

7 Discussões Finais e Conclusões

Para tratar da imprevisibilidade do comportamento de sistemas multi-agentes, diversos mecanismos de governança foram propostos, com o objetivo de regular as interações entre os agentes, mas que obrigam o uso de linguagens declarativas ou de novas representações gráficas para a especificação das regras de governança.

Esta dissertação apresentou uma linguagem de modelagem com sua notação baseada em UML e sua semântica baseada na abordagem de leis (Paes, 2005a,b). Tal abordagem oferece um modelo abstrato que conecta por eventos os elementos de regulação, o que permite que a atuação dos elementos de regulação varie com a dinâmica do tempo, e oferece ainda uma infra-estrutura concreta de governança para controle centralizado.

Com o uso deste trabalho, a especificação das regras de regulação das interações passa a ser feita com o uso de uma linguagem gráfica, que permite realizar a tarefa de modelagem em visões, captando os diferentes aspectos do modelo sob perspectivas específicas.

Mostrou-se uma ferramenta de geração automática de código, que permite transformar a modelagem gráfica da lei de governança em código completo utilizado pela infra-estrutura de governança da abordagem de leis. Com isso, é permitido o desenvolvimento das regras de interação com o foco nos modelos de regulação.

Por fim, a aplicação da linguagem foi apresentada através de um exemplo de modelagem baseado em um sistema real – o SELIC – que apresenta características de um sistema multi-agente. Apesar de não testar ao máximo o uso da linguagem – o que poderia ser experimentado em uma aplicação mais completa – este exemplo permitiu a demonstração de uma padronização dos diagramas usados na tarefa de análise das leis, de uma modelagem incremental em diferentes visões que se complementam e de um desenvolvimento com o foco nos modelos de lei.

A ferramenta foi experimentada e obteve êxito na geração do código completo e correto da lei, validado conforme a sintaxe de XMLaw e utilizado com sucesso pelo sistema M-Law.

Para uma melhor compreensão da contribuição desta abordagem em relação ao estado da arte, a Tabela 7-1 apresenta uma visão global da comparação entre os dois principais trabalhos relacionados de governança e esta abordagem (em conjunto com a abordagem de leis). Nas linhas, são colocadas as estruturas que fazem parte de cada abordagem e, nas colunas, as abordagens são detalhadas. Esta dissertação complementa a abordagem de leis na estrutura “*Linguagem Gráfica / Editor*”.

Com este estudo inicial, pode-se prever os seguintes benefícios para governança em SMA:

- melhoria na *compreensão e comunicação* das especificações de leis de regulação de interações entre agentes, ao tratar as *leis* como *entidades de primeira ordem* em modelos gráficos baseados em um *padrão gráfico reconhecido*.
- melhoria na *produtividade* com o uso de *máquina de estados*;
- melhoria na *eficácia e eficiência* da tarefa de modelagem das leis reguladoras, através da *modelagem gráfica* dividida em *visões* (estática e dinâmica) e do uso de uma *linguagem expressiva e consolidada*;
- melhora na *produtividade na manutenção* das leis reguladoras, com o *foco no modelo*;
- *documentação* das *decisões* tomadas na tarefa de modelagem das leis;
- *rastreabilidade* do *modelo* das leis reguladoras para o *código*;
- *geração automática do código completo* dos modelos das leis reguladoras, sem a necessidade de se conhecer a linguagem declarativa;
- o modelo gráfico das leis pode ser usado como um *guia* para a *construção do Sistema Multi-Agente* – ao se definir previamente o comportamento esperado e permitido dos agentes.

	ISLANDER (Esteva)	LGI (Misnky)	Abordagem de Leis (Paes)
Modelo Conceitual	Instituições Eletrônicas → <i>Sem conceito de tempo e sem relação entre elementos por eventos;</i> → Permite violações;	Interações Governadas por Leis → Conceito de eventos; → <i>Sem conceito de cenas de interação;</i>	Leis de Interação → Conceitos de tempo e relação entre elementos por eventos; → Conceito de cenas de interação; → Não permite violações;
Infra-estrutura de Software	→ Descentralizada;	Moses → Descentralizada;	M-Law → Centralizada;
Linguagem Declarativa	ISLANDER → Une texto com gráficos;	Java ou Prolog → Apenas textual;	XMLaw; → textual (XML restrito);
Linguagem Gráfica / Editor	ISLANDER → Gráficos para representação de protocolo, relacionamento entre cenas e entre papéis; → <i>Uso de notação inteiramente nova;</i> ISLANDER Editor → Verificação da consistência dos modelos.	<i>Sem gráficos, sem editor.</i>	LawML (esta dissertação)
			LawML - linguagem de modelagem → Gráficos para representação de relacionamento (estático e dinâmico) entre elementos e de protocolo (em máquinas de estados); → Baseada na UML – linguagem expressiva e consolidada; → Visão comportamental e estrutural em 3 diagramas;
			Ferramental → CASE UML; → LawGenerator. → <i>Sem verificação de consistência;</i>

Tabela 7-1 - Comparação entre as abordagens de governança em Sistemas Multi-Agentes.

7.1. Trabalhos Futuros

Ao considerar que a ferramenta de geração de código apresentada não verifica a consistência entre os elementos do modelo, um trabalho futuro poderia ser (1) a implementação dessa verificação de consistência ou ainda (2) a criação de uma editor gráfico próprio da LawML para a especificação da lei que valide a consistência durante a tarefa de especificação. Essa interface gráfica poderia ser feita com base na ferramenta *LawGenerator*, já que sua estrutura foi dividida em camadas para permitir maior facilidade de reuso e evolução dos requisitos. Outra possibilidade seria (3) garantir a engenharia reversa do código no formato XMLaw para modelos gráficos em LawML.

Como a linguagem proposta não permite a especificação completa de um sistema multi-agente, apenas das regras que regulam as interações entre os agentes, outro trabalho futuro poderia ser (4) a conexão desta abordagem com um processo de desenvolvimento de sistemas multi-agentes. Um exemplo de processo pode ser o proposto por (Maria, 2005), que utiliza a arquitetura MDA (MDA, URL, 2007), para a proposição de um processo de desenvolvimento de SMA. Além dessa, outra possibilidade seria (5) a integração entre a ferramenta *LawGenerator* e ambientes de desenvolvimento de SMA, como MAS-ML Tool (Maria, 2005) ou (6) Albatroz (Carvalho, 2005).

Um experimento de modelagem com outros cenários do SELIC (7) e ainda experimentos com outros domínios de sistemas multi-agentes (8) poderiam ser usados para verificar as limitações e a aplicabilidade desta abordagem o que permitiria o refinamento da linguagem (9).

A abordagem de leis na qual esta dissertação se baseia (Paes, 2005,a,b) possui diversos trabalhos co-relacionados. Um deles, (Gatti, 2006), propõe uma arquitetura para desenvolvimento de SMAs abertos governados por leis tolerantes a falhas. Um trabalho futuro seria (10) a expansão da linguagem LawML para atender à configuração de variação de criticalidade de agentes, proposta por esse trabalho. Outro trabalho, (Carvalho, 2007), propõe o G-frameworks, que visa orientar o projeto e a implementação de leis de interação com flexibilidade e a reutilização de leis de forma sistemática. Um trabalho futuro seria (11) a inclusão da especificação das leis com LawML ao desenvolvimento do G-frameworks.

Para isso, ao método de desenvolvimento com foco nos Casos de Leis, apresentado nessa abordagem, deveria ser incluída a linguagem LawML e a própria LawML deveria ser expandida, para permitir a especificação da variabilidade das leis.

Além dessas possibilidades, pode ser sugerido (12) um trabalho de refinamento no modelo conceitual da abordagem de leis de (Paes, 2005,a,b) e conseqüente refinamento da linguagem LawML para atender as limitações abordadas pelos trabalhos relacionados apresentados no Capítulo 3. Dentre elas:

1. **Relacionamento explícito entre as cenas.** Diferente de (V. Dignum et al, 2004), o modelo conceitual de XMLaw não provê explicitamente relacionamento entre cenas, como o sequenciamento e a sincronização de cenas, as dependências e restrições nestes relacionamentos. Estes relacionamentos podem ser feitos, mas de maneira implícita, através do uso de Normas, Relógios e Restrições.
2. **Relacionamento explícito entre papéis de agentes.** Diferente de (Cruz, 2001; Esteva et al., 2002; Esteva, 2003; Esteva et al., 2001) e (V. Dignum et al, 2004), o modelo conceitual de XMLaw não provê explicitamente relacionamento entre papéis de agentes. Estes relacionamentos podem ser feitos, mas de maneira implícita, através do uso de Protocolos, Cenas, Normas, Relógios e Restrições.
3. **Relacionamento explícito entre organizações.** Não é possível especificar interações especiais entre organizações, ambientes, como a entrada e saída de papéis/agentes.
4. **Especificação de famílias de protocolos.** Diferente de (Aldewereld et al, 2006a) e (V. Dignum et al, 2004), o modelo conceitual de XMLaw não permite a especificação de famílias de protocolos, através do uso de marcos, o que pode limitar a autonomia dos agentes participantes.