
Organização de Sistemas Multiagentes

Jomi Fred Hübner (FURB/SC)

`jomi@inf.furb.br`

Jaime Simão Sichman (USP/SP)

`jaime.sichman@poli.usp.br`

JAIA - Agosto 2003

Roteiro

- Sistemas Multiagentes
- **Modelos organizacionais**
- Modelo *MOISE⁺*
- Utilização de especificações organizacionais

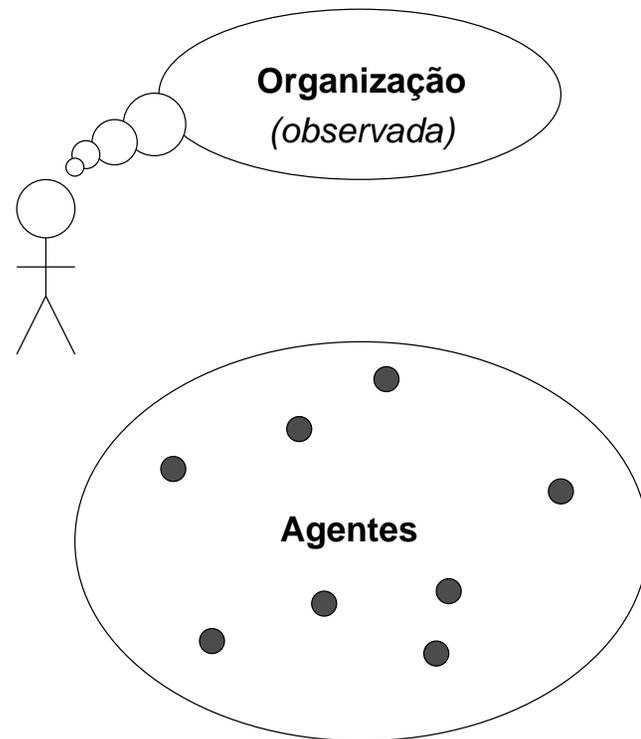
Noção **intuitiva** de organização

- Exemplos:
 - ★ Uma mesa de trabalho
 - ★ Um formigueiro
 - ★ Uma célula
 - ★ Um time de futebol
- Perguntas:
 - ★ O que é exatamente organização?
 - ★ Quais os tipos de organização?
 - ★ Por que organizar?

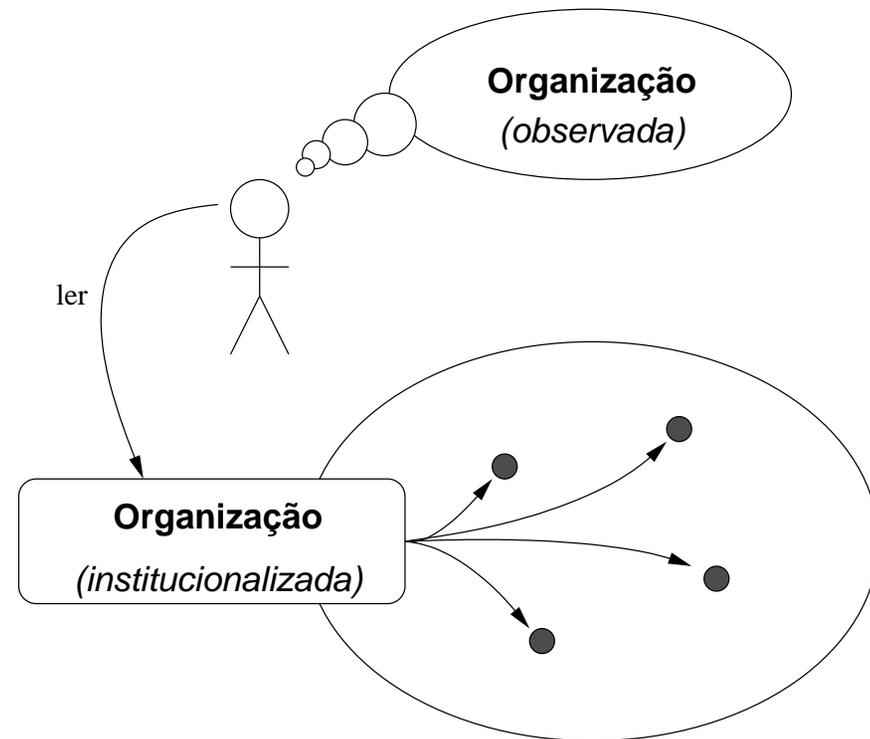
Por que organizar um SMA?

- Se os agentes são autônomos (autonomia de funcionamento, objetivos, etc.), como o sistema vai atingir um objetivo global?
- A autonomia precisa ser “limitada”.
- Exemplo “todos nós somos autônomos, mas quando assumimos o **papel** de aluno, já não podemos mais fazer certas coisas e podemos fazer outras”.
- Na sociedade humana, a noção de papel é muito utilizada para representar direitos e obrigações que, de certa forma, controlam nossa autonomia.

Duas formas de ver organização



(a) Visão centrada nos agentes



(b) Visão centrada na organização

[Lemaître and Excelente, 1998]

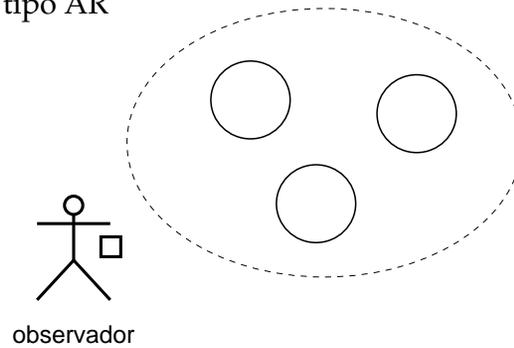
Tipos de organização

agentes **sem** conhecimento organizacional

agentes **com** conhecimento organizacional

(a) tipo AR

centrado nos agentes



Tipos de organização

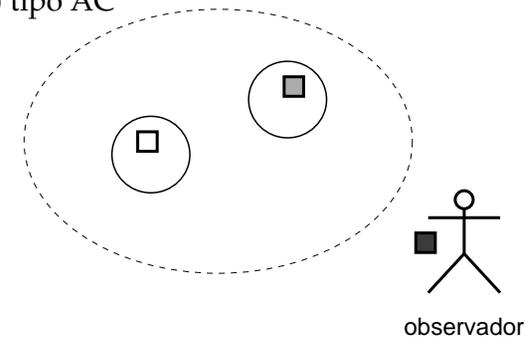
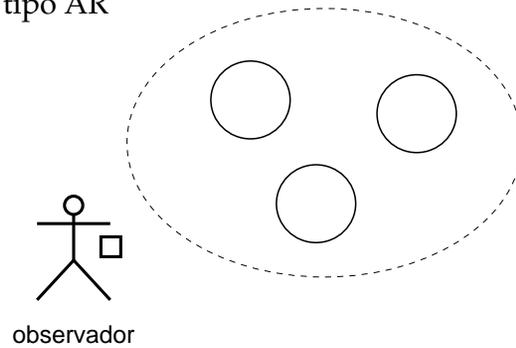
agentes **sem** conhecimento organizacional

agentes **com** conhecimento organizacional

(a) tipo AR

(b) tipo AC

centrado nos agentes



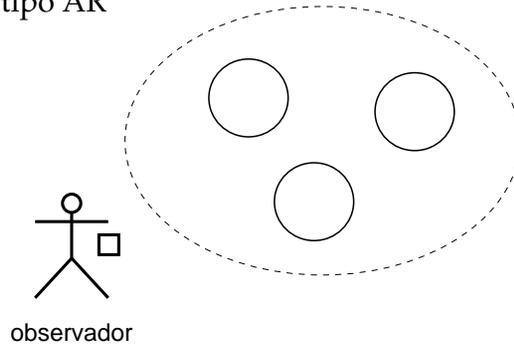
Tipos de organização

agentes **sem** conhecimento
organizacional

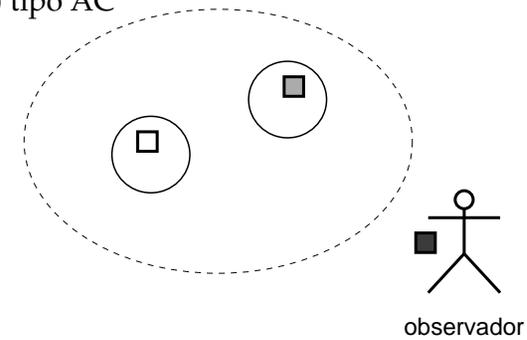
agentes **com** conhecimento
organizacional

centrado nos
agentes

(a) tipo AR

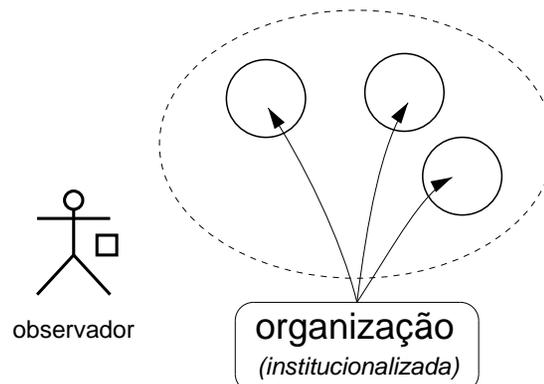


(b) tipo AC



(c) tipo OR

centrado na
organização



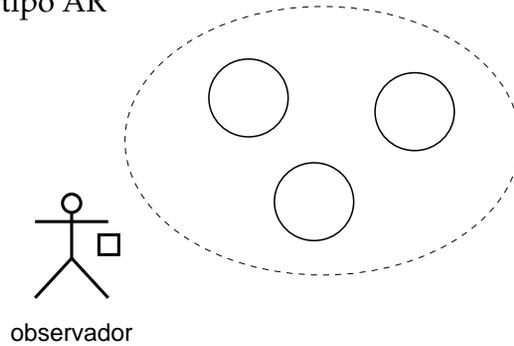
Tipos de organização

agentes **sem** conhecimento organizacional

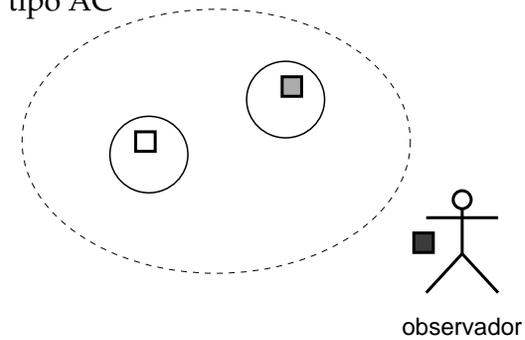
agentes **com** conhecimento organizacional

centrado nos agentes

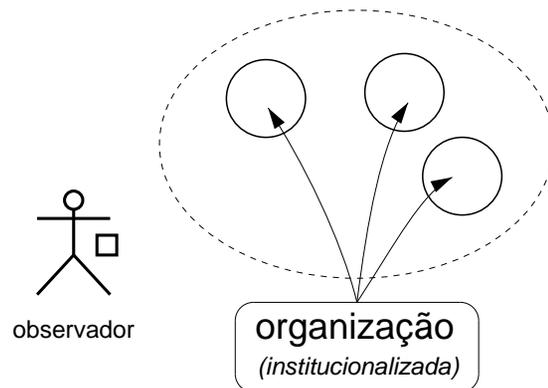
(a) tipo AR



(b) tipo AC

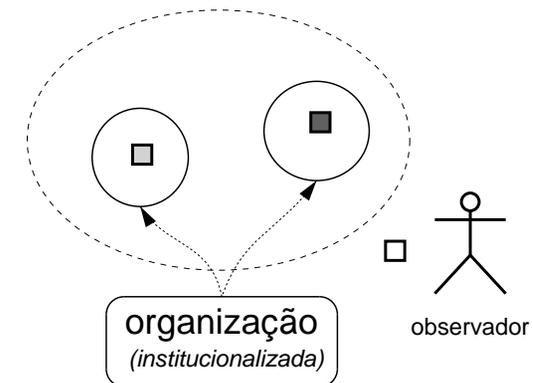


(c) tipo OR



restrição forte

(d) tipo OC



restrição fraca

centrado na organização

O que é Organização

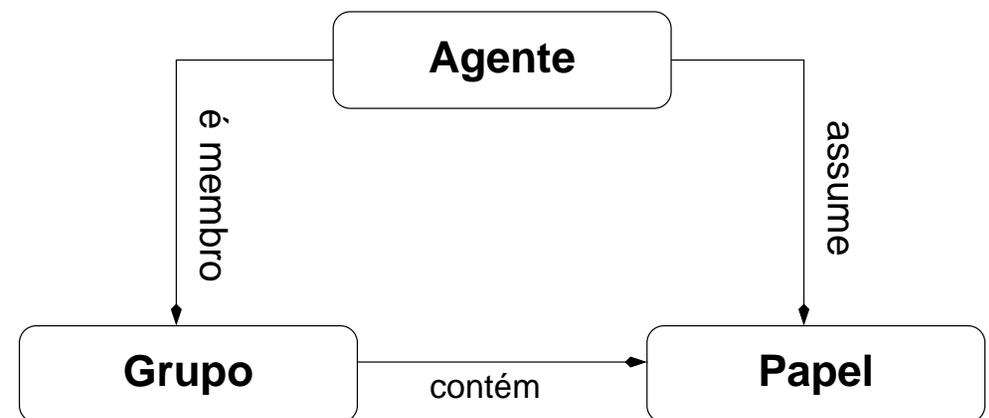
A organização de um SMA é um conjunto de restrições ao comportamento dos agentes a fim de conduzi-los a uma finalidade comum.

- Estas restrições podem estar explícitas ou não e os agentes podem ser ou não conscientes delas.
- No caso onde se deseja explicitar a organização (observada ou institucionalizada), como descrevê-la?
- Que noções utilizar (grupos, papéis, tarefas, missões, autoridade, etc.)?
- Qual o significado destas noções?

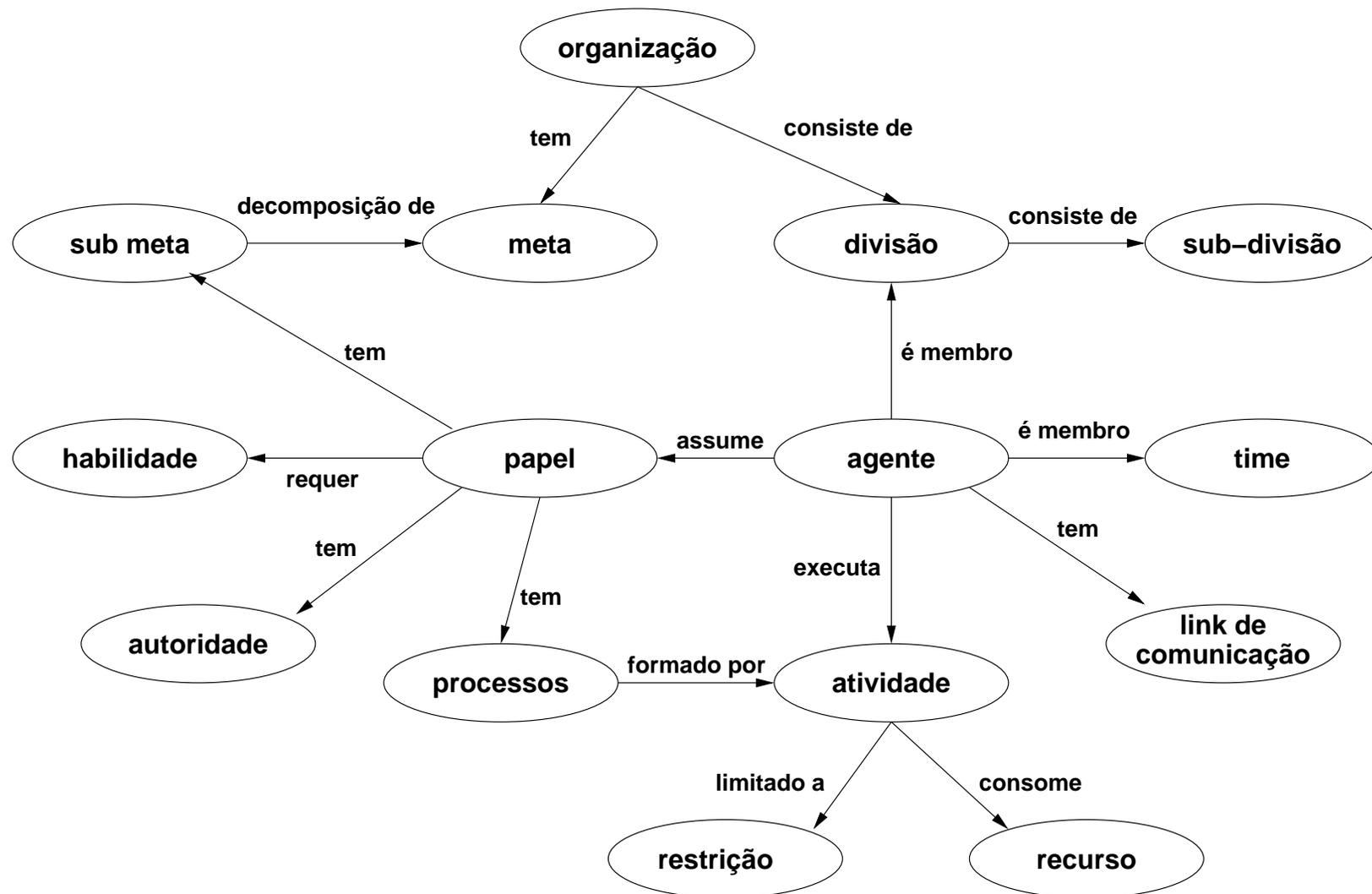
⇒ **Modelos Organizacionais**

O modelo AALAADIN [Ferber and Gutknecht, 1998]

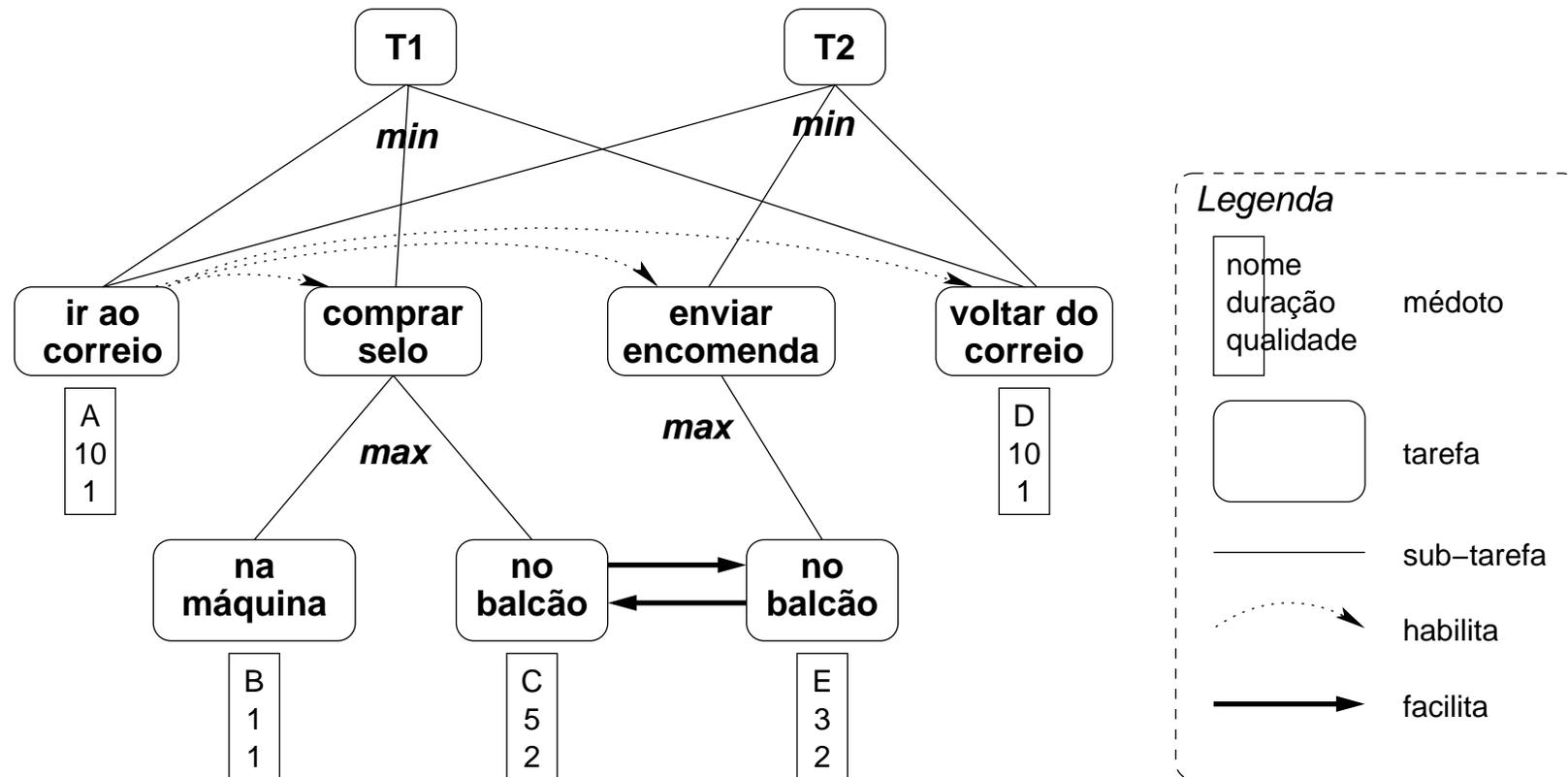
- Uma organização é um conjunto de grupos e agentes com papéis nestes grupos.
- Um grupo tem um conjunto de papéis necessários para seu funcionamento.
- Papel é um conjunto de **funções** que os agentes assumem ao entrar em um grupo.
- Não importa a arquitetura dos agentes.
- A organização é **instanciada** pelos agentes.



O modelo TOVE [Fox et al., 1998]

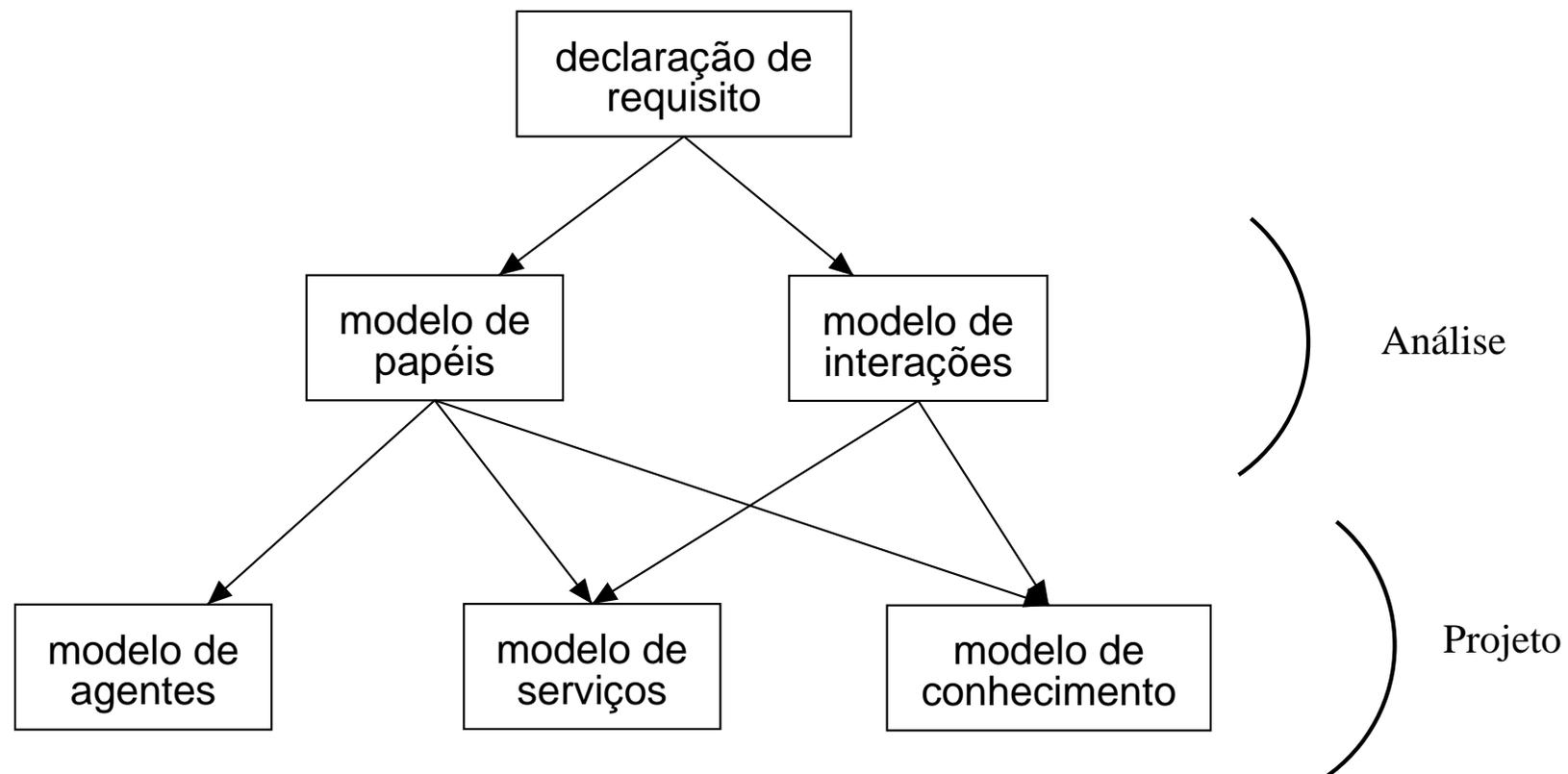


O modelo TÆEMS [Decker, 1998]



Organização nas metodologias de desenvolvimento de SMA

GAIA [Wooldridge et al., 1999]: A organização do sistema é definida por meio dos modelos de papéis e de interação.



Cada papel organizacional é formado por

- responsabilidades (funções que o agente deve realizar para o sistema, definidas por meio de atividades e protocolos),
- permissões para utilização de recursos,
- atividades (ações que o agente pode realizar sozinho) e
- protocolos (como o agente deve interagir com os demais).

MESSAGE [Garijo et al., 2001], a organização é composta por

- o propósito da organização (um conjunto de metas que devem ser satisfeitas pelas tarefas);
- estrutura de *workflow* (relação entre as tarefas, suas dependências e dos agentes responsáveis pelas tarefas);
- estrutura organizacional (relação dos papéis e agentes que os assumem);
- entidade de controle (define como se dá a resolução de conflitos);
- recursos da organização; e
- relações organizacionais (utilizadas para formar hierarquias entre papéis, por exemplo).

MESSAGE [Garijo et al., 2001], a organização é composta por

- o propósito da organização (um conjunto de metas que devem ser satisfeitas pelas tarefas);
- estrutura de *workflow* (relação entre as tarefas, suas dependências e dos agentes responsáveis pelas tarefas);
- estrutura organizacional (relação dos papéis e agentes que os assumem);
- entidade de controle (define como se dá a resolução de conflitos);
- recursos da organização; e
- relações organizacionais (utilizadas para formar hierarquias entre papéis, por exemplo).

Nestas metodologias, a organização não faz parte do SMA, não serve aos agentes mas ao projetista.

Resumo

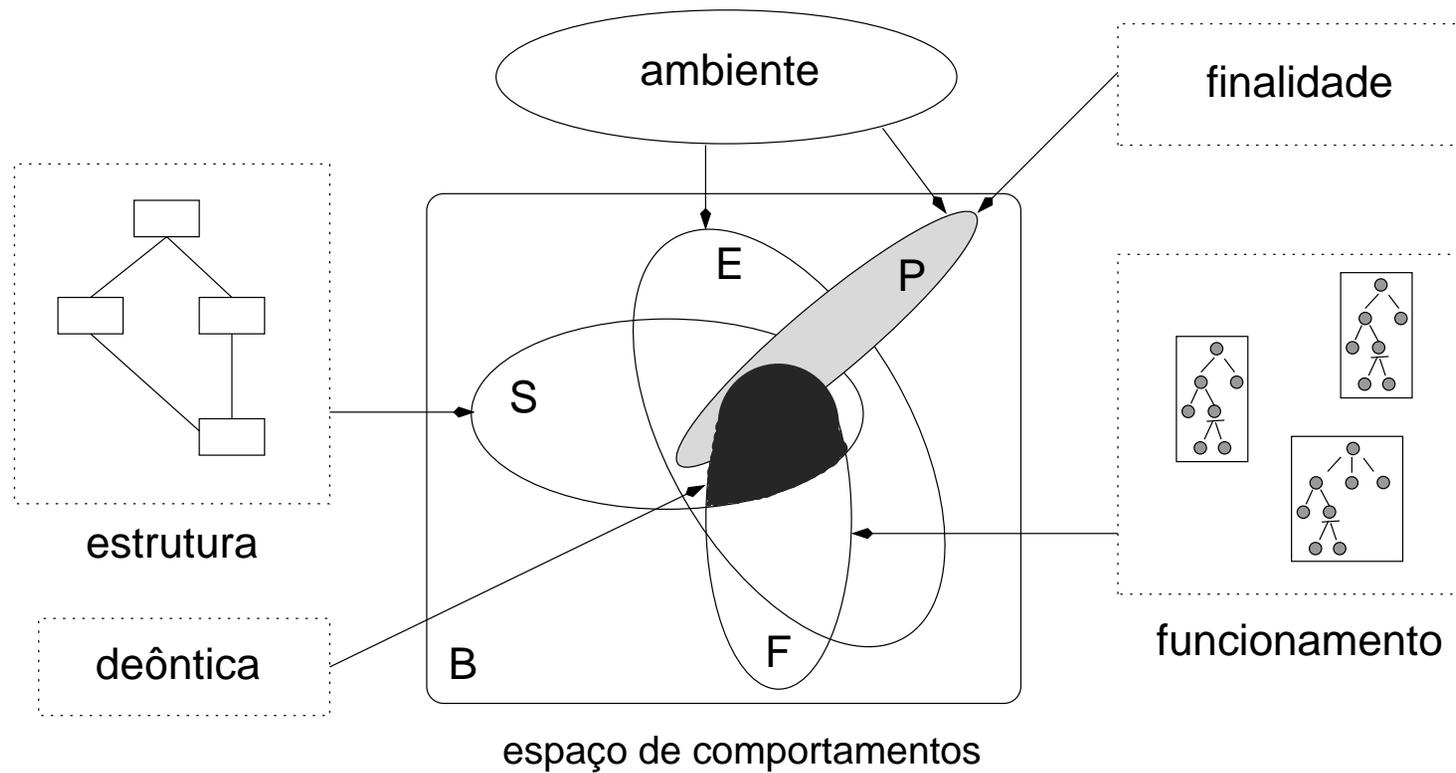
A organização de um SMA é um conjunto de restrições ao comportamento dos agentes a fim de conduzi-los a uma finalidade comum.

- Organização observada
- Organização institucionalizada, descrita a partir de modelos
 - ★ Funcionais (TÆMS)
 - ★ Estruturais (AALAADIN)
 - ★ Mistos (TOVE)
- Os agentes podem ou não ter capacidade de raciocinar sobre sua organização.

Roteiro

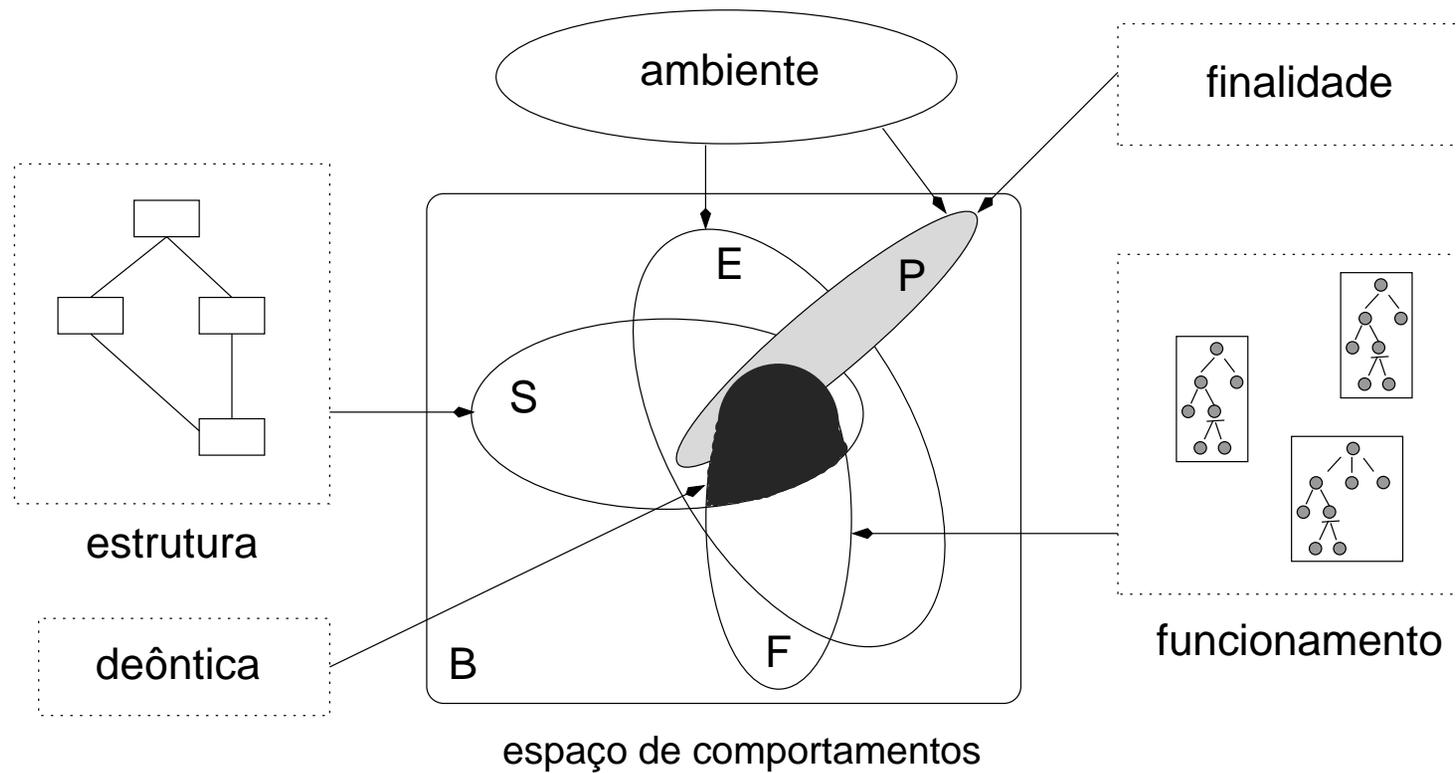
- Sistemas Multiagentes
- Modelos organizacionais
- **Modelo** *Moise*⁺
- Utilização de especificações organizacionais

Visão geral



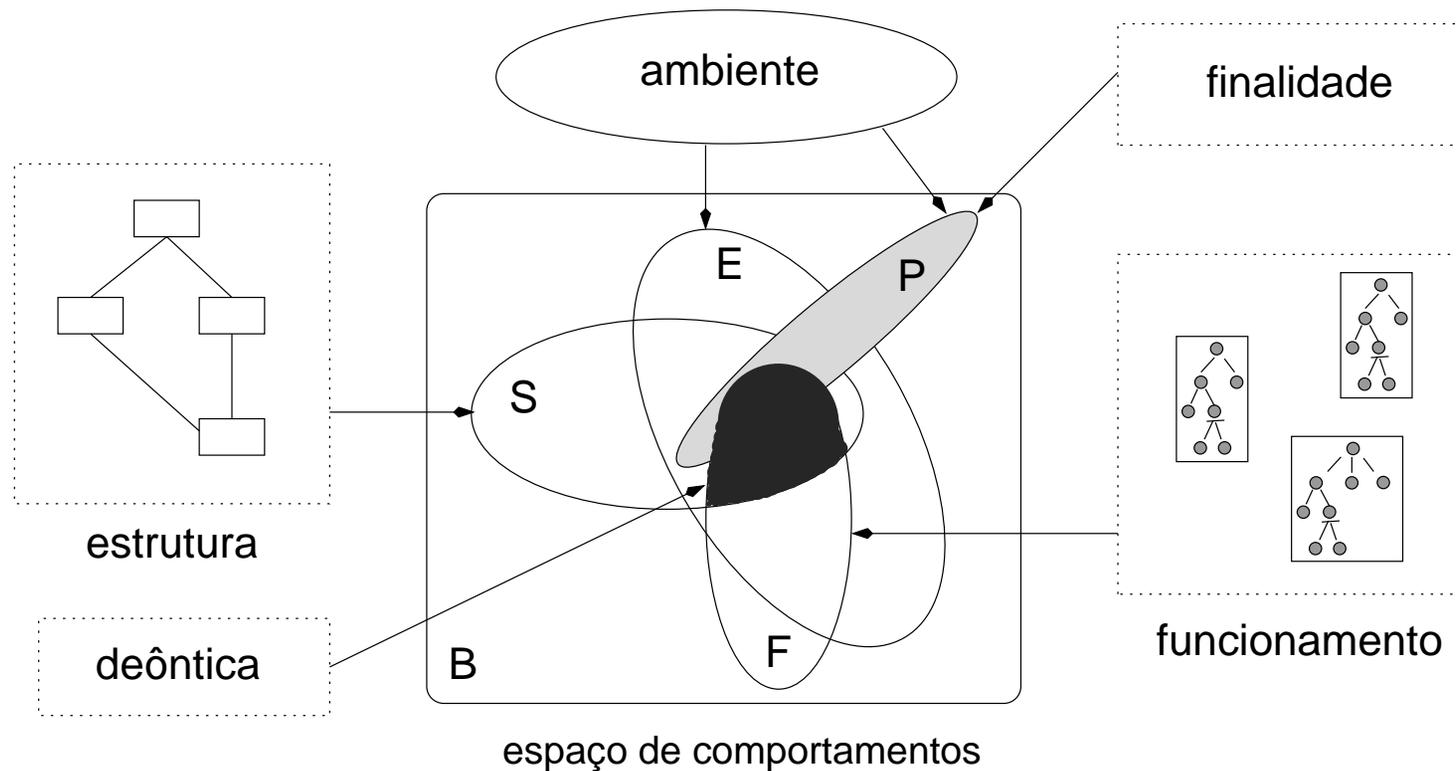
- **Estrutura:** o que os agentes **podem** fazer

Visão geral



- **Estrutura:** o que os agentes **podem** fazer
- **Funcionamento:** **como** os agentes podem fazer

Visão geral



- **Estrutura:** o que os agentes **podem** fazer
- **Funcionamento:** **como** os agentes podem fazer
- **Deôntica:** o que os agentes **devem** fazer

Especificação Estrutural

- **Papel**: conjunto de restrições comportamentais que **um agente** aceita quanto entra em um grupo
 - ★ em relação a outros agentes (exemplo: autoridade) e

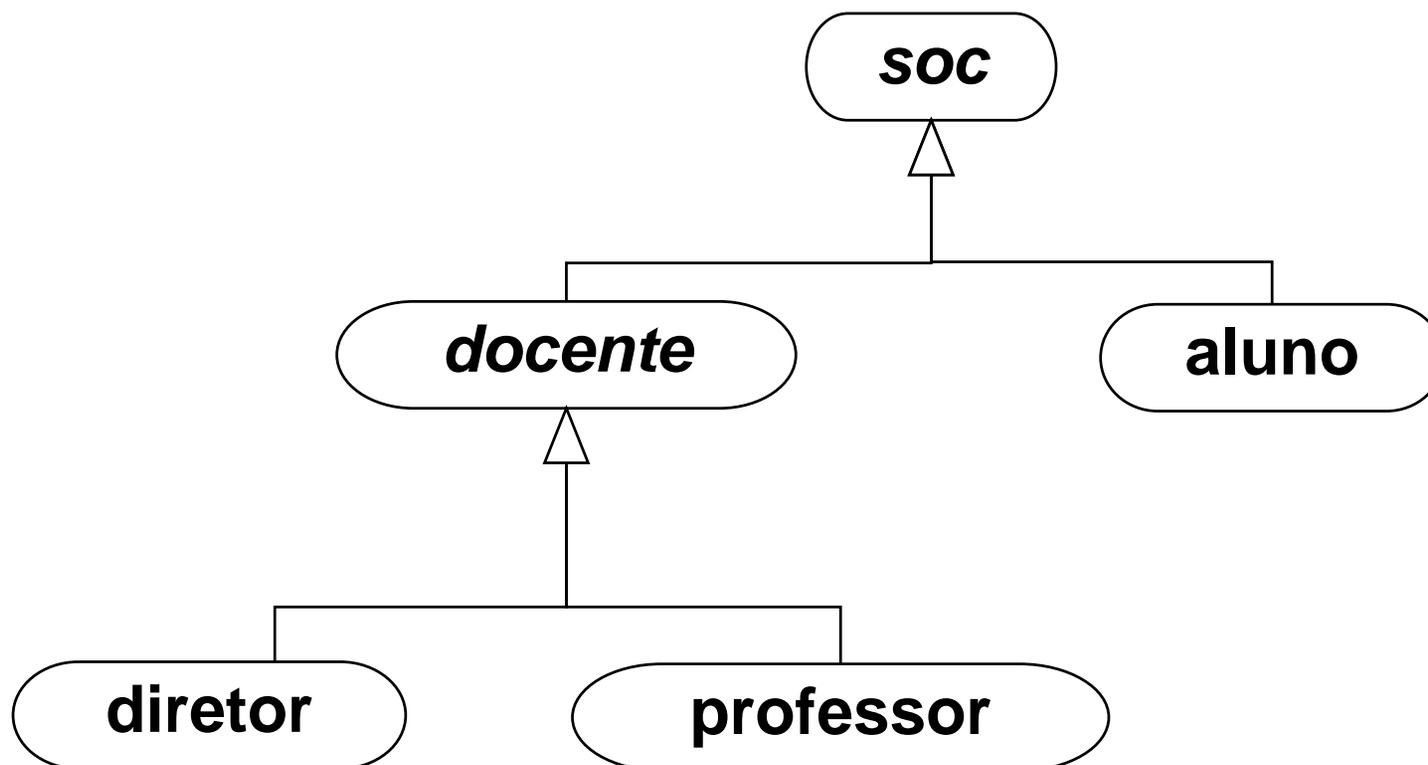
Especificação Estrutural

- **Papel**: conjunto de restrições comportamentais que **um agente** aceita quanto entra em um grupo
 - ★ em relação a outros agentes (exemplo: autoridade) e
 - ★ em relação a tarefas comuns (objetivos globais)

Especificação Estrutural

- **Papel**: conjunto de restrições comportamentais que **um agente** aceita quanto entra em um grupo
 - ★ em relação a outros agentes (exemplo: autoridade) e
 - ★ em relação a tarefas comuns (objetivos globais)
- A especificação estrutural é feita em três níveis
 - ★ individual: definição dos papéis
 - ★ social: ligação entre papéis
 - ★ coletiva: agrupamento de papéis

Relação de herança entre papéis



Notação para “o papel ρ tem uma especialização ρ' ”:

$$\rho \sqsupseteq \rho'$$

Notação para “o papel ρ tem uma especialização ρ' ”:

$$\rho \sqsubset \rho'$$

$$\rho_{docente} \sqsubset \rho_{diretor}$$

Notação para “o papel ρ tem uma especialização ρ' ”:

$$\rho \sqsubset \rho'$$

$$\rho_{docente} \sqsubset \rho_{diretor}$$

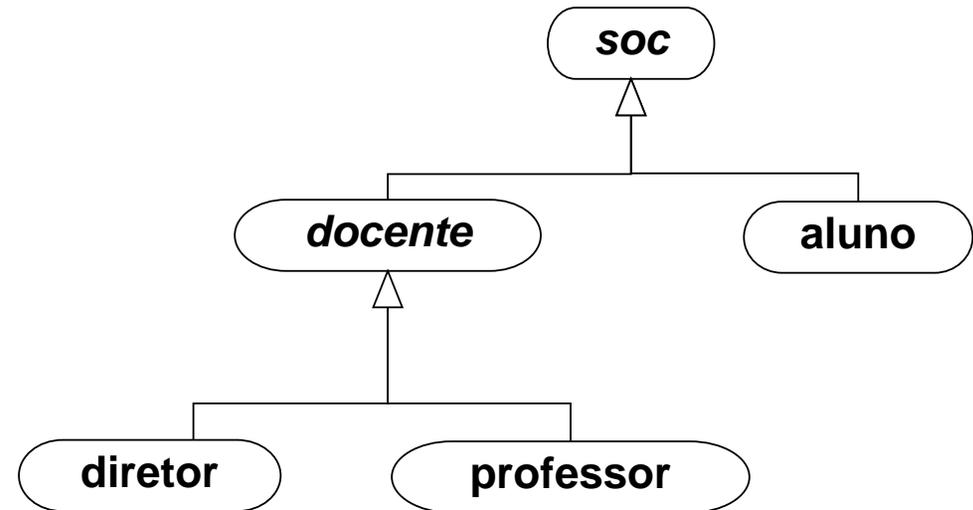
Propriedades:

$$\rho \sqsubset \rho' \wedge \rho' \sqsubset \rho \Rightarrow \rho = \rho'$$

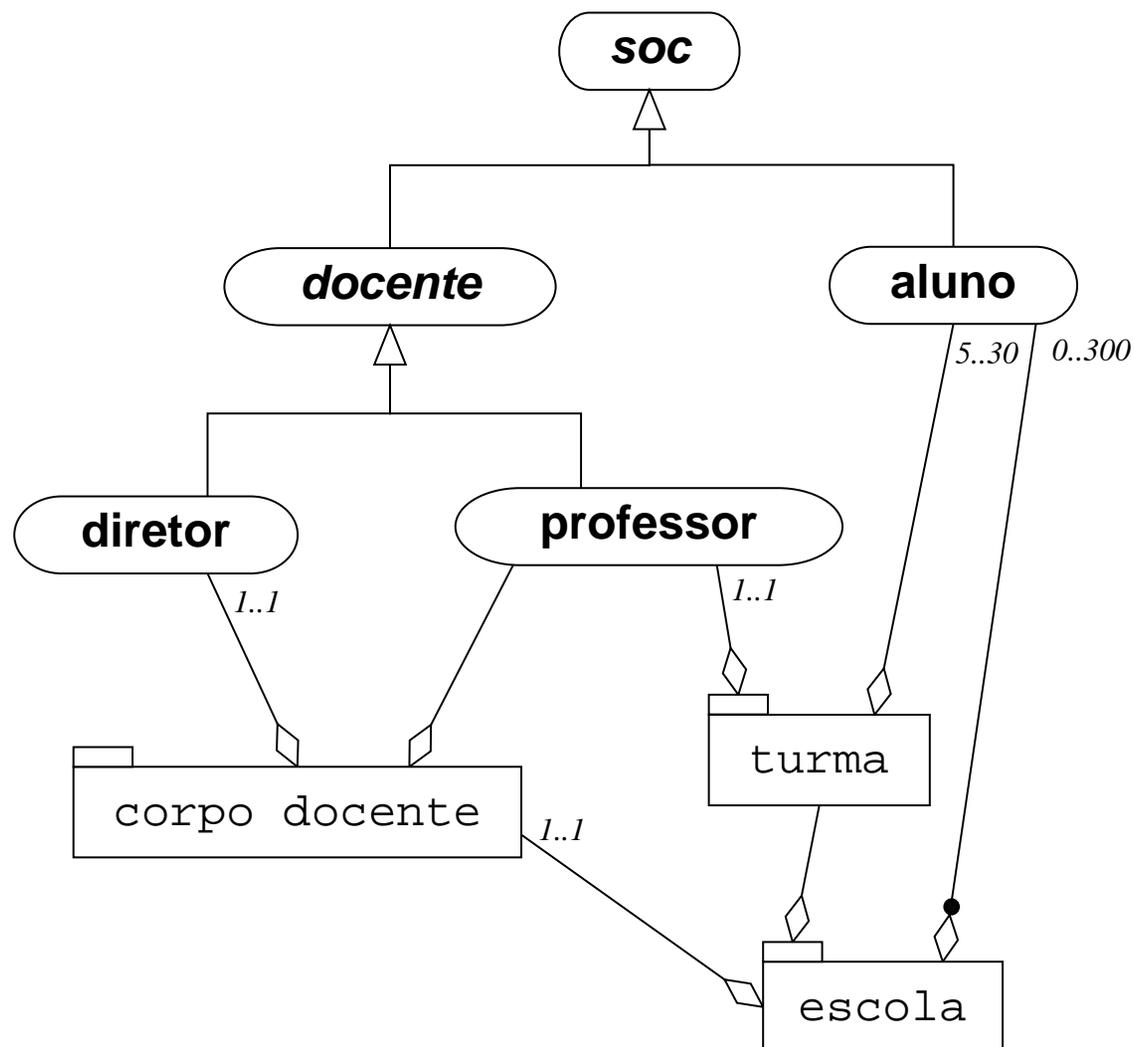
$$\rho \sqsubset \rho' \wedge \rho' \sqsubset \rho'' \Rightarrow \rho \sqsubset \rho''$$

$$\forall \rho \bullet \rho_{soc} \sqsubset \rho$$

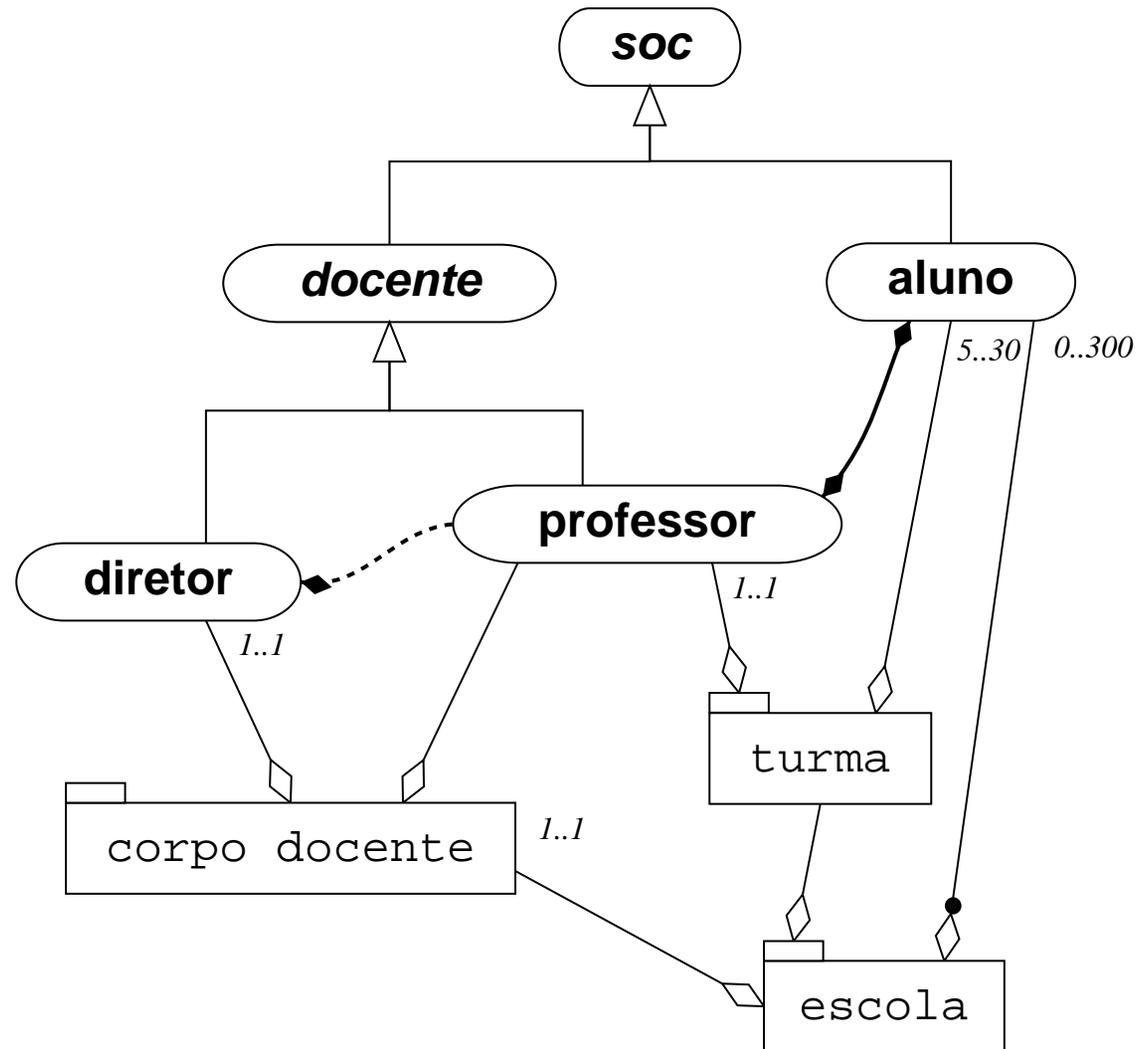
$$\nexists \rho \bullet \rho \sqsubset \rho_{soc}$$



Nível coletivo: Grupos



Nível social: **Compatibilidades** entre papéis



Notação para “agente com o papel ρ também pode assumir o papel ρ' ”:

$$\rho \bowtie \rho'$$

Notação para “agente com o papel ρ também pode assumir o papel ρ' ”:

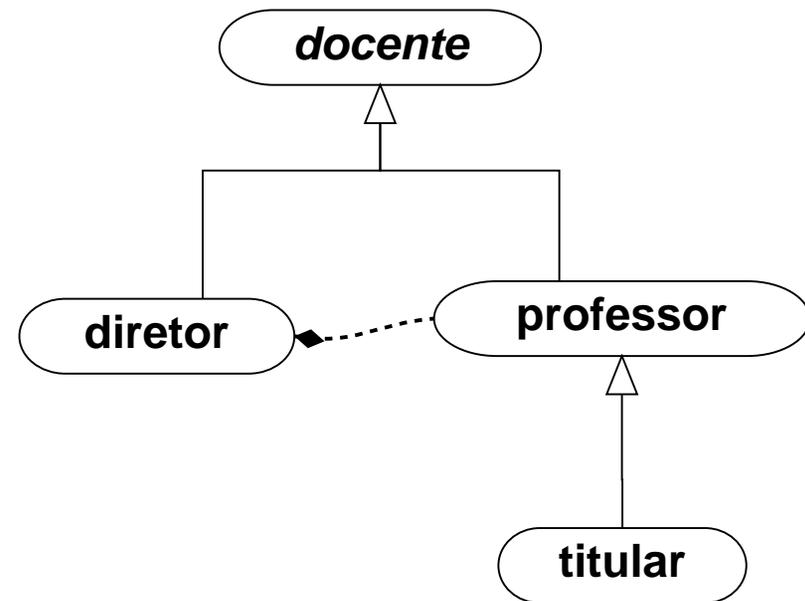
$$\rho \bowtie \rho'$$

$$\rho_{\text{professor}} \bowtie \rho_{\text{diretor}}$$

Notação para “agente com o papel ρ também pode assumir o papel ρ' ”:

$$\rho \bowtie \rho'$$

$$\rho_{professor} \bowtie \rho_{diretor}$$



Propriedades:

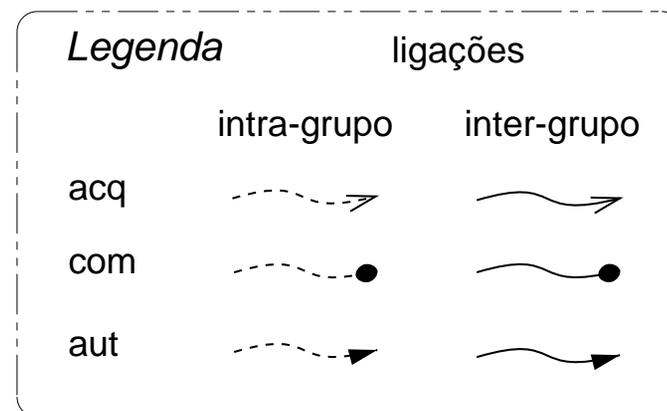
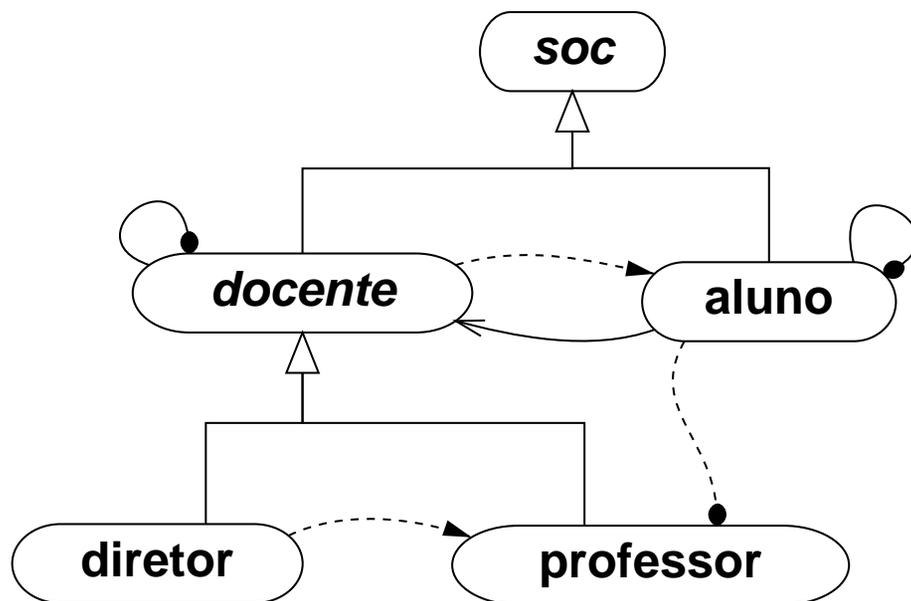
$$\rho \bowtie \rho$$

$$\rho \bowtie \rho' \wedge \rho' \bowtie \rho'' \Rightarrow \rho \bowtie \rho''$$

$$\rho_a \bowtie \rho_b \wedge \rho_a \neq \rho_b \wedge \rho_a \sqsubset \rho' \Rightarrow \rho' \bowtie \rho_b$$

$$\rho \sqsubset \rho' \Rightarrow \rho' \bowtie \rho$$

Nível social: **Ligações** entre papéis



Notação para “o papel ρ_s tem uma ligação do tipo t com o papel ρ_d ”:

$$\mathit{link}(\rho_s, \rho_d, t)$$

Notação para “o papel ρ_s tem uma ligação do tipo t com o papel ρ_d ”:

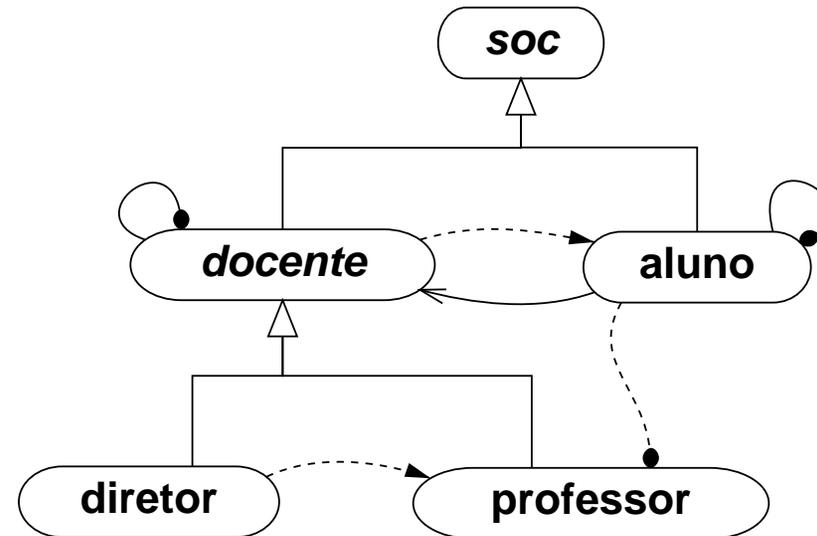
$$\mathit{link}(\rho_s, \rho_d, t)$$

$$\mathit{link}(\rho_{docente}, \rho_{aluno}, aut)$$

Notação para “o papel ρ_s tem uma ligação do tipo t com o papel ρ_d ”:

$$\textit{link}(\rho_s, \rho_d, t)$$

$$\textit{link}(\rho_{\textit{docente}}, \rho_{\textit{aluno}}, \textit{aut})$$



Propriedades:

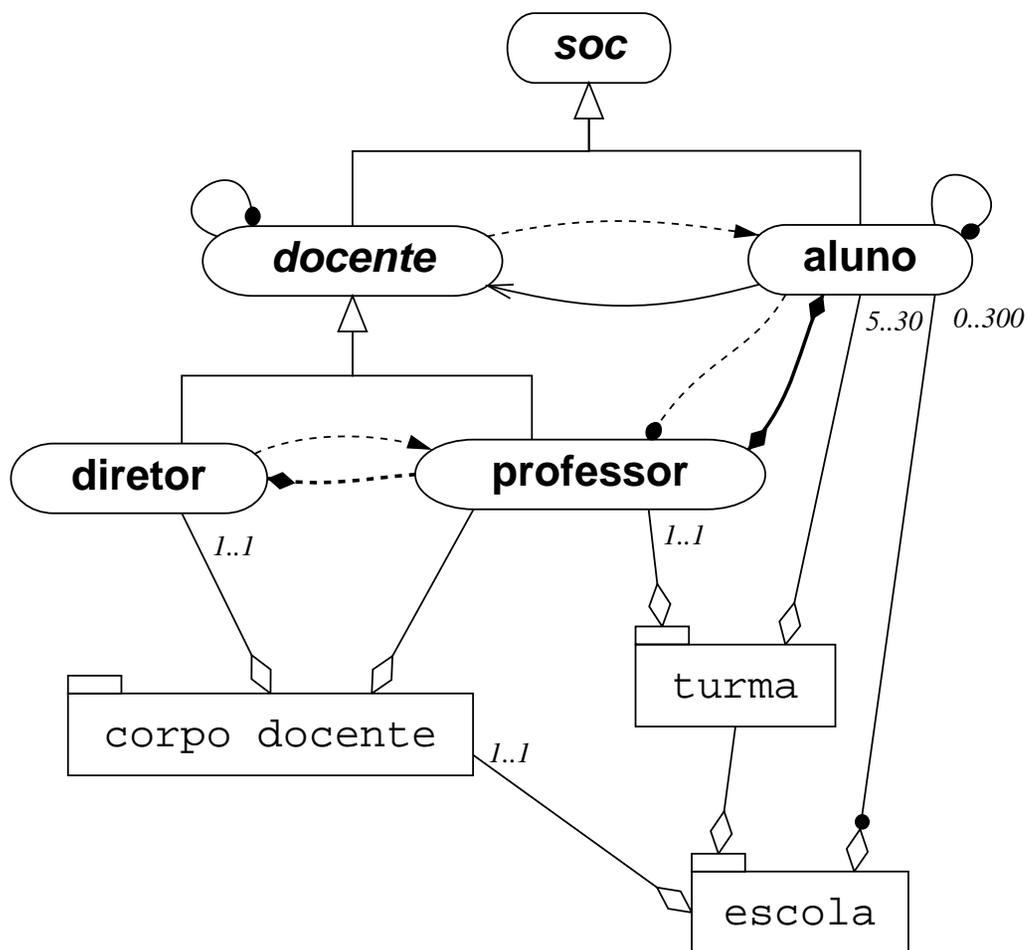
$$\textit{link}(\rho_s, \rho_d, t) \wedge \rho_s \sqsubseteq \rho'_s \Rightarrow \textit{link}(\rho'_s, \rho_d, t)$$

$$\textit{link}(\rho_s, \rho_d, t) \wedge \rho_d \sqsubseteq \rho'_d \Rightarrow \textit{link}(\rho_s, \rho'_d, t)$$

$$\textit{link}(\rho_s, \rho_d, \textit{aut}) \Rightarrow \textit{link}(\rho_s, \rho_d, \textit{com})$$

$$\textit{link}(\rho_s, \rho_d, \textit{com}) \Rightarrow \textit{link}(\rho_s, \rho_d, \textit{acq})$$

Exemplo I



Legenda

herança:

composição: *min..max*

escopo de sub-grupos:

grupo:

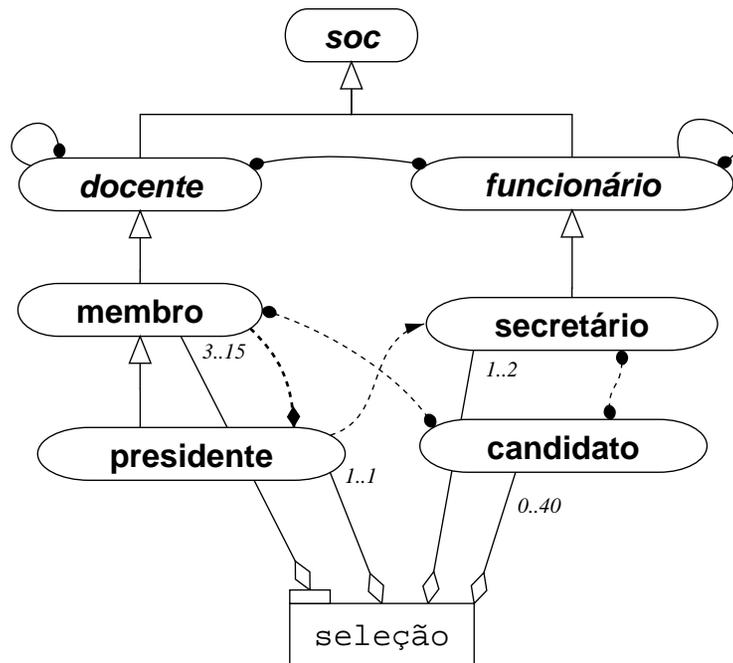
papel:

papel abstrato:

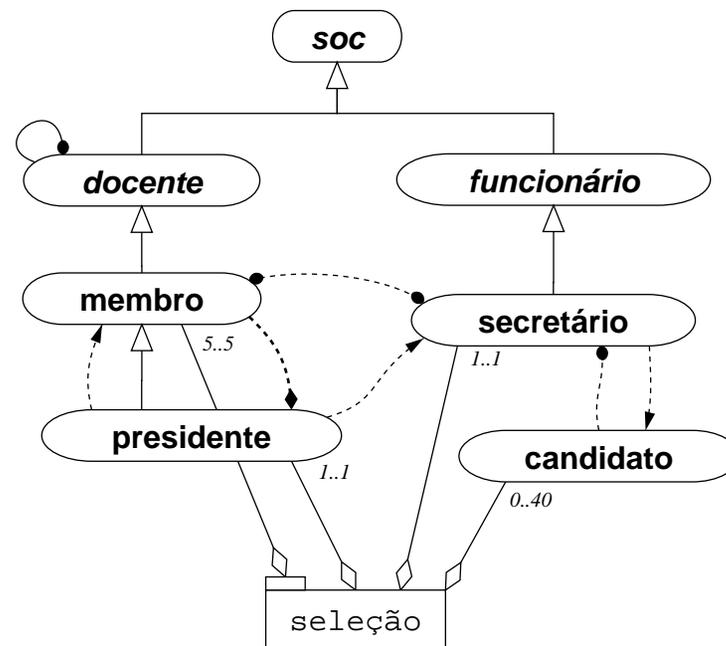
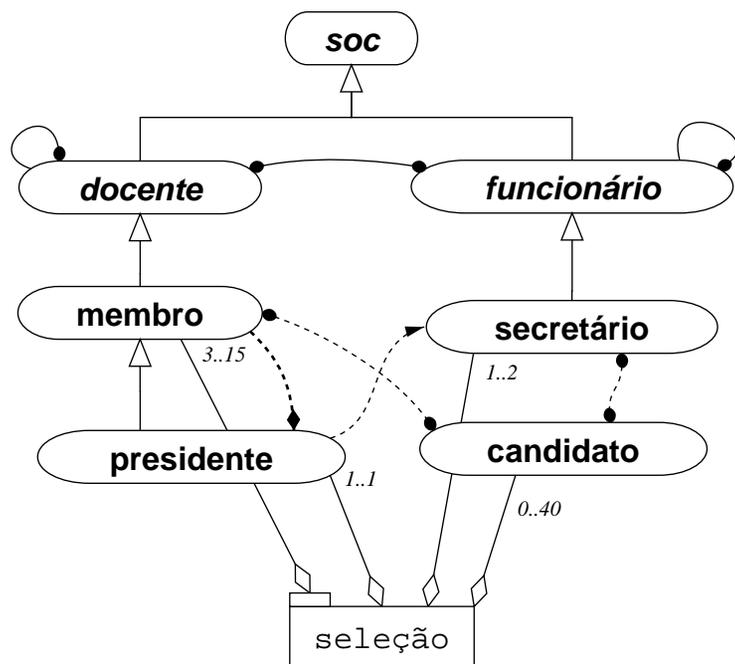
ligações

	intra-grupo	inter-grupo
acq		
com		
aut		
compat		

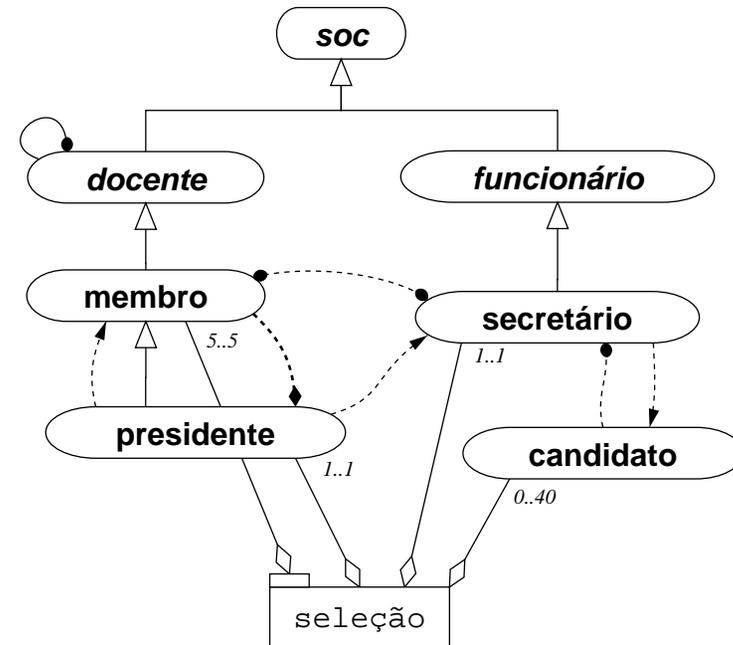
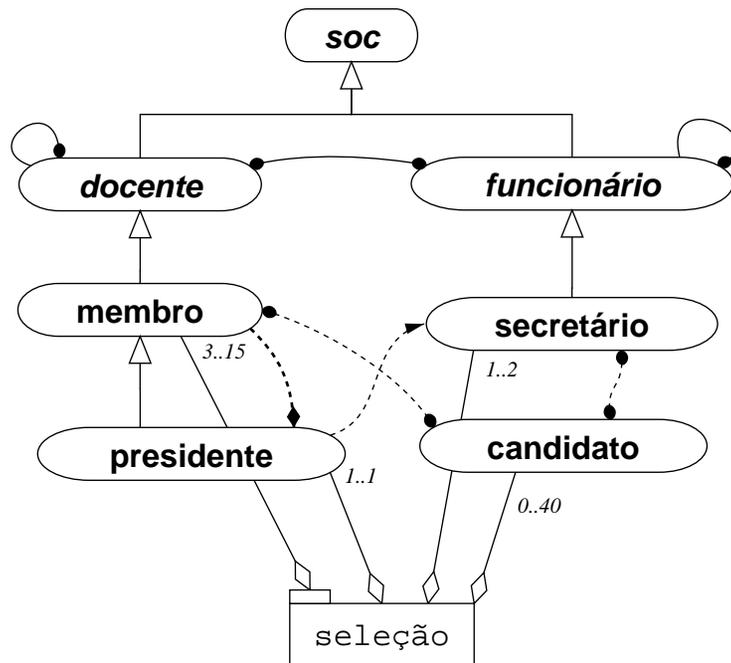
Exemplo II



Exemplo II

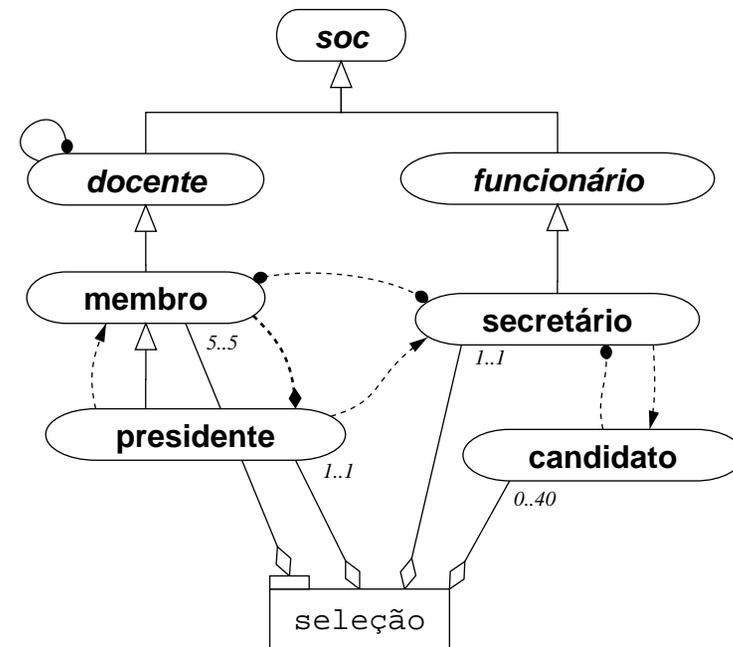
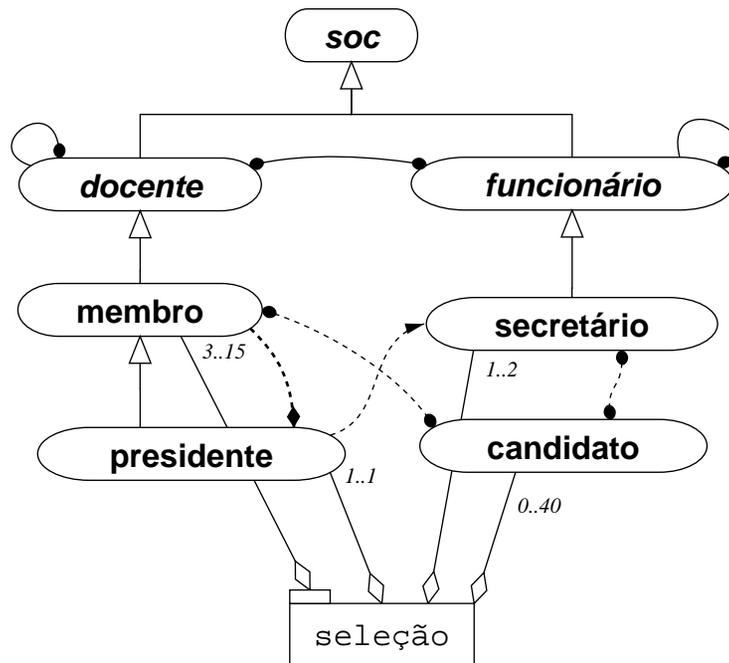


Exemplo II



- **Estrutura: o que os agentes podem fazer.**

Exemplo II



- **Estrutura: o que os agentes podem fazer.**
 - ★ Quanto maior o conjunto de possibilidades, maior a autonomia, maior a flexibilidade de adaptação, maior o esforço de raciocínio do agente.

Especificação Funcional

A especificação funcional define o conjunto de **esquemas** que um SMA utiliza para alcançar suas metas.

Esquemas sociais = (**planos** + **missões**)

- Os planos determinam a **coordenação** na realização das metas.
- As missões ligam os agentes aos planos.

Metas globais

Um meta global representa um estado do mundo que é desejado pelo SMA.

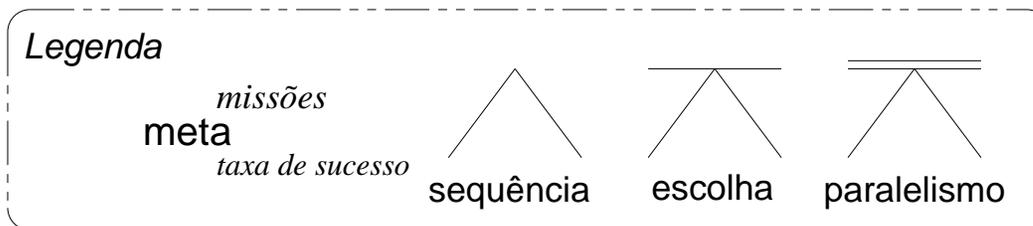
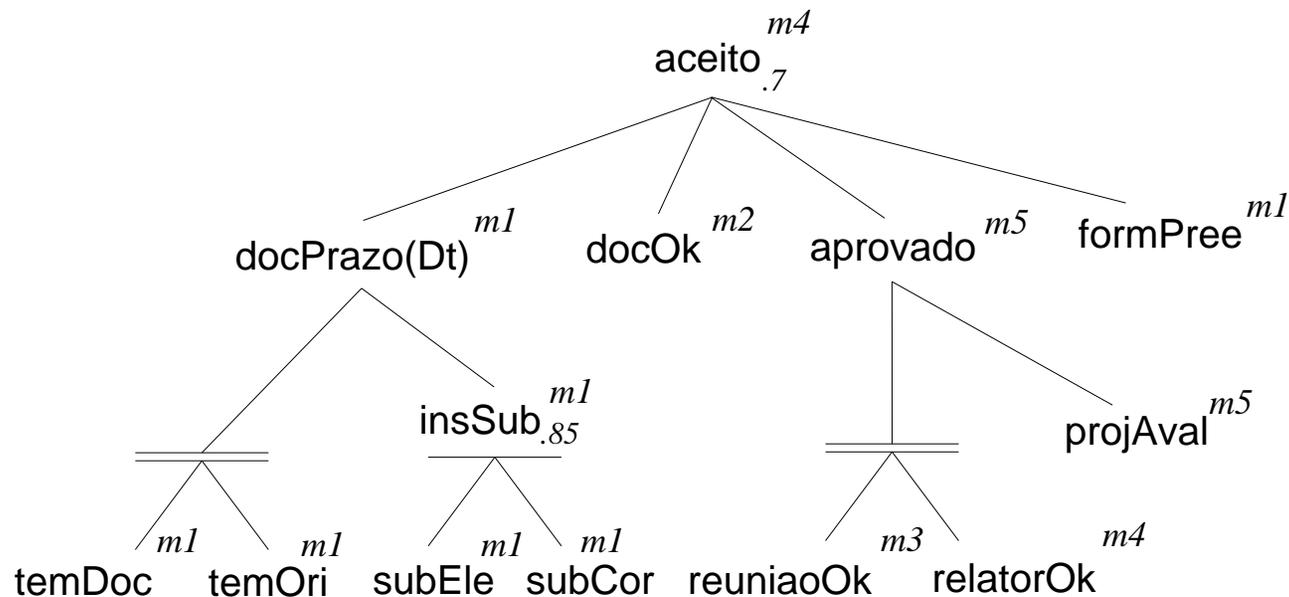
A cada meta é associado uma combinação de três valores que indicam

1. seu **nível de de satisfatibilidade**: indica se a meta já foi alcançada ou não , ou ainda se ela é impossível de ser alcançada;
2. seu **nível de alocação**: indica se já existe ou não algum agente comprometido a satisfazer a meta;
3. seu **nível de ativação**: indica se as pré-condições necessárias para que a meta seja satisfeita estão presentes. Por exemplo, a meta “entregar a documentação” não é permitida até que a documentação esteja toda preparada.

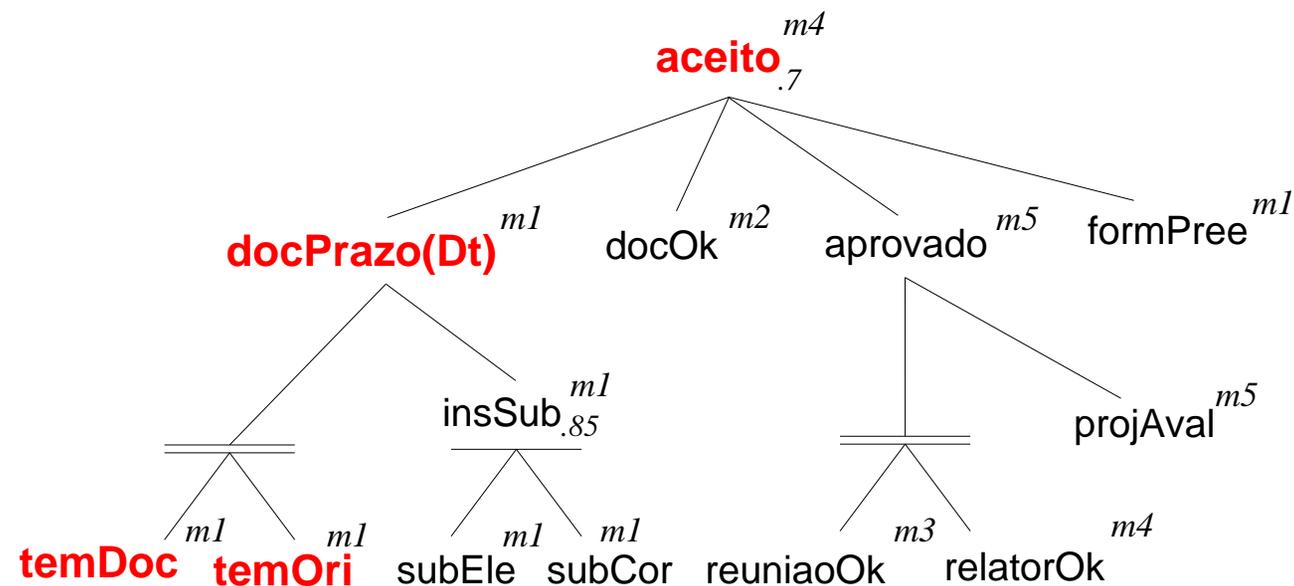
Missões - atribuições dos agentes

meta	descrição	missão
aceito	o/a candidato/a é aceito no programa de pós-graduação	m_4
docPrazo	a documentação é recebida no prazo	m_1
docOk	a documentação está correta	m_2
aprovado	o/a candidato é aprovado pela comissão	m_5
temDoc	o/a candidato/a tem toda a documentação necessária	m_1
temOri	o/a candidato/a tem um/a orientador/a	m_1
insSub	a inscrição está submetida	m_1
subEle	submissão eletrônica	m_1
subCor	submissão por correio	m_1
reuniaoOk	uma reunião está marcada	m_3
relatorOk	um relator está indicado	m_4
projAval	o projeto do candidato é avaliado	m_5
formPreen	o formulário de matrícula preenchido é recebido	m_1

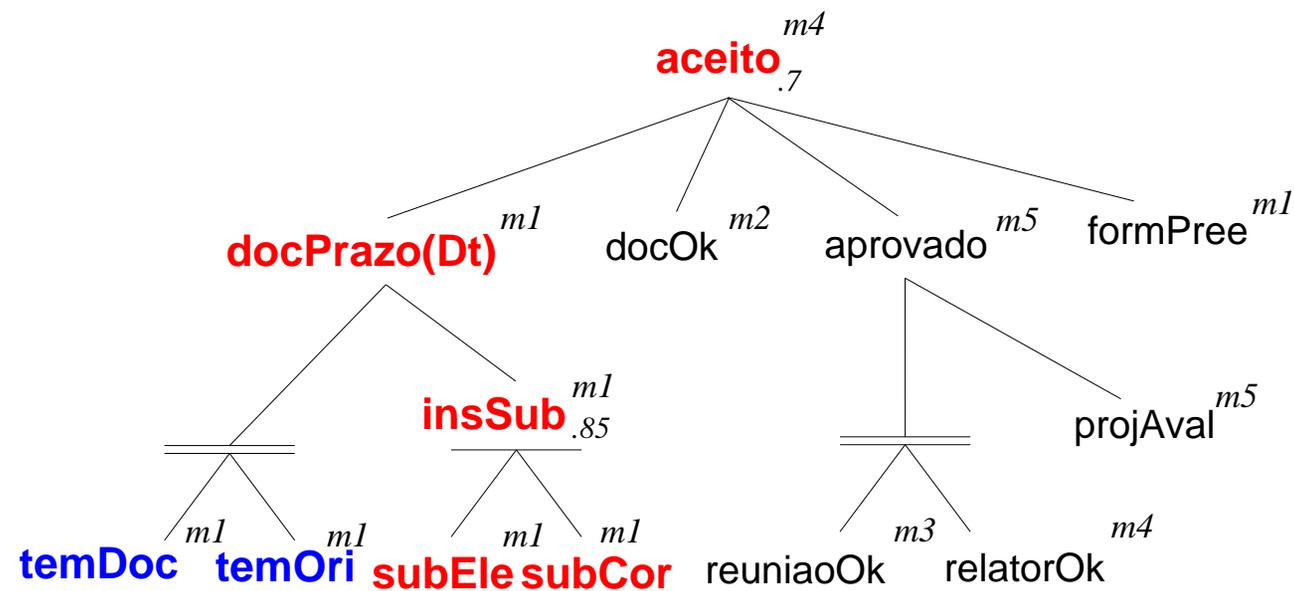
Planos



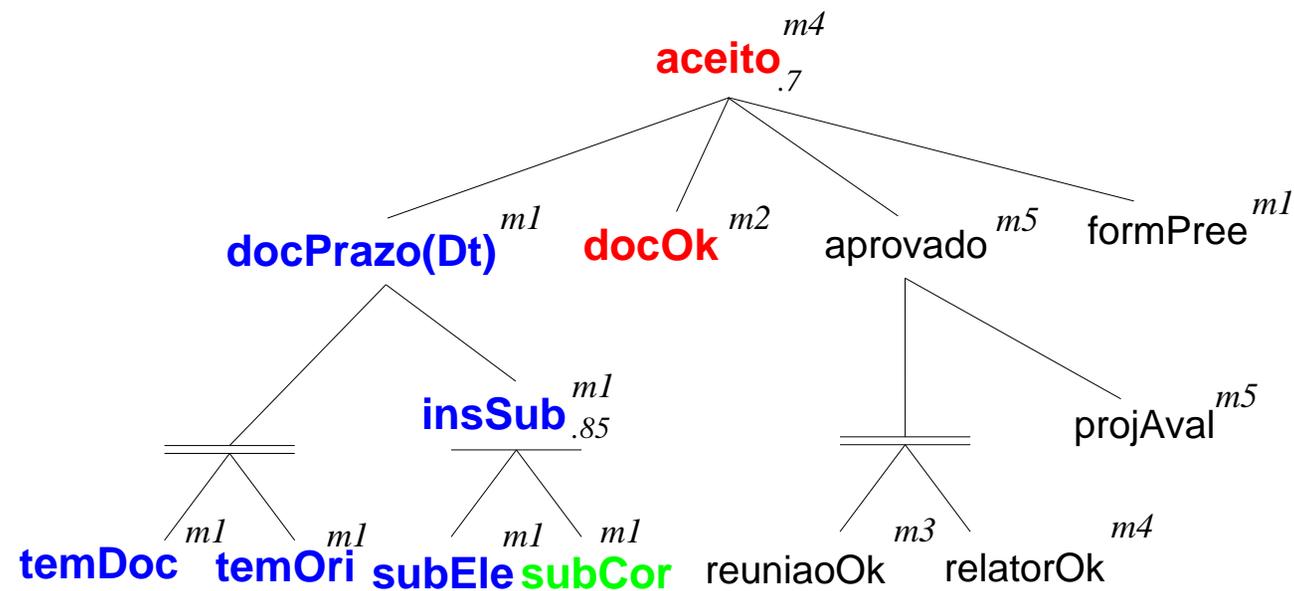
Planos - coordenação entre os agentes



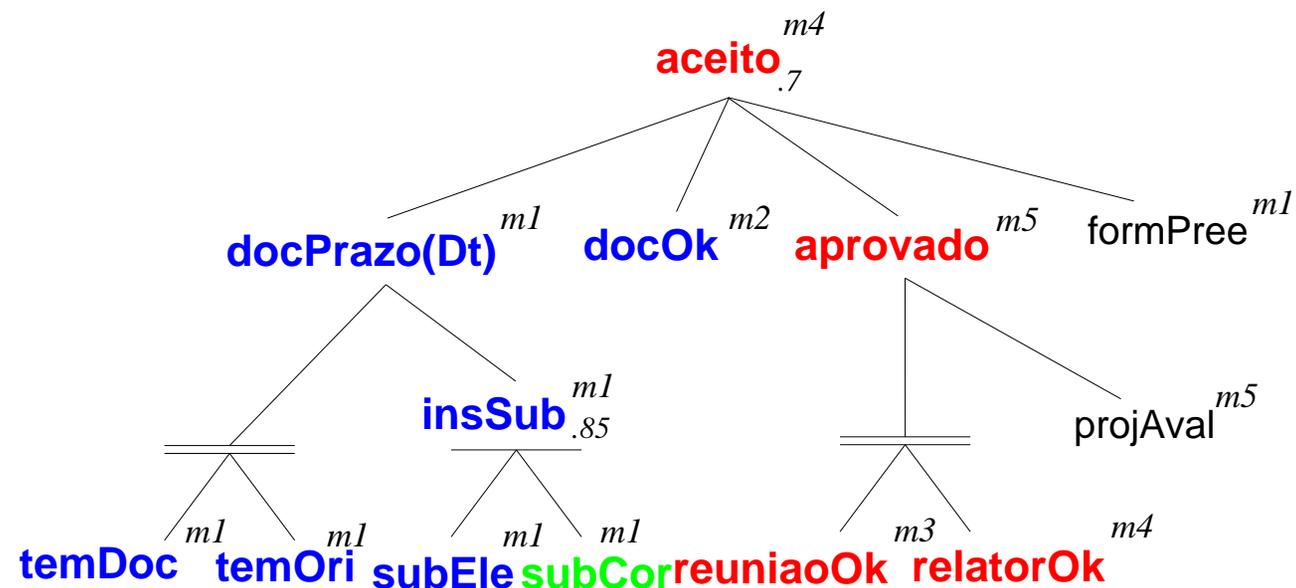
Planos - coordenação entre os agentes



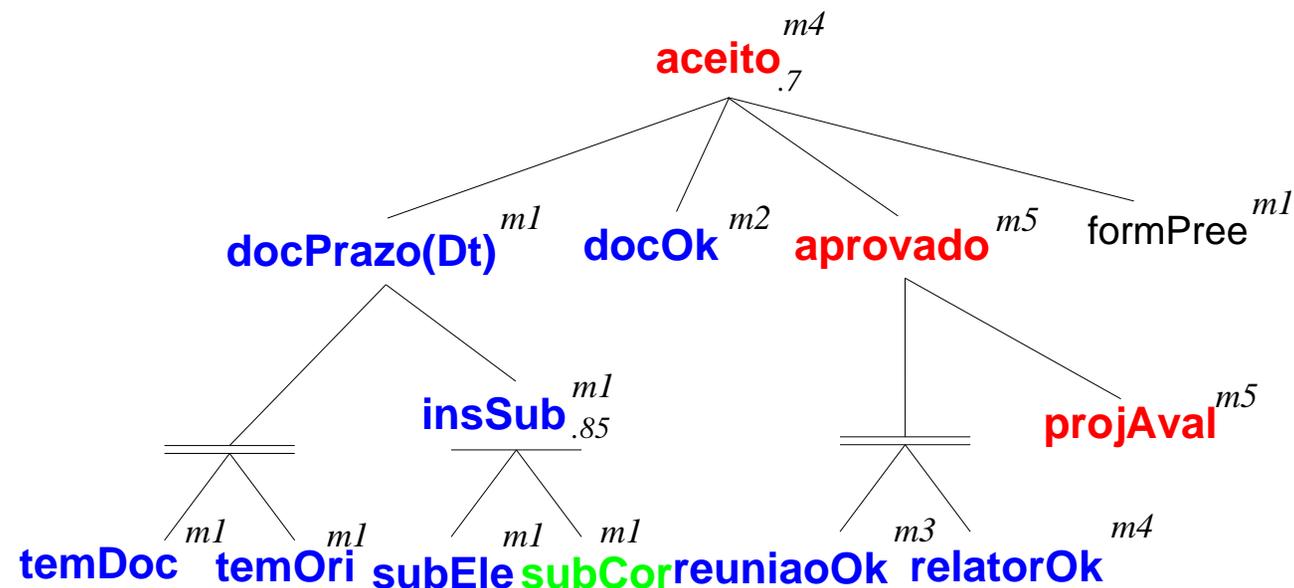
Planos - coordenação entre os agentes



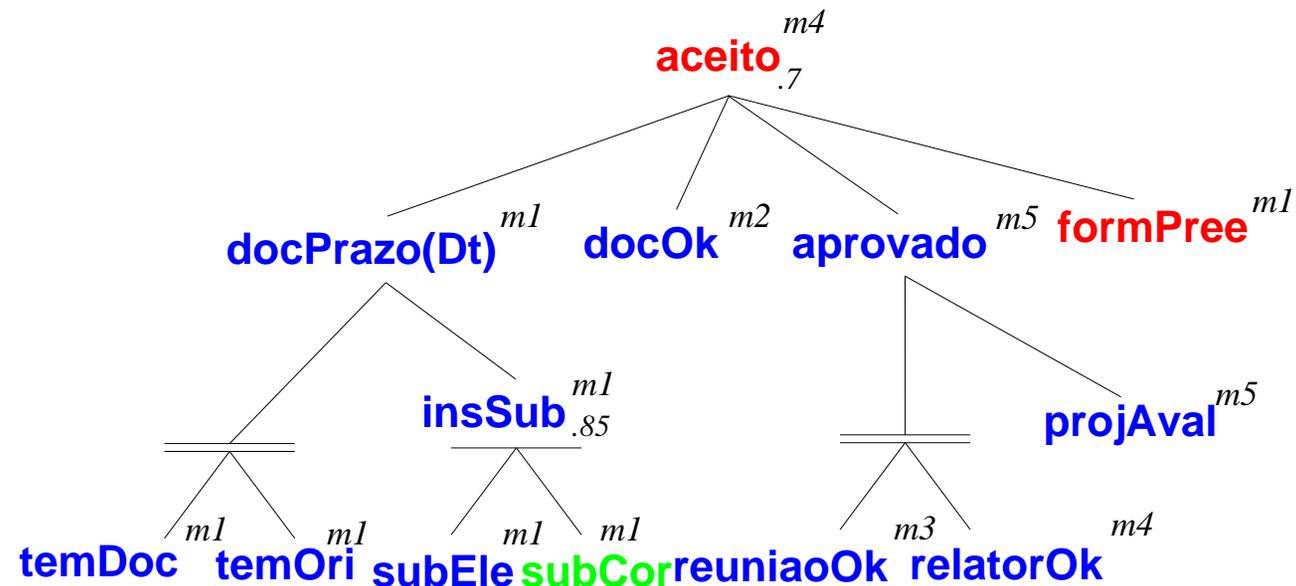
Planos - coordenação entre os agentes



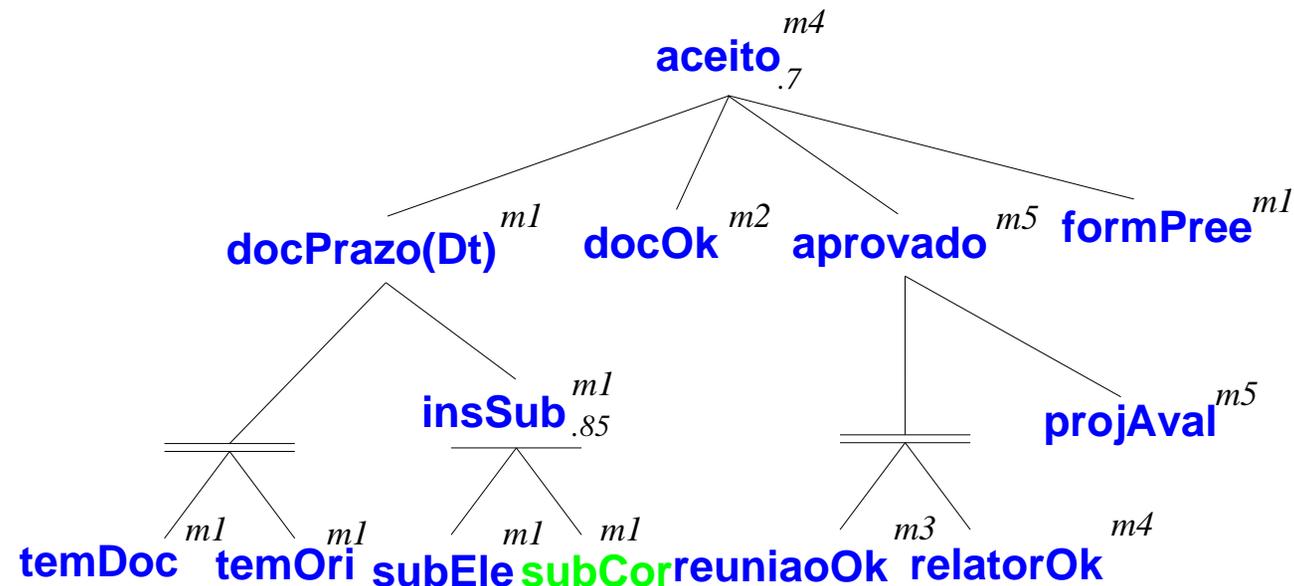
Planos - coordenação entre os agentes



Planos - coordenação entre os agentes



Planos - coordenação entre os agentes



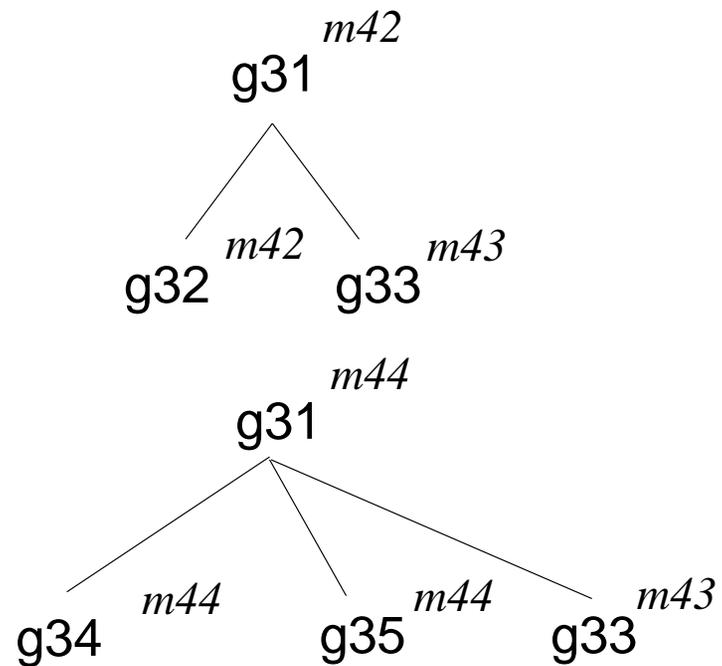
Esquema social

Um esquema é formado por

- missões
- planos
- cardinalidade das missões (um agente deve assumir a missão de avaliar o projeto do candidato)

Um conjunto de esquemas mais uma relação de preferência entre as missões formam a **especificação funcional**.

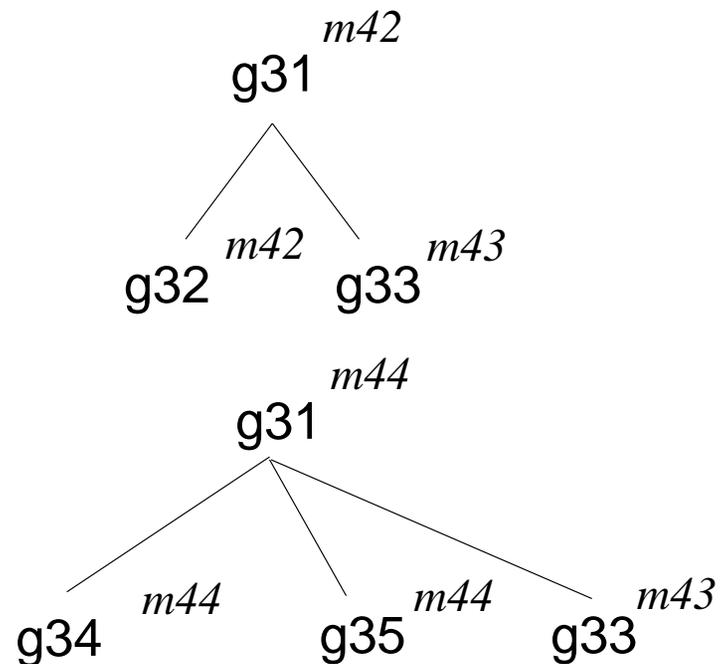
Exemplo



meta	descrição
g_{31}	realizar uma prova
g_{32}	preparar a prova
g_{33}	responder a prova
g_{34}	encontrar uma prova já aplicada
g_{35}	alterar o texto da prova

$$m_{42} \prec m_{44}$$

Exemplo



meta	descrição
g_{31}	realizar uma prova
g_{32}	preparar a prova
g_{33}	responder a prova
g_{34}	encontrar uma prova já aplicada
g_{35}	alterar o texto da prova

$$m_{42} \prec m_{44}$$

A especificação funcional determina **como** os agentes **podem** alcançar o objetivo do sistema.

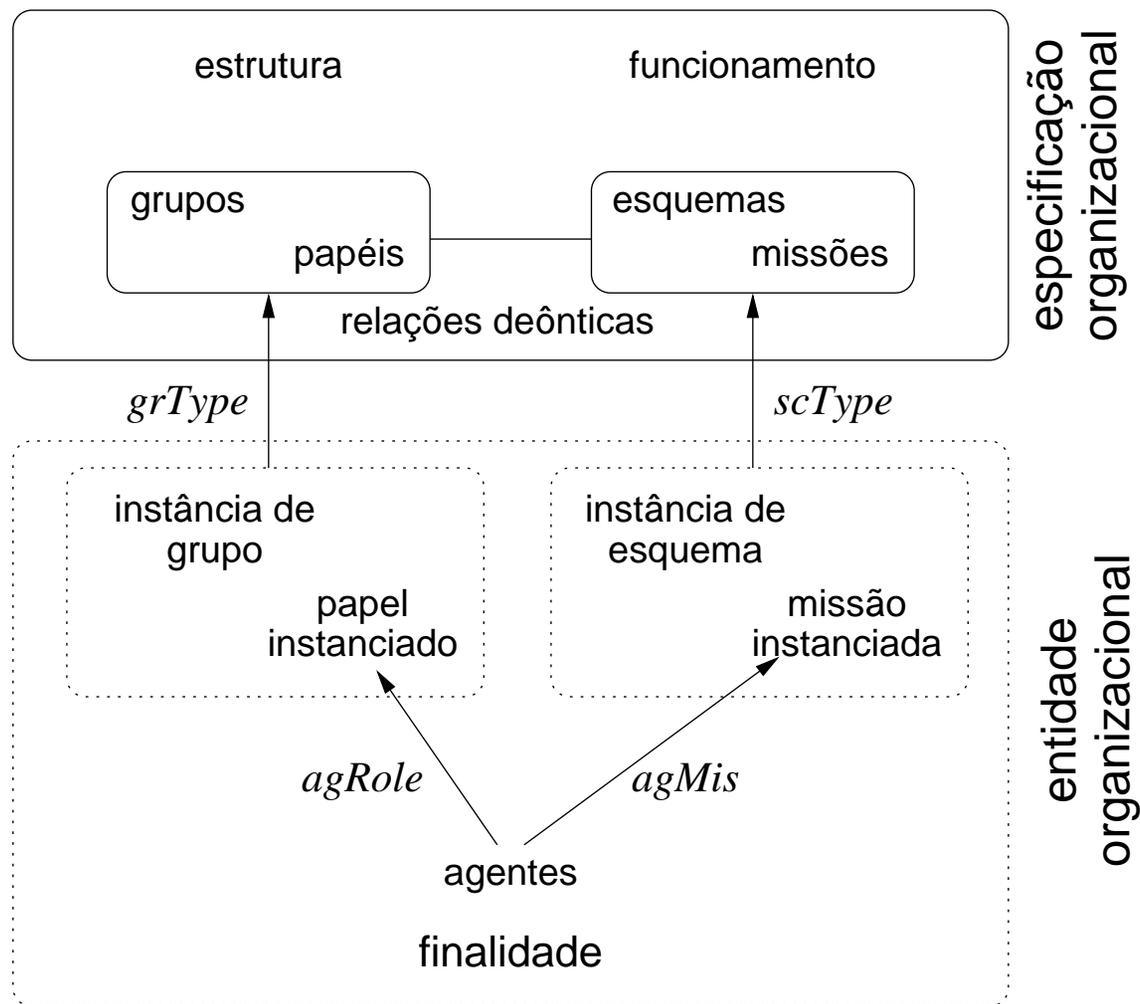
Especificação Deontica

A relação entre estrutura e funcionamento é estabelecida no nível individual: papel → missão

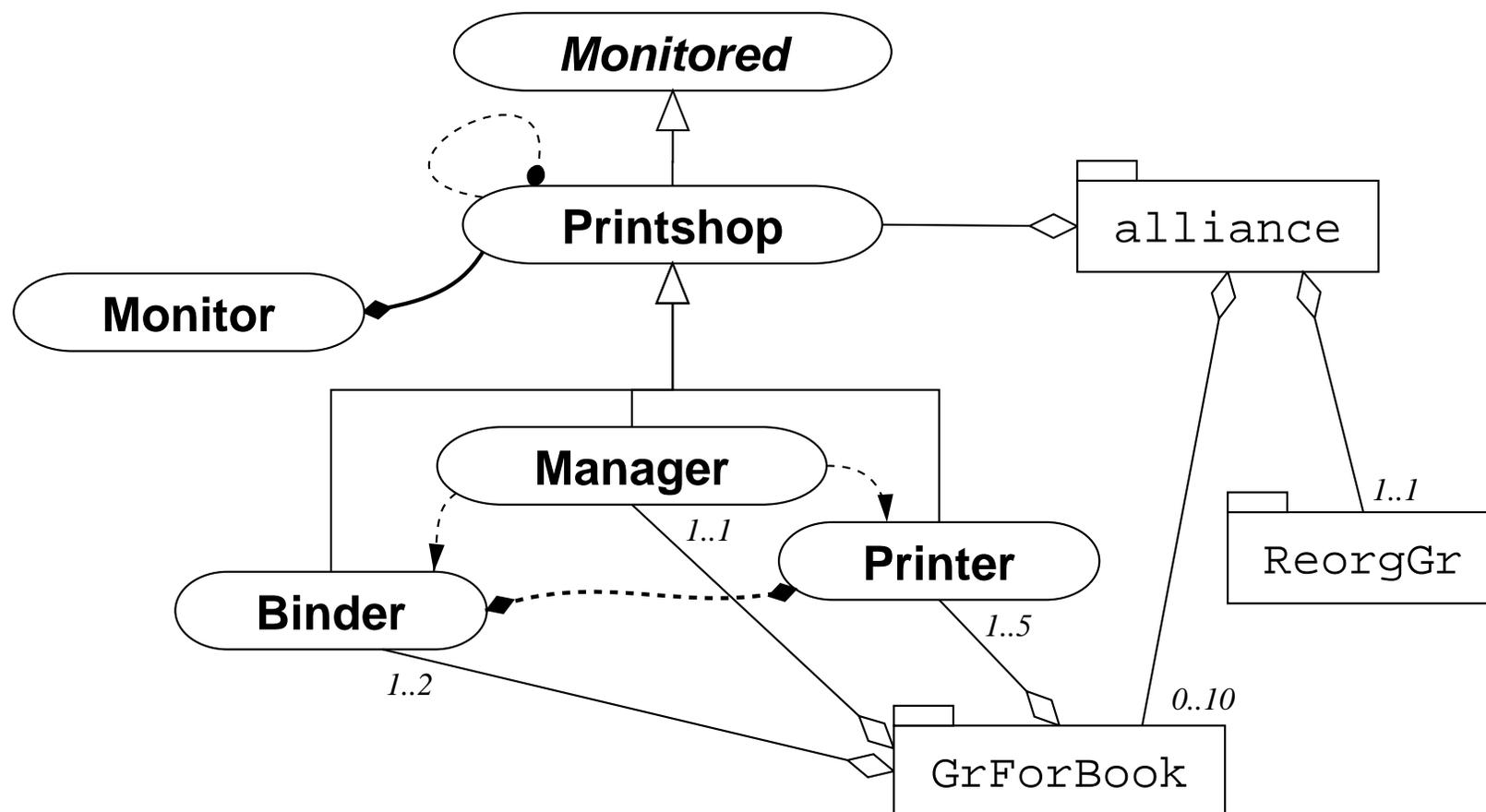
- tipo: permissão ou obrigação
- restrições temporais

Papel	Relação deontica	Missão	Restrições temporais
presidente	<i>per</i>	<i>sch_ingresso.m4</i>	[<i>feb/02 feb/28</i>]
secretario	<i>per</i>	<i>sch_ingresso.m2</i>	<i>Any</i>
secretario	<i>per</i>	<i>sch_ingresso.m3</i>	<i>Any</i>
membro	<i>per</i>	<i>sch_ingresso.m5</i>	<i>Any</i>
candidato	<i>per</i>	<i>sch_ingresso.m1</i>	<i>Any</i>
aluno	<i>obl</i>	<i>sch_prova1.m43</i>	<i>Any</i>
professor	<i>obl</i>	<i>sch_prova1.m42</i>	<i>periodic 3</i>

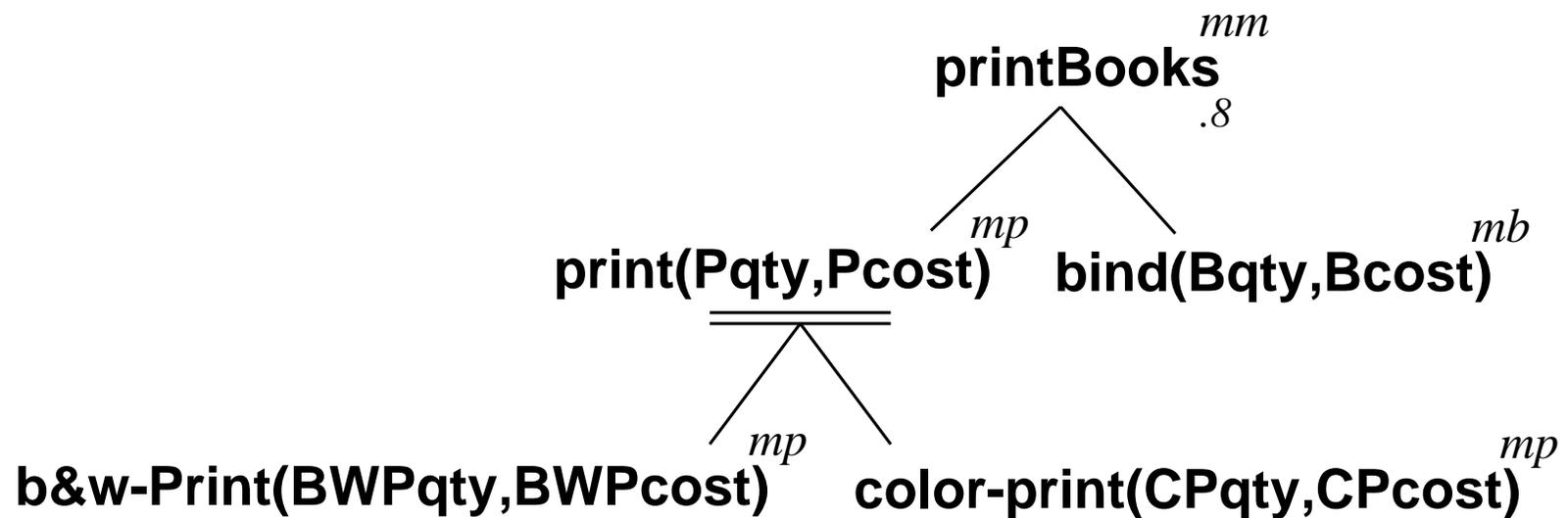
Entidade Organizacional



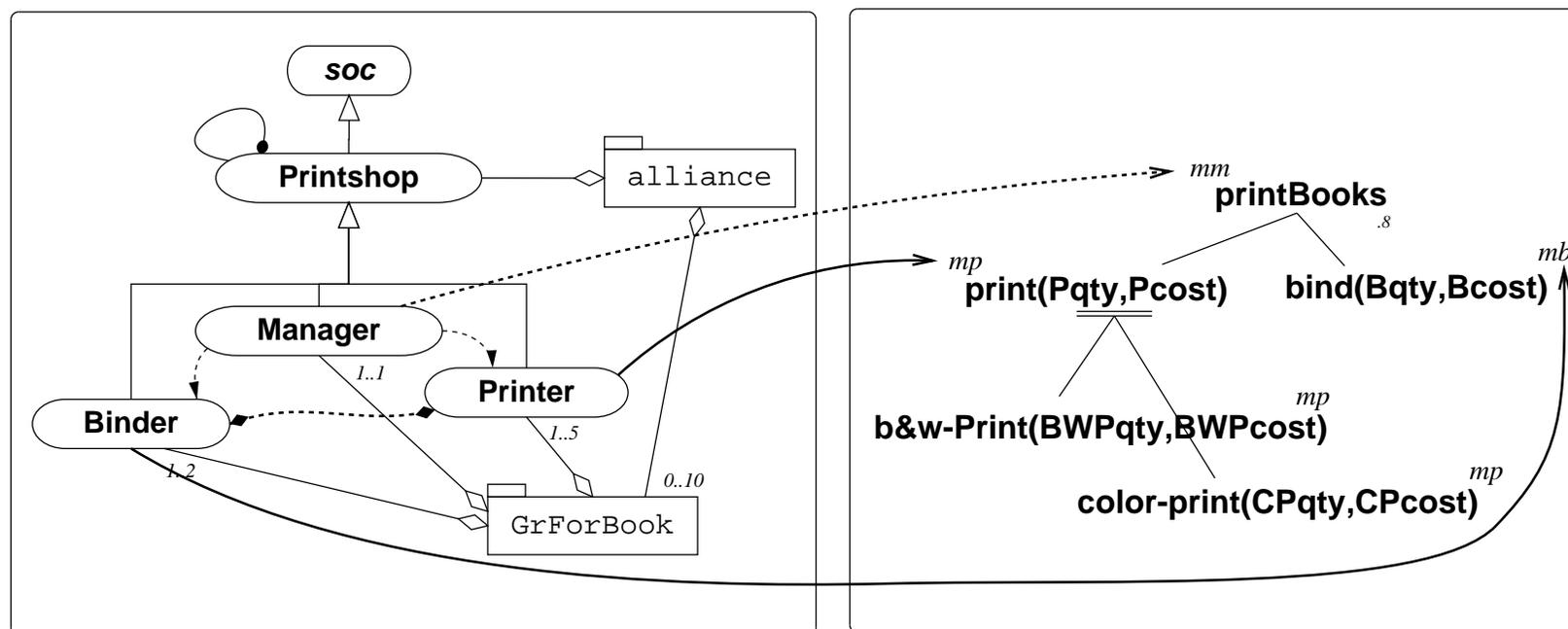
Exemplo B2B: estrutura



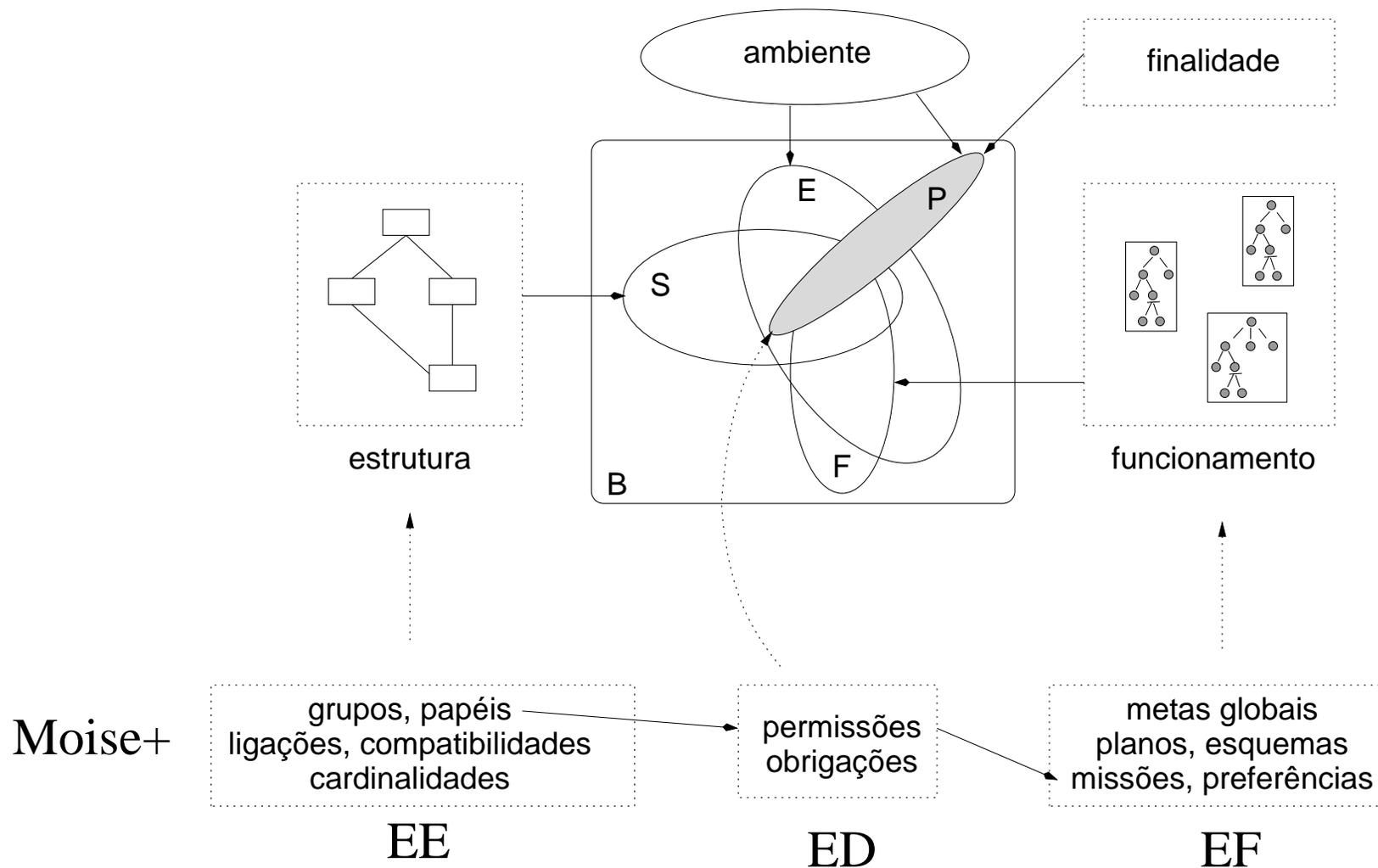
Exemplo B2B: funcionamento



Exemplo B2B: obrigações



Visão geral do $MOISE^+$



Resumo

O modelo \mathcal{MOISE}^+ apresenta uma concepção de como a organização contribui para a finalidade do SMA: restringindo os comportamentos dos agentes através de uma estrutura de ligações entre papéis e um conjunto de planos globais.

- i)* Não se pretende especificar os agentes e nem estabelecer qualquer requisito para eles.
- ii)* Permite descrever uma organização em três dimensões: estrutural, funcional e deôntica. Em cada dimensão é possível definir um escopo individual (como papéis e missões) e um escopo coletivo (como grupos e esquemas).

- iii)* A noção de papel do modelo \mathcal{MOISE}^+ permite conceber um papel com as seguintes características:
 - a) coletivo
 - b) normativo
- iv)* Permite estabelecer restrições sobre a dinâmica de formação da entidade através da noção de “bem formado” dos grupos e missões.
- v)* Torna explícita a finalidade do sistema.
- vi)* Permite a especificação dos aspectos organizacionais (papéis, planos, ...) de forma **independente**.

Roteiro

- Sistemas Multiagentes
- Modelos organizacionais
- Modelo $MOISE^+$
- **Utilização de especificações organizacionais**

Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.

Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.
 - ★ Como funciona uma sociedade que segue o *MOISE⁺*?

Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.
 - ★ Como funciona uma sociedade que segue o *MOISE⁺*?
 - ★ Com que linguagem se descreve a organização do SMA?

Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.
 - ★ Como funciona uma sociedade que segue o *MOISE+*?
 - ★ Com que linguagem se descreve a organização do SMA?
 - ★ Onde as informações organizacionais ficam armazenadas (em um único lugar ou descentralizado)?

Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.
 - ★ Como funciona uma sociedade que segue o *MOISE+*?
 - ★ Com que linguagem se descreve a organização do SMA?
 - ★ Onde as informações organizacionais ficam armazenadas (em um único lugar ou descentralizado)?
 - ★ Como o modelo interfere no comportamento dos agentes?

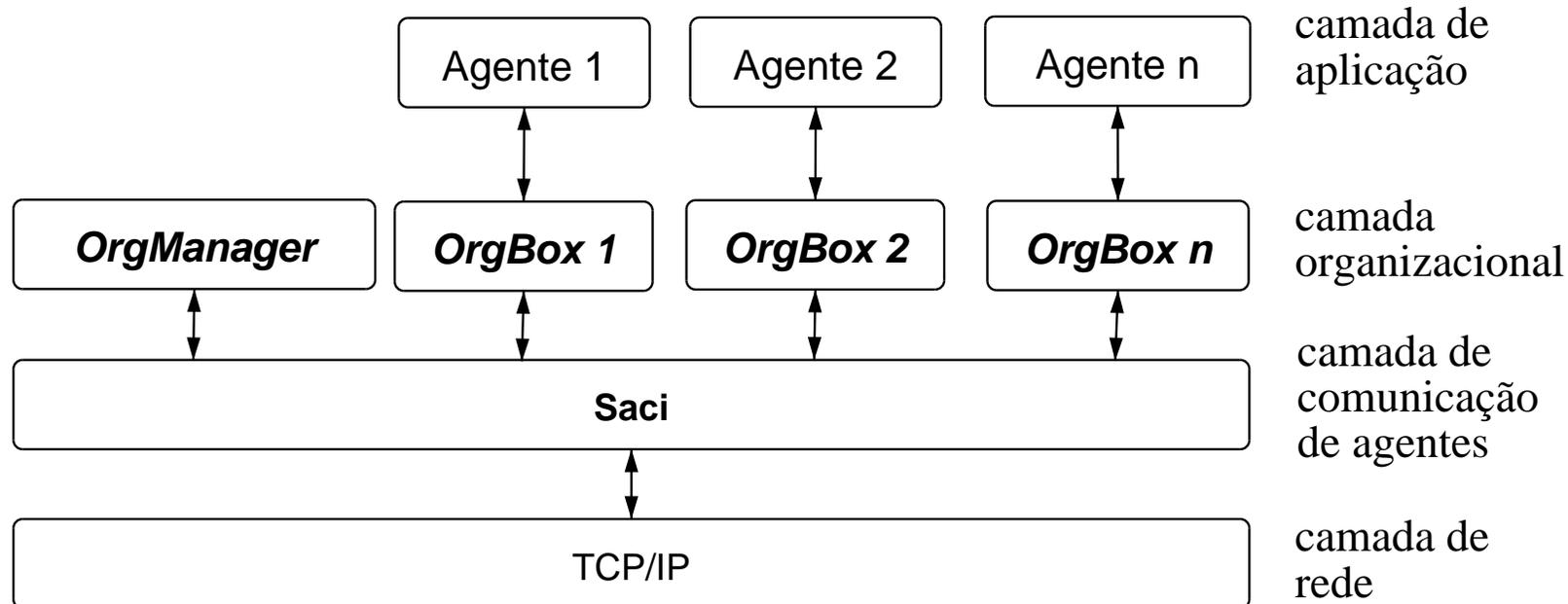
Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.
 - ★ Como funciona uma sociedade que segue o *MOISE⁺*?
 - ★ Com que linguagem se descreve a organização do SMA?
 - ★ Onde as informações organizacionais ficam armazenadas (em um único lugar ou descentralizado)?
 - ★ Como o modelo interfere no comportamento dos agentes?
 - ★ Como se dá a coordenação dos agentes envolvidos na execução de um esquema?

Motivação para uma arquitetura organizacional

- Enquanto o modelo determina **o que** é uma organização, a arquitetura determina **como** um SMA organizado funciona.
 - ★ Como funciona uma sociedade que segue o MOISE^+ ?
 - ★ Com que linguagem se descreve a organização do SMA?
 - ★ Onde as informações organizacionais ficam armazenadas (em um único lugar ou descentralizado)?
 - ★ Como o modelo interfere no comportamento dos agentes?
 - ★ Como se dá a coordenação dos agentes envolvidos na execução de um esquema?
- $\text{SACI} + \text{MOISE}^+$:
 - ★ **uma** possível arquitetura para o modelo

Visão geral - arquitetura em camadas



Camada **Organizacional**

- Oferece os serviços de manutenção do estado da entidade organizacional e o controle do cumprimento das regras estabelecidas pela organização.

Camada **Organizacional**

- Oferece os serviços de manutenção do estado da entidade organizacional e o controle do cumprimento das regras estabelecidas pela organização.
 - ★ O **OrgManager** é um agente cuja função é manter o **estado** da entidade consistente, por exemplo, não deixando um agente assumir dois papéis incompatíveis.
Toda mudança na EnO (entrada de um agente, criação de um grupo, adoção de um papel, ...) deve passar por este agente.

Camada Organizacional

- Oferece os serviços de manutenção do estado da entidade organizacional e o controle do cumprimento das regras estabelecidas pela organização.
 - ★ O **OrgManager** é um agente cuja função é manter o **estado** da entidade consistente, por exemplo, não deixando um agente assumir dois papéis incompatíveis.

Toda mudança na EnO (entrada de um agente, criação de um grupo, adoção de um papel, ...) deve passar por este agente.
 - ★ O **OrgBox** é uma **interface** que os agentes utilizam para acessar a organização e os demais agentes.

Sempre que um agente deseja realizar uma ação sobre a entidade (se comprometer com uma missão, por exemplo) ou enviar uma mensagem, ele deve solicitar este serviço ao seu OrgBox.

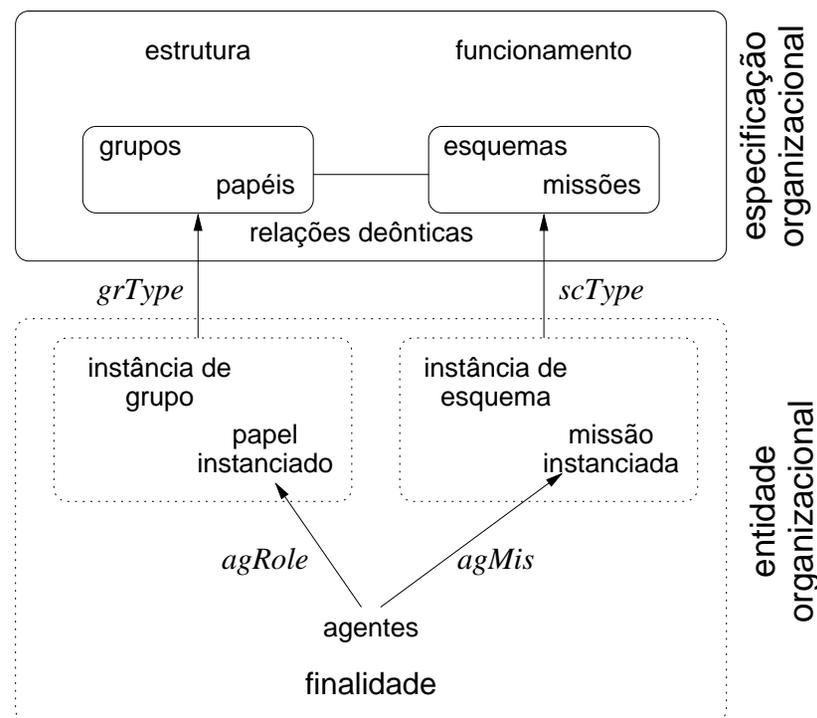
Eventos organizacionais

- Criação da entidade organizacional.
- Criação ou remoção de um grupo.
- Criação ou finalização de esquemas.
- Alteração no estado de uma meta global.
- Entrada e saída de agentes.
- Adoção e abandono de papel.
- Comprometimento e descomprometimento com missões.

Criação da entidade organizacional

Parâmetros

- Finalidade da entidade
- Especificação organizacional (EE, EF, ED)



Exemplo de **especificação organizacional** (em XML):

```
<OrganizationalSpecification id="escola">
  <StructuralSpecification>
    <RolesDefinition>
      <Role id="docente"      <extends role="soc" /> </Role>
      <Role id="aluno"       <extends role="soc" /> </Role>
      <Role id="diretor"    <extends role="docente" /> </Role>
      <Role id="professor"  <extends role="docente" /> </Role>
    </RolesDefinition>
    <LinksType>
      <LinkType id="acquaintance" />
      <LinkType id="communication" />
      <LinkType id="authority" />
    </LinksType>
  </StructuralSpecification>
</OrganizationalSpecification>
```

```
<GroupSpecification id="escola">
```

```
  <Links>
```

```
    <Link source="docente"  
          destination="docente"  
          type="communication"  
          scope="inter-group"  
          extendsToSubGroups="true" />
```

```
  </Links>
```

```
  <ConstrainFormation>
```

```
    <Cardinality object="role" id="aluno" min="0" max="300" />  
    <Cardinality object="grSpec" id="corpodoc" min="1" max="1" />
```

```
  </ConstrainFormation>
```

```
<SubGroups> <!-- de escola -->
  <GroupSpecification id="corpodoc">
    <Roles>
      <Role id="professor" />
      <Role id="diretor" />
    </Roles>

    <Links>
      <Link source="diretor" destination="professor"
        type="authority" scope="intra-group"
        extendsToSubGroups="true" />
    </Links>

    <ConstrainFormation>
      <Compatibility source="professor" destination="diretor"
        scope="intra-group" symmetric="false" />
      <Cardinality object="role" id="diretor" min="1" max="1" />
    </ConstrainFormation>
  </GroupSpecification>
```

```
<GroupSpecification id="turma"> <!-- sub-grupo de escola -->
  <Roles> <Role id="professor" /> <Role id="aluno" /> </Roles>
  <Links>
    <Link source="docente"      destination="aluno"
          type="authority"     scope="intra-group" />
    <Link source="aluno"       destination="professor"
          type="communication" scope="intra-group" />
    <Link source="aluno"       destination="docente"
          type="acquaintance"  scope="intra-group" />
    <Link source="aluno"       destination="aluno"
          type="communication" scope="inter-group" />
  </Links>
  <ConstrainFormation>
    <Compatibility source="aluno"      destination="professor"
                  scope="inter-group" symmetric="true" />
    <Cardinality object="role" id="professor" min="1" max="1" />
    <Cardinality object="role" id="aluno" min="5" max="30" />
  </ConstrainFormation>
</GroupSpecification> <!-- turma -->
```

```
<FunctionalSpecification>
  <Scheme id="prova1" rootGoal="realizarProva" >
    <Plan headGoal="realizarProva" operator="sequence">
      <Goal id="prepararProva" />
      <Goal id="reponderProva" />
    </Plan>

    <Mission id="m42" min="1" max="1">
      <Goal id="realizarProva" />
      <Goal id="prepararProva" />
    </Mission>

    <Mission id="m43">
      <Goal id="reponderProva" />
    </Mission>
  </Scheme>
  <Preference mission="m43" preferable="m42" />
</FunctionalSpecification>
```

```
<DeonticSpecification>
  <DeonticOperatorDefinitions>
    <DeonticOperator id="obligation" />
    <DeonticOperator id="permission" />
  </DeonticOperatorDefinitions>

  <DeonticRelation type="obligation"
    role="professor"
    mission="m42"
    timeConstraint="Any" />

  <DeonticRelation type="obligation"
    role="aluno"
    mission="m43"
    timeConstraint="Any" />

</DeonticSpecification>
</OrganizationalSpecification>
```

Criação de sub-grupo

- Argumentos
 - ★ identificação do novo grupo (exemplo: turmaAlemão),
 - ★ especificação de grupo (exemplo: turma),
 - ★ super-grupo (exemplo: USP, da especificação escola).
- Condições
 - ★ não existir grupo com identificação turmaAlemão,
 - ★ turma ser sub-grupo de escola, e
 - ★ a cardinalidade de turma esta correta.

Adoção de papéis

- Argumentos
 - ★ identificação do agente (exemplo: Gustavo),
 - ★ identificação do papel (exemplo: aluno), e
 - ★ identificação do grupo (exemplo: turmaAlemão).
- Condições
 - ★ Gustavo pertencer ao sistema,
 - ★ aluno pertencer aos papéis de turma,
 - ★ cardinalidade de aluno estar satisfeita para a turmaAlemão,
 - ★ os papéis atuais de Gustavo são compatíveis com aluno.

Criação de esquemas

- Argumentos
 - ★ identificação do novo esquema (exemplo: prova1),
 - ★ especificação do esquema (exemplo: prova), e
 - ★ conjunto de grupos responsáveis pelo esquema (exemplo turmaAlemão).
- Condições
 - ★ os grupos existirem na entidade.

Comprometimento com missões

- Argumentos
 - ★ identificação do agente (exemplo: Gustavo),
 - ★ identificação da missão (exemplo: m42 - preparar prova), e
 - ★ identificação do esquema (exemplo: prova1).
- Condições
 - ★ a cardinalidade da missão m42 no esquema prova1 não é violada,
 - ★ o esquema ainda não terminou, e
 - ★ os papéis de Gustavo nos grupos responsáveis por prova1 **permitem** o compromisso com a missão m42.

Mudança no **estado** das metas

Dos valores de uma meta, somente o nível de **satisfação** é alterado diretamente por eventos organizacionais.

- Argumentos
 - ★ identificação da meta (exemplo: prepararProva), e
 - ★ identificação do esquema (exemplo: prova1).
- Condições
 - ★ a meta é permitida,
 - ★ tem agentes comprometidos com ela, e
 - ★ é possível.

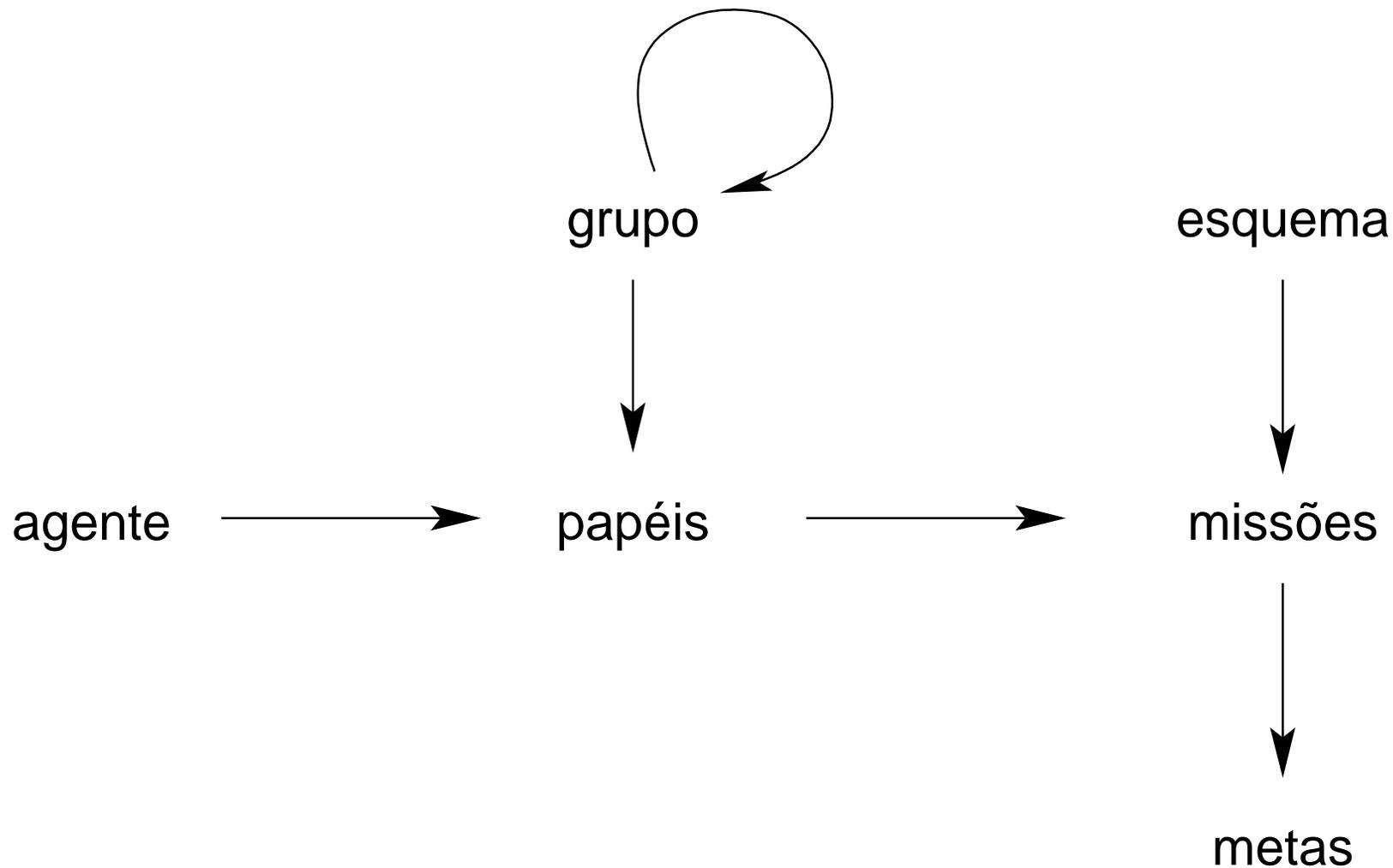
Algoritmo para determinar o nível de **ativação** de uma meta

```
function isPermitted(esquema  $si$ , meta  $g$ )  
if  $g$  é a raiz de  $si$  then  
    return true  
else  
     $g$  está em um plano do tipo " $g_0 = \dots g \dots$ "  
    if  $g$  está em um plano do tipo " $g_0 = \dots g_i , g \dots$ " then  
        if a meta  $g_i$  está satisfeita then  
            return true  
        else  
            return false  
        end if  
    else  
        return isPermitted( $si$ ,  $g_0$ )  
    end if  
end if
```

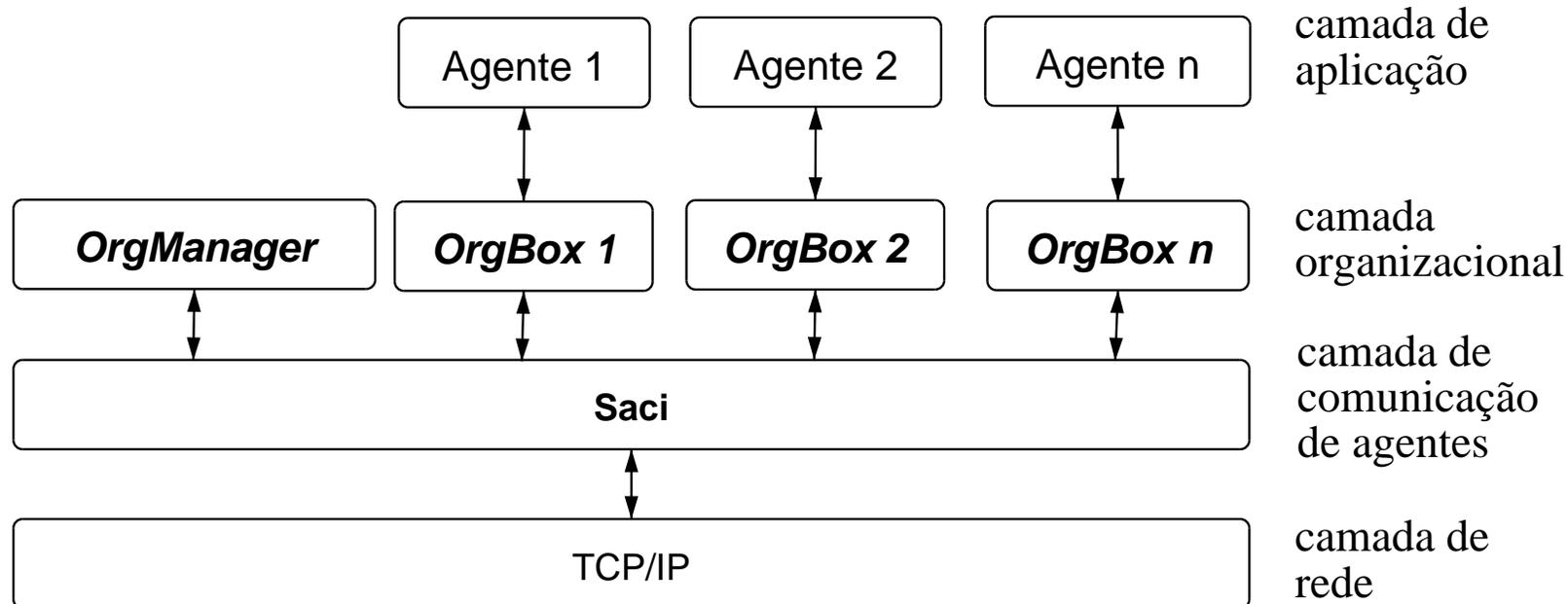
Algoritmo para determinar o nível de **comprometimento** de uma meta

```
function isCommitted(esquema si, meta g)  
if existir pelo menos um agente comprometido com g then  
    return true  
else  
    return false  
end if
```

Dependências para a **remoção** de um grupo (visão geral)



OrgBox



OrgBox

- Serviços para os agentes (camada de aplicação)
 - ★ Comunicação: o envio e recebimento de mensagens KQML para/de outros agentes.
Verificação das **ligações de comunicação**.

OrgBox

- Serviços para os agentes (camada de aplicação)
 - ★ Comunicação: o envio e recebimento de mensagens KQML para/de outros agentes.
Verificação das **ligações de comunicação**.
 - ★ Geração de eventos organizacionais: o agente pode entrar no sistema, assumir um papel, criar um grupo, ...

OrgBox

- Serviços para os agentes (camada de aplicação)
 - ★ Comunicação: o envio e recebimento de mensagens KQML para/de outros agentes.
Verificação das **ligações de comunicação**.
 - ★ Geração de eventos organizacionais: o agente pode entrar no sistema, assumir um papel, criar um grupo, ...
 - ★ Informações de obrigações: o OrgBox mantém o agente informado de quais missões ele é obrigado a se comprometer.

OrgBox

- Serviços para os agentes (camada de aplicação)
 - ★ Comunicação: o envio e recebimento de mensagens KQML para/de outros agentes.
Verificação das **ligações de comunicação**.
 - ★ Geração de eventos organizacionais: o agente pode entrar no sistema, assumir um papel, criar um grupo, ...
 - ★ Informações de obrigações: o OrgBox mantém o agente informado de quais missões ele é obrigado a se comprometer.
 - ★ Informações de metas possíveis: o OrgBox mantém o agente de quais são as metas globais que podem ser buscadas

Algoritmo para obter as **obrigações** de um agente

```
function getObligatedMissions(agent  $\alpha$ )  
all  $\leftarrow$   $\langle \rangle$   
for all papel  $\rho$  que  $\alpha$  assumiu do  
  gr  $\leftarrow$  o grupo onde  $\rho$  foi assumido  
  for all esquema si que gr é responsável do  
    if o esquema ainda não terminou then  
      for all missão m do esquema si do  
        if  $\rho$  tem obrigação para com m then  
          if cardinalidade da missão m não está ok then  
            all  $\leftarrow$  append(all,  $\langle m \rangle$ )  
          end if  
        end if  
      end for  
    end if  
  end for  
end for  
ordena all de acordo com as preferências entre as missões  
return all
```

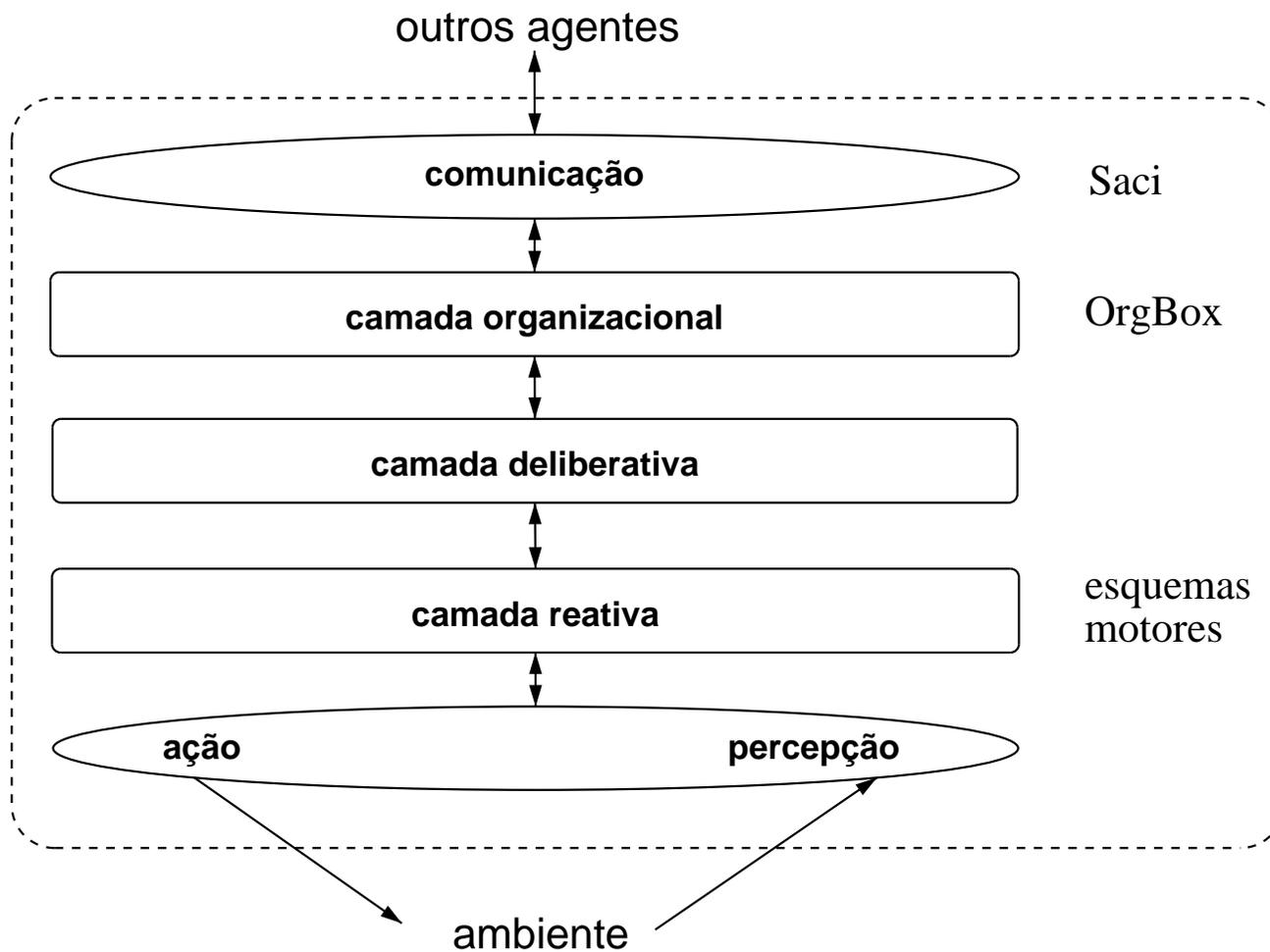
Algoritmo para obter as metas **possíveis** para um agente

```
function getPossibleGoals(agent  $\alpha$ )  
all  $\leftarrow \langle \rangle$   
for all missão m que  $\alpha$  está comprometido do  
  sch  $\leftarrow$  o tipo do esquema onde m foi assumido  
  for all meta g da missão m do  
    if  $\neg isSatisfied(g) \wedge isPossible(g) \wedge isPermitted(g)$  then  
      for all  $g_s$  que é super-meta no sch do  
        if  $\neg isSatisfied(g_s) \wedge \neg isImpossible(g_s)$  then  
          all  $\leftarrow append(all, \langle g \rangle)$   
        end if  
      end for  
    end if  
  end for  
end for  
ordena all de acordo com as preferências entre as missões  
return all
```

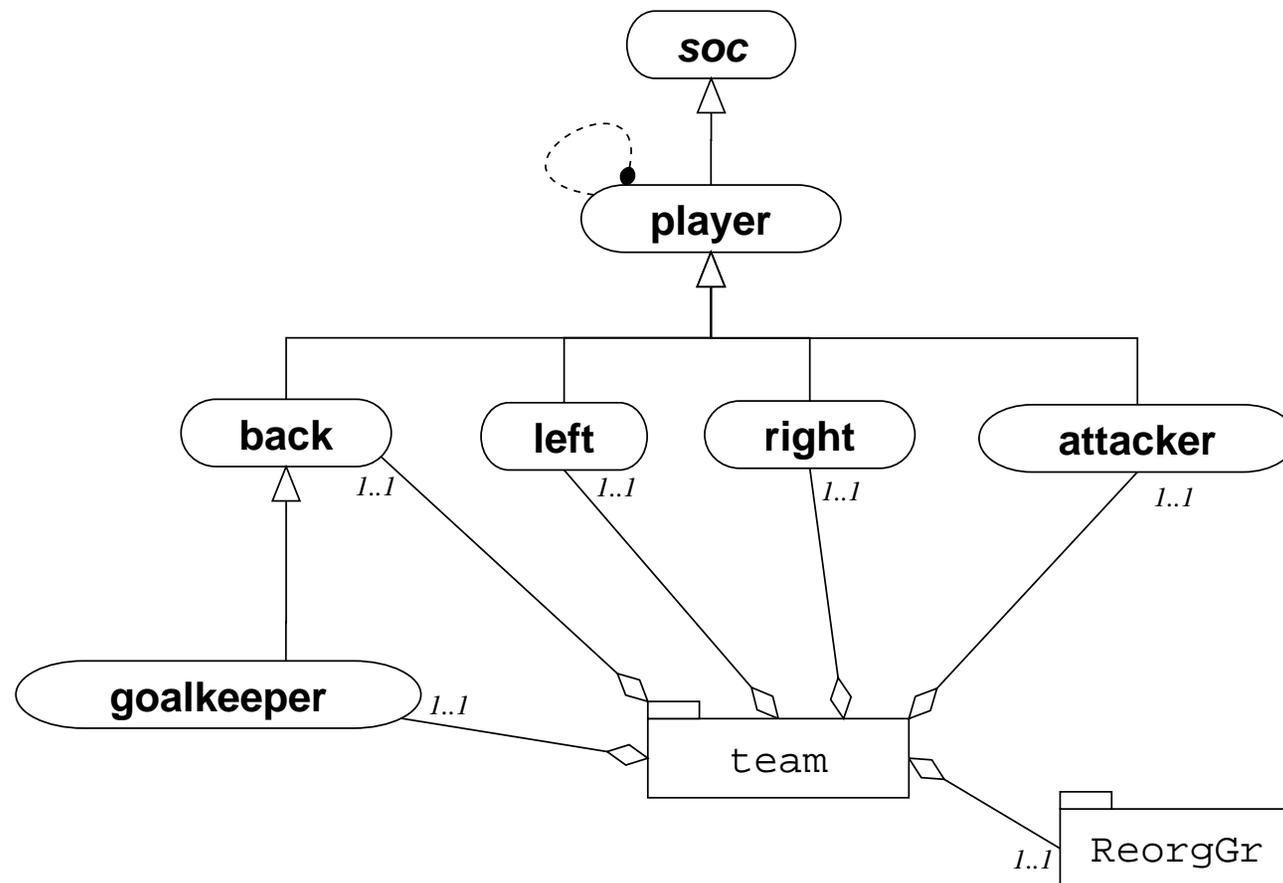
Exemplo de aplicação desta arquitetura: JOJTEAM

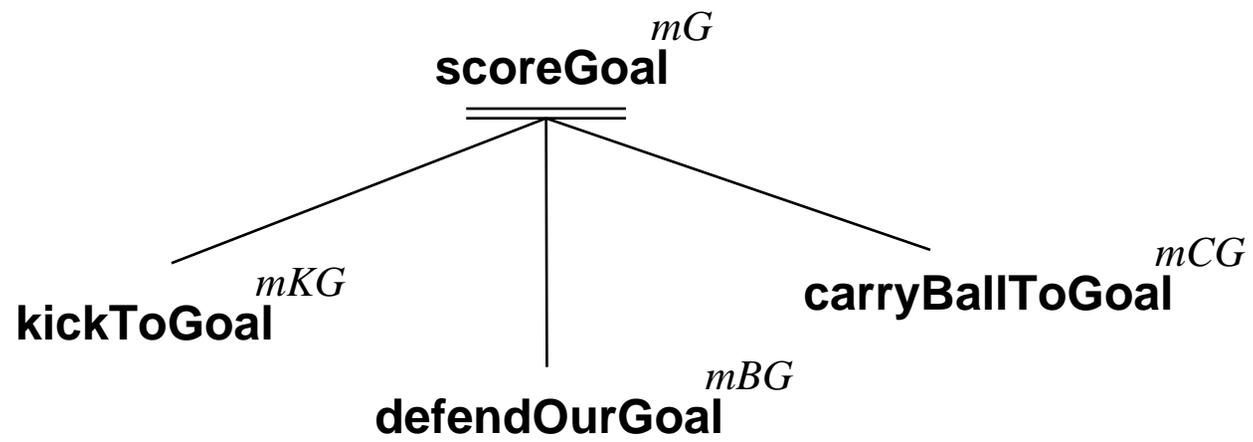
- Especificar a organização de um time de futebol com o *MOISE⁺*
- Fazer um time que segue uma especificação organizacional
- Apenas mudando a organização o time muda
- **Adaptação organizacional**

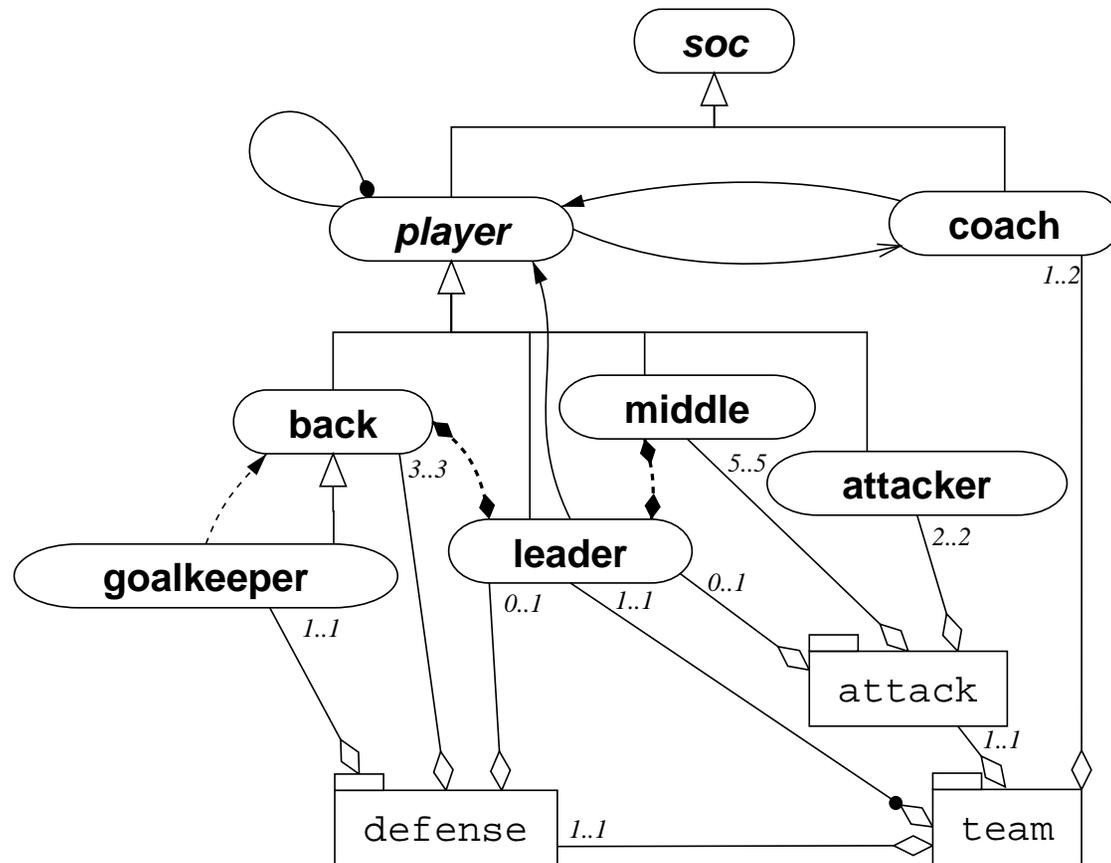
Arquitetura dos Agentes



Exemplo de organização

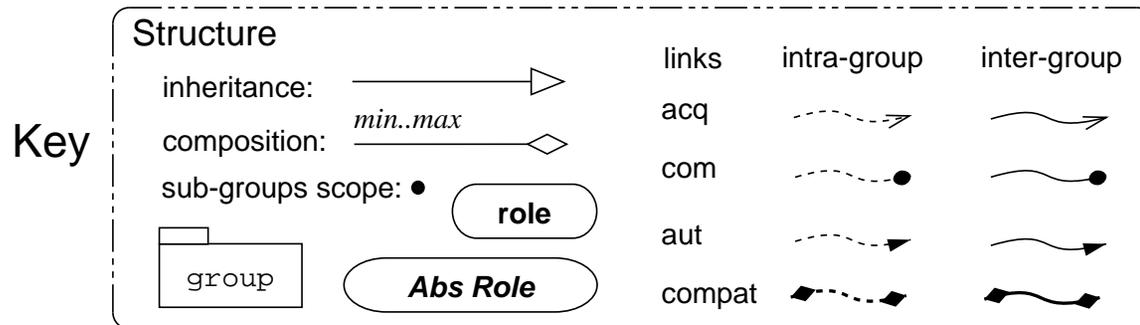


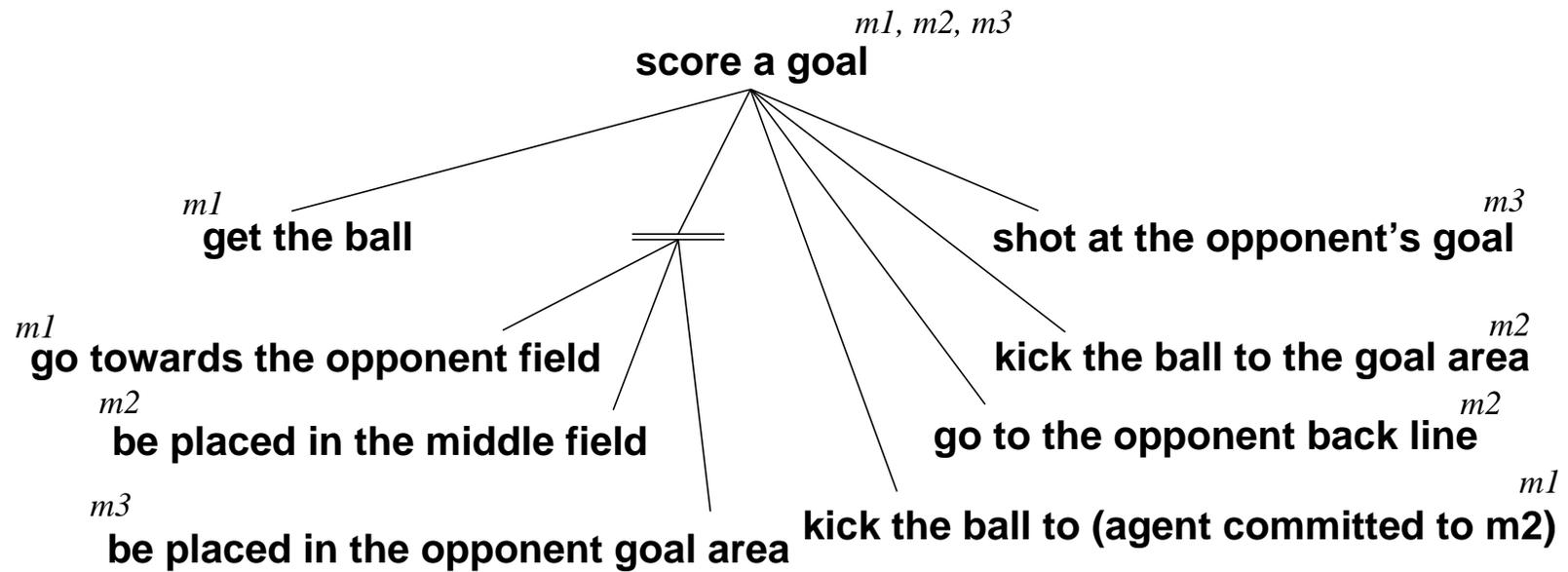




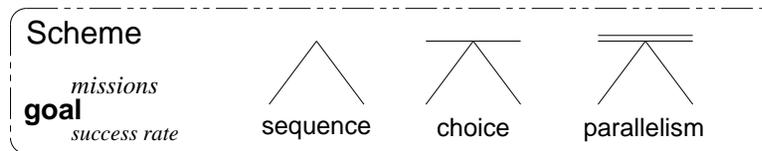
Organizational Entity (structure 3-5-2)

- Marcos goalkeeper
- Lucio back
- Edmilson back
- Roque Jr. back
- Cafu leader
- Gilberto Silva middle
- Juninho middle
- Ronaldinho middle
- Roberto Carlos middle
- Ronaldo attacker
- Rivaldo attacker

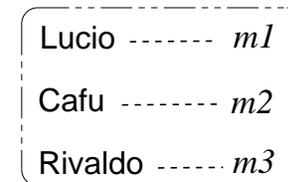




Key



Organizational Entity



Resumo

- SACI+*MOISE*⁺: uma arquitetura para SMA com organização **tipo OC** (centrado na organização com agentes que raciocinam sobre sua organização).

Disponível em

★ <http://www.lti.pcs.usp.br/moise>

★ <http://www.lti.pcs.usp.br/saci>

- Proposta independente da arquitetura dos agentes (camada de aplicação).

Resumo

- SACI+**MOISE**⁺: uma arquitetura para SMA com organização **tipo OC** (centrado na organização com agentes que raciocinam sobre sua organização).

Disponível em

★ <http://www.lti.pcs.usp.br/moise>

★ <http://www.lti.pcs.usp.br/saci>

- Proposta independente da arquitetura dos agentes (camada de aplicação).
- Limitações (com solução em uma **arquitetura** de agente organizacional)
 - ★ Não garante as ligações de autoridade.
 - ★ Não tem tratamento de exceções (um agente deixar uma missão sem terminar as metas)

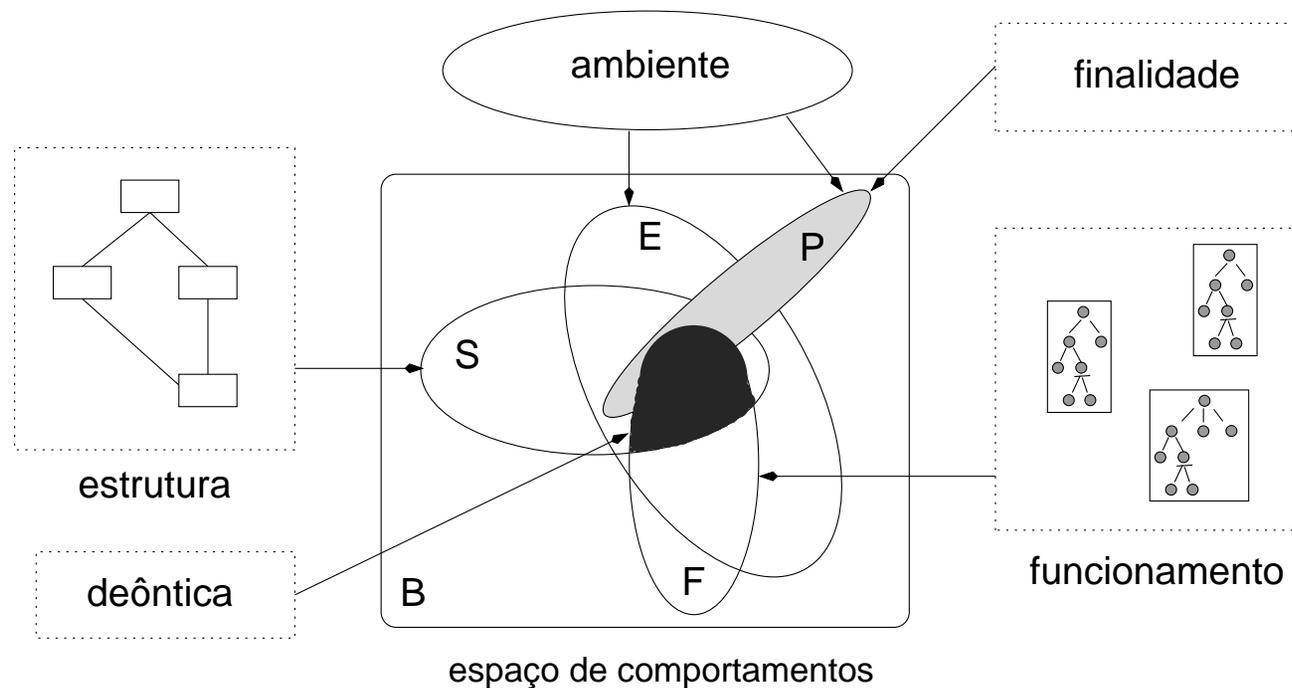
Considerações finais

Organização

- O que é
- Para que serve
- Quais as formas de ver
 - ★ *MOISE⁺*
 - * organização independente dos agentes
 - * três dimensões

Reorganização

- Como determinar um bom “tamanho” para a organização?
 - ★ O projetista pode dizer um bom tamanho inicial, mas e depois?



Referências

- [Decker, 1998] Decker, K. S. (1998). Task environment centered simulation. In Prietula, M. J., Carley, K. M., and Gasser, L., editors, *Simulating Organizations: Computational Models of Institutions and Groups*, chapter 6, pages 105–128. AAAI Press / MIT Press, Menlo Park.
- [Ferber and Gutknecht, 1998] Ferber, J. and Gutknecht, O. (1998). A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agents systems. In Demazeau, Y., editor, *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98)*, pages 128–135. IEEE Press.
- [Fox et al., 1998] Fox, M. S., Barbuceanu, M., Gruninger, M., and Lon, J. (1998). An organizational ontology for enterprise modeling. In Prietula, M. J., Carley, K. M., and Gasser, L., editors, *Simulating Organizations: Computational Models of Institutions and Groups*, chapter 7, pages 131–152. AAAI Press / MIT Press, Menlo Park.
- [Garijo et al., 2001] Garijo, F., Gómez-Sanz, J. J., Pavón, J., and Massonet, P. (2001). Multi-agent system organization: An engineering perspective. In

Pre-Proceeding of the 10th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW'2001).

[Lemaître and Excelente, 1998] Lemaître, C. and Excelente, C. B. (1998). Multi-agent organization approach. In Garijo, F. J. and Lemaître, C., editors, *Proceedings of II Iberoamerican Workshop on DAI and MAS*.

[Wooldridge et al., 1999] Wooldridge, M., Jennings, N. R., and david Kinny (1999). A methodology for agent-oriented analysis and design. In *Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agentes (Agent's 99)*. ACM.