

## Modelo de Reputação Fuzzy Aplicado a um Sistema Multiagente

Henrique D. N. Rodrigues<sup>1</sup>, Diana F. Adamatti<sup>1</sup>, Graçaliz P. Dimuro<sup>1</sup>,  
Glenda Dimuro<sup>2</sup>, Esteban de Manuel Jerez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Computacionais – Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Rio Grande – RS – Brasil

<sup>2</sup>Depto de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad de Sevilla, Seville, Spain

{henriquedonancio, dianaada, gracaliz}@gmail.com

**Abstract.** *This paper presents a reputation model applied to a multi-agent system for simulation of regulatory policy and reputation of the social organization of the San Jerónimo Vegetable Garden, located in Seville, Spain. Therefore, we are used BDI agents with fuzzy beliefs to investment analysis and satisfaction of services as well as a reputation model as a performance measure of their activities within the project, implemented by JaCaMo framework.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta um modelo de reputação aplicado a um sistema multiagente para simulação de políticas normativas e reputação da organização social da Horta Urbana San Jerónimo, localizada em Sevilha, Espanha. Para tanto, foi utilizado agentes BDI com crenças fuzzy para análise de investimento e satisfação sobre serviços, assim como um modelo de reputação como medida de desempenho de suas atividades dentro do projeto, implementados através do arcabouço JaCaMo.*

### 1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de ferramentas SMA para simulação de trocas sociais e cooperação entre agentes, tendo como cenário, o projeto social da Horta Urbana “San Jerónimo”, localizada em Sevilha, Espanha, coordenado pela ONG “Ecologistas en Acción”.

Em sistemas multiagentes, o conhecimento sobre outros agentes é construído através de experiências passadas seja de forma direta ou indireta. Um modelo de reputação fuzzy busca tratar essa questão de forma subjetiva sobre como o comportamento de um agente afeta as expectativas de outro agente [Rubiera et al. 2001].

Os agentes participantes desse projeto são os hortelãos e aspirantes a hortelãos, que são os agentes sociais. Técnicos e secretaria assumem o papel de agentes governamentais, responsáveis pela verificação das normas aplicadas aos agentes sociais.

O regulamento da horta é um conjunto que conta um total de quarenta normas que visa estabelecer melhor convívio entre os usuários da horta e a administração, além de resguardar seus direitos e orientar suas ações.

O modelo de reputação adotado é baseado em modelos tais como REGRET [Sabater and Sierra 2001] e [Hübner et al. 2009]. A análise da reputação é dividida em três

dimensões: Dimensão Social, Dimensão Individual, Dimensão Ontológica, como proposto no modelo REGRET. Na Dimensão Social é analisada a efetividade do agente para com o seu grupo social, já na Dimensão Individual é analisada as trocas diretas entre os agentes. Por fim, têm-se a Dimensão Ontológica, onde Dimensão Social e Individual se combinam para uma análise final.

Este artigo apresenta um modelo de reputação aplicado a um SMA para simular trocas que não envolvem bens materiais, como também a política interna da organização, tendo como métrica de desempenho social a reputação do agente dentro do contexto do projeto Horta San Jerónimo. Entende-se como trocas que não envolvem bens materiais, aquelas que tanto na contratação e/ou realização do serviço não há bens envolvidos, gerando apenas débitos e créditos virtuais.

O modelo de agentes com representação de crenças *fuzzy* (BDI-Fuzzy) foi escolhido devido a sua maior complexidade e abrangência em análises subjetivas e individuais de serviços, através da *Atitude de Avaliação de Serviços*.

Para implementação prévia do modelo foi utilizado a plataforma Jason [Bordini et al. 2007], um interpretador da linguagem AgentSpeak(L), baseada na arquitetura BDI [Rao 1996, Rao and Georgeff 1992], juntamente com o arcabouço CArtaGO [Ricci et al. 2014] e o arcabouço para prover a simulação de políticas públicas MSPP (Modeling and Simulation of Public Policies) [Santos and Costa 2012, Santos et al. 2012].

O artigo está organizado como descrito a seguir. A Seção 2 apresenta a plataforma Jason, o arcabouço CArtaGO, e o modelo organizacional. A Seção 3 expõe as características do modelo de reputação adotado juntamente com características fuzzy de avaliação de trocas entre os agentes sociais. A Seção 4 apresenta a prévia simulação do SMA baseado na Horta San Jerónimo, e a Seção 5 faz uma análise dos resultados obtidos até o momento.

## 2. A Plataforma JaCaMo

A plataforma JaCaMo [Bordini and Hübner 2014] é um arcabouço para programação de Sistemas Multiagentes constituído de três ferramentas.

O Jason [Bordini et al. 2007] é um interpretador da linguagem AgentSpeak(L), baseada na arquitetura BDI. Um aspecto importante dessa plataforma é sua implementação em Java, e portanto multi-plataforma. A comunicação entre agentes no Jason é baseada na teoria de atos de fala. Os agentes ao se comunicarem, geram crenças e estas por sua vez podem desencadear planos.

O arcabouço CArtaGO (Common ARTifact infrastructure for AGents Open environments) [Ricci et al. 2014] é baseado no modelo Agentes e Artefatos (A & A) para modelar e projetar Sistemas Multiagente. Com essa ferramenta é possível criar artefatos estruturados em espaços abertos onde agentes podem se unir de forma a trabalhar em conjunto.

Os Artefatos são recursos e ferramentas construídas de forma dinâmica, usados e manipulados por agentes para apoiar/realizar suas atividades individuais e coletivas. O ambiente como também os recursos disponíveis no mesmo podem ser modelados na forma de um artefato CArtaGO.

O modelo organizacional MOISE+ [Hübner 2003] é uma ferramenta com intuito de modelar a organização de SMA. Consiste na especificação de três dimensões: a estrutural, onde definem-se papéis e ligações de heranças e grupos; a funcional, onde é estabelecido um conjunto de planos globais e missões para que as metas sejam atingidas; e a deontica, que é a dimensão responsável pela definição de qual papel tem obrigação ou permissão para realizar cada missão.

### 3. Modelo de Reputação

O modelo de reputação segue a estrutura adotada em REGRET [Sabater and Sierra 2001], onde a reputação é uma composição de três dimensões: Dimensão Social, Dimensão Individual e Dimensão Ontológica.

Modelos de reputação fuzzy já existem na literatura como [Rubiera et al. 2001] e outros direcionados para e-commerce e redes P2P. Esta abordagem no entanto estende modelos existentes como Regret [Sabater and Sierra 2001], capaz de fornecer métricas para as políticas públicas em cenários de ambiente cooperativo.

#### 3.1. Dimensão Social

A dimensão social avalia aspectos coletivos em relação ao agente. Em [Hübner et al. 2009] essa avaliação é feita analisando a efetividade do agente em relação a normas (obrigações), a participação do agente e seus resultados.

No projeto HSJ, os agentes devem desempenhar algumas obrigações, tais como pagamento de mensalidades e renovação de suas inscrições, além do cumprimento das normas. A participação também é um fator a ser levado em conta uma vez que o projeto determina que o agente participe de reuniões que servem para discutir e orientar suas práticas. Os resultados, são todas ações que o agente venha executar coletivamente.

Cada agente tem como crença um respectivo valor referente ao grau de importância<sup>1</sup> que ele atribui a estes aspectos que são compartilhados entre o grupo. A avaliação individual dada por cada individuo é dada pela Equação (1) [Hübner et al. 2009]:

$$avaliacao(\alpha) = \frac{\gamma p(\alpha) + \delta o(\alpha) + \epsilon r(\alpha)}{\gamma + \delta + \epsilon} \quad (1)$$

Onde os fatores  $\gamma$ ,  $\delta$  e  $\epsilon$  definem a importância da participação, obediência e resultados, respectivamente.

Esses fatores são independentes entre os agentes sociais, podendo assumir valores por convenção entre 1 a 10, definindo assim o grau de relevância que o agente determina para o atributo multiplicado pelo fator. Dessa forma, o valor mínimo dado para reputação de determinado agente é 0 e o valor máximo é 1.

<sup>1</sup>O valores são independentes para cada agente afim de descentralizar o modelo proposto em [Hübner et al. 2009], tendo o agente uma avaliação mais individual dos aspectos coletivos.

### 3.2. Dimensão Individual

A dimensão individual é resultado das interações diretas entre os agentes. Em [Sabater and Sierra 2001], essa dimensão é tratada como a mais confiável, pois expressa resultados de interações diretas com o agente alvo, ou seja, uma avaliação dada pelo resultado da interação entre os agentes envolvidos.

Na abordagem desse trabalho, os agentes trocam serviços não econômicos que não envolvem trocas monetárias ou de bens. Os agentes hortelãos no projeto HSJ, tem como base de avaliação o investimento em realizar um serviço e a satisfação ao receber um serviço. Ao avaliar um investimento, o agente leva em consideração três fatores [Farias et al. 2013]:

- A *dificuldade*, que representa o quão difícil é para o agente realizar o serviço solicitado. Assume valores no intervalo de 0 e 10, onde valores próximos de 10 representam um grau de dificuldade maior.
- O *custo*, que representa os gastos para realizar o serviço. Assume valores entre 1 e 100, onde valores próximos de 100 indicam gastos maiores na realização do serviço.
- O *tempo*, que representa o tempo gasto na execução do serviço. Assume valores entre 1 e 90, onde valores próximos de 90 indicam um tempo maior empregado na realização do serviço.

Para a análise da satisfação como resultado de um serviço recebido é levado em consideração:

- A *qualidade*, que representa o grau de excelência do serviço. Assume valores entre 0 e 10 onde quanto maior o valor, maior o grau de excelência do serviço.
- O *preço*<sup>2</sup>, que representa o valor dos gastos com a contratação do serviço. Assume valores entre 0 e 100, onde valores próximos de 0 indicam gastos menores.
- O *tempo*, que representa o tempo gasto esperando a execução do serviço. Assume valores entre 1 e 90, onde quanto menor o valor, menor o tempo esperado na realização do serviço.

Um agente ao requisitar que outro agente preste um serviço, calcula a satisfação esperada através de uma função de pertinência fuzzy e uma base de regras e com base na sua “Atitude de Avaliação de Serviço” [Farias et al. 2013].

**Tabela 1. Base de Regras Fuzzy para Análise do Investimento Baseado na Dificuldade**

Base de Regras Fuzzy do Investimento (Dificuldade)
$R^{(1)}$ : IF dificuldade IS baixa THEN investimento IS baixo
$R^{(2)}$ : IF dificuldade IS média THEN investimento IS médio
$R^{(3)}$ : IF dificuldade IS alta THEN investimento IS alto

<sup>2</sup>Para o estudo de caso esse fator não é levado em consideração.

A Atitude de Avaliação de Serviço é a composição de um ou mais atributos que pertencem a esse serviço. Isto significa que o agente pode analisar o investimento na realização do serviço “plantar”, baseando-se exclusivamente na dificuldade de se executar essa ação, e em contrapartida analisar a satisfação em receber este serviço analisando por exemplo, o tempo e a dificuldade. Cada agente possui sua Atitude de Avaliação de Serviço independentemente.

Ao receber o serviço o agente calcula a satisfação real, assim como o agente que fez o investimento calcula o investimento real. A relação entre satisfação esperada e satisfação real, gera crédito para quem prestou o serviço e débito para quem recebeu o serviço.

**Tabela 2. Base de Regras Fuzzy para Análise do Débito**

Base de Regras Fuzzy (Satisfação Esperada X Satisfação Real)	
$R^{(1)}$ :	IF satisfação esp. IS baixa AND satisfação real IS baixa THEN débito IS médio
$R^{(2)}$ :	IF satisfação esp. IS baixa AND satisfação real IS média THEN débito IS alto
$R^{(3)}$ :	IF satisfação esp. IS baixa AND satisfação real IS alta THEN débito IS alto
$R^{(4)}$ :	IF satisfação esp. IS média AND satisfação real IS baixa THEN débito IS baixo
$R^{(5)}$ :	IF satisfação esp. IS média AND satisfação real IS média THEN débito IS médio
$R^{(6)}$ :	IF satisfação esp. IS média AND satisfação real IS alta THEN débito IS alto
$R^{(7)}$ :	IF satisfação esp. IS alta AND satisfação real IS baixa THEN débito IS baixo
$R^{(8)}$ :	IF satisfação esp. IS alta AND satisfação real IS média THEN débito IS baixo
$R^{(9)}$ :	IF satisfação esp. IS alta AND satisfação real IS alta THEN débito IS médio

### 3.3. Balanço Material e Virtual

O balanço material de um agente ( $\alpha$ ), no modelo BDI-Fuzzy, é obtido através de uma avaliação fuzzy (qualitativa) obtido pelos valores materiais de investimento  $R_\alpha$  e satisfação  $S_\alpha$ , gerados na troca de serviços com um outro agente, segundo uma avaliação pessoal do agente [Farias et al. 2013].

A escala com os termos linguísticos para representação do balanço material e virtual são:

$$T_{bm} = \langle \text{muito desfavorável, desfavorável, equilibrado, favorável, muito favorável} \rangle$$

Tendo o seu valor normalizado representado pela função de pertinência fuzzy [ Figura 1 ] :

A cada troca realizada onde o agente presta um serviço (faz um investimento), e recebe um serviço (gera uma satisfação) com um agente alvo, é gerado um balanço material. A cada troca o agente registra o balanço material em um vetor  $v$ . Esse acumulado de trocas gera a reputação com o agente alvo, de acordo com a equação (2):

$$\sum_{i=1}^{\text{size}(v)} \frac{v_i * a_n}{\text{size}(v)}, \quad (2)$$

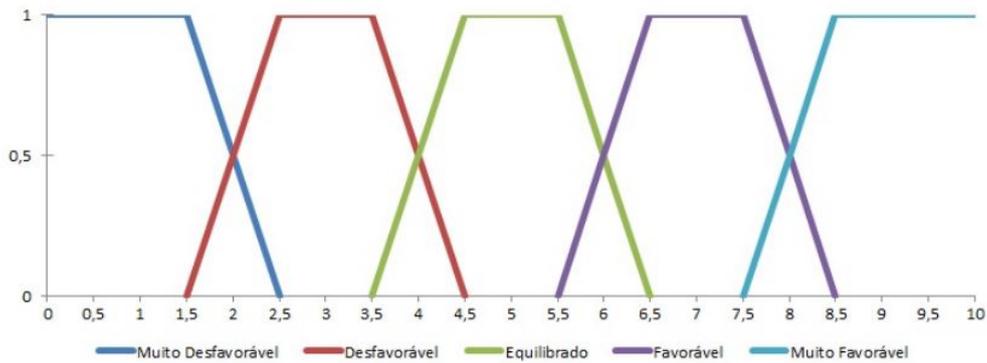


Figura 1. Escala para variáveis linguísticas [Farias et al. 2013]

onde  $a_n = a_1 + (n - 1) * \beta$ , sendo  $\beta$  dado por  $\beta = \frac{a_1+1}{size(v)+1}$  e  $a_1 = 0.1$

Uma vez que o agente presta um serviço, ele gera crédito em relação a quem recebe o serviço, e o agente que recebe o serviço contrai um débito para quem prestou o serviço. Uma vez realizada a troca, ou seja, o agente realiza um investimento ao prestar um serviço e gera uma satisfação ao receber um serviço, os valores de crédito e débito gerados são analisados através do “Balanço Virtual”.

O Balanço Virtual é atualizado a cada novo crédito e débito gerados na prestação ou recebimento de um serviço através da base de regras [Farias et al. 2013]:

Tabela 3. Avaliação Fuzzy do Balanço Virtual Quando o Agente Realiza um Serviço (Balanço Virtual x Crédito)

	baixo	médio	alto
<b>muito desfavorável</b>	muito desfavorável	desfavorável	equilibrado
<b>desfavorável</b>	desfavorável	equilibrado	favorável
<b>equilibrado</b>	equilibrado	favorável	muito favorável
<b>favorável</b>	favorável	muito favorável	muito favorável
<b>muito favorável</b>	muito favorável	muito favorável	muito favorável

Tabela 4. Avaliação Fuzzy do Balanço Virtual Quando o Agente Recebe um Serviço (Balanço Virtual x Débito)

	baixo	médio	alto
<b>muito desfavorável</b>	muito desfavorável	muito desfavorável	muito desfavorável
<b>desfavorável</b>	desfavorável	muito desfavorável	muito desfavorável
<b>equilibrado</b>	equilibrado	desfavorável	muito desfavorável
<b>favorável</b>	favorável	equilibrado	desfavorável
<b>muito favorável</b>	muito favorável	favorável	equilibrado

O agente ao ser solicitado a executar uma das três tarefas que compõe o cenário deste estudo: plantar, irrigar e colher, sempre requisita auxílio a outro agente. O critério de escolha acerca de quem poderá ser solicitado é baseado no Balanço Virtual e segue os seguintes passos:

1. Balanço Virtual *muito desfavorável*: Esse tipo de balanço é preferível uma vez que o agente possui muito mais créditos do que débitos em relação ao agente

alvo.

2. Balanço Virtual *desfavorável*: Uma relação com o agente alvo com balanço virtual desfavorável é a segunda opção quando não há uma relação com balanço virtual muito desfavorável, pois o agente possui uma quantidade de créditos relativamente maior que débitos.
  3. Balanço Virtual *equilibrado*: O agente possui uma relação equilibrada de trocas com o agente alvo. Esse balanço virtual ainda é preferível a pedir um desconhecido uma vez que o agente terá que pedir auxílio e conseqüentemente gerar um débito, porém trocas anteriores atingiram um equilíbrio.
  4. Balanço Virtual *favorável/muito favorável*: Quando o agente não possui sequer um balanço equilibrado com outro agente, ele então requisita a quem ele contraiu mais débitos para que indique outro agente. O agente não requisita o agente com que possui mais débitos pois seu balanço já é negativo e ele busca atingir um equilíbrio.
- *Indicação*: Os agentes ao serem solicitados para que indiquem alguém para fazer um serviço, buscam indicar aqueles com que: tiveram uma satisfação alta em receber o serviço, como segunda opção aqueles com que teve uma satisfação media, e como última escolha, não havendo nenhuma das demais opções, aqueles com que obteve satisfação baixa.

### 3.4. Dimensão Ontológica

A Dimensão Ontológica é a combinação das dimensões Social e Individual. Como já dito, a Dimensão Individual é mais confiável em relação a Dimensão Social, uma vez que a primeira expressa as relações diretas entre os agentes. A equação que produz essa combinação é expressa em (3):

$$D_o(\alpha) = \frac{\vartheta D_s(\alpha) + \varphi D_i(\alpha)}{\vartheta + \varphi} \quad (3)$$

Onde os fatores  $\vartheta$  e  $\varphi$  definem a importância da Dimensão Social e Dimensão Individual respectivamente, sendo  $\vartheta < \varphi$  e aplicados a todos os agentes. O valor desses fatores deve ser escolhido de acordo a necessidade de se valorizar a Dimensão Individual em relação a Dimensão Social. Ressalta-se que  $D_i$  e  $D_s$  devem estar normalizados.

## 4. Análise da Dimensão Individual

Cada agente, possui valores de investimento esperado que em um primeiro momento é informado ao agente que receberá o serviço, gerando uma satisfação esperada. Em uma segunda etapa, ao concluir o serviço o agente gera uma satisfação real, que corresponde aos valores reais investidos na realização do serviço avaliado tanto no primeiro momento quanto no segundo de acordo com a Atitude de Avaliação de Serviço de cada parte envolvida.

Tabela 5. Investimento Esperado/Real do Agente Cícero

	Dificuldade	Custo	Tempo
Serviço Plantar	6.3	50	47
Serviço Colher	5	40	60

Tabela 6. Investimento Esperado do Agente Genaro

	Dificuldade	Custo	Tempo
Serviço Plantar	8	70	62
Serviço Colher	8.5	65	70

Tabela 7. Investimento Real do Agente Genaro

	Dificuldade	Custo	Tempo
Serviço Plantar	9	88	75
Serviço Colher	9.2	80	85

Tabela 8. Investimento Esperado do Agente Pedro

	Dificuldade	Custo	Tempo
Serviço Plantar	3.2	35	50
Serviço Colher	2.3	20	28

Tabela 9. Investimento Real do Agente Genaro

	Dificuldade	Custo	Tempo
Serviço Plantar	2.8	30	36
Serviço Colher	1.7	10	11

No cenário criado existem três agentes, Cícero, Genaro e Pedro, que trocam serviços entre si. As trocas nesse caso específico, acontecem até que o Balanço Virtual atinja estados através da Heurística de Busca de Parceiros a condição de *favorável* ou *muito favorável*, quando então o agente pede indicação para o agente alvo sobre quem possa executar o serviço. Assim, agentes que investem menos, acabam experimentando variação de valores inferiores aqueles que por exemplo, superam as expectativas. Isso condicionado a Atitude de Avaliação de Serviço, uma vez que por exemplo, o agente Pedro investe menos nos quesitos *dificuldade*, *custo* e *tempo*, mas um investimento menor em *tempo* tem significado positivo, portanto, se avaliado somente pelo tempo gasto na execução das tarefas, o agente Pedro pode obter a maior desempenho entre os agentes envolvidos.

## 5. Conclusão

As simulações iniciais indicam que o modelo híbrido de reputação adotado contempla tanto o desempenho coletivo, tanto o individual dos agentes envolvidos de forma satisfatória, favorecendo aqueles que melhor desempenham seus papéis tanto em relações diretas de trocas como também no coletivo em relação a política normativa (ver [Rodrigues et al. 2013]).

Em trabalhos futuros espera-se que mais agentes possam interagir, trocando informações e indicando agentes para serviços, como proposto na heurística de busca

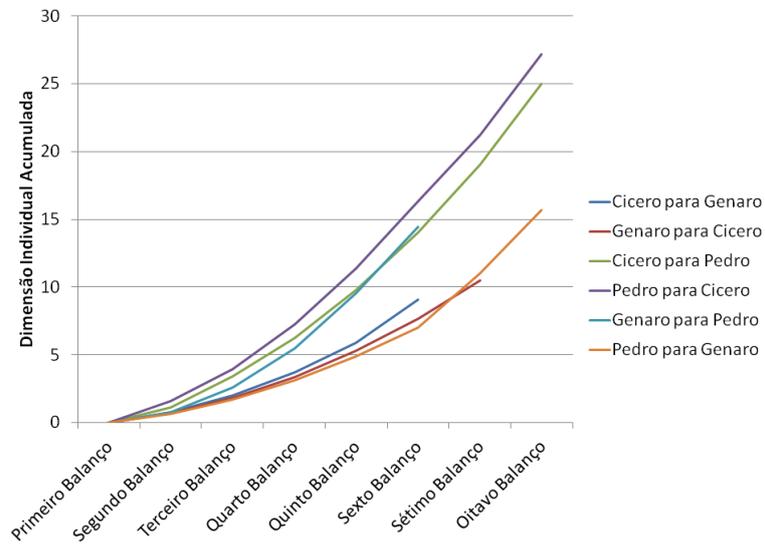


Figura 2. Individual Dimension Evaluation based on Cost and Time for Investment and Time for Satisfaction

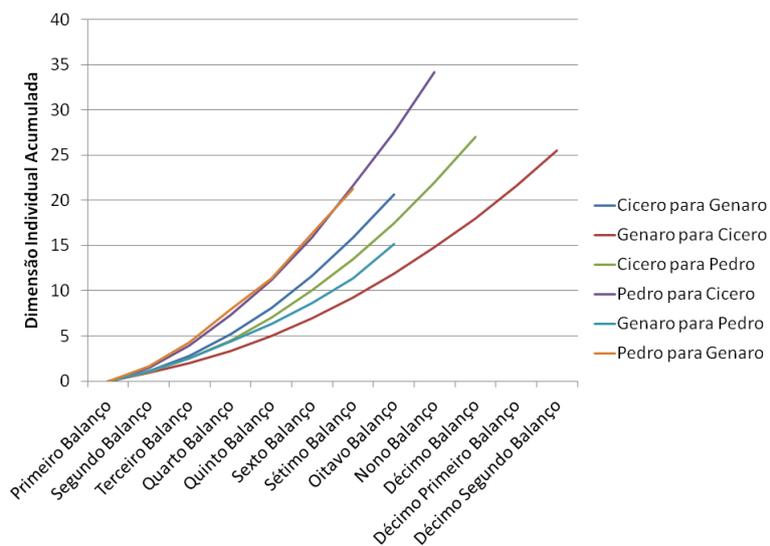


Figura 3. Individual Dimension Evaluation based on Cost and Time for Investment and Quality and Time for Satisfaction

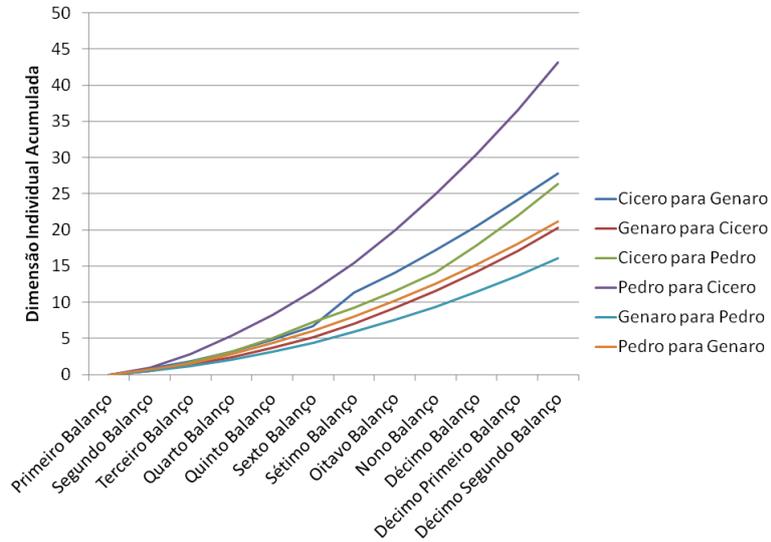


Figura 4. Individual Dimension Evaluation based on Difficulty for Investment and Quality and Time for Satisfaction

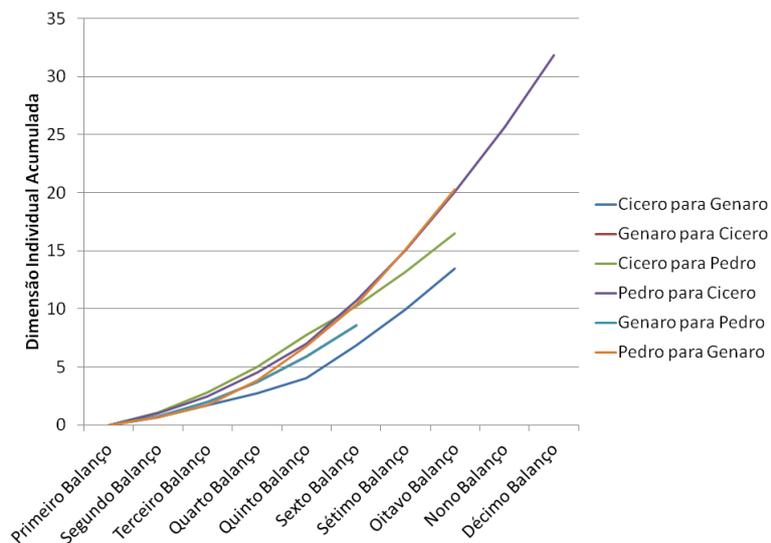


Figura 5. Individual Dimension Evaluation based on Difficulty for Investment and Time for Satisfaction

por parceiros, assim como integrar aspectos sociais coletivos afim de obter a Dimensão Ontológica aqui apresentada.

### Agradecimentos

Este trabalho é apoiado pelo CNPq (Proc. 560118/10-4, 305131/2010-9, 476234/2011-5), FAPERGS (Proc. 11/0872-3) e Projeto RS-SOC (FAPERGS Proc. 10/0049-7).

### Referências

- Bordini, R. H. and Hübner, J. F. (2014). Jacamo project. <http://jacamo.sourceforge.net/>.
- Bordini, R. H., Hübner, J. F., and Wooldridge, M. (2007). *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason*. Wiley, New Jersey.
- Farias, G. P., Dimuro, G., Dimuro, G., and Jerez, E. D. M. (2013). Exchanges of services based on Piaget’s theory of social exchanges using a BDI-fuzzy agent model.
- Hübner, J. F. (2003). *Um Modelo de Reorganização de Sistemas Multiagentes*. PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Hübner, J. F., Vercouter, L., and Boissier, O. (2009). *Instrumenting Multi-Agent Organizations with Artifacts to Support Reputation Processes*. Springer.
- Rao, A. S. (1996). AgentSpeak(L): BDI agents speak out in a logical computable language. In *Seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, LNCS. Springer, Berlin.
- Rao, A. S. and Georgeff, M. P. (1992). An abstract architecture for rational agents. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR’92), Cambridge, MA, October 25–29, 1992*, pages 439–449. Morgan Kaufmann.
- Ricci, A., Santi, A., and Piunti, M. (2014). CArtAgO (common artifact infrastructure for agents open environments).
- Rodrigues, H. D. N., Santos, F. C. P., Dimuro, G., Adamatti, D. F., Jerez, E. M., and Dimuro, G. P. (2013). A mas for the simulation of normative policies of the urban vegetable garden of san jerónimo, seville, spain.
- Rubiera, J. C., Lopez, J. M. M., and Muro, J. D. (2001). A fuzzy model of reputation in multi-agent systems. In *Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents*, pages 25 – 26.
- Sabater, J. and Sierra, C. (2001). Regret: A reputation model for gregarious societies. In *Proceedings of the Fourth Workshop on deception Fraud and Trust in Agent Societies*, pages 61–70.
- Santos, I. and Costa, A. C. R. (2012). Toward a framework for simulating agent-based models of public policy processes on the jason-cartago platform. In *Proceedings of the Second International Workshop on Agent-based Modeling for Policy Engineering in 20th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI)- AMPLE 2012*, Montpellier. Montpellier University.

Santos, I., Mota, F. P., Costa, A. C. R., and Dimuro, G. P. (2012). Um framework para simulação de políticas públicas aplicado ao caso da piracema, sob o olhar da teoria dos jogos. Porto Alegre. SBC.