 1),

altura Alta (0.6, 1) e vegetação Gramada (0.80, 0.85). Suponha que, durante a recuperação, uma mídia que contém o tema Morro seja encontrada, com os seguintes qualificadores e graus de similaridade: cor Verde Claro (0.9), altura Média (0.8) e vegetação Rasteira (0.7). Aplicando a fórmula da expressão (2) para esse tema Morro, tem-se o seguinte cálculo de μT_i :

$$\mu_{Morro} = \frac{(0.90 * 1) + (0.80 * 1) + (0.70 * 0.85)}{1 + 1 + 0.85} = 0.80$$

A mídia encontrada é recuperada, embora o qualificador Rasteira não tenha satisfeito o grau de similaridade mínima desejada para Gramada, 0.8. No entanto, o valor de tolerância de Gramada, 0.68 ($tlr_{Gramada} = sim_{desejada} * rlv_{Gramada} \Rightarrow tlr = 0.80 * 0.85 \Rightarrow tlr = 0.68$), é menor que o grau de similaridade encontrado para Rasteira, 0.7, permitindo a recuperação da mídia.

Observe-se que para temas com qualificadores, somente são considerados temas cuja similaridade entre o tema requisitado e os encontrados nas mídias seja 1, ou seja, os temas devem ser 100% similares aos fornecidos pelos usuário. Essa restrição foi imposta, já no trabalho de Fornazari, para evitar que ocorram distorções em algumas situações, e que os resultados obtidos não sejam satisfatórios. Por exemplo, suponha que o usuário requisitou imagens que contenha Montanha com o qualificador altura Alta, mas que em uma determinada imagem tenha sido encontrado o tema Morro com o mesmo qualificador. O valor de similaridade encontrado pode ter seu significado inteiramente alterado, pois um Morro Alto pode apresentar similaridade muito pequena com relação a uma Montanha Alta. Para contornar esse problema um trabalho está sendo realizado por Vieira e Biajiz (Vieira e Biajiz, 2001).

A seguir, são apresentadas as fórmulas utilizadas nos cálculos dos graus de similaridade dos grupos, μG_j .

1.2 - Cálculo do grau de similaridade dos grupos, μG_j

Após o cálculo dos graus de similaridade dos temas de cada grupo, é possível calcular o grau de similaridade de cada grupo da expressão de busca. No entanto, esses cálculos diferem de acordo com a formação desses grupos. Por exemplo, considere a expressão de busca a seguir:

((Morro AND Barco) OR (Mar OR Praia)) AND (Mar Com Barco)

Suponha que foram definidos os seguintes graus de relevância para os temas: *Morro* (0.8), *Mar* (0.9), *Praia* (1.0) e *Barco* (1.0), e que o valor de μT_i para cada um dos temas dessa expressão tenha sido calculado para um objeto de mídia do tipo *Image*, sendo respectivamente, os seguintes:

$$\begin{array}{ccc} ((0.8 \text{ AND } 0.9) \text{ OR } (0.8 \text{ OR } 0.9)) \text{ AND } (0.8 \text{ Com } 0.9) & & \\ G_1 & G_2 & G_3 \end{array}$$

O cálculo dos graus de similaridade dos grupos inicia-se percorrendo a expressão de busca, da esquerda para a direita respeitando a precedência definida pelos parênteses, obedecendo a seguinte classificação:

a. Grupos compostos com apenas um tema

Os grupos compostos por apenas um tema possuem como valor de μG_j , o grau de similaridade desse único tema, como apresentado na expressão (3):

$$\mu G_j = \mu T_1 \quad (3)$$

b. Grupos de temas com conectores AND (grupo G_1 do exemplo)

O cálculo do valor μG_j , para grupos compostos por dois ou mais temas conectados através do operador AND, é definido pela fórmula da expressão (4).

$$\mu G_j = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu T_i * rlv_{T_i})}{\sum_{i=1}^n rlv_{T_i}} \quad (4)$$

onde μT_i , $i = 1, \dots, n$, são os graus de similaridade obtidos dos temas T_i de G_j , e rlv_{T_i} o grau de relevância do tema T_i .

Nesse caso, o cálculo de μG_j é semelhante ao cálculo de μT_i para tema com qualificadores apresentados na expressão (2). Dessa forma, o cálculo é realizado através da média ponderada dos graus de similaridade dos temas, utilizando-se como peso o grau de relevância dos mesmos. Por exemplo, considerando o grupo G_1 da expressão utilizada como exemplo, o cálculo de μG_1 é realizado da seguinte maneira:

$$\mu G_1 = \frac{0.8 * 0.8 + 0.9 * 1.0}{0.8 + 1.0} = 0.85$$

Na teoria dos conjuntos nebulosos, a operação de interseção (operador AND) entre elementos de dois conjuntos nebuloso, é realizada através do menor (*min*) valor dos elementos envolvidos. Entretanto, para a natureza das informações manipuladas (informações semânticas em dados multimídia) verificou-se que a média ponderada dos graus de similaridade dos temas, melhor se aplica. Para exemplificar essa constatação, suponha que tenham sido solicitadas mídias contendo as informações Prédio Alto AND Lago Azul AND Pássaro Branco. Considere que tenham sido encontradas duas mídias contendo os seguintes graus de similaridade para os três termos considerados: (0.9 AND 0.9 AND 0.3) e (0.35 AND 0.35 AND 0.35), e grau de relevância 1 para todos. Aplicando o operador mínimo (*min*), o valor calculado para a primeira mídia seria 0.3, enquanto para a segunda seria 0.35, classificando esta última como mais similar à requerida. No entanto, com a média ponderada, os valores calculados seriam 0.7 e 0.35 respectivamente, produzindo um melhor resultado.

Intuitivamente percebe-se que primeira mídia está mais próxima do que foi desejado pelo usuário do que a segunda, devido aos graus de similaridade obtidos para as duas.

c. Grupos de temas com conectores OR (grupo G_2 do exemplo)

O cálculo do valor de μG_j , para grupos compostos por mais de um tema conectados através do operador OR, é definido pela fórmula (5).

$$\mu G_j = \max \{ \mu T_i * rlv T_i, i = 1, \dots, p \}, \quad (5)$$

onde p é o número de temas do grupo, μT_i o grau de similaridade obtido dos temas T_i de G_j , e $rlv T_i$ o grau de relevância do tema T_i .

Nesse caso, verificou-se que, para o nosso trabalho, a operação de união (*max*) definida na teoria dos conjuntos nebulosos é adequada para natureza das informações manipuladas.

d. Grupos com composições de temas

Os grupos com composições de temas possuem o valor de μG_j calculado através da fórmula apresentada na expressão (6):

$$\mu G_j = \frac{(\mu T_i * rlv T_i) + (\mu T_{i+1} * rlv T_{i+1}) + sim_{assocj}}{rlv T_i * rlv T_{i+1} + 1} \quad (6)$$

onde μT_i , μT_{i+1} , $rlv T_i$ e $rlv T_{i+1}$ são os graus de similaridade calculados e os graus de relevância informados, respectivamente, para o primeiro e segundo tema, e sim_{assocj} o grau de similaridade da associação entre a requerida e a encontrada na mídia. Nas composições de temas assume-se que o grau de relevância é 1.0 (representado pelo valor 1 no denominador da expressão (3)), pois quando definidas em uma expressão de busca, elas são consideradas obrigatórias, e portanto, as mídias recuperadas devem contê-las. Para o exemplo considerado, supondo que a similaridade entre a composição (Mar Com Barco) e a encontrada na mídia seja 0.9, o cálculo de μG_j para esse grupo (G_3) é o seguinte:

$$\mu G_3 = \frac{0.8 * 0.8 + 1.0 * 1.0 + 0.9}{0.8 + 1.0 + 1.0} = 0,94$$

A seguir são apresentadas as fórmulas utilizadas no cálculo de μ_o da mídia.

1.3 - Cálculo do grau de similaridade das mídias, μ_o

O cálculo de μ_o da média é realizado após obtidos os graus de similaridade dos grupos. Esse valor de μ_o é calculado levando em consideração os conectores entre os grupos e a precedência definida.

Inicialmente, é calculado um valor de μ_o intermediário para os dois primeiros valores de μ_{Gj} (μ_{G_1} e μ_{G_2}) com base no conector entre eles. Se esses valores forem conectados através do operador OR, o valor de μ_o é o maior valor de μ_{Gj} dos dois grupos, como apresentado na expressão (7):

$$\mu_o = \max \{ \mu_{Gj}, \mu_{G_{j+1}} \}, j = 1, \dots, n, \text{ onde } n = \text{quantidade de grupos} \quad (7)$$

No entanto, para grupos combinados pelo conector AND, o cálculo do μ_o é obtido através da média aritmética dos graus de similaridade entre os valores dos grupos, pela expressão (8).

$$\mu_o = \frac{\mu_{Gj} + \mu_{G_{j+1}}}{2}, \text{ sendo que } \min \{ \mu_{Gj}, \mu_{G_{j+1}} \} > 0 \quad (8)$$

onde $j = 1, \dots, n$, e $n =$ quantidade de grupos.

A exigência $\min \{ \mu_{Gj}, \mu_{G_{j+1}} \} > 0$ se deve ao fato de se trata de dois grupos combinados pelo conector AND, o que representa que os dois devem estar presentes na consulta e, portanto, devem ter $\mu_G > 0$. Optou-se calcular μ_o como sendo a média aritmética dos graus de similaridade dos grupos. Essa escolha levará a uma mesma classificação situações diferentes. Por exemplo, suponha que duas mídias distintas apresentem os seguintes valores para o cálculo de μ_G :

Mídia 1: $\mu_{G_1} = 0.1$ e $\mu_{G_2} = 0.9$

Mídia 2: $\mu_{G_1} = 0.5$ e $\mu_{G_2} = 0.5$

logo para ambas têm-se $\mu_o = 0.5$.

O exemplo mostra que o grupo G_2 da mídia 1 tem grau de similaridade próximo ao desejado pelo usuário, enquanto o grupo G_1 não tem. Por outro lado, os grupos G_1 e G_2 da mídia 2 satisfazem parcialmente a consulta. É difícil avaliar qual das duas mídias melhor satisfaz ao usuário sem observá-las. Dessa forma, entende-se que um mesmo grau de similaridade é mais adequado, utilizando-se para isso, a média aritmética.

Após o cálculo do μ_o intermediário, é obtido o valor final de μ_o . Para isso, um novo valor intermediário de μ_o é calculado envolvendo o valor resultante desse primeiro cálculo e o próximo valor μ_{G_j} a ser combinado. Nesse cálculo também é considerada a fórmula correspondente ao conector entre os valores e a precedência definida, e assim sucessivamente, até se chegar ao último grupo da expressão de busca com o valor de μ_o da mídia calculado.

Para exemplificar, suponha os valores de μ_{G_j} , com $j = 1, \dots, 3$, do exemplo considerado, calculados anteriormente:

$$(0.85 \text{ OR } 0.9) \text{ AND } (0.94)$$

$$\mu_{G_1} \quad \mu_{G_2} \quad \mu_{G_3}$$

Nesse exemplo, o cálculo do valor inicial de μ_o (para os dois primeiros graus de similaridade dos grupos) é obtido utilizando a fórmula (7) correspondente ao conector OR:

$$\mu_o = \max \{0.85, 0.9\}$$

$$\text{onde } \mu_o = \max \{ \mu_{G_1}, \mu_{G_2} \} \Rightarrow \mu_o = \max \{ 0.85, 0.9 \} \Rightarrow \mu_o = 0.9.$$

Após esse cálculo inicial tem-se o cálculo do valor resultante (0.9) com o próximo valor de μ_{G_j} da expressão (0.94), utilizando-se a fórmula (8) correspondente ao conector AND, com apresentado a seguir:

$$\mu_o = \frac{0.9 + 0.94}{2} = 0.92$$

Nesse cálculo, o valor de $\mu_o = 0.92$ representa o grau de similaridade da mídia em relação ao predicado estabelecido na consulta.

O método de cálculo do μ_o como um todo para o exemplo pode ser visto a seguir:

$$\begin{array}{c} \underbrace{(0.85 \text{ OR } 0.9)} \quad \underbrace{\text{AND } (0.94)} \\ \underbrace{(0.9)} \quad \underbrace{\text{AND } (0.94)} \\ 0.92 \end{array}$$

Caso houvessem mais grupos, G_4, G_5, \dots, G_n , o método continuaria a realizar o cálculo do μ_o até chegar no final da expressão.

2 - Classificação de Mídias

Após obtidos os valores de μ_o das mídias, essas são classificadas em ordem decrescente pelo valor de μ_o . Uma mídia que possui $\mu_o = 1$ é 100% similar ao predicado da consulta. Em contrapartida, as mídias recuperadas que possuem μ_o inferior a 1 não atenderam completamente os requisitos estabelecidos na consulta, mas satisfizeram os graus de similaridade estabelecidos para os temas e qualificadores envolvidos no predicado da consulta. O grau de similaridade permite que o sistema ofereça ao usuário um resultado mais amplo como resposta, embora as mídias recuperadas dessa forma tenham um grau de similaridade menor, e virão depois na classificação.

3- Referências Bibliográficas

- Fornazari, F. P. *Sistema para Tratamento de Consultas Nebulosas em Aplicações Multimídia para um Servidor de Objetos Multimídia*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Departamento de Computação, UFSCar, São Carlos-SP, 1999a.
- Vieira, M. R.; Biajiz, M.; Estratégia para recuperação de Mídias em um Banco de Dados Multimídia Utilizando Lógica Nebulosa. Revista Eletrônica de Iniciação Científica, Sociedade Brasileira de Computação, Vol I, Nr. I, agosto 2001.

APÊNDICE D

FORMULÁRIO UTILIZADO NOS TESTES COM USUÁRIOS

Formulário - SisRMi-CN

- **Dados do Usuário:**

1- Nome Completo: _____.

2- E_mail: _____.

- **Dados do Sistema:**

1- Identificação do Usuário no Sistema: _____.

2- Descrição do que se pretende procurar:

_____.

3- Expressão de Busca Inicial: _____.

4- Detalhes da Navegação:

Ação	Motivo	Crítica à Resposta
<i>Exemplo:</i> 1- Cliquei no Botão da Imagem Inicial.	<i>Gostei da mídia e quero obter mais informações.</i>	<i>As respostas do sistema são consistentes com os meus interesses.</i>
2-		
3-		

Ação	Motivo	Crítica à Resposta
4-		
5-		
6-		
7-		
8-		

Ação	Motivo	Crítica à Resposta
9-		
10-		
11-		
12-		
13-		

Ação	Motivo	Crítica à Resposta
14-		
15-		
16-		
17-		
18-		

5- A evolução em relação ao que está sendo buscado é sentida pelo usuário?

- a) é sentida ()
- b) não é sentida ()
- c) outra () Especifique:_____.

Por que?

6- Foi sentida a necessidade de alterar o nível de interesse do usuário?

- a) é sentida ()
- b) não é sentida ()

Por que?

7- Considerações em relação à recomendação final sugerida pelo sistema:

8- (a) Ao longo da navegação, o usuário optou por uma mudança de interesse? Justifique.

(b) O sistema foi flexível o suficiente para possibilitar essa mudança? Justifique.

9- Na ausência desse sistema, como o usuário faria para encontrar o que procurou considerando um grande número de mídias, cenas e aplicações?

10- Críticas e Sugestões:
