



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



MAG: uma grade computacional baseada em agentes móveis

Rafael Fernandes Lopes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Eletricidade.
(Área de Concentração: Ciência da Computação)

Orientador: *Francisco José da Silva e Silva*



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Agenda

- Introdução
- Arquitetura Geral do MAG
- Mecanismo de Migração Forte
- Conclusões e Trabalhos Futuros



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Introdução



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Computação em Grade

- Redes de computadores existentes atualmente em instituições formam um enorme parque computacional interconectado
- As tecnologias que compõem a Internet atual não disponibilizam abordagens integradas para utilização destes recursos na execução de computações
- Uma abordagem denominada *grid computing* (ou computação em grade) tem sido desenvolvida para superar esta limitação



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Computação em Grade

- “Grade, em um nível conceitual, é um tipo de sistema paralelo e distribuído que possibilita o compartilhamento, seleção, e agregação de recursos autônomos e geograficamente distribuídos em tempo de execução, dependendo de sua disponibilidade, capacidade, desempenho, custo, e requisitos de qualidade de serviço de seus usuários” [Buy02]



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments

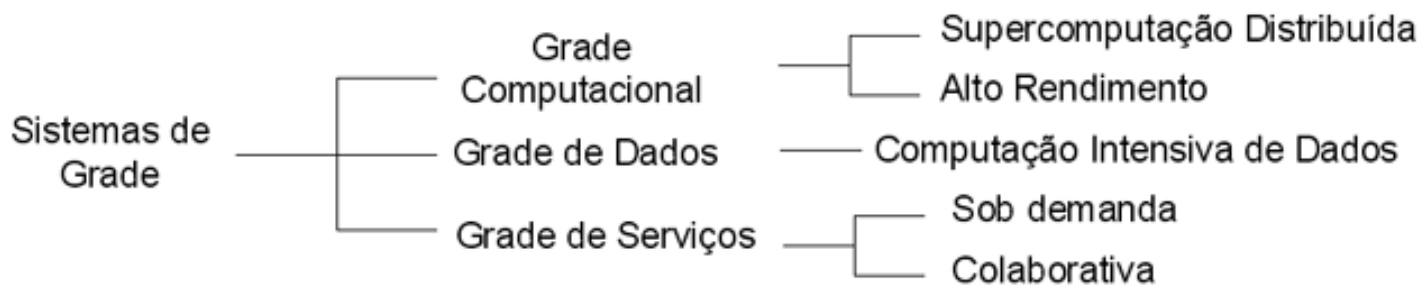


LSD



Computação em Grade

- Krauter et al. [KBM02] criaram uma taxonomia dos tipos de grade:





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Objetivo da Dissertação

- Explorar o uso da tecnologia de agentes móveis para o desenvolvimento de um *middleware* de grade denominado MAG (*Mobile Agents Technology for Grid Computing Environments*) para a resolução de problemas computacionalmente intensivos



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Arquitetura Geral do MAG



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Porque utilizar agentes?

- Várias características da tecnologia de agentes móveis podem ser exploradas no desenvolvimento de *middlewares* de grade:
 - Cooperação
 - Autonomia
 - Heterogeneidade
 - Reatividade
 - Mobilidade
 - Proteção e Segurança

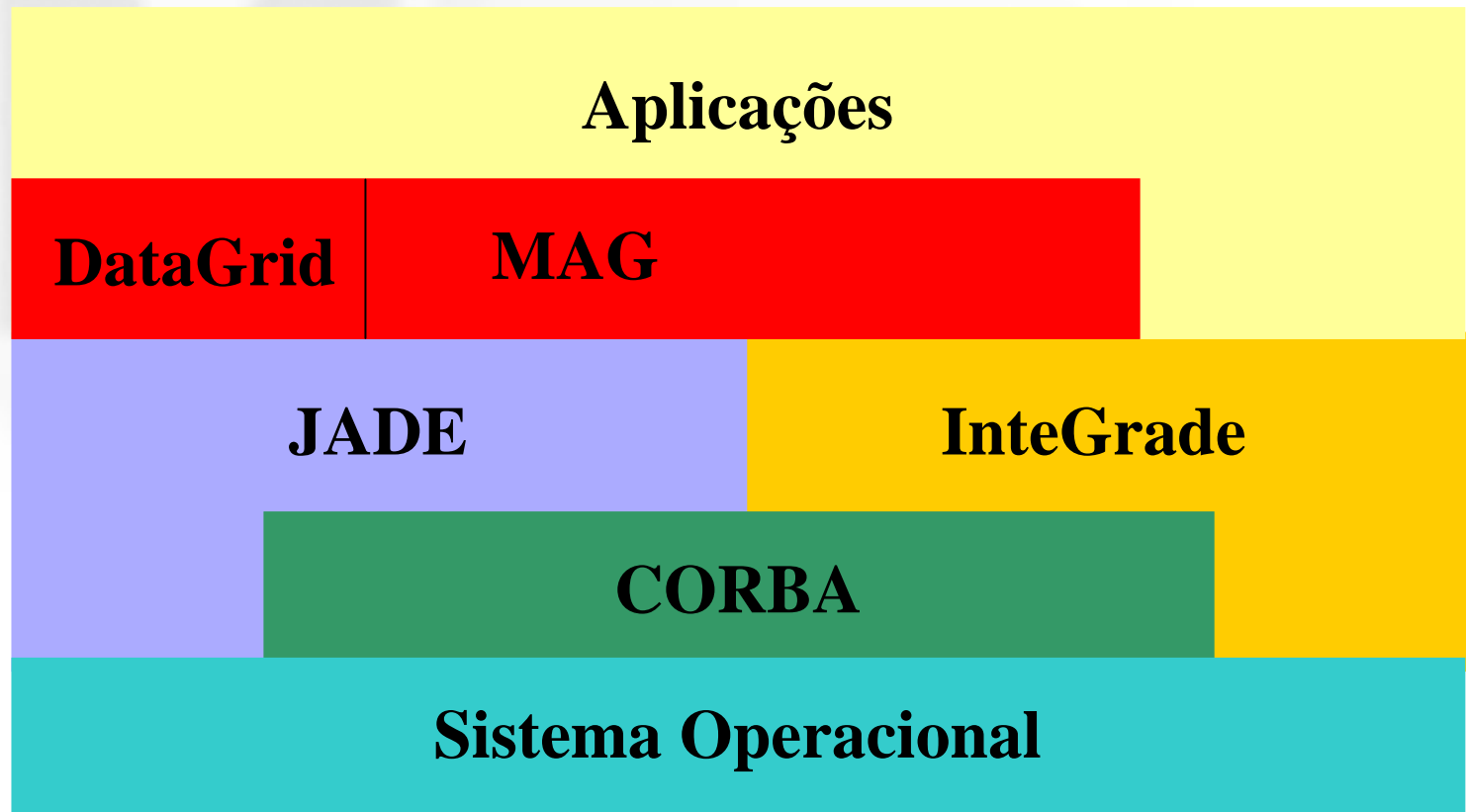


Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



Camadas de Software

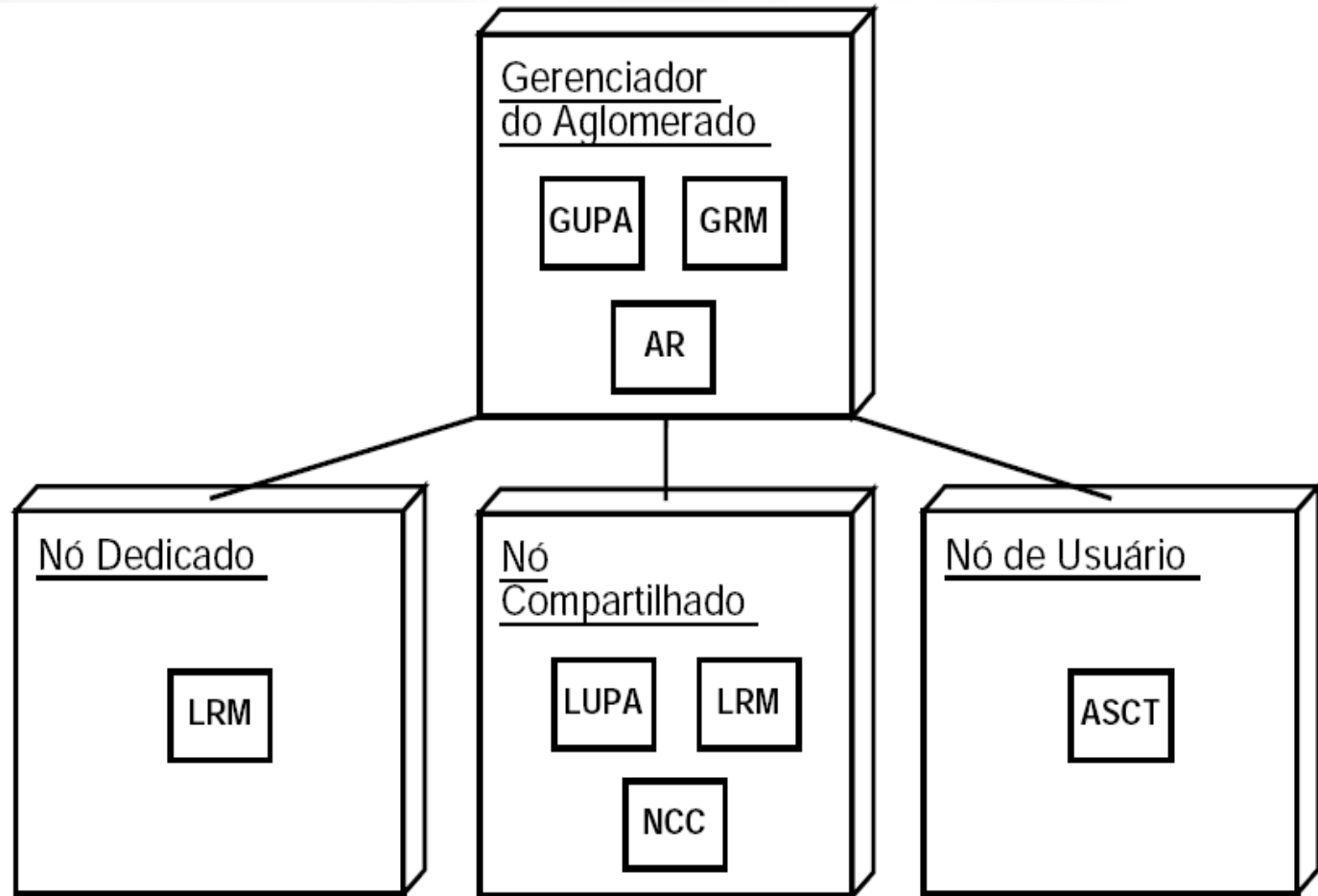
- Arquitetura em Camadas





Aglomerado Integrade

Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Metodologia

- Por utilizar agentes de software, o desenvolvimento do MAG foi baseado em uma metodologia específica
- A metodologia Agil PASSI foi utilizada na modelagem:
 - É uma adaptação da metodologia PASSI (*Process for Agents Societies Specification and Implementation*)
 - Concebida para permitir o desenvolvimento ágil de sistemas multiagentes
 - Esta técnica precisou ser adaptada, uma vez que só concebe agentes de software, enquanto que o MAG utiliza também componentes de software



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Modelo de Requisitos

- Atividades
 - Planejamento
 - Descrição de Requisitos de Domínio (DRD)



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Descrição de Requisitos de Domínio (DRD)

- Para representar a descrição funcional do sistema foi utilizado o diagrama DRD
- Este diagrama é baseado em diagramas de casos de uso da UML
- Três estereótipos podem ser utilizados para definir o tipo de relacionamento existente entre componentes deste modelo (atores e casos de uso):
 - *include*
 - *extend*
 - *communicate*



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD

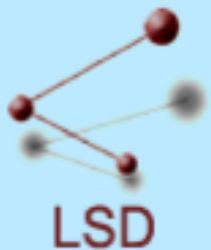


Modelo da Sociedade de Agentes

- Atividades
 - Identificação dos Agentes (AId)
 - Descrição de Ontologia do Domínio (DOD)



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments

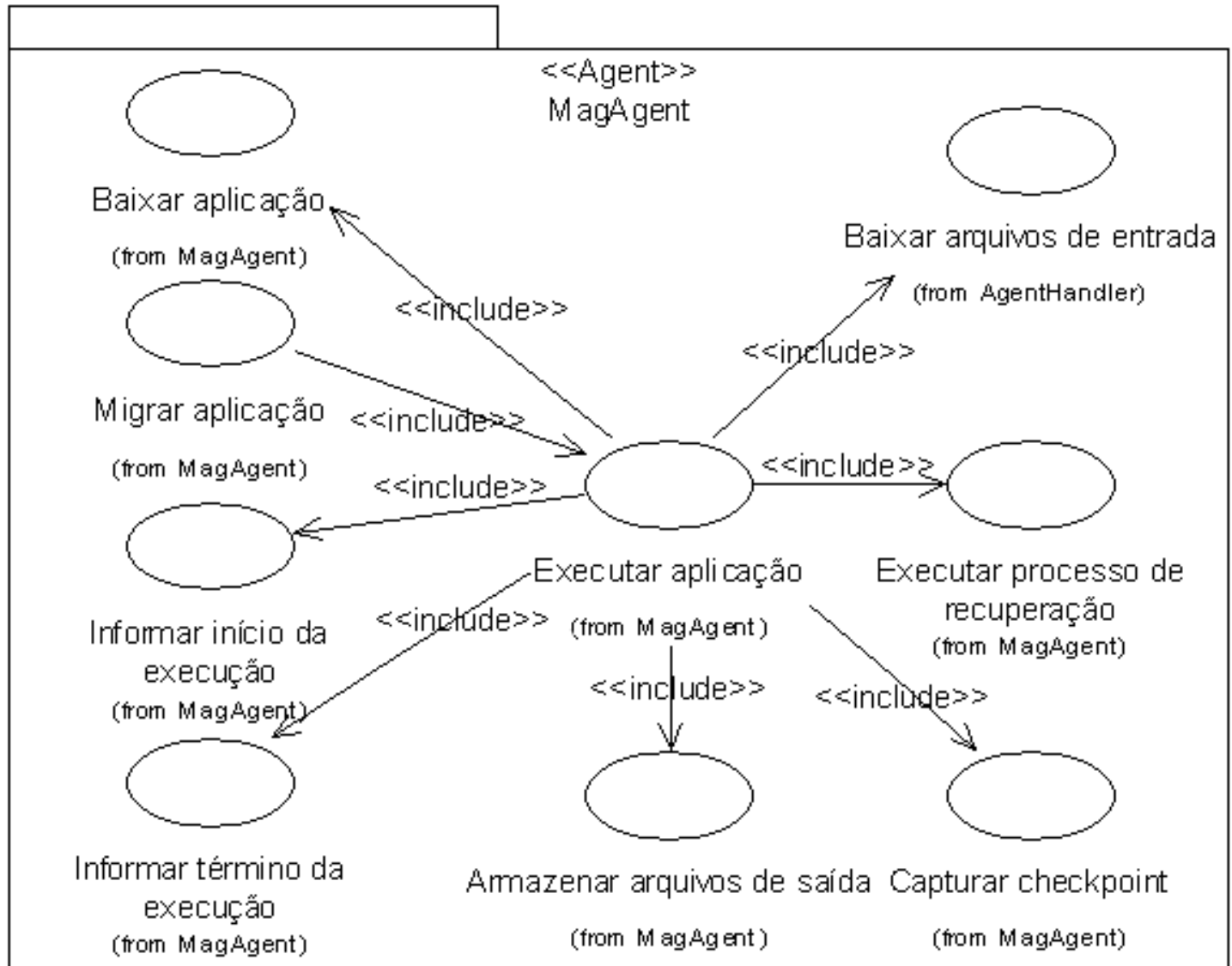


Identificação dos Agentes (AId)

- Uma vez definidos os requisitos do sistema, passa a ser necessário definir e atribuir responsabilidades aos agentes que irão compor a infraestrutura do mesmo. O diagrama AId colabora neste sentido
- O diagrama AId é produzido a partir do DRD, agrupando-se os seus casos de uso para determinar os agentes do sistema



Parte do Diagrama Ald do MAG: "MagAgent"





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Identificação dos Agentes (AId)

- Através do diagrama AId foi possível identificar os seguintes agentes:
 - GridSubmissionTool (ASCT)
 - ClusterManager (GRM)
 - NodeInfoStorage (Trader)
 - ApplicationStorage (ApplicationRepository)
 - HostResourceManager (LRM)
 - AgentHandler
 - ClusterApplicationViewer – CAV
 - ExecutionManagementAgent – EMA
 - StableStorage
 - MagAgent
 - AgentRecover



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Descrição de Ontologia do Domínio (DOD)

- Para permitir a comunicação dos agentes da infraestrutura de software, é necessário que os mesmos detenham conhecimento sobre o domínio do sistema
- O conhecimento dos agentes é modelado através de sua ontologia, que é representada na Agil PASSI através do diagrama DOD
- A ontologia é descrita em termos de três diferentes elementos:
 - Conceitos
 - Predicados
 - Ações
- A ontologia do MAG não foi completamente implementada, uma vez que sua arquitetura é mista



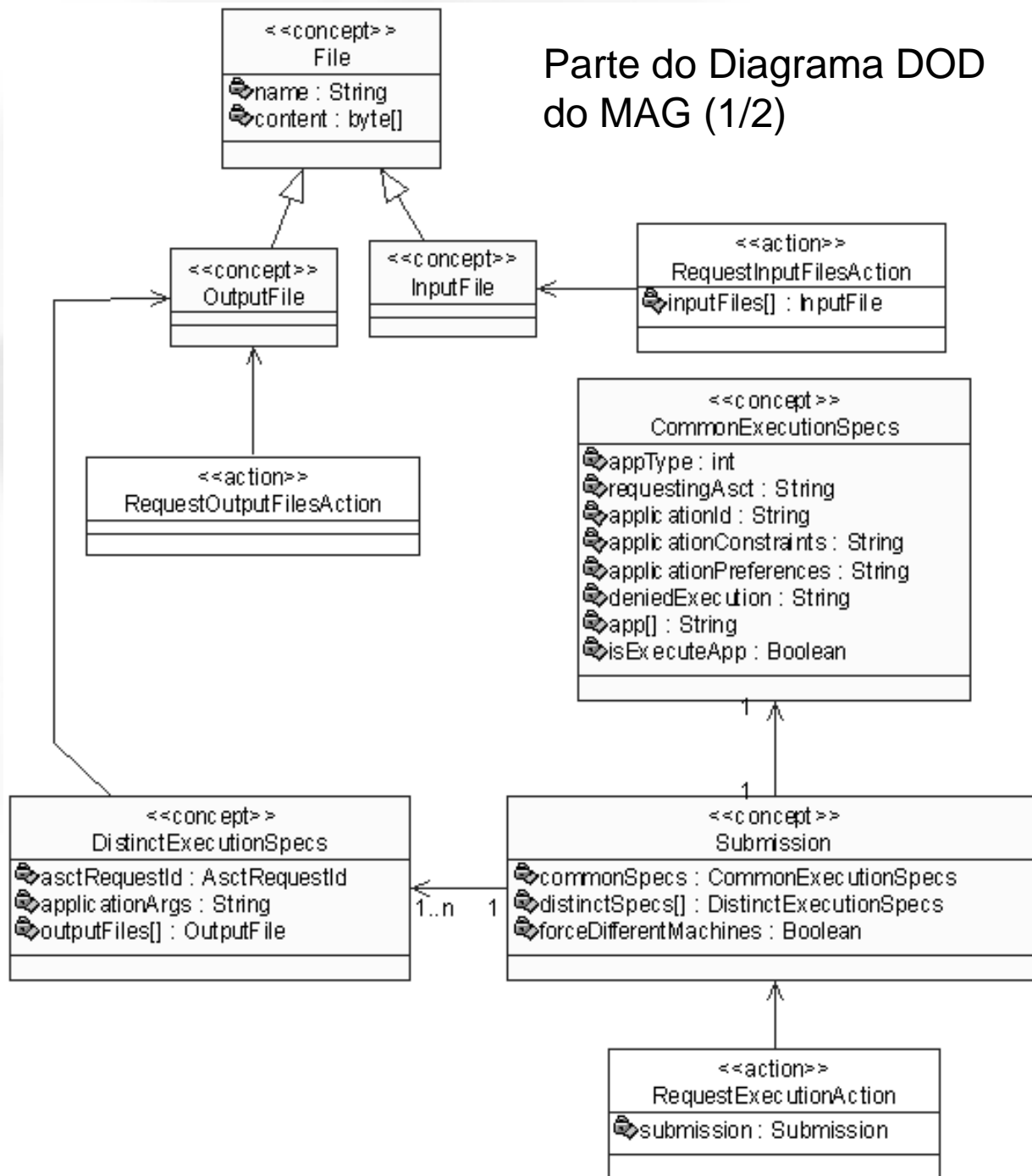
Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Parte do Diagrama DOD do MAG (1/2)





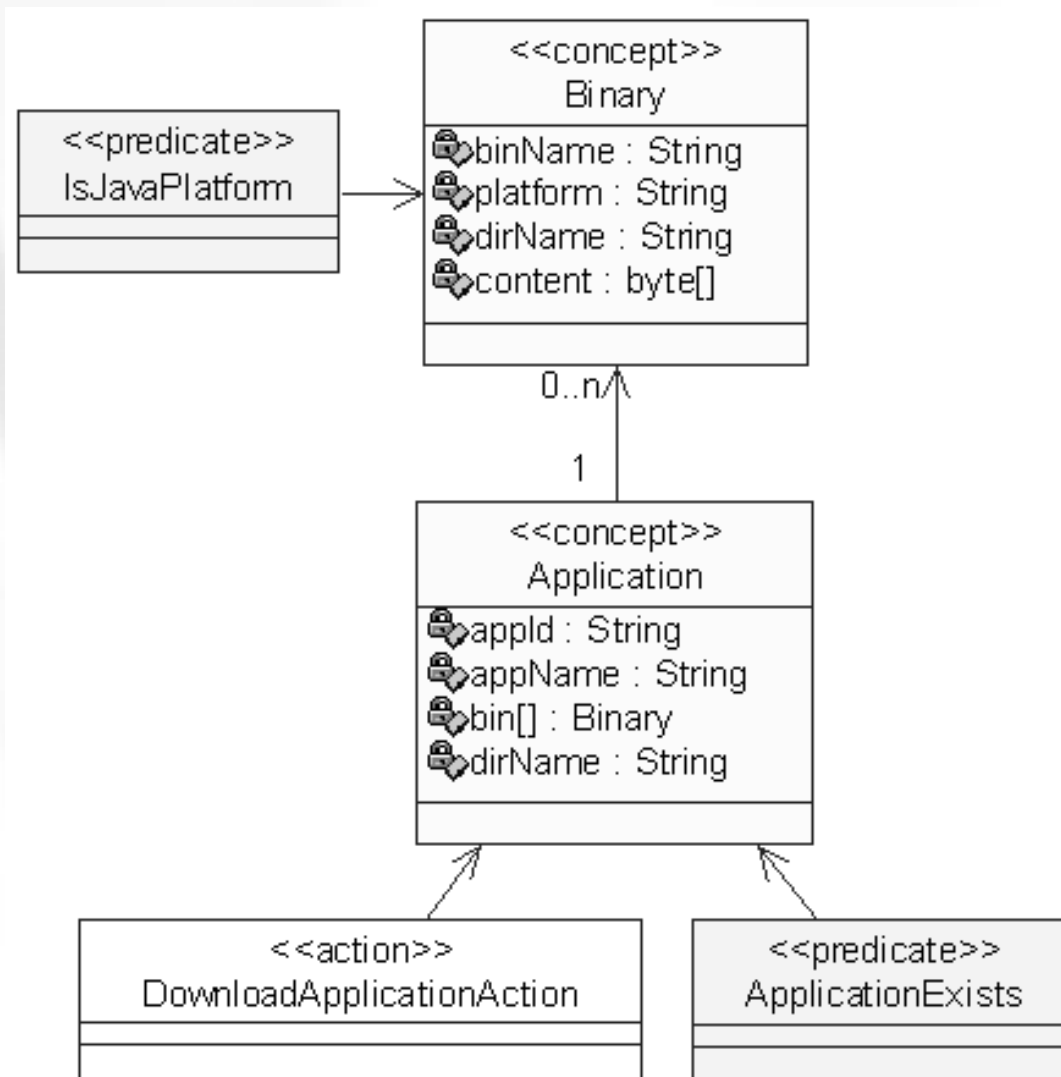
Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Parte do Diagrama DOD do MAG (2/2)





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments

Modelo de Codificação

- Atividades
 - Diagrama de Ontologia de Comunicação (COD)
 - Diagrama de Definição de Estrutura Multiagente (MASD)
 - Diagrama de Descrição de Estrutura de Agente (SASD)
 - *Diagrama de Descrição de Comportamento Multiagente (MABD)*



LSD





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments

Diagrama de Ontologia de Comunicação (COD)

- Uma vez definido o conhecimento dos agentes a respeito do domínio da aplicação, passa a ser necessário que este conhecimento seja associado às comunicações que ocorrem entre os agentes pertencentes ao sistema
- O principal objetivo desta medida é associar semântica às comunicações que ocorrem no sistema
- As comunicações realizadas no sistema são representadas através do diagrama COD
- Cada comunicação representada no diagrama COD é composta por três atributos:
 - Ontologia
 - Linguagem de Conteúdo
 - Protocolo de Interação

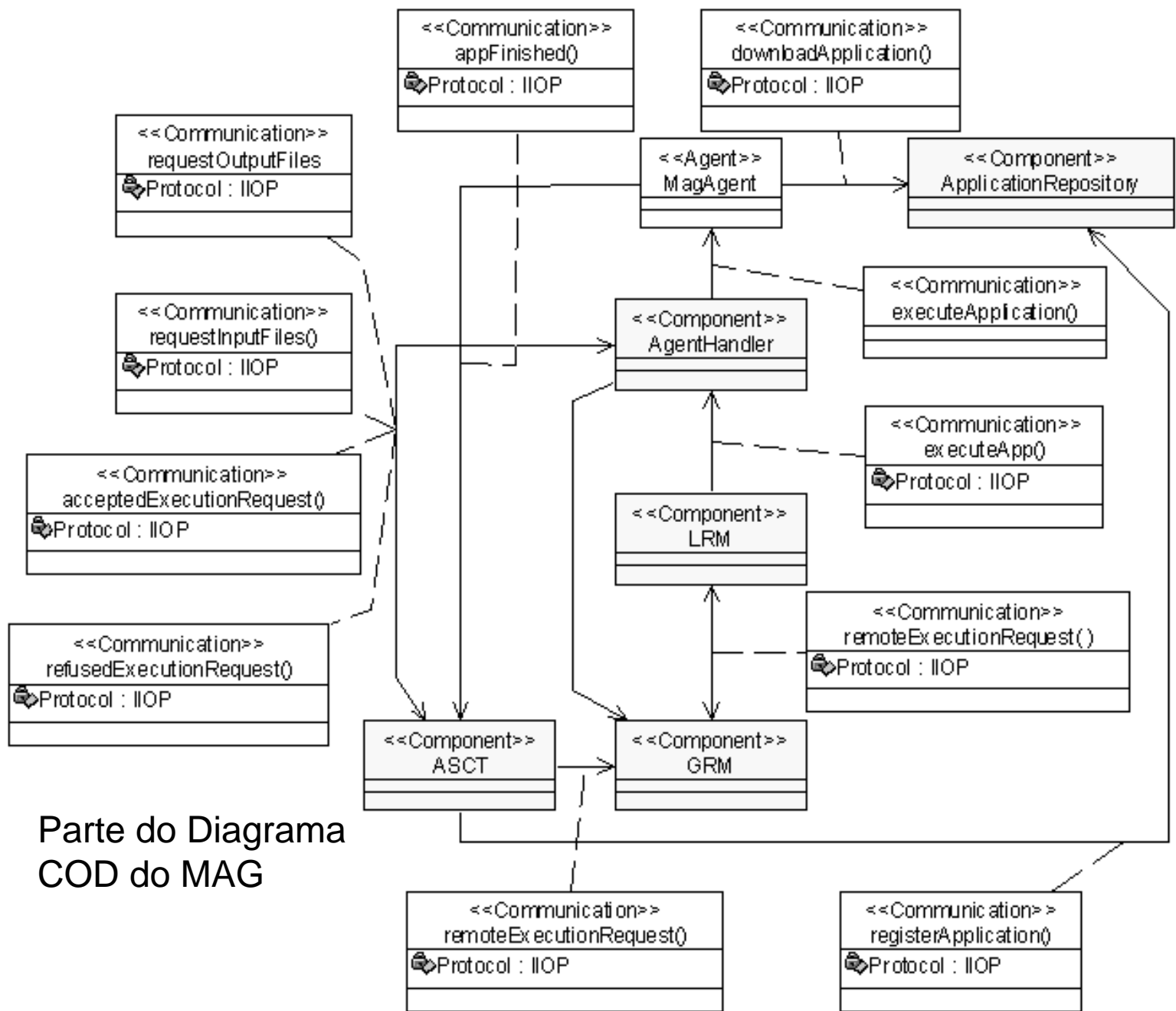




Mobile Agents Technology for Grid Computing Environments



LSD



Parte do Diagrama
COD do MAG



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Diagrama de Definição de Estrutura Multiagente (MASD)

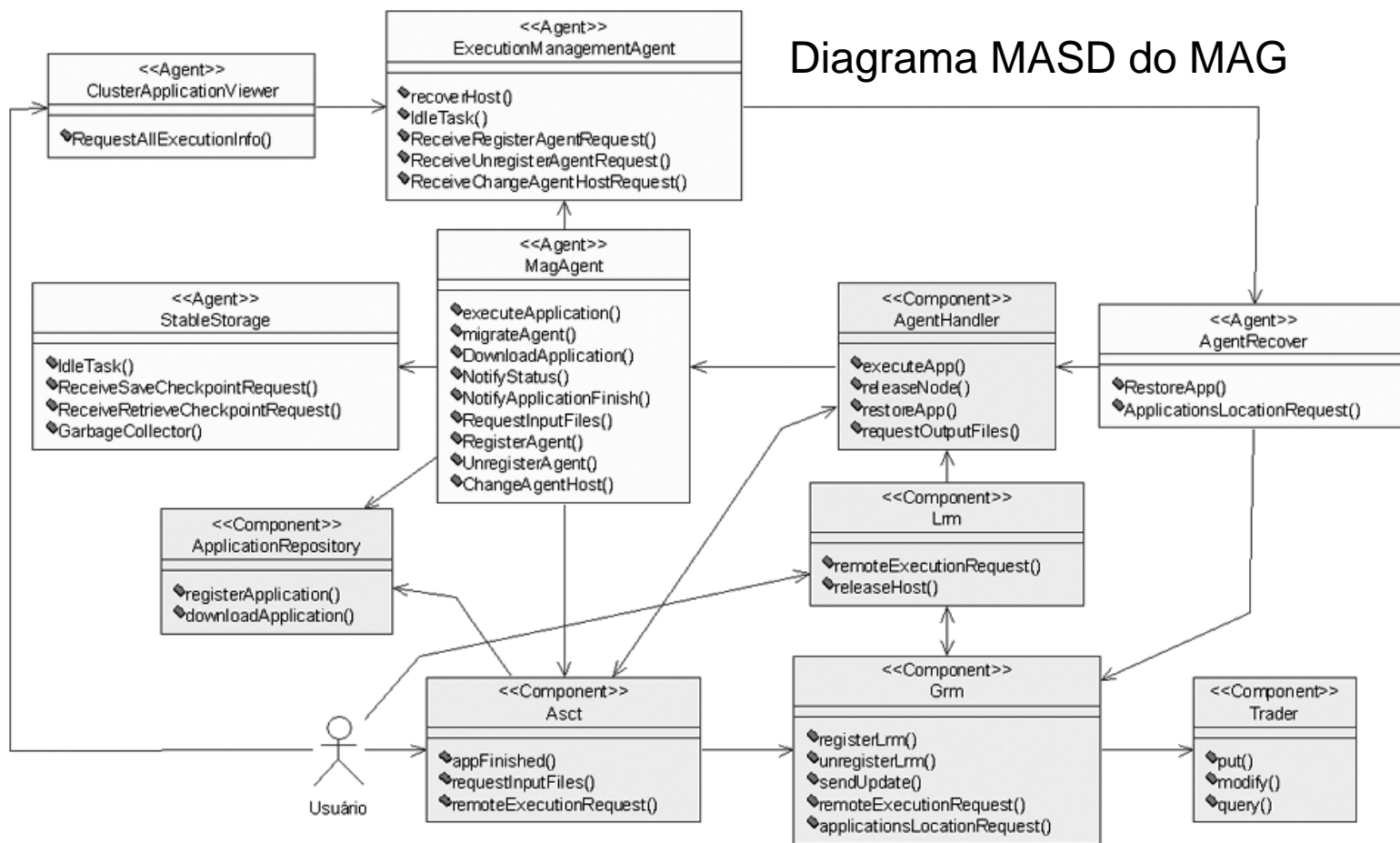
- Uma vez modelada a comunicação entre os agentes, passa a ser necessário representar a estrutura interna do sistema multiagente
- A definição desta estrutura é realizada através do diagrama MASD
 - Permite ter uma visão completa da sociedade de agentes e dos atores do sistema
 - Neste modelo são definidas as tarefas ou comportamentos que cada agente deverá ter implementados com base em suas responsabilidades (diagramas Ald e COD)



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



Diagrama MASD do MAG





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments

Diagrama de Descrição de Estrutura de Agente (SASD)

- Após modelar a estrutura interna do sistema multiagente, é necessário que cada um dos agentes que compõem o sistema seja modelado individualmente
- Dessa forma, para cada um dos agentes do diagrama MASD deverá ser gerado um diagrama SASD que descreva a estrutura interna do agente

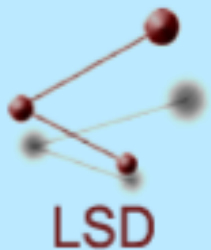
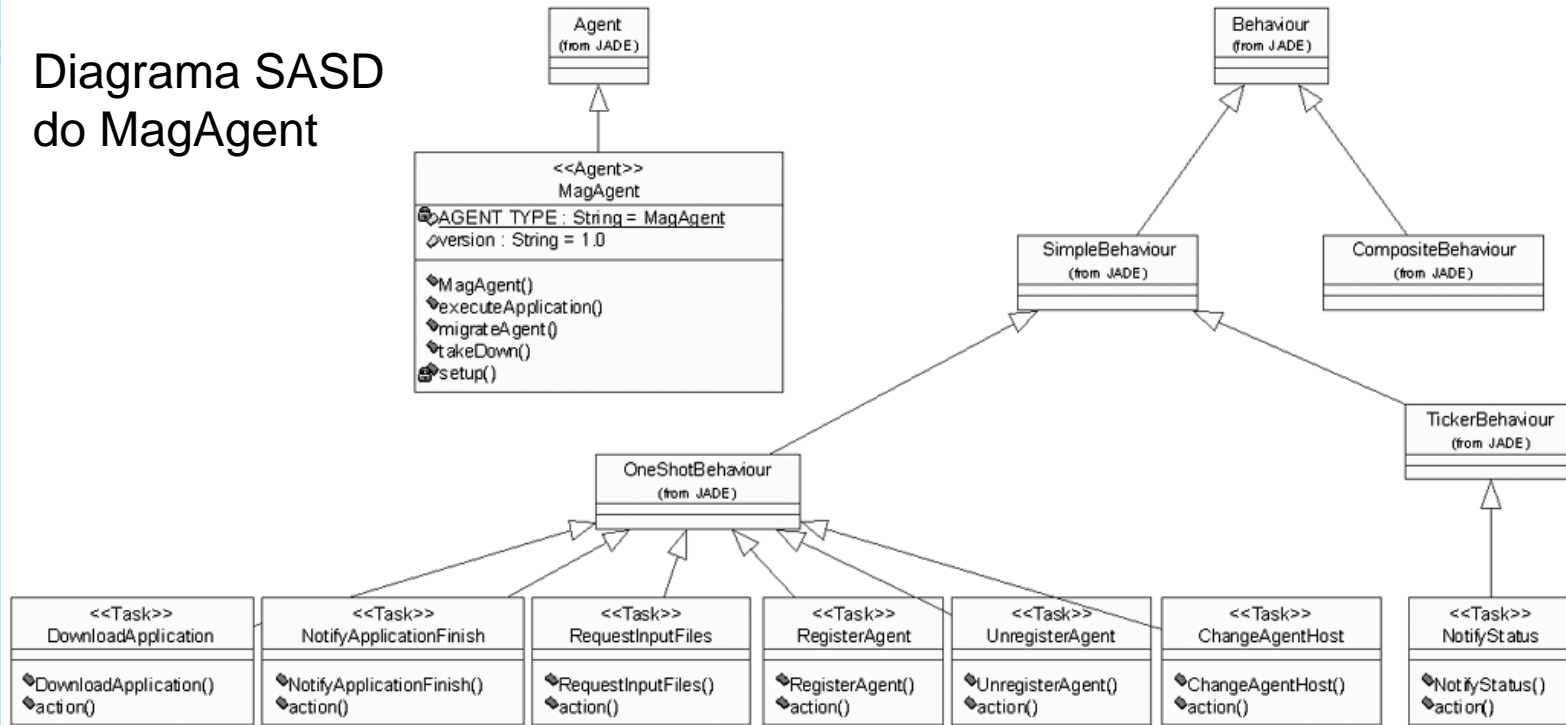




Diagrama SASD
do MagAgent



Gerenciamento da Execução de Aplicações

- O EMA (*Execution Management Agent*) é responsável pelo gerenciamento da execução de aplicações na grade
- O EMA utiliza um banco de dados XML ([Xindice](#)) para armazenar informações a respeito das aplicações submetidas para execução na grade.



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



Gerenciamento da Execução de Aplicações



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Arquivo XML – EMA

```
<application source="grid">      <!-- grid / web / mobile -->
  <appExecutionId>10000</appExecutionId>
  <applicationInfo>
    <appReposId>10000</appReposId>
    <binaryName>Fibonacci</binaryName>
    <platformType>Java</platformType>  <!-- Linux_i686 /
                                          Linux_x86_64 /
                                          Macintosh / Java -->
  </applicationInfo>
```


Gerenciamento da Execução de Aplicações



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



```
<executionInfo>
  <executionType>regular</executionType>      <!-- regular / bsp / parametric -->
  <userName>rafaelf</userName>
  <executingHost>gauguin</executingHost>
  <appArgs>50</appArgs>
  <appMainRequestId>1</appMainRequestId>
  <appNodeRequestId>0</appNodeRequestId>
  <appConstraints>osName == 'Linux'</appConstraints>
  <appPreferences>max(freeRAM)</appPreferences>
  <executionState>running</executionState>    <!-- accepted / refused /
                                                running / finished -->

  <outputFiles>
    <file>stdout</file>
    <file>stderr</file>
    <file>out.dat</file>
  </outputFiles>
  <inputFiles>
    <file>in.dat</file>
  </inputFiles>
  <startTimestamp>99999999</startTimestamp>
  <endTimestamp>99999999</endTimestamp>
</executionInfo>
</application>
```




Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Liberação de nós da grade

- Nós são liberados quando o usuário requisita o uso exclusivo da máquina
 - Hoje isto é feito através de uma pequena janela com um botão no canto superior esquerdo
- O registro do LRM é primeiramente removido do GRM, e só então os agentes são migrados com suas aplicações para outros nós



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments

Recuperação de nós da grade

- A recuperação de nós ocorre mediante a detecção da ocorrência de falhas de colapso de nós
 - A detecção de falhas baseia-se no protocolo de atualização de informações de nós do Integrate
- Através das informações armazenadas no EMA é possível identificar que aplicações executavam no nó que falhou e recuperar informações a respeito da mesma
- O estado de execução das aplicações é então recuperado ao seu último estado pré-falha, a partir dos *checkpoints* armazenados no armazém estável (StableStorage)



LSD





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Mecanismo de Migração Forte



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Migração Forte

- Definição:
 - “Capacidade de mudar dinamicamente as ligações entre o código e a localização onde executa” [CPV97]



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



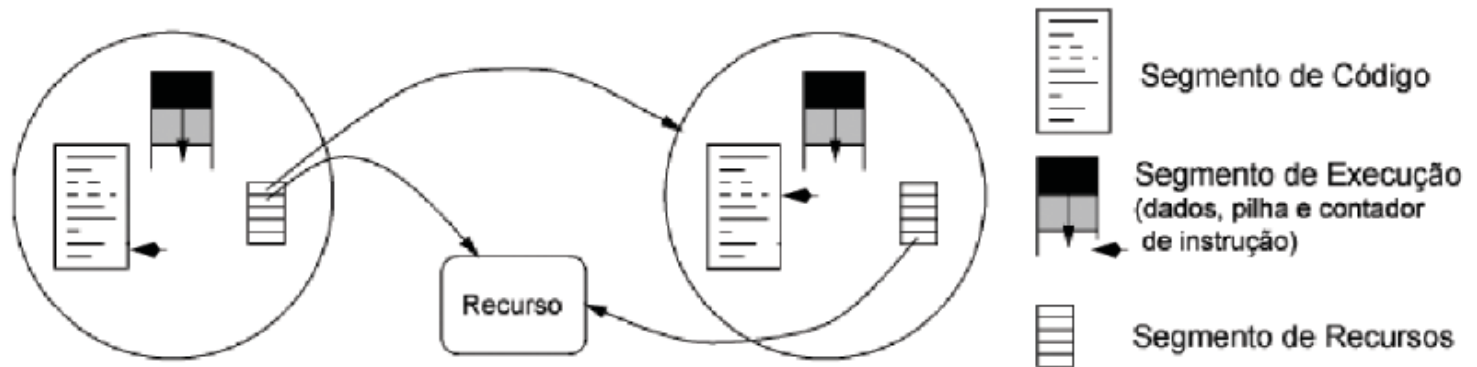
Migração Forte: Motivação

- Algumas razões que motivam o uso de migração de processos:
 - Melhoria do desempenho de aplicações
 - Diminuição da carga na rede
 - Exploração de processamento paralelo
 - Extensão dinâmica da funcionalidade de aplicações
 - Execução assíncrona e autônoma



Migração Forte: Classificação

- Para migrar um processo, três segmentos do mesmo devem ser migrados:



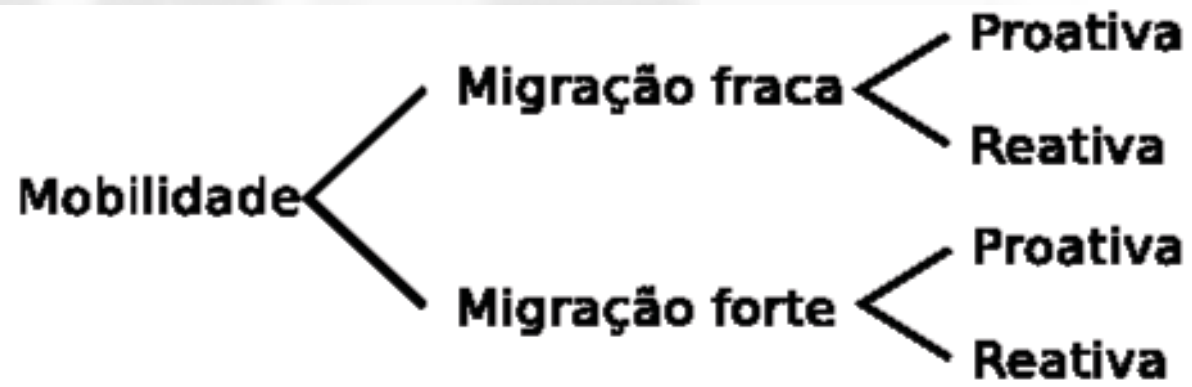
LSD





Migração Forte: Classificação

Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



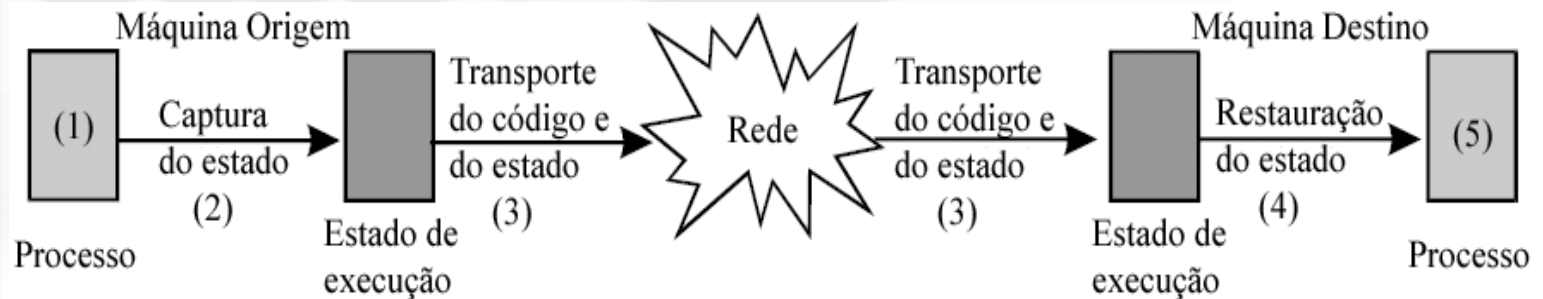
LSD





Processo de Migração

Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Migração Forte em Java: Possíveis Abordagens

- **Alteração da JVM**
 - ↓ Perda de portabilidade da JVM
- **Instrumentação de código-fonte**
 - ↓ Código fonte muitas vezes não está disponível
 - ↑ Acesso mais fácil à informações como os tipos de variáveis
- **Instrumentação de *bytecode***
 - ↑ O tamanho do código inserido é geralmente menor que na abordagem baseada em código fonte
 - ↑ Acesso à um conjunto de instruções estendidas. Ex: **goto**, crucial neste caso
 - ↓ A implementação é mais difícil
- **Utilização da JPDA**
 - ↑ Não requer a modificação da máquina virtual e nem da aplicação
 - ↓ *Overhead* muito alto, pois não permite compilação JIT
 - ↓ Não permite a recuperação do estado (para isto, outras abordagens devem ser utilizadas)



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



Migração Forte no MAG

- Migração forte das aplicações no MAG, baseia-se em uma versão modificada do *framework* Brakes, chamada MAG/Brakes
- O MAG/Brakes fundamenta-se na instrumentação do *bytecode* de aplicações Java



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD

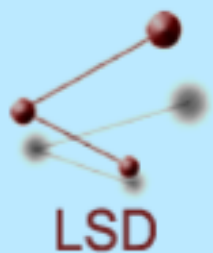


Migração Forte no MAG

- Alterações no Brakes:
 - Simplificação dos componentes, objetivando obter um melhor desempenho (ex: remoção do escalonador de *threads*)
 - Migração iniciada por evento externo (migração forçada)
 - Permite ao desenvolvedor indicar pontos onde o estado da aplicação deva ser salvo
 - Desligar a instrumentação automática da aplicação após a invocação de métodos



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



Migração Forte no MAG

- Limitações:
 - Só é possível migrar aplicações compostas por uma única *thread*
 - Referências a recursos alocados pelas aplicações (ex: impressora) não são mantidas após a migração



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



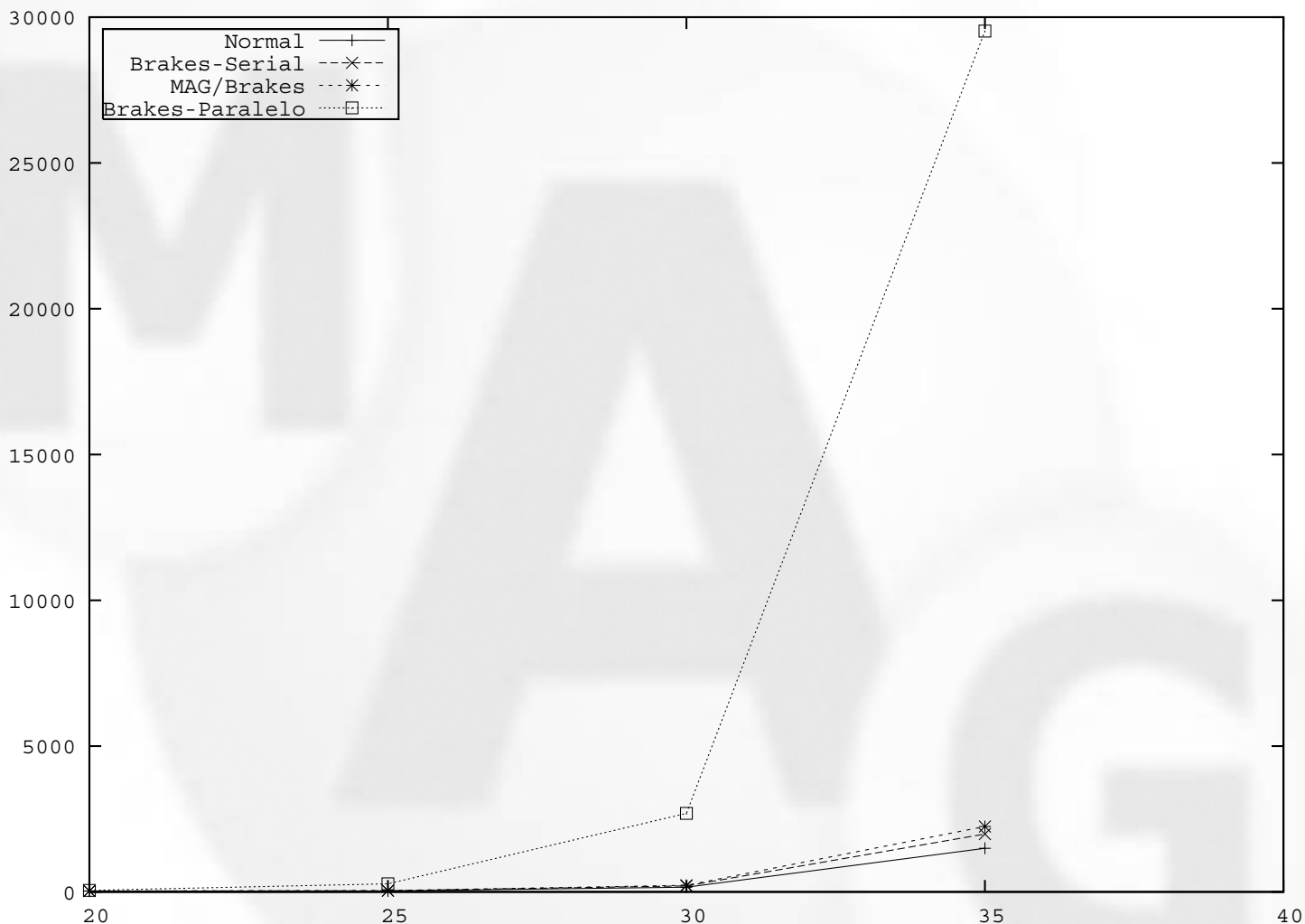
Migração Forte no MAG

- Avaliação de Desempenho:
 - Inserção de código adicional para fornecer suporte à migração, é custoso do ponto de vista de:
 - Tempo de execução
 - Tamanho do *bytecode*
 - Para avaliar o custo adicional causado pelo MAG/Brakes dois experimentos foram realizados:
 - Medição da sobrecarga no tempo médio de execução de uma aplicação real da grade (GLCM)
 - Comparação da sobrecarga causada pelo MAG/Brakes em relação às outras versões do Brakes (Fibonacci)



Migração Forte no MAG

- Avaliação de Desempenho:



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Avaliação de Desempenho



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Avaliação de Desempenho

- Avaliação do desempenho dos mecanismos relacionados ao *middleware*
- Três experimentos foram realizados:
 - Avaliação do Consumo de CPU causado pelos componentes do MAG
 - Avaliação da sobrecarga imposta ao tempo de execução de aplicações por parte do mecanismo de tolerância a falhas
 - Avaliação do tempo de execução de aplicações paramétricas na grade

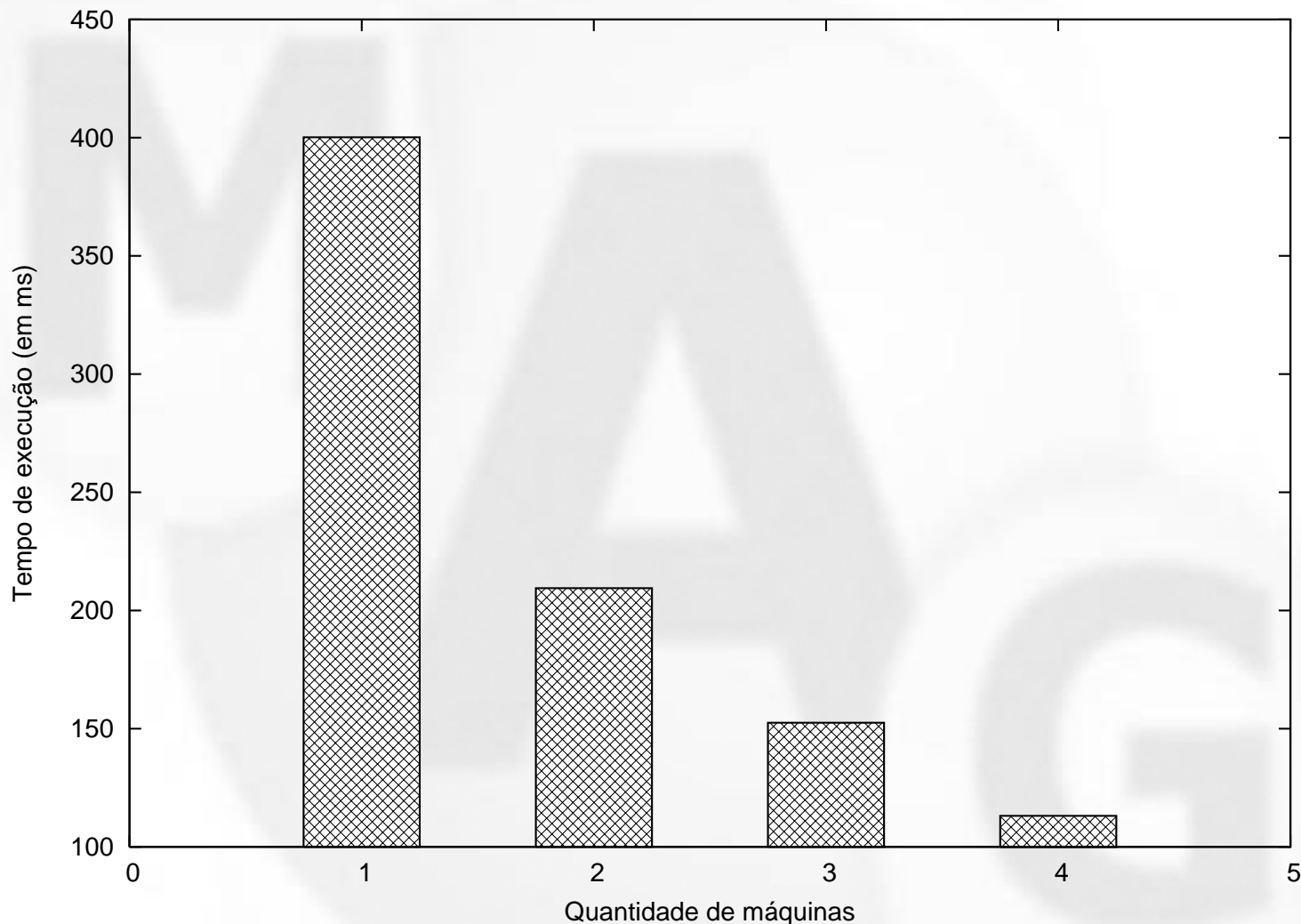


Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



Avaliação de Desempenho

Tempo médio de execução da aplicação GLCM, à medida que o número de máquinas do aglomerado cresce





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Conclusões e Trabalhos Futuros



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Conclusões

- O uso de agentes de software contribuiu significativamente para simplificar o projeto e implementação de um *middleware* complexo como a grade
- Esta constatação deriva da análise de algumas características dos agentes, como:
 - Mobilidade
 - Autonomia
 - Cooperação
 - Segurança



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Trabalhos Futuros

- Proteção contra aplicações hostis e defeituosas
- Balanceamento de carga
- Suporte a aplicações paralelas MPI
- Superar limitações da versão atual do arcabouço MAG/Brakes:
- Tratamento de falhas de aplicações individuais
- Utilização de adaptação dinâmica e reflexão computacional no mecanismo de tolerância a falhas
- Personalização da plataforma JADE



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Publicações

- **MAG: A Mobile Agent based Computational Grid Platform:** artigo completo publicado no 4th International Conference on Grid and Cooperative Computing que descreve a arquitetura geral e a implementação do projeto MAG;
- **Migration Transparency in a Mobile Agent Based Computational Grid:** artigo completo publicado no 1st WSEAS International Symposium on GRID COMPUTING que descreve a implementação da primeira versão do arcabouço MAG/Brakes;
- **Strong Migration in a Grid based on Mobile Agents:** artigo publicado no periódico WSEAS Transactions On Systems, é uma versão estendida do artigo anterior;
- **Fault Tolerance in a Mobile Agent Based Computational Grid:** artigo submetido para o International Workshop on Agent based Grid Computing, evento interno ao 6th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid' 2006).



Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



Dúvidas





Mobile Agents
Technology
for Grid
Computing
Environments



LSD



FIM

- Site do Projeto
<http://www.lsd.ufma.br/mag>
- E-Mail
rafaelf@deinf.ufma.br
- Site Pessoal
<http://www.deinf.ufma.br/~rafaelf>