

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Fernanda Duran de Moura Augusto**

**Um Mecanismo de Governança para Sistemas Multi-  
Agentes Abertos Baseado em Testemunhos**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Carlos José Pereira de Lucena  
Co-Orientadora: Viviane Torres da Silva



**Fernanda Duran de Moura Augusto**

## **Um Mecanismo de Governança para Sistemas Multi- Agentes Abertos Baseado em Testemunhos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Carlos José Pereira de Lucena**  
Orientador  
PUC-Rio

**Prof. Viviane Torres da Silva**  
Co-Orientadora  
Universidad Complutense de Madrid (UCM)

**Prof. Firmo Freire**  
PUC-Rio

**Prof. Ricardo Choren Noya**  
IME

**Prof. José Eugenio Leal**  
Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 4 de abril de 2007

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

**Fernanda Duran de Moura Augusto**

Ficha Catalográfica

Augusto, Fernanda Duran de Moura

Um mecanismo de governança para sistemas multi-agentes abertos baseado em testemunhos / Fernanda Duran de Moura Augusto ; orientador: Carlos José Pereira de Lucena ; co-orientador: Viviane Torres da Silva. – 2007.

96 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

Inclui referências bibliográficas

1. Informática – Teses. 2. Sistemas abertos. 3. Sistemas multi-agentes. 4. Governança. 5. Normas. 6. Reputação. 7. Testemunhos. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Silva, Viviane Torres da. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

## Agradecimentos

À Viviane, por todos os ensinamentos, conselhos, críticas, dedicação e apoio. Itens que foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Lucena, pelos ensinamentos e oportunidades que me foram concedidas.

A todos os professores do DI, que contribuíram com a minha formação.

Aos amigos da PUC que tanto contribuíram com suas críticas durante os seminários do LES e de governança.

Ao Luciano, meu marido, pelo apoio, compreensão e paciência durante todo esse tempo em que eu estive dedicada aos estudos.

## Resumo

Augusto, Fernanda Duran de Moura; Lucena, Carlos José Pereira de; Silva, Viviane Torres da. **Um Mecanismo de Governança para Sistemas Multi-Agentes Abertos Baseado em Testemunhos.** Rio de Janeiro, 2007. 96p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Governança trata heterogeneidade, autonomia e diversidade de interesses entre diferentes agentes em um sistema multi-agente (SMA), estabelecendo um conjunto de normas. A maioria dos mecanismos de aplicação de leis verifica a violação de normas apenas sob o aspecto da interação entre os agentes. Entretanto, em SMAs com a presença de agentes heterogêneos e independentemente projetados, existirão mensagens confidenciais, que só serão percebidas por seus remetentes e destinatários, e execução de ações que só serão observáveis pelos agentes que as executam ou por agentes que sofrem as conseqüências da execução dessas ações. Este trabalho apresenta uma abordagem que implementa um mecanismo de governança em SMA baseado em testemunhos. Agentes podem testemunhar fatos que estão relacionados à violação de normas as quais eles têm conhecimento. Este mecanismo é composto por três sub-sistemas: Reputação, julgamento e sanção. O foco deste trabalho está apenas no sub-sistema de julgamento, responsável por receber os testemunhos e prover decisões apontando se o agente realmente violou uma norma. Será mostrada a arquitetura deste sub-sistema e um processo de julgamento genérico. Finalmente, será ilustrada a utilização deste mecanismo através de um estudo de caso.

## Palavras-chave

Sistemas abertos. Sistemas multi-agentes. Governança. Normas. Reputação. Testemunhos.

## Abstract

Augusto, Fernanda Duran de Moura; Lucena, Carlos José Pereira de; Silva, Viviane Torres da. **A Governance Mechanism for Open Multi-Agent Systems Based on Testimonies**. Rio de Janeiro, 2007. 96p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Governance copes with the heterogeneity, autonomy and diversity of interests among different agents in a multi-agent system (MAS) by establishing a set of norms. Most of the governance enforcement mechanisms usually check norm violations from the point of view of interaction protocols. However, in MAS, with the presence of heterogeneous and independently designed agents, there will be private messages, that will only be perceived by their senders and receivers, and execution of actions that will only be observed by the agents that execute them or by the agents that suffers from their consequences. This work presents a governance mechanism for MAS based on testimonies. Agents can witness facts that are related to norm violations witch they are aware of. The proposed mechanism is composed by three sub-systems: Reputation, judgment and sanction. This work focuses only in the judgment sub-system, witch is responsible for receiving testimonies and providing a decision, pointing out if an agent has really violated a norm. The judgment sub-system architecture and a generic judgment process will be presented. Finally, the use of this mechanism will be exemplified by a case study.

## Keywords

Open systems. Multi-agent systems. Governance. Norms. Reputation. Testimonies.

# Conteúdo

1	Introdução	11
1.1	Motivação	11
1.2	Sistemas Multi-Agentes	12
1.3	Sistemas Abertos	14
1.4	Descrição do Problema	16
1.5	Solução Proposta	17
1.6	Principais Contribuições	18
1.7	Organização do Documento	19
2	Trabalhos Relacionados	20
2.1	Electronic Institutions – ISLANDER / AMELI	20
2.2	TuCSon	22
2.3	Law-Governed Interaction (LGI)	23
2.4	XMLaw	24
2.5	Implementing Norms in Multiagent Systems	26
2.6	Discussão	27
3	O Mecanismo de Governança Baseado em Testemunhos	29
3.1	Hipóteses do Mecanismo de Governança	30
3.2	Arquitetura do Mecanismo de Governança	31
3.2.1.	Sub-sistema de Julgamento	32
3.2.1.1.	O Processo de Julgamento	33
3.2.1.2.	Avaliando os Testemunhos e os Depoimentos	37
3.3	<i>Subjective Logic</i>	38
3.3.1.	Elementos de <i>Subjective Logic</i>	38
3.3.2.	Operadores de <i>Subjective Logic</i>	38
3.3.3.	Analisando a Utilização de <i>Subjective Logic</i>	40
3.3.4.	Aplicando <i>Subjective Logic</i> na Avaliação dos Testemunhos e Depoimentos	41
3.3.4.1.	A Opinião do Agente <i>Judge</i> em Relação aos Agentes da Aplicação	42
3.3.4.2.	A Opinião do Agente <i>Judge</i> em Relação aos Testemunhos e Depoimentos Fornecidos pelos Agentes.	43
3.3.4.3.	A Opinião do Agente <i>Judge</i> em Relação a Violação da Norma	43

4 O <i>Framework</i> para o Sub-Sistema de Julgamento	45
4.1 O <i>Framework</i> ASF	46
4.2 O <i>Framework</i> de Julgamento	49
4.3 Utilizando o <i>Framework</i> de Julgamento	55
4.4 Um Mecanismo de Detecção de Violações de Normas	59
4.5 Escalabilidade e Execução Contínua do Mecanismo de Governança	64
5 Estudos de Casos	67
5.1 Expert Committee	67
5.1.1. Verificação da Violação da Norma I	68
5.1.2. Verificação da Violação da Norma II	72
5.2 Consolidação de Cargas	76
5.2.1. Verificação da Violação da Norma III	77
5.2.2. Verificação da Violação da Norma IV	81
5.3 Comparação deste Trabalho com os Trabalhos Relacionados Através dos Estudos de Caso	85
6 Conclusão e Trabalhos Futuros	87
6.1 Principais Vantagens da Abordagem Proposta	88
6.2 Principais Desvantagens da Abordagem Proposta	89
6.3 Considerações no Uso da Abordagem	90
6.4 Trabalhos Futuros	90
Referências Bibliográficas	92

## Lista de Figuras

Figura 1: Arquitetura do mecanismo de governança	32
Figura 2: Interação entre os agentes que compõem o sub-sistema de julgamento	33
Figura 3: Diagrama de estados do processo de julgamento	37
Figura 4: Arquitetura do sub-sistema de julgamento. Diagrama de classes do <i>framework</i> de julgamento	49
Figura 5: Classe <i>Norm</i>	56
Figura 6: Pseudo-código descrevendo o método <i>execute()</i> do plano <i>JudgingTestimony</i> .	58
Figura 7: Classe <i>Testimony</i>	58
Figura 8: Classes <i>ViolationCheckRule</i> e <i>ComparisonRule</i> que representam as regras de verificação de violação de normas.	61
Figura 9: Mecanismo de detecção de violação de normas	63
Figura 10: Instância da classe <i>Norm</i> para a norma I	68
Figura 11: Exemplo de instância da classe <i>Testimony</i> para testemunhos sobre a violação da norma I	68
Figura 12: Instanciação da estratégia de julgamento para testemunhos sobre a norma I	71
Figura 13: Instância da classe <i>Norm</i> para a norma II	72
Figura 14: Exemplo instância da classe <i>Testimony</i> para testemunhos sobre a violação da norma II	72
Figura 15: Instanciação da estratégia de julgamento para testemunhos sobre a Norma II	75
Figura 16: Instância da classe <i>Norm</i> para a norma III	78
Figura 17: Exemplo instância da classe <i>Testimony</i> para testemunhos sobre a violação da norma III	78
Figura 18: Instanciação da estratégia de julgamento para testemunhos sobre a norma III	81
Figura 19: Instância da classe <i>Norm</i> para a norma IV	82
Figura 20: Exemplo instância da classe <i>Testimony</i> para enviar um testemunho sobre a violação da Norma IV	82
Figura 21: Instanciação da estratégia de julgamento para testemunhos sobre	

