

---

# Sistema ROSA - P2P: uma Arquitetura Distribuída para Integração de Objetos de Aprendizagem

Gabriel André D. Dubois Brito<sup>1</sup>, Ana Maria de C. Moura<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Militar de Engenharia - IME/RJ  
Departamento de Engenharia de Sistemas - Rio de Janeiro

<sup>2</sup>Centro de Tecnologia de Informação e Comunicação do Estado do Rio de Janeiro -  
PRODERJ – RJ

gaandrebrito@yahoo.com.br, anamoura@ime.eb.br

**Abstract:** ROSA is an e-learning system, which enables the management of Learning Objects (LOs). A LO is a collection of reusable material used to support learning, education and/or training. However, since ROSA is a centralized system, it does not provide the integration of LOs created in other institutions. This paper presents the P2P distributed system developed for ROSA, named ROSA - P2P, which provides the physical environment to carry out the integration of these LOs. This environment includes, among other functionalities, particular strategies for: connection/disconnection of peers; definition and election of super-peers; balancing and redistribution of peers; and some aspects concerning fault tolerance.

**Keywords:** E-learning, distributed architectures for educational software, peer-to-peer technology.

**Resumo:** ROSA é um sistema de ensino a distância que permite o gerenciamento de objetos de aprendizagem (LOs). Um LO é uma coleção de material reutilizável usado para suportar aprendizagem, educação e/ou treinamento. Entretanto, o ROSA é um sistema centralizado, não permitindo a integração de LOs criados em outras instituições. Este artigo apresenta o ambiente distribuído P2P desenvolvido para o ROSA, denominado de ROSA - P2P, que provê os meios físicos para a realização da integração desses LOs. Este ambiente possui, dentre outras funcionalidades, estratégias específicas para: conexão/desconexão de peers; definição e eleição de super-peers; balanceamento e redistribuição de peers; e aspectos de tolerância à falhas.

**Palavras-chaves:** Ensino a distância, arquiteturas distribuídas para software educativo, tecnologia peer-to-peer.

## 1. Introdução

A utilização da informática na educação vem demonstrando ser um grande instrumento no processo de ensino, aprendizagem e busca de dados educacionais. Uma das formas desta utilização é através de softwares educacionais e/ou programas de educação a distância. Estes auxiliam um estudante no aprendizado ou busca de um determinado conteúdo didático, ao mesmo tempo em que visam ajudar professores no processo de

---

ensino-aprendizagem, fazendo com que os mesmos tenham a seu dispor valiosos recursos para auxiliá-los na interação com seus alunos.

ROSA [Porto et al. 2003] é um sistema centralizado voltado para a área de Ensino a Distância (EAD), utilizado por profissionais da área educacional na preparação de aulas e/ou conteúdos instrucionais. No entanto, para que o ROSA possa assumir uma função real de ambiente cooperativo interinstitucional, torna-se necessário que conteúdos possam ser armazenados nas diversas instituições, e posteriormente intercambiados e integrados, de modo a fornecerem respostas globais às consultas submetidas através dos ROSA locais, o que seria viável através da definição e desenvolvimento de uma arquitetura distribuída compatível.

Atualmente, devido ao progresso alcançado pela capacidade de interconexão, o crescimento de tecnologias associadas à computação distribuída e interoperabilidade passou a receber maior enfoque. Dentro deste contexto, a tecnologia *peer-to-peer* (P2P) [Brito e Moura 2004] vem se destacando como uma das grandes topologias de sistemas distribuídos da atualidade. Esta tecnologia vem recebendo maior atenção tanto de pesquisadores quanto de empresas, uma vez que oferece benefícios com baixo custo operacional. Dentre estes benefícios, destaca-se o compartilhamento de recursos, que pode ser objetivamente referenciado como o compartilhamento de serviços e conteúdos.

O objetivo deste artigo é descrever o ambiente distribuído P2P desenvolvido para o sistema ROSA, denominado ROSA - P2P [Brito 2005]. Este permite a comunicação e integração dos objetos de aprendizagem oriundos dos diversos sistemas ROSA - P2P. Para isso foi desenvolvida uma arquitetura distribuída baseada em *super-peers* [Brito e Moura 2004], incluindo estratégias específicas para: conexão/desconexão de *peers* à rede P2P, tal como o agrupamento de *super-peers* por assunto; índices de roteamento para comunicação entre *peers*; definição e eleição de *super-peers*; balanceamento e redistribuição de *peers*; e alguns aspectos de tolerância a falhas.

Embora o sistema ROSA - P2P possua um sistema de integração de dados P2P com características semânticas, o que o caracteriza como um sistema semântico, este tópico não será abordado no escopo deste trabalho. Contudo ele é apoiado por estruturas semânticas, denominadas de vocabulários controlados, e possui mecanismos para o correto reenvio, reescrita e execução de consultas, assim como para integração dos respectivos resultados. Cada consulta é reenviada aos *peers* relevantes, os quais as reescrevem com base na semântica do seu domínio e as executam com base na álgebra ROSA [Coutinho 2004]. Os resultados parciais, oriundos de cada *peer* ROSA - P2P, são enviados ao *peer* solicitador, que os integram retornando-os ao usuário. Maiores detalhes podem ser encontrados em [Brito 2005][Brito e Moura 2005].

O restante deste documento é organizado da seguinte maneira. A seção 2 apresenta uma breve descrição do sistema ROSA. A seção 3 faz uma introdução sobre arquiteturas distribuídas P2P, definindo-as e caracterizando-as quanto a uma topologia. Na seção 4 é feita a descrição do ROSA - P2P, focalizando os detalhes de sua arquitetura e estratégias adotadas. Na seção 6 são exibidos alguns trabalhos relacionados e, finalmente, a seção 7 apresenta a conclusão e algumas propostas de trabalhos futuros.

## 2. Sistema ROSA

O sistema ROSA (Repository of Objects with Semantic Access) [Porto et al. 2003] é um sistema voltado para a área de Ensino a Distância (EAD), que se propõe a auxiliar

---

profissionais da área educacional, ajudando-os na busca de conteúdos didáticos armazenados no sistema que forneçam base para preparação de suas aulas e/ou conteúdos instrucionais. Tem como objetivo armazenar objetos de aprendizagem – Learning Objects (LOs), que representam de fato os conteúdos instrucionais, e explorar seu acesso de acordo com o contexto semântico em que foram criados. Este contexto é determinado por relacionamentos semânticos entre LOs e expressos através de um mapa conceitual, a partir de um modelo de dados bem definido.

Um mapa conceitual é representado por um grafo direcionado, onde os nós representam os LOs, identificados pelos seus nomes, e as arestas representam relacionamentos entre eles, a exemplo dos predicados em RDF<sup>1</sup> (Resource Description Framework). Um LO é constituído de um conjunto de metadados baseados numa extensão do padrão de metadados para LO - IEEE-LOM<sup>2</sup>, e contém informações tais como *identificador*, *título*, *descrição*, *idioma*, *nível de agregação*, etc. O ROSA também oferece uma álgebra e uma linguagem de consulta própria, a ROSAQL [Porto et al. 2003], através das quais consultas de conotação mais semântica podem ser feitas a exemplo de: “que disciplinas são *compreendidas* pelo curso de mestrado em sistemas e computação?”; “que tópicos *fundamentam* ou são *pré-requisitos* para o ensino de Matemática?” Nesses exemplos, *compreendidas*, *fundamentam* e *pré-requisitos* fazem parte de um conjunto de predicados pré-definidos que associam os diversos LOs. Estes, por sua vez, podem ser de dois tipos: LO lógico, que representa uma coleção de LOs, podendo conter muitos LOs físicos; e LO físico, que é o próprio LO armazenado em meio físico (arquivo).

### 3. Arquitetura distribuída P2P

Uma arquitetura distribuída P2P é caracterizada pelo compartilhamento de recursos computacionais e serviços através da comunicação direta e descentralizada entre os sistemas envolvidos [Ooi, Shu e Tan 2003]. Estes recursos e serviços incluem, dentre outras coisas, a troca de informações, ciclos de processamento e espaço de armazenamento em disco. Os sistemas P2P se aproveitam do poder computacional e da conectividade de computadores convencionais para, de forma barata, tornar estes recursos acessíveis entre os nós do sistema, denominados *peers*.

Sistemas P2P podem ser classificados quanto a sua arquitetura em 3 tipos básicos [Brito e Moura 2004], a saber: **parcialmente centralizada**: contém um servidor central, responsável pelo mecanismo de busca e manutenção da infra-estrutura, deixando a cargo dos *peers* participantes, o compartilhamento de recursos e serviços de forma distribuída; **descentralizada**: não possui um *peer* central e os mecanismos de busca e manutenção da infra-estrutura, assim como o compartilhamento de recursos, serviços e conteúdos estão distribuídos pela rede, em cada *peer* participante; e **super-peer**: é formada por um subconjunto de *peers* de maior poder computacional interligados entre si, denominados *superpeers*. Estes são responsáveis pelo gerenciamento e compartilhamento de recursos, tendo cada um deles outros *peers* conectados a si. Devido às suas características, esta arquitetura apresenta-se como a mais apropriada para o desenvolvimento e manutenção de sistemas P2P, uma vez que

---

<sup>1</sup> <http://www.w3.org/RDF>

<sup>2</sup> <http://ltsc.ieee.org/>

possui, dentre outras coisas, redução de tempo e largura de banda para pesquisa, tolerância a falhas, gerenciamento através dos *super-peers*, escalabilidade e um índice aceitável de confiabilidade [Brito e Moura 2005].

No contexto de um ambiente tão dinâmico como o de ensino a distância, a arquitetura distribuída P2P mostra-se muito propícia para o seu desenvolvimento, podendo ser vista como uma arquitetura distribuída que permite a comunicação e compartilhamento de dados educacionais de maneira fácil e barata, além de facilitar a formação de comunidades de educação; permitir o compartilhando de informações organizadas por conteúdos didáticos; aumentar e enriquecer os recursos instrucionais de ensino; oferecer ao usuário a sensação de disponibilidade dos dados a todo o momento, possibilitando ainda eficiência na obtenção dos dados requisitados, uma vez que consultas podem ser processadas em paralelo [Nguyen e Sanchez 2004].

#### 4. Sistema ROSA - P2P

O objetivo do sistema ROSA - P2P é prover um ambiente distribuído que permita a comunicação e integração dos objetos de aprendizagem oriundos dos diversos ROSA - P2P participantes. O que se pretende realizar na prática é um ambiente P2P onde usuários poderão submeter suas consultas, seja através de um portal [Toledo 2002], denominado de portal ROSA, seja através de cada *peer* ROSA - P2P. Para isso foi desenvolvida uma arquitetura distribuída P2P baseada em *super-peers*, incluindo estratégias específicas para: conexão/desconexão de *peers* à rede P2P, tal como o agrupamento de *super-peers* por assunto; índices de roteamento para comunicação entre *peers*, definição e eleição de *super-peers*; balanceamento e redistribuição de *peers* no sistema; e alguns aspectos de tolerância à falhas.

##### 4.1. Ambiente distribuído P2P

O sistema ROSA - P2P foi desenvolvido segundo a arquitetura baseada em *super-peers*, conforme ilustrada na figura 1. Nesta figura, conteúdos instrucionais são armazenados no ambiente P2P através de seus *peers* e *super-peers*. Estes últimos são conectados entre si, podendo estar ligados também ao portal ROSA. Porém este portal não faz parte da arquitetura P2P em questão. Encontra-se em uma camada acima e serve apenas como ponto de entrada para os usuários submeterem suas consultas via Web, caso não disponham do ROSA - P2P. Contudo, a máquina onde ele se encontra serve também para a persistência de alguns serviços oferecidos pelo sistema, tal como o SD - Serviço de Diretório, que permite que novos *peers* que desejem se conectar ao sistema possam solicitar a relação de *super-peers* existentes e, desta forma, se conectar a um deles e ao sistema.

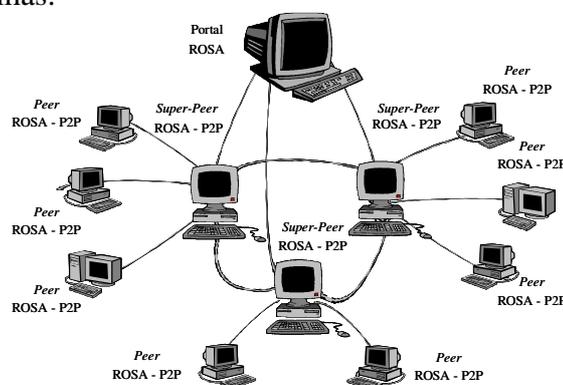


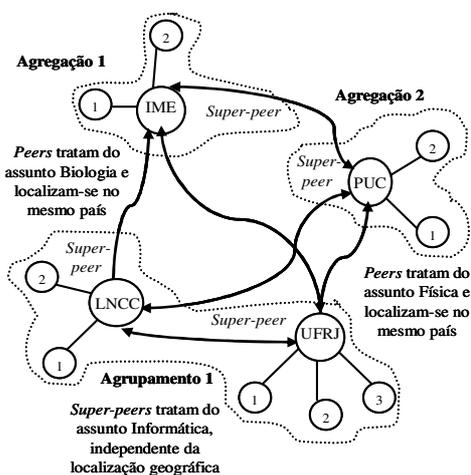
Figura 1. ROSA - P2P segundo a arquitetura baseada em *super-peers*.

##### 4.2 Estratégias Adotadas

Segundo Nejdil et al. [Nejdil et al. 2002], o agrupamento de *peers* está baseado na idéia de unir *peers* à *super-peers* que possuam características similares. Desta forma, a

quantidade de mensagens enviadas será menor, uma vez que cada agrupamento é conhecido, sendo possível direcioná-las somente para aqueles alvos de maior interesse.

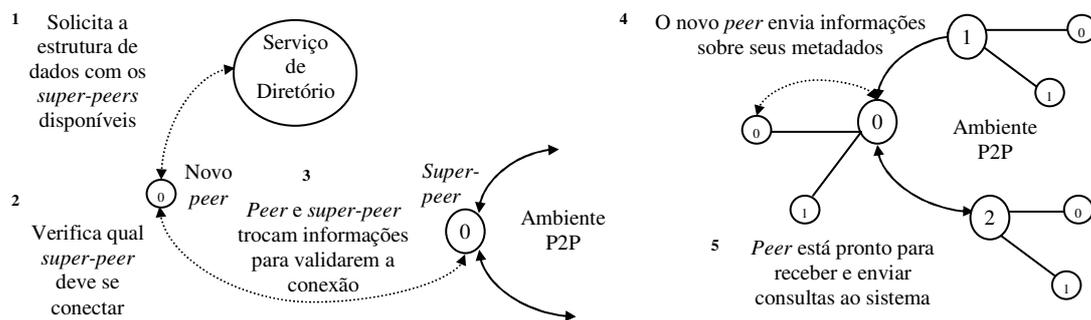
O ROSA - P2P adota uma estratégia baseada no agrupamento de *peers* semelhante ao definido no sistema Edutella [Nejdl et al. 2002], referenciado como agregação de *peers*. Porém, esta é mais abrangente e parte da idéia de agregações, estendendo-se ao conceito de agrupamento dessas agregações, denominado de agrupamento de *super-peers*, conforme ilustra a figura 2. *Peers* são agregados inicialmente através de duas características importantes: assunto e localização, enquanto que *super-peers* são agrupados somente através do assunto tratado pelas agregações. Como o sistema ROSA armazena conteúdos instrucionais, considera-se que a granularidade do assunto é feita em função do curso que cada instituição oferece. Quanto à localização, esta é representada segundo sua localização geográfica, cuja granularidade é feita pelo país de origem. Estas informações são fornecidas pelo usuário no momento da instalação do sistema, podendo ser alteradas caso haja alguma modificação posterior.



**Figura 2. Agregações e agrupamento no ROSA - P2P.**

Contudo, o sistema apresenta algumas exceções, permitindo também a criação de agregações baseadas somente no assunto tratado pelos *peers*. Neste caso, a localização geográfica dos mesmos é ignorada. De fato, as agregações baseadas nas características de assunto e localização são utilizadas para a formação da rede, podendo ser evoluídas também para agregações somente por assunto, adaptando-se ao crescimento dinâmico da rede, permitindo conexões avançadas e o balanceamento otimizado do sistema. Assim, esta estratégia permite que *peers* com características em comum fiquem próximos uns aos outros, facilitando sua localização e, conseqüentemente, otimizando todo o processamento de consultas [Brito 2005].

A conexão de um *peer* ao sistema pode ocorrer basicamente de duas formas: a primeira se refere à sua primeira conexão ao sistema. Para tal, envia uma consulta ao Serviço de Diretório, solicitando a relação de *super-peers* disponíveis. Assim, o *peer* verifica quais, dentre os *super-peers* existentes, contém as características de assunto e localidade semelhantes a sua (vale observar que estas são informadas no momento da instalação de cada *peer* ROSA - P2P). Uma vez identificado, o *peer* envia uma solicitação de conexão ao respectivo *super-peer* que a valida, verificando realmente se o mesmo pode fazer parte da rede P2P ou não. Esta validação atesta se realmente o sistema ROSA - P2P está presente no *peer*. Uma vez estabelecida a conexão com o *super-peer*, este deve fornecer informações sobre seus metadados, tais como: nome da máquina; endereço IP; assunto tratado; país de origem; se deseja ser um futuro *super-peer*, etc. Este caso simples de conexão de um *peer* ao sistema pode ser observado na figura 3; a segunda forma é através da reconexão do *peer*. Nesse caso, o *peer* já possui uma referência ao seu *super-peer* e, desta forma, se conecta automaticamente ao sistema. Em ambos os casos, uma vez conectado, o *peer* já se encontra apto a compartilhar recursos e submeter consultas.



**Figura 3. Conexão simples de um *peer* ao sistema.**

Devido ao alto grau de dinamismo do ambiente P2P, causado principalmente pela entrada e saída de *peers* a todo o momento no sistema, *peers* devem possuir mecanismos que permitam uma conexão rápida ao sistema. Desta forma, para agilizar este processo, os *super-peers* deverão manter informações sobre seus *peers* que deixaram o sistema por certo período de tempo (parametrizável pelo administrador do sistema), como por exemplo, uma semana, após o qual as referências correspondentes deverão ser removidas. Assim, quando um *peer* se reconectar ao sistema durante este período, só precisará atualizar seus metadados e não enviá-los novamente. No caso do Serviço de Diretório, assim que um *super-peer* deixar o sistema ou se tornar um *peer* comum, suas referências devem ser removidas. Isto se faz necessário para evitar que um novo *peer* fique tentando se conectar a um *super-peer* que não existe mais no sistema.

A condição para ser um *super-peer* é possuir algumas características físicas que permitam o bom funcionamento do sistema. Assim, a escolha de um *super-peer* se faz através da capacidade apresentada por cada *peer* em relação a essas características. Em [Zhu et al. 2003] elas são identificadas como: estabilidade; largura de banda e acesso rápido; poder de processamento; e capacidade de armazenamento e memória.

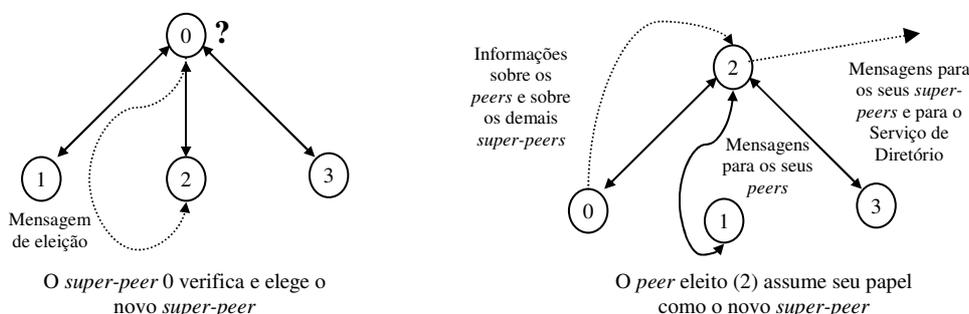
A quantidade de *super-peers* existente é dinâmica, determinada conforme a quantidade máxima de *peers* que um *super-peer* pode suportar para o bom funcionamento do sistema. Esta quantidade é parametrizada segundo uma avaliação do tempo de resposta a determinadas consultas submetidas em máquinas dotadas de *hardware* semelhantes, porém de diferentes localizações [Brito 2005]. Desta forma, a quantidade ideal de *super-peers* no sistema estará sendo balanceada indiretamente.

A eleição de *super-peers* ocorre entre os *peers* de cada agregação e de cada agrupamento, e não dentre todos os *peers* do sistema, otimizando assim o tempo para a eleição de novos *super-peers*. Isto é possível porque os *peers* deverão permanecer dentro da mesma agregação ou agrupamento, isto é, mesmo que um *peer* de uma agregação ou agrupamento possua melhores condições para ser o *super-peer* de outra agregação ou agrupamento, ele não poderá fazê-lo. Assim, não faz sentido verificar todos os *peers* do sistema e sim, somente os *peers* de cada agregação ou agrupamento.

A eleição de *super-peers* dentro de agrupamentos se faz necessária, visto que as agregações que os compõem podem possuir *super-peers* que, embora sejam os melhores de cada agregação, não são os melhores para o agrupamento como um todo. Este fato acarretaria na diminuição do desempenho do sistema, já que um *super-peer* com melhores características poderia estar ocupando este papel.

Assim, a eleição de um *super-peer* pode ser feita de duas maneiras: dentro de uma agregação ou de um agrupamento. No caso de uma agregação, a cada período de tempo (parametrizável), o *super-peer* verifica, dentre os seus *peers*, quais deles desejam ser *super-peers* e quais dentre esses possuem as características físicas mais adequadas para assumir este papel (observe que o *super-peer* possui informações sobre os seus *peers*, dentre as quais as informações que o caracterizam como um *super-peer*). Caso esta situação se mantenha, nada muda. Caso contrário, como ilustrado na figura 4, o *peer* ganhador é eleito pelo *super-peer* como o novo *super-peer*, recebendo deste as informações referentes aos demais *peers*, assim como sobre os outros *super-peers*.

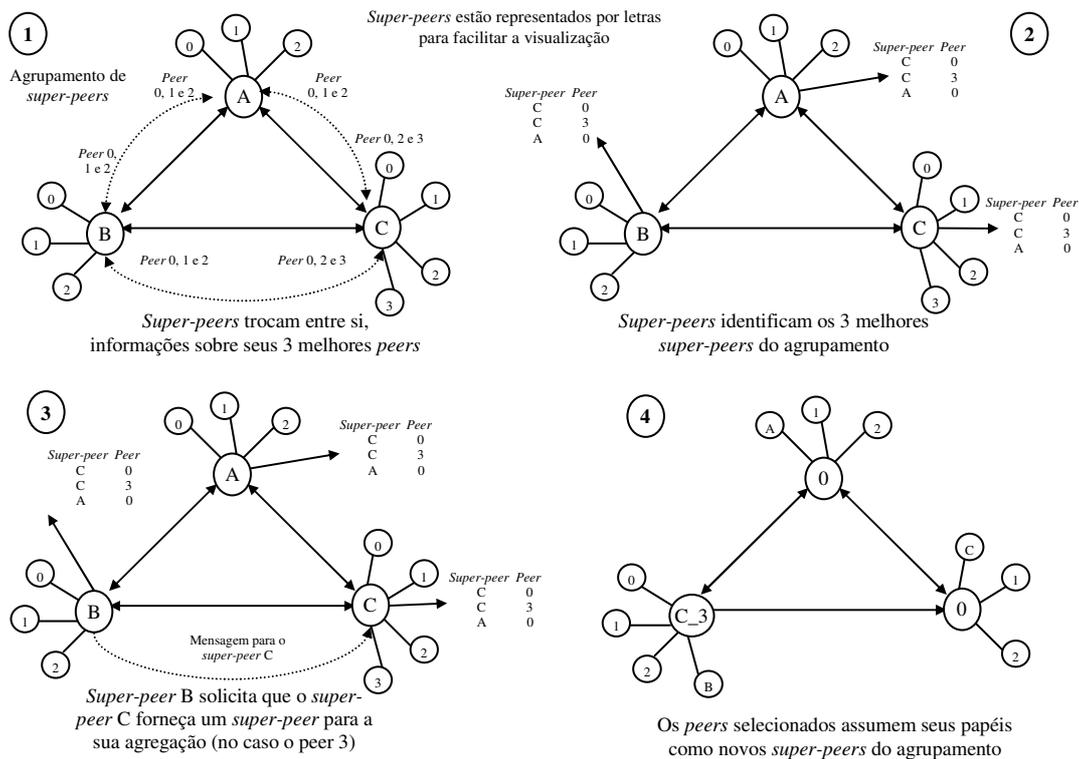
Uma vez eleito, o novo *super-peer* deverá atualizar as informações referentes aos *super-peers* no Serviço de Diretório, bem como enviar uma mensagem a todos os seus *peers* e a todas as agregações conectadas a ele, avisando que um novo *super-peer* assumiu este papel, a partir do qual, suas referências são atualizadas.



**Figura 4. Eleição de um *super-peer* dentro de uma agregação.**

No caso em que é realizada dentro de um agrupamento, a eleição se dará da mesma forma, porém, antes de iniciá-la, os *super-peers* deverão verificar quantos *super-peers* já existem dentro do agrupamento, selecionando os melhores *peers* de cada um. Por exemplo, caso um agrupamento contenha 3 *super-peers*, cada um deles deverá selecionar os seus 3 melhores *peers* dentre os seus *peers*. Em seguida, as informações sobre estes *peers* devem ser trocadas entre os *super-peers*, possibilitando desta forma, que cada *super-peer* as analise e identifique os 3 melhores *peers* do agrupamento. Uma vez identificados, o *super-peer* possuidor do melhor *peer* o elege como o novo *super-peer* da sua agregação, e assim se segue, até que todos os demais *peers* se tornem os novos *super-peers*.

Tomando como base o mesmo exemplo, pode ainda ocorrer a situação de um *super-peer* possuir mais do que um *peer* que esteja dentre os 3 melhores para ser um dos *super-peers* do agrupamento, conforme mostra a figura 5. Neste caso, o *super-peer* que não possui um dos 3 melhores *peers*, solicita ao *super-peer* em questão que eleja um desses seus *peers* como o novo *super-peer* da sua agregação. Conseqüentemente, o *peer* eleito assume seu papel, permitindo que o antigo *super-peer* se torne um dos seus *peers*. Um detalhe importante se refere ao fato de que o *super-peer* possuidor de mais de um *peer* candidato (*super-peer* "C" na figura 5.2) fica esperando o pedido do *super-peer* que não possui *peer* candidato (no caso, o *super-peer* "B" na figura 5.3) e só depois de liberar o *peer* para esse papel é que elege o seu melhor *peer* como o novo *super-peer* da sua agregação, sendo o seguinte melhor para o *super-peer* solicitante (na figura 5.4, a agregação solicitante recebe o *peer* "C\_3" do *super-peer* "C").



**Figura 5. Eleição de um *super-peer* dentro de um agrupamento.**

O balanceamento do sistema ocorre quando um *super-peer* possuir mais *peers* do que outro do mesmo agrupamento. Quando isso ocorrer, haverá a redistribuição dos *peers* entre os *super-peers* desbalanceados, mantendo-os aptos a responder com mais rapidez a uma grande quantidade de consultas. São várias as situações que conduzem ao desbalanceamento, dentre as quais pode-se considerar: o tempo que um *peer* passa como *super-peer*; eleição de um novo *super-peer* dentro de um agrupamento; e o número máximo de *peers* conectados a um *super-peer* ser alcançado.

Para manter o agrupamento balanceado, o *super-peer* com maior número de *peers* (esta informação já se encontra no *super-peer*) verifica, em determinados períodos de tempo, quais *super-peers* estão desbalanceados, levando em consideração uma margem de erro aceitável. Ambos os parâmetros período de tempo e margem de erro aceitável devem ser parametrizados pelo administrador do sistema. O período de tempo define quando o *super-peer* com a maior quantidade de *peers* do agrupamento será testado quanto ao seu desbalanceamento dentro do respectivo agrupamento, cuja funcionalidade é implementada através de um *trigger*. A margem de erro indica o número máximo de *peers* que um *super-peer* pode ter em relação a outro *super-peer* do agrupamento, de modo a não interferir no bom funcionamento do sistema. Uma vez identificados, o *super-peer* deve, através da função IQP (Identificadora da Quantidade de Peers), verificar quantos *peers* cada *super-peer* desbalanceado deve possuir para que o agrupamento se torne balanceado e, conseqüentemente, enviar referências de seus *peers* para cada um desses *super-peers* até que estes se tornem balanceados. Após o balanceamento, as referências sobre os *peers* devem ser atualizadas em cada *super-peer*.

$$\text{Função IQP} = (\lfloor \sum P / N \rfloor)$$

Onde,

- P é o número de *peers* conectado a cada *super-peer* desbalanceado;
- N é o número total de *super-peers* desbalanceados.

Segundo Nejdí et al. [Nejdí et al. 2002], o uso de índices de roteamento nos *super-peers* reduz significativamente o tempo de distribuição da consulta entre os *peers* relevantes, i.e., aqueles habilitados a responderem uma determinada consulta. Desta forma, o sistema adota uma estratégia baseada nos índices de roteamento tal como no sistema Edutella, utilizando para isso duas estruturas de dados. Uma é referente à comunicação entre o *super-peer* e seus respectivos *peers* (SP/P), e a outra entre um *super-peer* e seus *super-peers* (SP/SP). Possuem informações sobre os dados e metadados dos *peers* e *super-peers* existentes no sistema, dentre as quais pode-se destacar informações sobre o assunto tratado, localização e características físicas, que são fornecidas por cada *peer* do sistema. São estruturas de dados fundamentais para que consultas possam ser direcionadas eficientemente aos *peers* e/ou *super-peers* relevantes e, conseqüentemente, respondidas mais rapidamente, otimizando o processo de distribuição de consultas entre os *peers* relevantes. *Triggers* são implementados de modo a fazer com que quaisquer alterações destas informações sejam detectadas e enviadas ao(s) respectivo(s) *super-peer(s)*, assim como para o portal ROSA e para o Serviço de Diretório (somente no caso dos índices SP/SP), para as devidas atualizações.

O sistema ROSA - P2P conta também com mecanismos de tolerância a falhas [Brito 2005]. Estes têm como principal objetivo contornar as possíveis falhas e evitar que o sistema fique inoperante.

## 5. Protótipo do Sistema

O ROSA - P2P utilizou em sua implementação o software Eclipse<sup>3</sup> e a linguagem de programação JAVA<sup>4</sup>, mais especificamente a plataforma J2EE<sup>5</sup>.

A figura 6 apresenta a tela de abertura do ROSA - P2P. Dentre os principais componentes, pode-se destacar o botão “Gerar Consulta”, responsável por abrir a tela que auxiliará o usuário na formulação e geração da consulta; campo “Consulta”, que recebe a consulta gerada; campo “Resposta”, que apresenta os resultados lógicos (LOs lógicos) retornados; campo “LOs Físicos”, que exibe os LOs físicos retornados, possibilitando que o usuário selecione-os para *download* e o

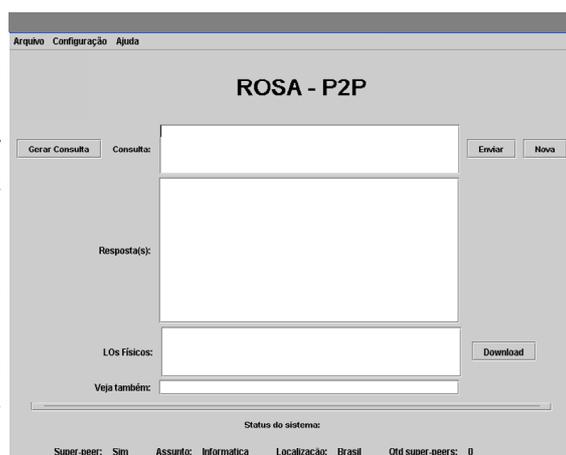


Figura 6. Tela de abertura do ROSA - P2P.

<sup>3</sup> <http://www.eclipse.org>

<sup>4</sup> <http://www.java.com/en/>

<sup>5</sup> <http://java.sun.com/j2ee/>

---

campo “Veja também”, que mostra os termos associados a consulta. As partes relativas ao processamento de consultas e integração de dados encontram-se fora do escopo deste artigo.

Testes foram realizados para comprovar a ausência de *bugs* e inconsistências [Brito 2005]. Estes possibilitaram a avaliação do sistema sob o ponto de vista da formação da rede P2P, comunicação entre os *peers* e atualizações dos índices de roteamento, servindo como mecanismo de validação para a especificação teórica desenvolvida nesse trabalho, viabilizando seu uso posterior pelas instituições usuárias.

## 6. Trabalhos Relacionados

Na literatura muitos são os trabalhos relacionados à educação em uma arquitetura distribuída. Estes são definidos segundo características específicas e requisitos de cada sistema, dentre os quais pode-se citar: SeLeNe, OLR, Elena e Edutella,.

O projeto SeLeNe (Self e-Learning Networks) [Keenoy et al. 2004] possui uma arquitetura baseada em serviços GRID, apoiados por metadados, oferecendo facilidades para a descoberta, compartilhamento, criação colaborativa e acesso personalizado a recursos de aprendizagem. O Foco do Open Learning Repository (OLR) [Dhraief et al. 2001] está na estruturação e integração dos módulos de ensino que estão em repositórios distribuídos pela Internet. Esta integração, assim como no SeLeNe, é apoiado por metadados que são usados para seleção desses módulos. Já o projeto Elena [Simon et al. 2003] visa demonstrar a viabilidade dos “smart spaces for learning”. Estes oferecem uma infra-estrutura de comunicação interoperável que permite a pesquisa e seleção de serviços de aprendizagem, i.e., atuam como mediadores de serviços educacionais.

O sistema Edutella [Nejdl et al. 2002] caracteriza-se por ser uma plataforma múltipla para estender, especificar e implementar uma infra-estrutura de metadados em RDF para redes P2P, visando o compartilhamento de recursos didáticos entre instituições. Pelo fato de utilizar a arquitetura baseada em *super-peers*, algumas de suas características serviram de base na definição de alguns pontos importantes do ROSA - P2P, tais como o uso dos índices de roteamento e a estratégia de agrupamento de *peers*.

A grande diferença dos demais sistemas em relação ao ROSA - P2P está no ambiente distribuído utilizado por cada um para prover a interoperabilidade e compartilhamento dos recursos de aprendizagem. Enquanto os demais se utilizam do ambiente GRID e de “smart spaces”, o ROSA - P2P usufrui do poder computacional e das vantagens provenientes das redes P2P, especificamente da arquitetura baseada em *super-peers*, que oferece redução de tempo e largura de banda para pesquisa, tolerância a falhas, escalabilidade e um índice aceitável de confiabilidade (vide seção 3).

Contudo, o ROSA - P2P apresenta ainda aspectos não explorados nos demais projetos, tais como a utilização de uma estratégia de agrupamento de *super-peers* específica - baseada na característica de assunto, e de balanceamento desses agrupamentos, permitindo que o sistema fique balanceado, mantendo-se apto a responder com mais rapidez a uma grande quantidade de consultas.

## 7. Conclusão

Este artigo apresentou o ambiente distribuído desenvolvido para o sistema ROSA - P2P, permitindo a comunicação e integração dos objetos de aprendizagem oriundos dos

---

diversos ROSA - P2P participantes. De fato, alguns pontos merecem destaque: a estratégia de agrupamento de *super-peers*, que permite que *peers* com características em comum fiquem próximos uns aos outros, facilitando sua localização e otimizando o processamento de consultas; eleição de *super-peers*, que permite a assunção dos *peers* com melhores características a estes papéis, proporcionando um aumento no desempenho geral do sistema; balanceamento e redistribuição de *peers*, que mantem o sistema balanceado e apto a responder com mais rapidez a uma grande quantidade de consultas; e índices de roteamento, que reduzem significativamente o tempo de distribuição da consulta entre os *peers* revelantes a respondê-la.

Contudo, pode-se destacar como trabalhos futuros: dar continuidade a um trabalho de avaliação do ambiente com base numa plataforma mais robusta; simulação do protocolo de comunicação em diferentes topologias de redes e quantidade de *peers*, o que demonstraria a real estabilidade do sistema; e classificação de assuntos, realizado através da demanda dos usuários e gerenciado pelo administrador do sistema.

## Referências

- Brito, G. A. D. D. (2005) Integração de objetos de aprendizagem no sistema ROSA - P2P - Tese de Mestrado, IME, junho.
- Brito, G. A. D. D. e Moura, A. M. de C. (2004) Fundamentos da Tecnologia P2P – Relatório Técnico n° RT103/SE9/SET04, IME, julho.
- Brito, G. A. D. D. e Moura, A. M. de C. (2005) Integração de objetos de aprendizagem no sistema ROSA - P2P. XX Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, MG, outubro.
- Coutinho, F. e Porto, F. (2004) Query Processing in ROSA Data Model. XIX Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Brasília, outubro.
- Dhraief, H., Nejdl, W., Wolf, B. e Wolpers, M. (2001) Open Learning Repositories and Metadata Modeling. International Semantic Web Working Symposium - USA, julho.
- Keenoy, K., Poulouvasilis, A., et al. (2004) Personalisation services for self *e-learning* networks. In International Conference on Web Engineering, Alemanha, julho.
- Nejdl, W., Wolf, B., et al. (2002) Edutella: A P2P Networking Infrastructure Based on RDF. In 11<sup>th</sup> International WWW Conference, maio.
- Nguyen, T. e Sanchez, E. (2004) Un Système d'Enseignement à Distance sur un Réseau *Peer-to-Peer*. Intl. Conf. RIVF'04, Hanoi, fevereiro.
- Ooi, B., Shu, Y. e Tan, K. (2003) Relational Data Sharing in *Peer*-based Data Management Systems - ACM SIGMOD Record, 32(3), setembro.
- Porto, F., Moura, A., et al. (2003) ROSA: A Data Model and Query Language for *e-Learning* Objects. I PGLDB – PUC-RIO, abril.
- Simon, B., Zoltan, M., Nejdl, W., et al. (2003) Elena: A Mediation Infrastructure for Educational Services. In 12<sup>th</sup> International WWW Conference, Hungria, maio.
- Toledo, A. (2002) Portais Corporativos: Uma Ferramenta Estratégica de Apoio à Gestão do Conhecimento - Tese de Mestrado, UFRJ, outubro.
- Zhu, Y., et al (2003) *Super-peer* Based Lookup in Structured *Peer-to-Peer* Systems. In 16<sup>th</sup> Inter. Conf. on Parallel and Distributed Computing Systems, Nevada, agosto.