

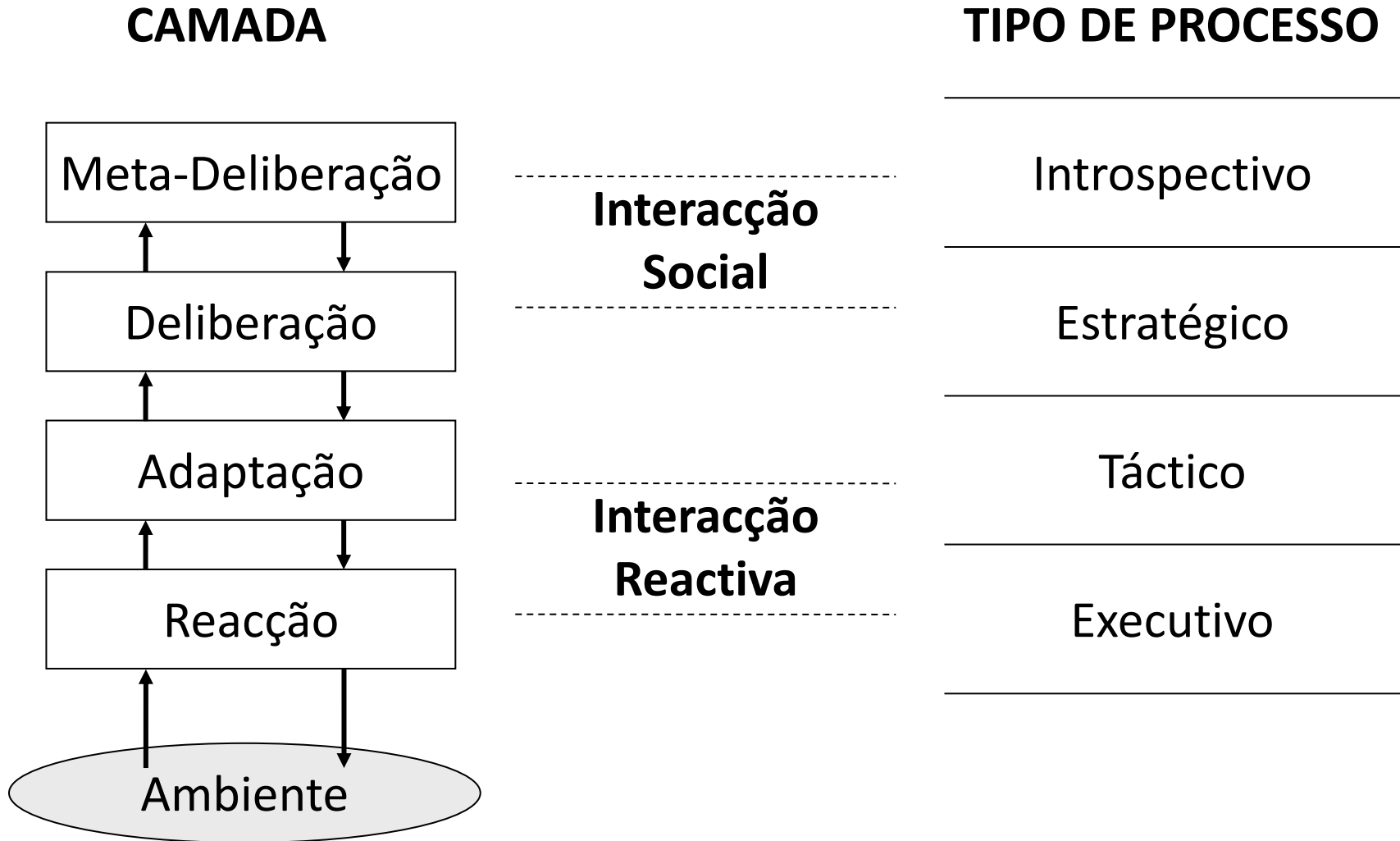
RACIOCÍNIO SOCIAL

Luís Morgado
ISEL-DEETC

Operação em Conjunto (Multi-Agente)

- **Autonomia**
 - O agentes têm a capacidade de em tempo de execução **coordenarem a sua operação com outros agentes**
 - Podem decidir **partilhar**
 - Tarefas
 - Recursos (e.g. informação)
- Agentes têm a capacidade de **comunicação**
 - Directamente
 - **Linguagem de comunicação**
(ACL – *Agent Communication Language*)
 - Indirectamente
- Agentes **podem não ter objectivos comuns**
- **O que pode levar agentes a operar em conjunto?**

INTELIGÊNCIA SOCIAL

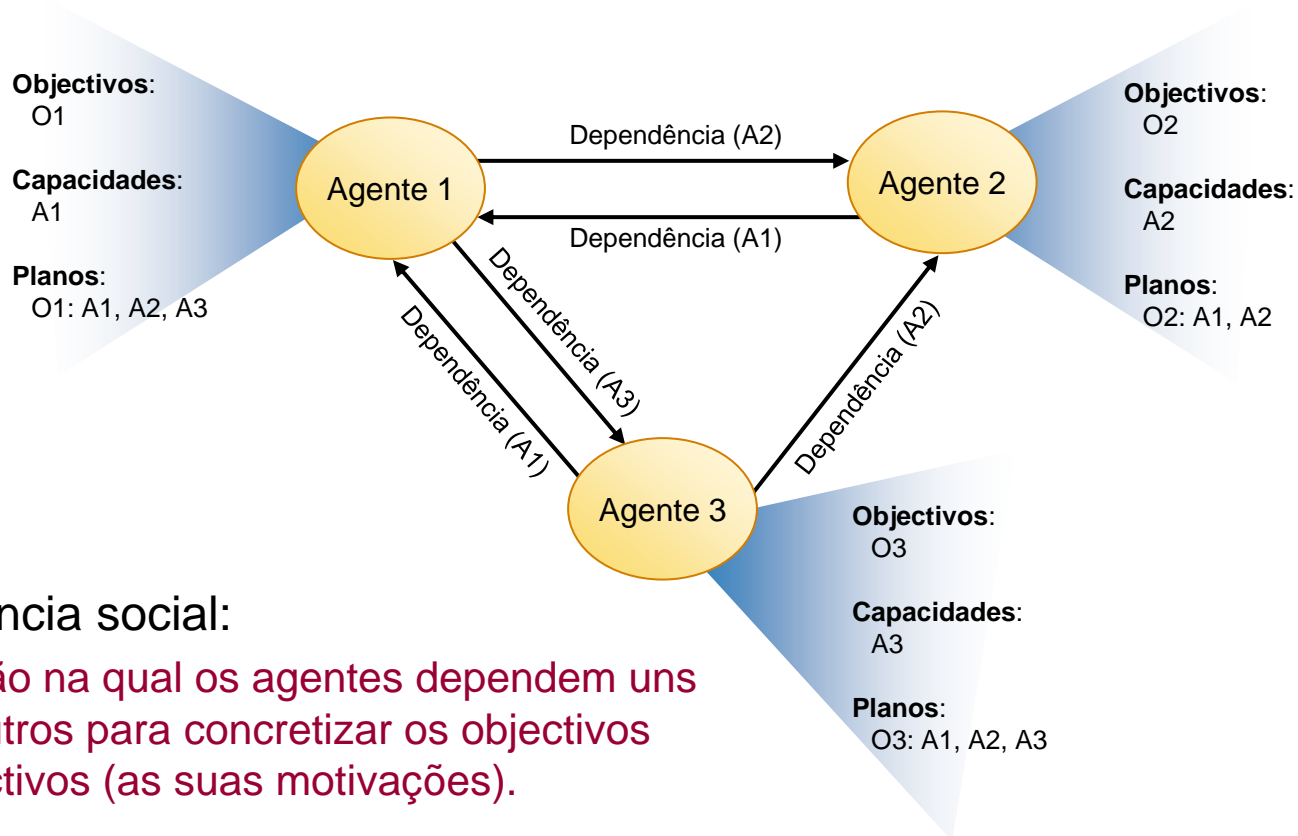


Tipos de Agentes

- Agentes **benevolentes**
 - Aceitam **colaborar sem contrapartidas**
 - Quando é **possível controlar a implementação** dos agentes para colaborarem quando é necessário
 - O **problema da coordenação** fica simplificado
- Agentes que agem em **interesse próprio**
 - **Não é possível assumir a benevolência**
 - Representam **interesses específicos**
 - Potenciais **conflitos de interesses**
 - Necessidade de **comportamento estratégico**

Raciocínio Social

A interação social resulta de relações objectivas existentes entre os elementos de uma sociedade (***dependência, poder***) [Conte & Castelfranchi, 1995].



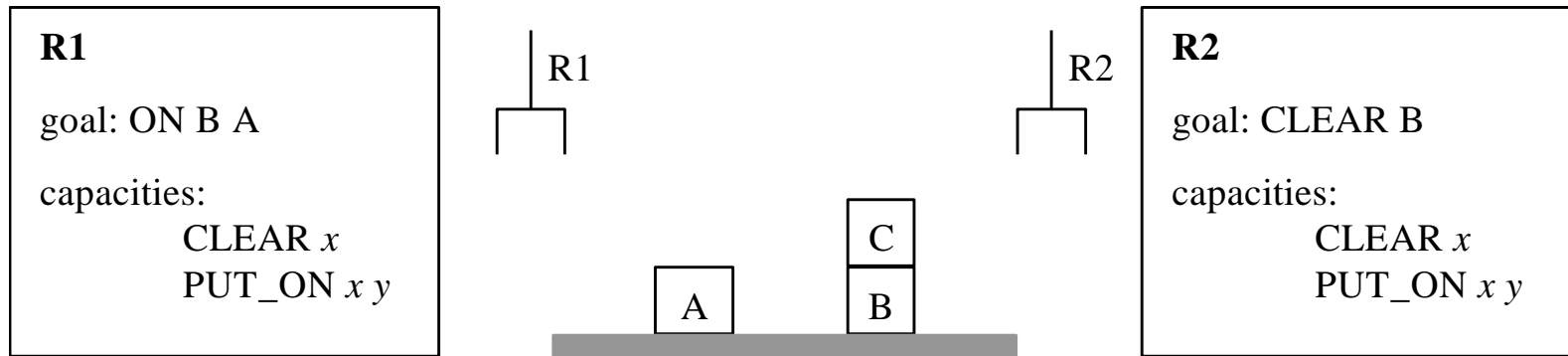
Dependência social:

- Relação na qual os agentes dependem uns dos outros para concretizar os objectivos respectivos (as suas motivações).

Interacção Social

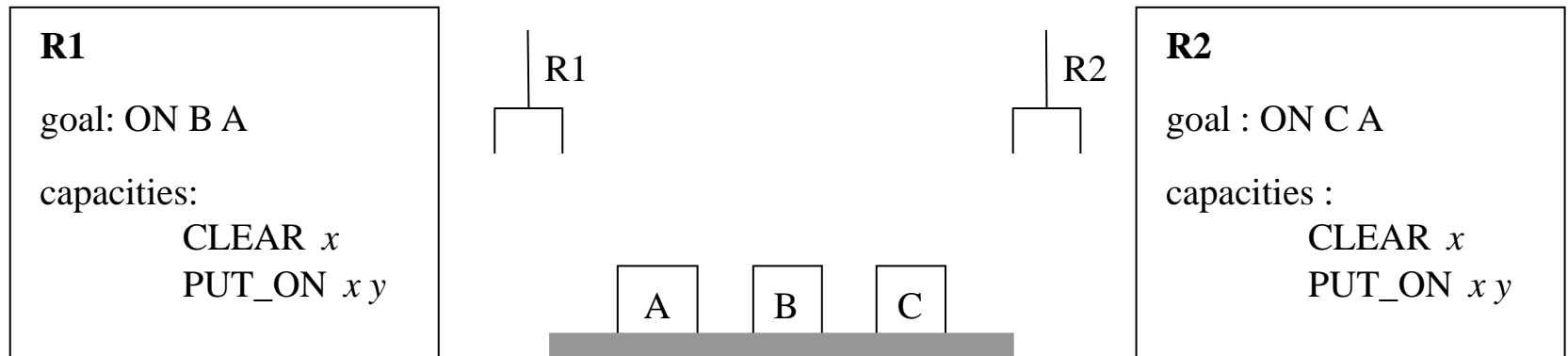
- Dois tipos base:
 - **Interacção social positiva**
 - Resulta da **entreaajuda** dos agentes
 - **Interacção social negativa**
 - **Resulta de situações de conflito**
 - Agentes impedem-se, uns aos outros, de atingir os respectivos objectivos

Interacção Social



Interacção social positiva

Interacção Social



Interacção social negativa

Interacção Social Positiva

- **Cooperação**

- Neste caso, os **agentes possuem um mesmo objectivo**, mas **nenhum deles é capaz de o atingir por si só**, sendo, contudo, as suas **capacidades complementares**, de tal forma que, em conjunto, é possível atingir esse objectivo. Num cenário deste tipo, um dos agentes pode propor ao outro cooperar para a concretização do objectivo comum, uma vez que assim poderão concretizar esse objectivo

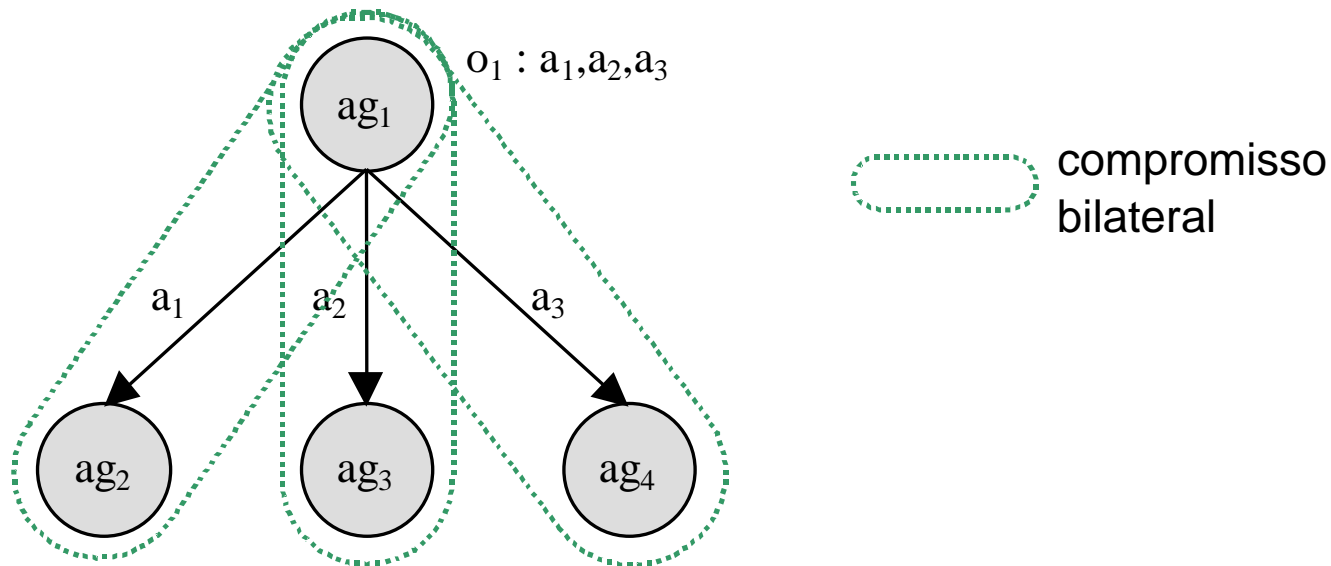
- **Troca social**

- Neste caso, ambos os **agentes possuem objectivos distintos** que **não são capazes de concretizar por si próprios**, sendo, contudo, as suas **capacidades complementares**, de tal forma que em conjunto é possível concretizar ambos os objectivos. Num cenário deste tipo, um agente pode propor ao outro ajuda na concretização de um objectivo deste, desde que este último o ajude na concretização do seu próprio objectivo

Formação de Coligações

Consideremos um agente que tem um objectivo o_1 e para o qual possui um plano que envolve a realização das actividades a_1 , a_2 , a_3 .

Que fazer se, por exemplo, ag_1 não tiver capacidade de realizar nenhuma das actividades?



Delegação de actividades através de compromissos bilaterais

Teoria da Dependência Social

- Dois problemas fundamentais no que diz respeito a sociedades de agentes autônomos
 - ***Problema da sociabilidade***
 - Por que motivo um agente autônomo **decide interagir socialmente?**
 - ***Problema da adoção***
 - Como um problema pertencente a um agente se torna um problema social, isto é, **como fazer para que os outros agentes adotem esse problema?**
- De acordo com a *teoria da dependência*
 - Resposta ao primeiro problema: noção de ***dependência***
 - Resposta ao segundo problema: noção de ***poder***

Teoria da Dependência

- A noção de **Poder**
 - **Poder individual**
 - Um agente i tem o poder de g se ele pode atingir g
 - **Poder sobre outros agentes**
 - Um agente i tem poder sobre um outro agente j (no que respeita ao objectivo g) se o pode ajudar ou impedir de atingir g
- Estas noções de poder **relacionam um agente com os seus objectivos** e, eventualmente, como os **objectivos dos outros agentes**

Teoria da Dependência

- A noção de *Dependência*
 - Pode ser vista como dual da relação de poder.
 - Caracterizada da seguinte forma [Conte & Castelfranchi 1995]:
 - Um agente pode realizar uma determinada acção de forma a que o seu resultado **aumente a probabilidade de um determinado estado do mundo** ser atingido
 - Este estado do mundo corresponde a um objectivo de um outro agente que é **incapaz de realizar a acção** em questão
 - Um agente *i* depende de um agente *j* em relação a um objectivo *g* se:
 - *i* não tem o poder de *g* e *j* tem esse poder
 - *i* tem o poder de *g* salvo se *j* o impedir

Teoria da Dependência

- As noções de **poder** e de **dependência** são **relações objectivas**
 - Existem independentemente dos agentes terem ou não conhecimento delas
 - Um agente pode ser dependente de outro agente e ignorar esse facto
- O conjunto de relações de dependência entre agentes de uma sociedade define uma **rede social**
 - Expressa os **graus de dependência e de poder** existentes entre os diversos agentes de uma sociedade

Teoria da Dependência

- **Tipos de Dependência**

- **Dependência unilateral**

- Um agente i depende de um outro agente j para atingir um seu objectivo g

- **Dependência bilateral**

- Um agente i depende do agente j mas o agente j também depende do agente i

- **Dependência mútua**

- » Os agentes i e j dependem um do outro para atingir um dado objectivo g

- **Dependência recíproca**

- » O agente i depende do agente j para atingir um seu objectivo g , e j depende de i para atingir um seu objectivo g' sendo os objectivos g e g' diferentes

Teoria da Dependência

- Uma **dependência mútua** favorece a **cooperação** entre os agentes:
 - Os agentes **possuem um mesmo objectivo**, mas **nenhum deles é capaz de o atingir por si só**, sendo as suas **capacidades complementares**;
 - Um dos agentes pode propor ao outro cooperar para a concretização do objectivo comum, podendo este aceitar essa proposta, permitindo assim a cooperação.
- Uma **dependência recíproca** favorece a **troca** social:
 - Os agentes **possuem objectivos distintos** que **não são capazes de concretizar por si próprios**, sendo as suas **capacidades complementares**;
 - Um agente pode propor ao outro ajuda na concretização de um objectivo deste, desde que este último o ajude na concretização do seu próprio objectivo.

Teoria da Dependência

- **Adopção de objectivos**

- Aspecto base da acção social
- Processo através do qual **um agente passa a ter um objectivo de outro agente**
 - Um agente procura atingir um objectivo de um outro agente

Adopção de Objectivos

- **Adopção instrumental**

- A adopção é considerada como um meio para o agente atingir os seus próprios objectivos

- **Adopção terminal**

- A adopção é, de qualquer modo, um objectivo de alto nível

- **Adopção cooperativa**

- Resulta do interesse comum de diversos agentes em atingir um determinado objectivo

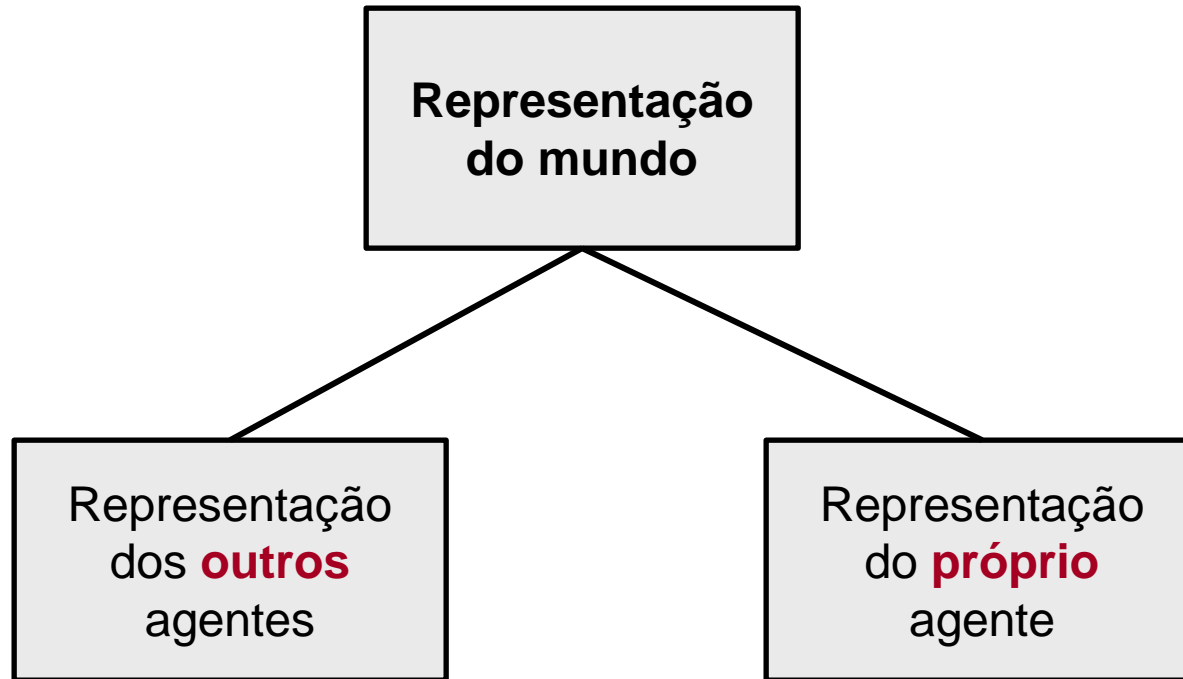
- **Benevolência**

- Adopção incondicional

A distinção entre as diferentes formas de adopção de objectivos pode ser importante, na medida em que a sua base motivacional **permite prever o comportamento cooperativo de um determinado agente.**

Processo de Raciocínio Social

Representação interna do mundo



Representação de um Agente

- Numa **perspectiva externa**, um agente pode ser caracterizado com base em três elementos base
 - **Objectivos**
 - O que o agente pretende atingir
 - Um agente pode ter mais do que um objectivo
 - **Planos**
 - Planos que o agente tem, utilizando capacidades diversas, no sentido de atingir determinados objectivos
 - **Capacidades**
 - As acções que o agente é capaz de realizar

Exemplo: Agente Prospector

% *Desejos*

```
desejo (arrumar_alvos) .
```

% *Planos*

```
plano (arrumar_alvos) .
```

```
plano (recolher (PosAlvo)) .
```

```
plano (depositar (PosBase)) .
```

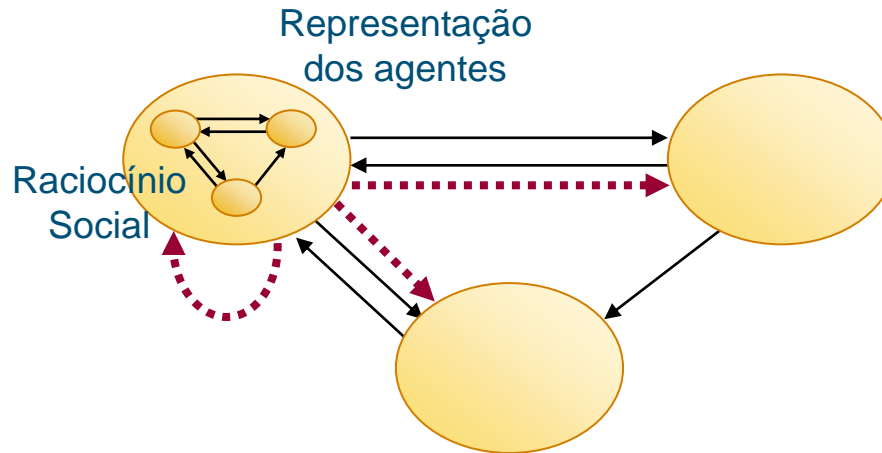
% *Capacidades*

```
acao (mover (Pos)) .
```

```
acao (pegar (Pos)) .
```

```
acao (largar (Pos)) .
```

Representação dos outros Agentes



Raciocínio prático:

- O que se pretende ➡
- O que o agente é capaz de fazer ➡
- Como fazer ➡

Representação de um agente:

- Objectivos
- Capacidades
- Planos



Descrição Externa



Representação formal para
suporte do raciocínio social

Formalização

- Linguagem de primeira ordem, sendo utilizadas as seguintes convenções:
 - ag_i, ag_j, \dots : variáveis que designam agentes
 - g, g_k, g_l, \dots : variáveis que designam objectivos
 - p : variável que designa um plano
 - a, a_m, a_n : variáveis que designam actividades
 - o, o_m, o_n : variáveis que designam conjuntos de contrapartidas
 - c : variável que designa uma coligação

Representação de Agente

Formalização em lógica de primeira ordem:

– Objectivos:

- $goal(ag_i, ag_j, g) : g$ é um objectivo de ag_j que ag_i conhece.

– Capacidades:

- $cap(ag_i, ag_j, a) : a$ é uma capacidade de ag_j que ag_i conhece.

– Planos:

- $plan(ag_i, ag_j, p) : p$ é um plano de de ag_j que ag_i conhece.

– Descrição Externa:

- $GOAL_{agi}(ag_j) \equiv_{\text{def}} \{g \mid goal(ag_i, ag_j, g)\}$: objectivos que ag_i conhece em relação a ag_j .
- $CAP_{agi}(ag_j) \equiv_{\text{def}} \{a \mid cap(ag_i, ag_j, a)\}$: capacidades que ag_i conhece em relação a ag_j .
- $PLAN_{agi}(ag_j) \equiv_{\text{def}} \{p \mid plan(ag_i, ag_j, p)\}$: planos que ag_i conhece em relação a ag_j .
- $EXT_{agi}(ag_j) \equiv_{\text{def}} \{GOAL_{agi}(ag_j), CAP_{agi}(ag_j), PLAN_{agi}(ag_j)\}$

Relações Sociais

- Autonomia Social:

- Um agente é autónomo para um objectivo, com base num determinado plano, se (e só se) o objectivo lhe pertencer e for capaz de realizar todas as actividades desse plano:

$$gaut(ag_i, g_k, p_{qk}) \Leftrightarrow g_k \in GOAL(ag_i) \wedge (\forall a \in ACT(p_{qk}))(a \in CAP(ag_i))$$

$$GAUT(ag_i, g_k, P_{qk}) \Leftrightarrow (\exists p_{qk} \in P_{qk})(gaut(ag_i, g_k, p_{qk}))$$

- Dependência Social:

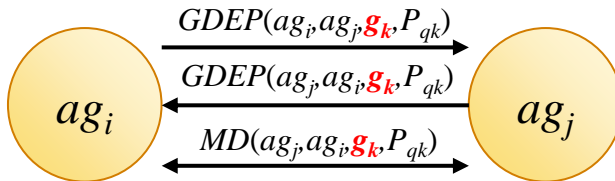
- Um agente é dependente para um objectivo, com base num determinado plano, se (e só se) não for autónomo para esse objectivo e outro agente é capaz de realizar alguma das actividades desse plano que esse agente não é capaz de realizar:

$$\begin{aligned} gdep(ag_i, ag_j, g_k, p_{qk}) \Leftrightarrow & g_k \in GOAL(ag_i) \wedge \\ & \neg gaut(ag_i, g_k, p_{qk}) \wedge \\ & (\exists a \in ACT(p_{qk}))(a \notin CAP(ag_i) \wedge a \in CAP(ag_j)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GDER(ag_i, ag_j, g_k, P_{qk}) \Leftrightarrow & \neg GAUT(ag_i, g_k, P_{qk}) \wedge \\ & (\exists p_{qk} \in P_{qk})(gdep(ag_i, ag_j, g_k, p_{qk})) \end{aligned}$$

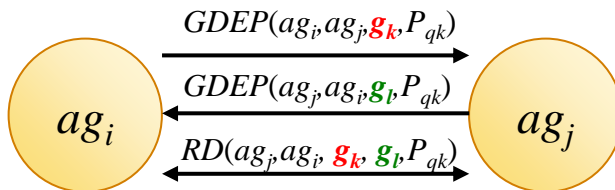
Relações Sociais

Dependência Mútua



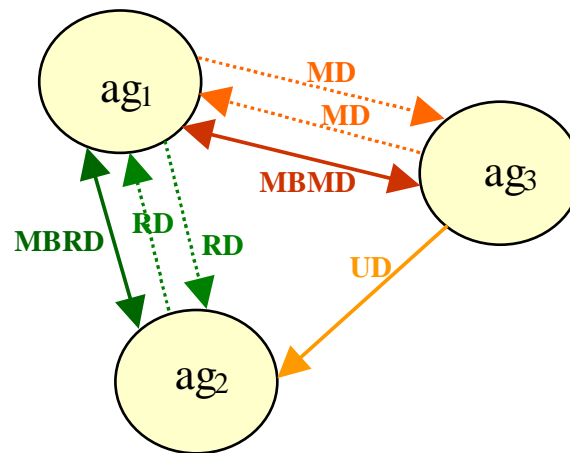
$$MD(ag_i, ag_j, g_k, P_{qk}) \Leftrightarrow GDER(ag_i, ag_j, g_k, P_{qk}) \wedge GDER(ag_j, ag_i, g_k, P_{qk})$$

Dependência Recíproca



$$RD(ag_i, ag_j, g_k, g_l, P_{qk}) \Leftrightarrow GDER(ag_i, ag_j, g_k, P_{qk}) \wedge GDER(ag_j, ag_i, g_l, P_{qk}) \wedge g_k \neq g_l$$

Outras Relações Sociais



Localidade da dependência

- Apenas um agente infere a dependência → *Dependência Localmente Acreditada (LB)*
- Ambos os agentes inferem a dependência → *Dependência Mutuamente Acreditada (MB)*

Situações de Dependência

- **Independência (IND)**: um agente ag_i utilizando os seus planos infere que não depende de um agente ag_j para atingir o objectivo g_k .
- **Dependência unilateral (UD)**: um agente ag_i utilizando os seus planos infere uma dependência em relação a um agente ag_j para atingir o objectivo g_k , mas infere também que ag_j não depende de ag_i para nenhum dos seus objectivos.
- **Dependência recíproca localmente acreditada (LBRD)**: um agente ag_i utilizando os seus planos infere uma dependência recíproca em relação a um agente ag_j para atingir o objectivo g_k , mas não consegue inferir o mesmo utilizando os planos de ag_j .
- **Dependência recíproca mutuamente acreditada (MBRD)**: um agente ag_i utilizando os seus planos infere uma dependência recíproca em relação a um agente ag_j para atingir o objectivo g_k , e consegue inferir o mesmo utilizando os planos de ag_j .
- **Dependência mútua localmente acreditada (LBMD)**: um agente ag_i utilizando os seus planos infere uma dependência mútua em relação a um agente ag_j para atingir o objectivo g_k , mas não consegue inferir o mesmo utilizando os planos de ag_j .
- **Dependência mútua mutuamente acreditada (MBMD)**: um agente ag_i utilizando os seus planos infere uma dependência mútua em relação a um agente ag_j para atingir o objectivo g_k , e consegue inferir o mesmo utilizando os planos de ag_j .

Situações de Dependência

$$IND(ag_i, ag_j, g_k) \Leftrightarrow \neg GAUT(ag_i, g_k, P_{ik}) \wedge \neg GDEP(ag_i, ag_j, g_k, P_{ik})$$

$$UD(ag_i, ag_j, g_k) \Leftrightarrow GDEP(ag_i, ag_j, g_k, P_{ik}) \wedge \neg(\exists g_l)(GDEP(ag_j, ag_i, g_l, P_{il}))$$

$$LBRD(ag_i, ag_j, g_k, g_l) \Leftrightarrow RD(ag_i, ag_j, g_k, g_l, ag_i) \wedge \neg RD(ag_i, ag_j, g_k, g_l, ag_j)$$

$$MBRD(ag_i, ag_j, g_k, g_l) \Leftrightarrow RD(ag_i, ag_j, g_k, g_l, ag_i) \wedge RD(ag_i, ag_j, g_k, g_l, ag_j)$$

$$LBMD(ag_i, ag_j, g_k) \Leftrightarrow MD(ag_i, ag_j, g_k, ag_i) \wedge \neg MD(ag_i, ag_j, g_k, ag_j)$$

$$MBMD(ag_i, ag_j, g_k) \Leftrightarrow MD(ag_i, ag_j, g_k, ag_i) \wedge MD(ag_i, ag_j, g_k, ag_j)$$

Formação de Coligações

Aspectos a considerar

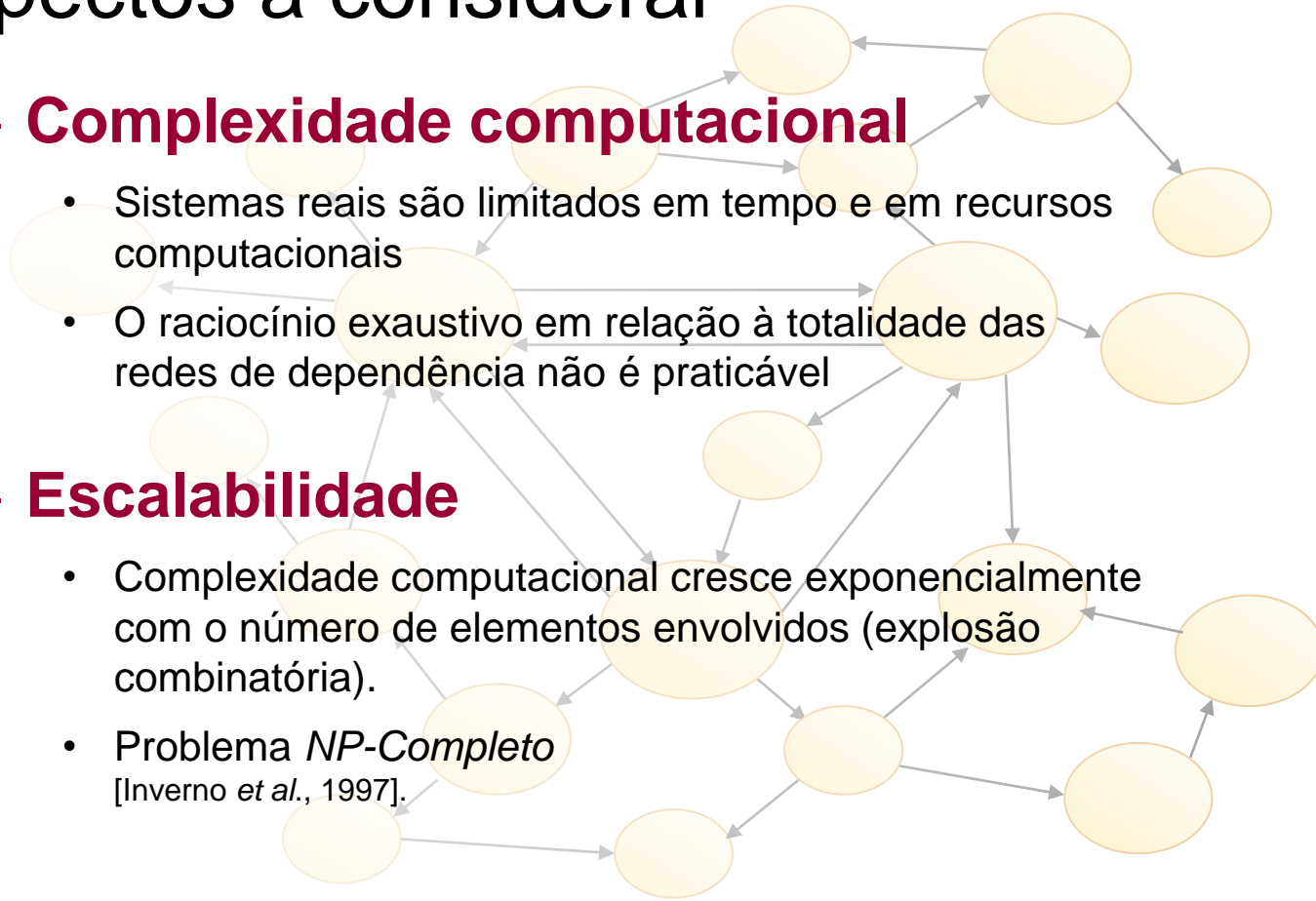
– Complexidade computacional

- Sistemas reais são limitados em tempo e em recursos computacionais
- O raciocínio exaustivo em relação à totalidade das redes de dependência não é praticável

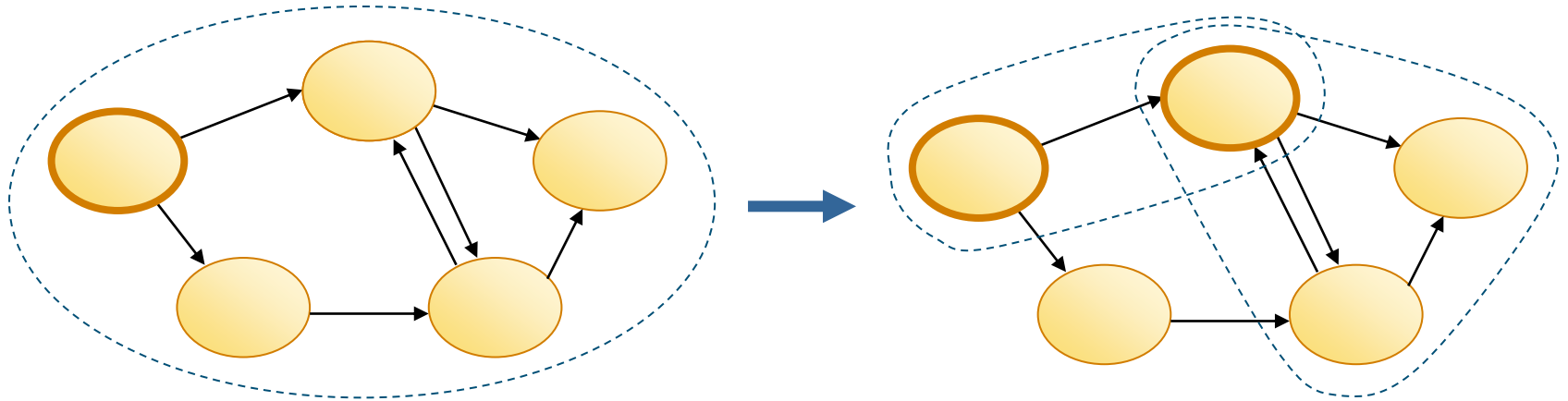
– Escalabilidade

- Complexidade computacional cresce exponencialmente com o número de elementos envolvidos (explosão combinatória).
- Problema *NP-Completo*
[Inverno *et al.*, 1997].

Rede de dependências sociais

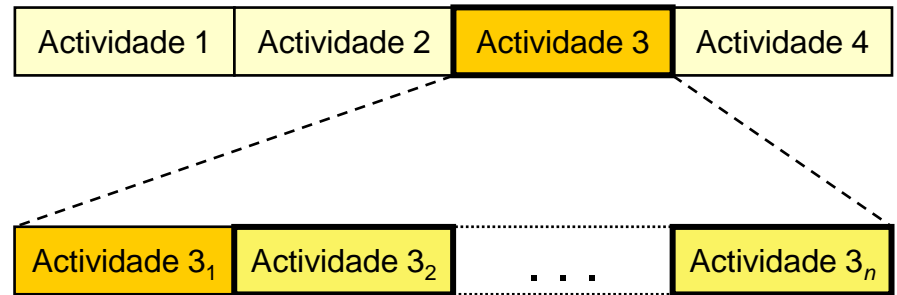
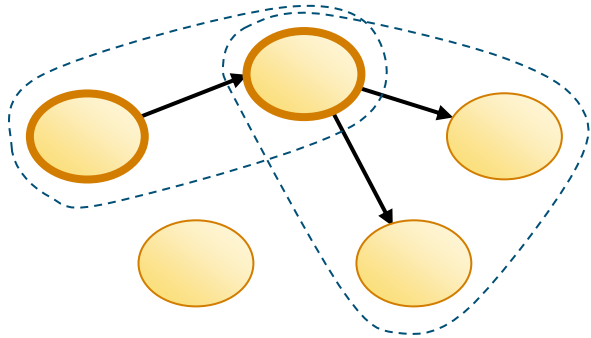


Raciocínio Social Hierárquico



- Raciocínio social localizado:
 - Garantir a escalabilidade.
 - Encadeamentos dinâmicos de coligações.
- Capacidades:
 - Descritas como actividades que o agente é capaz de realizar.
 - Delegação de actividades.
 - **Adopção das actividades delegadas como objectivos**, de forma dinâmica.

Capacidades Representadas a Diferentes Níveis de Abstracção



Dois tipos de actividades:

– Actividades primitivas:

- Actividades que correspondem à execução directa de uma acção por parte do agente, com eventual utilização de um conjunto de recursos.

– Actividades não primitivas:

- Actividades que não correspondem à execução directa de uma acção e para as quais o agente deverá possuir, pelo menos, um plano de realização.

Níveis de Modelação de Agente

Programação

