

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

MARIA ISABEL GIUSTI MOREIRA

**Um Modelo de Sistema AVA-SMA
orientado à Legislação**

Tese apresentada como requisito parcial para
a obtenção do grau de Doutor em Ciência da
Computação

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da
Rocha Costa

Porto Alegre
2017

CIP — CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Moreira, Maria Isabel Giusti

Um Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação / Maria Isabel Giusti Moreira. – Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2017.

142 f.: il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2017. Orientador: Antônio Carlos da Rocha Costa.

1. Sistemas multiagentes. 2. Modelos organizacionais. 3. Ambientes virtuais de aprendizagem. 4. Educação a distância. 5. Sistemas jurídicos. I. Costa, Antônio Carlos da Rocha . II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Oppermann

Vice-Reitor: Prof^a. Jane Tutikian

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Celso Giannetti Loureiro Chaves

Diretor do Instituto de Informática: Prof^a. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do PPGC: Prof. João Luiz Dihl Comba

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

- à Deus, pela vida;
- aos meus pais, pelo constante apoio e incentivo recebidos durante todo este período;
- ao meu irmão, a minha cunhada e a minha sobrinha pelo carinho e compreensão;
- aos familiares, pelo apoio;
- ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Carlos da Rocha Costa, que acompanhou essa jornada e contribuiu para o êxito desta Tese, pelo aprendizado e pela disponibilidade;
- ao Professor Dr. Marilton Sanchotene de Aguiar pelos seus valiosos conselhos, pelo apoio e principalmente pela motivação e dedicação nesta etapa final;
- aos amigos e colegas da Equipe Sistêmica da Rede e-Tec Brasil no IFSul e do CaVG pelas contribuições para a realização do trabalho, seja em um gesto de carinho e motivação;
- a todos meus amigos que me acompanharam ao longo deste período.
- ao Instituto Federal Sul-rio-grandense, por permitir a realização da minha pesquisa dentro da instituição.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	6
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMO.....	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 Estrutura do Texto.....	17
2 AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM	19
2.1 Estrutura dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem.....	21
2.2 Exemplos de AVAs	22
2.2.1 MOODLE.....	23
2.2.2 ROODA.....	26
2.2.3 TelEduc	27
2.2.4 AulaNet	29
3 SISTEMAS MULTIAGENTES E SEUS MODELOS ORGANIZA- CIONAIS.....	32
3.1 Sistemas Multiagentes.....	32
3.2 Arquiteturas de Sistemas Multiagentes.....	34
3.3 Modelos Organizacionais para Sistemas Multiagentes	35
3.3.1 Modelo TOVE.....	37
3.3.2 Modelo Aalaadin	40
3.3.3 Modelo TAEMs	41
3.3.4 Modelo GAIA	44
3.3.5 Modelo Moise ⁺	46
3.3.6 Modelo MESSAGE.....	50
3.3.7 Modelo LGI.....	52
3.3.8 Modelo OperA.....	53
4 MODELOS PARA A INTEGRAÇÃO DE AMBIENTES VIRTU- AIS DE APRENDIZAGEM E SISTEMAS MULTIAGENTES .	55
4.1 O SMA como uma extensão do AVA	56
4.2 Ambientes de Implementação de SMA	58
4.2.1 JADE.....	58
4.2.2 Jason	60
4.2.3 JaCaMo	63
4.3 O SMA interligado a um AVA por um script	65
4.4 O Modelo Híbrido	67
5 TEORIA DE SISTEMAS JURÍDICOS DE KELSEN	69
5.1 Normas.....	69
5.2 Norma Jurídica	70
5.3 Tipos de Normas Jurídicas.....	71
5.4 Sistema Jurídico.....	72
5.5 Validade das Normas Jurídicas	74
6 MODELO ORGANIZACIONAL PARA SMA ORIENTADO À LEGISLAÇÃO.....	76
6.1 Contextualização Institucional: EaD no IFSul.....	77
6.2 SMAs orientado à Legislação	80

6.3	Atores da modalidade EaD	80
6.4	Artefatos para a Modelagem de Ambientes Jurídicos.....	84
6.5	Especificação Estrutural do Modelo Organizacional.....	85
6.6	Funções.....	88
6.7	Especificação Funcional do Modelo Organizacional.....	91
6.8	Normas Contratuais e Regimentais	93
6.9	Especificação Deontica do Modelo Organizacional.....	94
7	MODELO DE SISTEMA AVA-SMA ORIENTADO À LEGISLAÇÃO	97
7.1	Sistema de Sociedade	97
7.2	Sistema Legislador.....	100
7.3	Modelagem do Sistema AVA-SMA orientado à Legislação.....	102
7.3.1	Modelagem Interna do SMA	103
7.3.1.1	Diagrama de Classes.....	103
7.3.1.2	Diagrama de Organização.....	104
7.3.1.3	Diagrama de Papéis.....	107
7.3.1.4	Diagrama de Sequência.....	109
7.3.1.5	Diagrama de Atividades	110
7.3.2	Modelagem do Sistema Legislador e Sistema de Sociedade.....	111
8	IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA AVA-SMA ORIENTADO À LEGISLAÇÃO APLICADO AO MOODLE	115
8.1	<i>Regra CompExp</i> - Coordenador de Curso/Coordenador Geral ...	117
8.2	<i>Regra Realreg</i> - Coordenador de Curso/Professor.....	123
8.3	<i>Regra ElabRealAluno</i> - Tutor a Distância/Coordenador de Curso	127
8.4	Inclusão de uma regra	129
9	CONSIDERAÇÃO FINAIS	137
	REFERÊNCIAS	140

LISTA DE ABREVIATURAS

2

A & A Agentes e Artefatos

APIs *Application Programming Interfaces*

AVA Ambientes Virtuais de Aprendizagem

AVAI Ambientes Virtuais de Aprendizagem Inteligentes

CSCL *Computer Supported Collaborative Learning*

DDR Diretoria de Desenvolvimento da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica

DIR Diretoria de Integração das Redes de Educação Profissional e Tecnológica

DPS Distributed Problem Solving

EaD Educação a Distância

ED Especificação Deôntica

EE Especificação Estrutural

EF Especificação Funcional

EG Grupos

EnO Entidade Organizacional

Ep Papéis

Es Esquema Social

ESOA Engenharia de Software Orientado a Agentes

FIC Formação Inicial e Continuada

FIPA *Foundation for Intelligent Physical Agents*

IA Inteligência Artificial

IC Instituto de Computação

IE Instituições de Ensino

IFSul Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense

JADE *Java Agent DEvelopment Environment*

Jason *A Java-based AgentSpeak Interpreter Used with Saci For Multi-Agent Distribution Over the Net*

LCR *Logic for Contract Representation*

LES Laboratório de Engenharia de Software

LGI *Law-Governed Iteration*

LGPL GNU Lesser General Public Licence

LIMC Laboratório de Interação Mediada por Computador

MAS Multi-Agent Systems

MEC Ministério da Educação

MESSAGE *Methodology for Engineering Systems of Software Agents*

Moise⁺ *Model of Organization for Multi-Agent⁺*

Moodle *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* ou Ambiente de Aprendizagem Dinâmica Modular Orientada a Objetos

Nied Núcleo de Informática aplicada à Educação

Nuted Núcleo de Tecnologias Digitais Aplicada a Educação

OA Objetos de Aprendizagem

OperA *Organization per Agents*

PAI Parallel Artificial Intelligence

PHP *Hypertext Preprocessor*

PROEN Pró-reitoria de Ensino do IFSul

PRONATEC Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego

Rede e-Tec Rede e-Tec Brasil

RMI *Remote Method Invocation Registry*

ROODA Rede cOOperativa De Aprendizagem

SACI *Simple Agent Communication Infrastructure*

SCORM *Sharable Content Object Reference Model*

SETEC Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

SMA Sistema Multiagentes

SQL *Structured Query Language* ou Linguagem de Consulta Estruturada

TAEMs *Task Analysis, Environmental Modeling and Simulation*

TICs Tecnologias da Informação e Comunicação

TOVE *Toronto Virtual Enterprise Ontology*

UAB Universidade Aberta do Brasil

UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Unicamp Universidade Estadual de Campinas

VAP Visão de Agentes e Papéis

VD Visão de Domínio

VI Visão de Interação

VLEs *Virtual Learning Environments*

VMT Visão de Metas e Tarefas

VO Visão de Organização

W3C Consórcio World Wide Web ou *World Wide Web Consortium*

XML *eXtensible Markup Language*

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Funcionalidades de um AVA classificadas em três níveis.	22
Figura 2.2	Estrutura de Desenvolvimento do MOODLE com a participação da Comunidade MOODLE.	24
Figura 2.3	Interface do Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE do Instituto Federal Sul-rio-grandense/Câmpus Pelotas - Visconde da Graça - Rede e-Tec Brasil.	24
Figura 2.4	Plataforma MOODLE.	25
Figura 2.5	Interface do AVA ROODA.	27
Figura 2.6	Interface do Ambiente Virtual de Aprendizagem TelEduc.	28
Figura 2.7	Arquitetura do ambiente TelEduc.	29
Figura 2.8	Arquitetura do ambiente AulaNet baseado no modelo de colaboração 3C.	30
Figura 2.9	Classificação dos serviços do ambiente AulaNet em função do modelo 3C.	31
Figura 3.1	Estrutura de Sistemas Multiagentes.	34
Figura 3.2	Tipos de Organização: (a) visão centrada no agente e (b) visão centrada na organização.	36
Figura 3.3	Taxonomia Organizacional.	37
Figura 3.4	Procedimentos para projeto de Ontologias e Avaliação.	39
Figura 3.5	Modelo Aalaadin.	40
Figura 3.6	Modelo TAEMs representado através de um grafo.	43
Figura 3.7	Camadas do Modelo GAIA.	45
Figura 3.8	Modelo Moise ⁺	47
Figura 3.9	Modelo OperA e seus modelos conceituais.	53
Figura 4.1	Modelo - Um SMA como uma extensão do AVA.	57
Figura 4.2	Ciclo de raciocínio da Plataforma Jason.	62
Figura 4.3	Arquitetura da Plataforma JaCaMo.	64
Figura 4.4	Modelo - Um SMA interligado a um AVA por um script.	66
Figura 4.5	Modelo Híbrido.	67
Figura 6.1	Mapa com as cidades que ofertam cursos da modalidade a distância do IFSul.	79
Figura 6.2	Organograma da Pró-reitoria de Ensino do IFSul, com foco na modalidade a distância.	81
Figura 6.3	Organograma do Departamento ou Coordenação de Educação a Distância do IFSul nos <i>Campus</i>	83
Figura 6.4	Especificação Estrutural da modalidade EaD no IFSul.	86
Figura 6.5	Operadores dos esquemas sociais.	92
Figura 6.6	Esquema Social - Meta RealProf.	93
Figura 7.1	Esboço do Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação.	98
Figura 7.2	Papéis Sociais do Sistema de Sociedade conforme as funções do AVA Moodle.	99
Figura 7.3	Papéis Organizacionais do SMA do Sistema Legislador.	102
Figura 7.4	Diagrama de Classe do SMA para a meta RealProf.	105
Figura 7.5	Diagrama de Organização do SMA do sistema legislador.	106
Figura 7.6	Diagrama de Papéis do SMA do sistema legislador.	107

Figura 7.7	Papel do Coordenador de Curso.	109
Figura 7.8	Diagrama de Sequência para a meta RealProf.	110
Figura 7.9	Diagrama de Atividades para a meta RealProf.	111
Figura 7.10	Diagrama de Classe Interno para a meta RealProf para os sistema legislador e para o sistema de sociedade.	113
Figura 8.1	AVA MOODLE com Modelo AVA-SMA orientado à Legislação - Caixa Box.	115
Figura 8.2	Padrão de mensagem do Papel Notificador	116
Figura 8.3	Padrão de mensagem do Papel Aplicador	117
Figura 8.4	Diagrama de Troca de Mensagens da <i>Regra CompExp</i>	118
Figura 8.5	<i>Regra CompExp</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Coorde- nador Geral.	119
Figura 8.6	<i>Regra CompExp</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Coorde- nador de Departamento.	120
Figura 8.7	<i>Regra CompExp</i> - Mensagem do Papel Notificador e do Papel Aplicador ao Coordenador de Curso.	120
Figura 8.8	<i>Regra CompExp</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Coorde- nador de Departamento.	121
Figura 8.9	Tabela de regras baseada na legislação do Papel Legislador	122
Figura 8.10	<i>Regra CompExp</i> - Notificações do Papel Notificador ao Coor- denador de Curso.	122
Figura 8.11	Diagrama de Troca de Mensagens da <i>regra RealRef</i>	124
Figura 8.12	<i>Regra Realreg</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Professor.	125
Figura 8.13	<i>Regra Realreg</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Coordena- dor de Curso.	125
Figura 8.14	<i>Regra Realreg</i> - Notificação do Papel Notificador ao Coordena- dor de Curso.	126
Figura 8.15	<i>Regra Realreg</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Coordena- dor de Geral da Rede e-Tec Brasil no IFSul.	126
Figura 8.16	<i>Regra Realreg</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Adminis- trador do AVA Moodle.	127
Figura 8.17	Diagrama de Troca de Mensagens da <i>regra ElabRealAluno</i>	128
Figura 8.18	<i>Regra ElabRealAluno</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Tu- tor a Distância.	129
Figura 8.19	<i>Regra ElabRealAluno</i> - Mensagem do Papel Notificador aos Co- ordenadores de Tutoria e de Curso.	130
Figura 8.20	<i>Regra ElabRealAluno</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Co- ordenador de Curso.	130
Figura 8.21	<i>Regra ElabRealAluno</i> - Mensagem do Papel Notificador ao Tu- tor a Distância.	131
Figura 8.22	<i>Regra ElabRealAluno</i> - Mensagem do Papel Notificador aos Co- ordenadores de Curso e Tutoria sobre a postagem do relatório.	131
Figura 8.23	Diagrama de Troca de Mensagens para a inclusão da nova <i>regra ProvaVirtual</i>	132
Figura 8.24	<i>Regra ProvaVirtual</i> - Mensagem do Papel Notificador aos co- ordenadores sobre a inclusão da nova regra.	133
Figura 8.25	<i>Regra ProvaVirtual</i> - Mensagem do Papel Notificador aos Tutor Presencial.	134
Figura 8.26	<i>Regra ProvaVirtual</i> - Mensagem do Papel Notificador aos co- ordenador de curso.	134

Figura 8.27 <i>Regra ProvaVirtual</i> - Mensagem do e-mail do Papel Notificador ao Tutor Presencial.	135
Figura 8.28 <i>Regra ProvaVirtual</i> - Mensagem do Papel Notificador de cumprimento ao coordenador de curso.	135
Figura 8.29 Diagrama de Troca de Mensagens para a Regra ProvaVirtual.	136

RESUMO

Dentro da Educação a Distância (EaD), os softwares de apoio como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são considerados recursos que favorecem a comunicação entre os atores envolvidos, permitindo a troca de informação. Atribuir Inteligência Artificial a esses AVAs, utilizando Sistemas Multiagentes (SMA) é uma forma de procurar que os mesmos tenham um bom desempenho e que seus recursos facilitem o processo de aprendizagem.

Esse trabalho contém um estudo sobre os principais AVAs existentes e sobre os métodos alternativos de integração de AVA com SMA. Ao analisar o estado da arte dos AVAs pode-se observar que todos trabalham como ferramentas de auxílio ao aluno, porém nenhum deles trabalha aspectos da gestão da EaD dando suporte aos aspectos relevantes da legislação dessa modalidade. Por esse motivo, essa Tese tem por objetivo a criação de um modelo de integração AVA-SMA que possa tornar o AVA MOODLE capaz de auxiliar os gestores da EaD em suas diferentes tarefas, com base na incorporação, ao mesmo, de um modelo de representação de legislação. Para realizar essa integração do modelo AVA-SMA orientado à Legislação foi desenvolvido um específico modelo organizacional de Sistema Multiagente.

Por fim, com base em um estudo de caso, será realizado simulações para verificar as funcionalidades do Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação, proposto nesta Tese.

Palavras-chave: Sistemas multiagentes. modelos organizacionais. ambientes virtuais de aprendizagem. educação a distância. sistemas jurídicos.

A AVA- SMA System Model oriented legislation

ABSTRACT

In Distance Learning (EaD), supporting software such as Virtual Learning Environments (VLE) are considered resources that favor communication between the actors involved, allowing the exchange of information. Assigning Artificial Intelligence to these VLEs, using Multi-Agent Systems (MAS) is a way of ensuring they have a good performance and that its resources facilitate the learning process. This work contains a study on the major existing VLEs and on alternative methods to integrate VLE with MAS. When analyzing the state of the art of the VLEs it is possible to see that all of them work as aid tools for students, but none of them work on management aspects of distance learning that support the relevant aspects of the legislation for this type of education. Therefore, this thesis aims to create a VLE-MAS integration model that can make the VLE MOODLE able to help distance learning managers in their different tasks, based on incorporating a legislation representation model to it. To accomplish this integration of the legislation-oriented VLE-MAS model, a specific Multi-Agent System organizational model was developed. At last, based on a case study, simulations will be conducted to verify the functionalities of the VLE-MAS System Model oriented to legislation, proposed in this thesis.

Keywords: multi-agent systems, organizational models, virtual learning environments, distance education, legal systems..

1 INTRODUÇÃO

A Educação a Distância (EaD) é uma modalidade educacional em que a mediação didática/pedagógica ocorre com apoio de meios e Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), na qual os atores envolvidos podem ensinar e aprender em lugares e tempos distintos.

Em muitos países, como no Brasil, a EaD tornou-se uma possibilidade para difundir e democratizar a educação, permitindo a inclusão social, visto que consegue atingir locais onde não existem Instituições de Ensino (IE) por meio de acesso à Internet.

No Brasil, a Educação a Distância é regida por bases legais que foram estabelecidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei no. 9.334, de 20 de dezembro de 1996), e regulamentada pelo Decreto no. 5.622, de 20 de dezembro de 2005 com normatização definida na Portaria Ministerial no. 4.361, de 2004.

A legislação que ampara a EaD também limita, regulamenta e determina suas ações e funções, visto que um dos grandes desafios é fazer com que as Instituições de Ensino atendam adequadamente as exigências pedagógicas (definidas pela normatização), garantindo segurança e qualidade em todo o processo educativo desenvolvido nessa modalidade de ensino.

A EaD não pode ser considerada uma modalidade de ensino inovadora ou atual, pois existe desde 1900, quando eram ofertados cursos de profissionalização por correspondência. O que faz a diferença na EaD realizada hoje daquela praticada há alguns anos atrás, além de possuir uma legislação própria regulamentada pelo governo, é o fato de se utilizar dos grandes avanços das tecnologias digitais para ampliar e democratizar sua oferta.

As tecnologias que permitiram esse avanço foram a entrada do computador e conseqüentemente da Internet, bem como do desenvolvimento dos espaços virtuais focados para a modalidade de educação a distância denominados de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Estes ambientes possibilitaram que as interações entre professor e alunos ocorram de forma síncrona e assíncrona, favorecendo a troca de conhecimentos e a aquisição de habilidades.

Entretanto, a popularização da EaD e o crescente número de atores envolvidos nesse processo, fizeram com que emergissem alguns problemas e deficiências. Podemos observar que nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem existentes, faltam

recursos que permitam que os conteúdos sofram adaptabilidade conforme a necessidade de cada aluno bem como de autonomia para que, por exemplo, o professor possa auxiliar aos alunos na busca por conhecimentos específicos de acordo com perfil ou desempenho de cada aluno, polo ou região.

Na perspectiva do processo de gestão corporativa ou institucional, que envolve questões de cunho administrativo, os AVA existentes hoje, não apresentam nenhum tipo de suporte, assim como, trabalham de forma desfocada e distanciada das leis, normas e regulamentações que o governo e as próprias instituições determinam para o bom andamento da Educação a Distância. Sendo assim, os AVAs são incapazes de impor a seus atores as normas que estão em vigência, condicionando as ações que realizam no ambiente àquelas normas.

Este trabalho propõe uma alternativa para essas deficiências de suporte à legislação nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem existentes no mercado ao possibilitar a incorporação das leis e normas que regem a Educação a Distância, visando auxiliar nas tarefas relacionadas à gestão corporativa ou institucional.

A solução proposta consiste em um modelo de Sistema Multiagentes (SMA) orientado à legislação da EaD (leis, normas, regulamentos internos, portarias e contratos), que possa ser incorporado a um AVA existente.

Visto que uma forma de instrumentalizar a interação dos agentes em um Sistema Multiagentes é a utilização de uma estrutura organizacional, foi utilizado um modelo organizacional que permitirá definir os comportamentos dos agentes ou dos atores envolvidos no processo de EaD, regulamentando as restrições e as permissões que são definidas pelas leis e normativas.

Para ilustrar a utilização desse modelo, será utilizado um estudo de caso, com exemplos de leis e normativas que estão efetivamente em vigência.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

A partir da contextualização do problema pôde-se estabelecer, como objetivo geral do trabalho desenvolvido, a criação e a implementação de um modelo que permita a integração de um Ambiente Virtual de Aprendizagem, já existente, com os principais conceitos de um Sistema Jurídico, intermediado por um Sistema

Multiagentes. A proposta é a criação de um novo conceito denominado de **Sistema AVA-SMA orientado à Legislação**, que permita incorporar leis e normativas para o AVA, com um grau de autonomia.

Baseado nesses aspectos, esse modelo será formalizado, utilizando uma variação de um modelo organizacional para SMA com base em um estudo de caso. A partir de diagramas de um modelo organizacional, será definido e desenvolvido um SMA que permitirá trabalhar com o paradigma da coletividade, definindo o funcionamento do nível micro organizacional, tanto em termos dos padrões de interação e de mecanismos para monitorar o comportamento dos agentes bem como em termos de mecanismos que permitam que os agentes, de forma adequada, escolham seus parceiros organizacionais para melhor atingir as metas atribuídas aos papéis. Posteriormente, serão apresentados os aspectos fundamentais e estruturais do modelo para que seja possível realizar uma simulação dentro de um Ambiente Virtual de Aprendizagem previamente escolhido e utilizado pela Instituição de Ensino que servirá de estudo de caso.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos dessa Tese temos:

- Estudar os principais Ambientes Virtuais de Aprendizagem existentes no mercado atual, suas funcionalidades e permissões de expansões através de programação de usuários;
- Estudar sobre a área de Sistema Multiagentes e de Modelos Organizacionais para SMA disponíveis na literatura na área de Inteligência Artificial;
- Estudar sobre o contexto da Teoria dos Sistemas Jurídicos proposto por Hans Kelsen disponível na literatura da área do Direito;
- Estudar sobre a utilização da Teoria dos Sistemas Jurídicos em conjunto com a área de Sistema Multiagentes;
- Analisar a situação atual dos trabalhos sobre os contextos acima estudados e sua utilização dentro da EaD;
- Analisar as leis, normativas, regulamentos internos e externos e contratos que regem a EaD dentro da IE escolhida bem como as diretrizes propostas pelo Ministério da Educação (MEC), que servirão como um estudo de caso;

- Modelar, ou seja, representar em formato de diagramas a visualização das leis e normativas da EaD, através de uma variação de um modelo organizacional;
- Estudar e criar um modelo de Ambiente Virtual de Aprendizagem baseado em Sistemas Multiagentes orientado à Legislação;
- Desenvolver as questões do modelo desenvolvido e integrar os SMA Jurídico com o AVA escolhido;
- Realizar simulações que permitam avaliar o desempenho e os aspectos mais relevantes do modelo de integração gerado;
- Documentar os resultados do projeto através de publicações de relatórios técnicos de pesquisa e artigos científicos em conferências e periódicos da área visando divulgar os resultados (parciais ou finais) do trabalho.

1.2 Estrutura do Texto

O texto está organizado da seguinte forma:

O Capítulo 2 desenvolve um estudo relacionado a concepção dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem bem como as principais características e aspectos estruturais dos AVAs que atualmente são os mais utilizados nas Instituições de Ensino.

No Capítulo 3 foi apresentado um rápido apanhado sobre o estado da arte da área dos Sistemas Multiagentes, seguido dos modelos organizacionais desenvolvidos para SMA, focando nos seus aspectos de funcionamento e modelagem bem como na forma como irão restringir os comportamentos dos agentes afim de se atingir um objetivo comum. Sendo assim, ao utilizar um dos modelos organizacionais é possível possibilitar que o SMA realize interações que incluem a cooperação (trabalho em conjunto para atingir um objetivo comum), a coordenação (organização da atividade de resolução do problema de forma a evitar interações que possuem baixa contribuição e explorar as interações mais benéficas) e a negociação (chegando a um acordo aceito por todas as partes envolvidas).

O Capítulo 4 dessa Tese apresenta algumas abordagens que definem tipos de modelos para a integração dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem com os principais conceitos dos Sistemas Multiagentes, concebendo assim a ideia de se trabalhar atribuindo Inteligência Artificial (IA), dentro de Ambientes Virtuais de Aprendizagem e utilizando uma arquitetura de Sistemas Multiagentes que serão capazes de

ajudar na ampliação e retomada de diversos instrumentos de apoio que hoje não estão presentes no AVA.

O Capítulo 5 apresenta o estado da arte da Teoria de Sistemas Jurídicos, abordando as normas jurídicas e principais aspectos dos sistemas jurídicos.

O Capítulo 6 tem por objetivo apresentar o modelo Organizacional para SMA orientado à Legislação desenvolvido nessa Tese com base em um estudo de caso escolhido para validar os sistemas jurídicos, ou seja, o estudo de caso na modalidade a distância do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul). Esse capítulo apresenta também a contextualização institucional da EaD no IFSul bem como os aspectos que compõem o modelo organizacional.

No Capítulo 7, com base no modelo organizacional para SMA orientado à Legislação, será proposto o modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação, incorporando a um Ambiente Virtual de Aprendizagem os conceitos dos Sistemas Multiagentes orientado pela legislação de EaD do IFSul e do Ministério da Educação, determinando os objetivos de longo prazo, os papéis que são executados pelos vários agentes do SMA, como se dará o desenvolvimento e manutenção da organização. Desta forma, foi possível reduzir a complexidade de cada agente na tomada de decisões, limitando o comportamento indesejado dos agentes e reduzindo a necessidade de comunicação no Sistema Multiagentes. Nesse Capítulo foram explorados os aspectos estruturais e de funcionamento do o modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação.

No Capítulo 8 foram abordados alguns exemplos de simulações com base no Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação aplicado ao MOODLE a fim de validar a utilização do mesmo.

O Capítulo 9 apresenta as considerações finais e indica alguns encaminhamentos futuros.

2 AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

No início dos anos 90 o surgimento e a expansão da Internet permitiu o avanço de algumas formas de auxiliar o processo de aprendizagem através do uso de computadores, permitindo que o professor e o aluno estejam em ambientes físicos e tempos diferentes. Essa nova forma de ensino e de aprendizagem é denominada de Educação a Distância.

Ainda nesse período, dentro das principais Instituições de Ensino no mundo, começaram surgir as primeiras tecnologias de software voltadas para esse processo de ensino e de aprendizagem com foco na Internet e na EaD. O trabalho realizado por essas IE estava focado na necessidade de buscar novas formas de reunir recursos de interação com páginas de conteúdos criadas por professores bem como o armazenamento de atividades e aprendizagens realizadas pelos alunos.

Com isso, surge o conceito de Ambientes Virtuais de Aprendizagem ou *Virtual Learning Environments* (VLEs), também denominados de Ambientes de Aprendizagem Online, Sistema Gerenciadores de Educação a Distância, Software de Aprendizagem Colaborativa ou Sistemas Gerenciadores de Conteúdos e Aprendizagem na Web.

A principal finalidade dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem é gerenciar a aprendizagem via Internet, agregando interfaces que permitam a geração de conteúdos com base nos mais variados meios de comunicação, possibilitando a utilização de recursos pedagógicos e administrativos, tentando reproduzir a sala de aula presencial (física) para o meio virtual, utilizando vários tipos de ferramentas que facilitem a aprendizagem.

Britain e Liber (1999) definem um AVA como a combinação de um software de comunicação mediado por computador e de um método de entrega online de materiais dentro de um único ambiente de software, permitindo o processo de ensino e de aprendizagem.

Já Behar, Oliveira e Schneider (2004), consideram um Ambiente Virtual de Aprendizagem como um todo constituído pela plataforma e por todas as relações estabelecidas (ou seja, as trocas emocionais, cognitivas e simbólicas) pelos atores participantes (aluno, professor, tutor e coordenador), tendo como foco principal a aprendizagem.

Segundo Piccoli, Ahmad e Ives (2001), os Ambientes Virtuais de Aprendi-

zagem são sistemas baseados em computador que permitem a interação entre os participantes. O aluno usa material de estudo de forma independente, aprendendo em seu próprio tempo e possibilita interações de forma síncrona ou assíncrona. Os Ambientes virtuais mudam o processo de aprendizagem da experiência de aprendizagem individual para a experiência mais coletiva, onde os alunos podem se comunicar com outros alunos e professores.

Nesse sentido, os AVAs podem ser considerados ferramentas de gestão do conhecimento que são utilizadas para incentivar a aprendizagem do aluno, permitindo maior flexibilidade para o acesso do material de didático, possibilitando que as discussões entres os atores envolvidos ultrapassem o limite de tempo e espaço. Sendo assim, os AVAs podem ser considerados ferramentas fundamentais para que o processo de Educação a Distância ocorra.

Esses ambientes são compostos por um conjunto de ferramentas ou de características comuns, podendo alguns terem mais características ou ferramentas que outros AVAs. Baseado em OLeary e Ramsden (2000), os Ambientes Virtuais de Aprendizagem devem possuir, no mínimo, as seguintes características:

- **Comunicação:** uma das principais característica do AVA é ampliar o nível de comunicação e colaboração entre usuários de forma síncrona e assíncrona. A comunicação assíncrona é aquela realizada de forma simultânea pelos participantes, ou seja, em tempo real e a comunicação síncrona é aquela e realizada em tempos diferentes, não exigindo a participação simultânea dos envolvidos.
- **Avaliação:** outra característica dos AVAs é a permissão do desenvolvimento de atividades e soluções de problemas, testes e pesquisas através de ferramentas de avaliação de múltipla escolha, questionário, wiki, promovendo ao estudante um *feedback* instantâneo.
- **Conteúdo:** essa característica permite que o AVA apresente informações sobre os cursos, além de vincular conteúdos e materiais. Neste caso, os materiais são compartilhados em uma área que é acessível por todos os usuários daquele curso.
- **Gestão e Acompanhamento:** permite acompanhar o desempenho e a participação em atividades e recursos disponíveis. Além disso, os AVA podem subsidiar o planejamento e a realização de cursos.
- **Informação:** essa característica é utilizada para a distribuição de notícias

organizacionais, avisos, documentos e outros dados, tais como anúncios, regulamentos, currículos e horários.

2.1 Estrutura dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Com o passar dos anos, novos Ambientes Virtuais de Aprendizagem surgiram e sofreram adaptações para atender as necessidades dos atores envolvidos no processo de Educação a Distância (como tutores, professores, alunos e coordenadores) bem como as Instituições de Ensino.

Essa evolução e as adaptações necessárias só foram possíveis com base na classificação criada por Mason (1998), que aborda três modelos básicos para os AVAs:

- **Modelo de Conteúdo + Suporte (*Content + Support Model*):** onde os materiais são baseados na web, contemplados pelo apoio da leitura onde o grau de interação é muito baixo. Pode-se dizer que esse modelo é o mais parecido com o ensino presencial, sendo apenas disponibilizado virtualmente.
- ***Wrap-around Model*:** os materiais do curso são acompanhados de atividades online bem como de chats e fóruns.
- **Modelo Integrado (*Integrated Model*):** é um modelo baseado em recursos e atividades colaborativas (como discussões e trabalhos em grupos), visto que o conteúdo do curso passa a ser dinâmico e influenciado por necessidades individuais dos participantes.

Sendo assim, um AVA baseado no modelo integrado deve envolver uma plataforma de Aprendizagem Colaborativa apoiada por computador (*Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)*), ou seja, deve ter um *groupware* (softwares de grupos), usuários e interações na construção em grupo de forma que os conhecimentos construídos e socializados passem a fazer parte do AVA.

Além desses itens, um AVA, segundo Pollard e Hillage (2001) e Totkov (2003), são caracterizados por sua estrutura e funcionalidade e assim sendo, classificadas em três níveis (conforme Figura 2.1), onde cada nível possui uma função específica.

- **Fundação (Nível 1):** possui a prestação de informação por meio de Tecnologias da Informação e Comunicação de forma muito acessível e imediata sendo capaz de capacitar os atores da EaD a ampliar e melhorar seu desempenho.

Inclui interface web para professores e tutores, ferramentas para discussão (fóruns), sistema de entrega de trabalhos, permitindo a interação entre os atores envolvidos.

- **Intermediário (Nível 2):** fornece materiais interativos de aprendizagem e objetos de aprendizagem (OA), que são recursos digitais (como vídeos, animações, textos, arquivos e simulações) que permitem serem utilizados e reutilizados por professores, tutores e alunos.
- **Avançado (Nível 3):** trabalha de forma multidimensional, abrangendo os níveis 1 e 2 em uma única ferramenta. Além disso, permite monitorar e administrar a aprendizagem e os resultados, fornecendo aos envolvidos diferentes tipos de apoio especialista. Os AVAs desse nível deve ser constituídos pelas seguintes características:
 - capacidade de compartilhar e reutilizar os objetos de aprendizagem;
 - busca inteligente por OA, ou seja, aprendizagem personalizada;
 - caminho de aprendizagem com base no OA e não mais em uma estrutura de conteúdo.

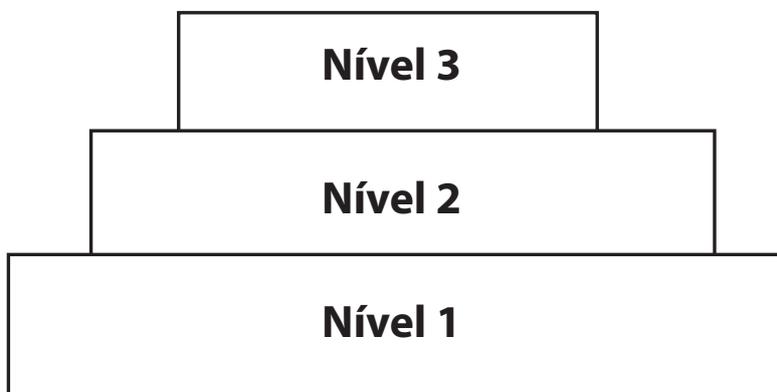


Figura 2.1 – Funcionalidades de um AVA classificadas em três níveis.

Fonte: Pollard e Hillage (2001)

2.2 Exemplos de AVAs

Atualmente existe uma grande diversidade de Ambientes Virtuais de Aprendizagem, que são desenvolvidos utilizando tecnologias proprietárias e sendo distribuídos através de licenças pagas ou gratuitas bem como utilizando tecnologias baseada na filosofia do software livre. Os principais AVAs utilizados em Instituições

de Ensino serão apresentados a seguir.

2.2.1 MOODLE

Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment ou Ambiente de Aprendizagem Dinâmica Modular Orientada a Objetos (MOODLE) é um Ambiente Virtual de Aprendizagem que começou a ser desenvolvido no fim da década de 90 por Martin Dougiamas, na Universidade Tecnológica de Curtin, na Austrália.

Ao projetar o MOODLE, o cientista da computação e educador Martin Dougiamas teve a ajuda de um pedagogo, que sugeriu utilizar a ideia do construtivismo, a qual afirma que o ensino é particularmente eficaz quando construímos algo para os outros experimentarem, e do construtivismo social, o qual amplia a noção de grupo social que constrói o ensino uns com os outros, criando e compartilhando uma cultura de conteúdos e significados.

O MOODLE é um software livre sob a *GNU Public License*, desenvolvido na linguagem PHP (*Hypertext Preprocessor*) que armazena a maioria dos objetos de aprendizagem e informações em uma base de dados SQL (*Structured Query Language* ou Linguagem de Consulta Estruturada), onde normalmente recomenda-se a utilização do MySQL.

Atualmente o AVA MOODLE está na versão 3.0 e já foi traduzido para 80 línguas, incluindo o português, e utilizado em mais de 200 países.

O principal objetivo do MOODLE é permitir a gestão de cursos executados de forma on-line. Franciscato et al. (2008) define o MOODLE como uma plataforma *open source*, ou seja, que pode ser instalada, modificada e distribuída entre os usuários, onde o seu desenvolvimento objetiva no gerenciamento de aprendizagens e trabalhos colaborativos, permitindo a criação e administração de cursos on-line, grupos de trabalhos e comunidades de aprendizagem.

Por ser uma ferramenta de software livre, o MOODLE trabalha com uma estrutura modular de fácil desenvolvimento que permite que a comunidade ajude em suas melhorias e adaptações (conforme Figura 2.2). Além disso, o MOODLE disponibiliza uma comunidade virtual, onde usuários podem interagir através dos sites da comunidade para compartilhar ideias, códigos, informações e suporte gratuito.

Além disso, esse Ambiente Virtual de Aprendizagem possui características importantes, como: escalabilidade, facilidade de uso, estabilidade, segurança, roda

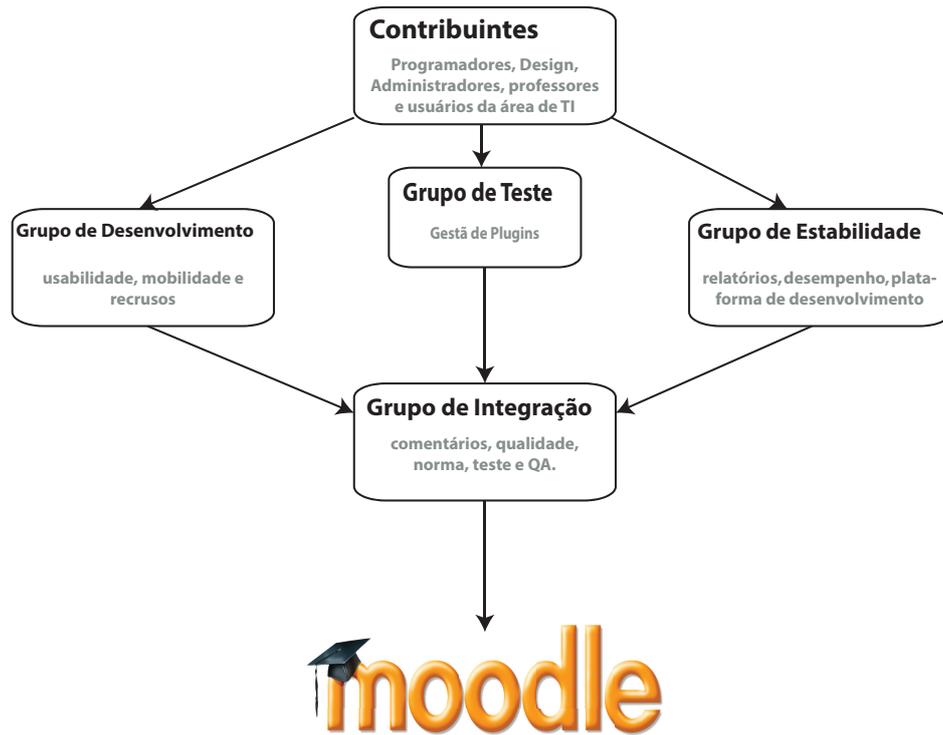


Figura 2.2 – Estrutura de Desenvolvimento do MOODLE com a participação da Comunidade MOODLE.

Fonte: Autoria Própria

em multiplataformas (Windows, Linux, Unix, MAC), possui uma interface simples e interativa com o usuário que pode ser personalizada de acordo com a IE (conforme Figura 2.3) e interoperabilidade, visto que utiliza o padrão SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), garantindo a importação e exportação de conteúdos e a migração dos dados para outros Ambientes Virtuais de Aprendizagem que utilizem o mesmo padrão.

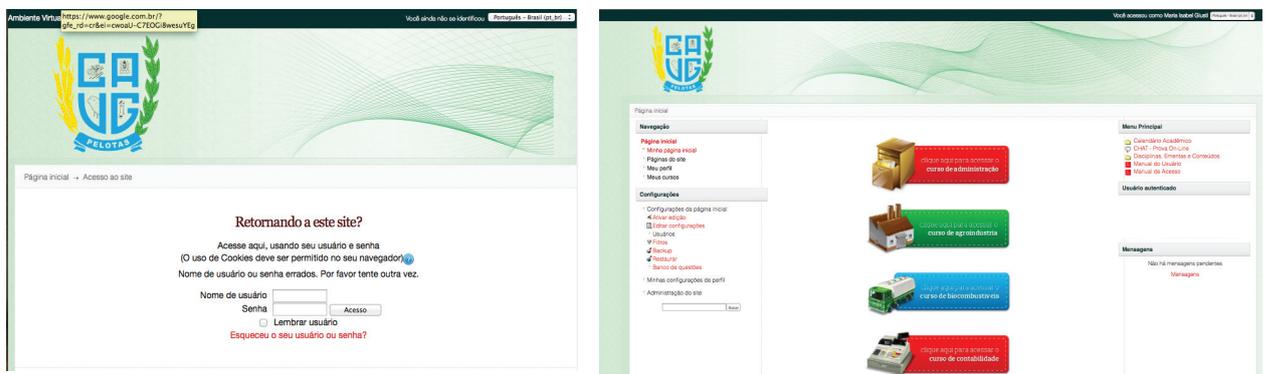


Figura 2.3 – Interface do Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE do Instituto Federal Sul-rio-grandense/Câmpus Pelotas - Visconde da Graça - Rede e-Tec Brasil.

Fonte: Autoria Própria

Segundo Dougiamas e Taylor (2003), o MOODLE pode ser ligado a outros sistemas (conforme Figura 2.4), tais como os servidores postais ou diretório estudan-

tis, isto porque a arquitetura desse ambiente separa a interface do código (usando transformações XML com XSL), o que permite que a interface seja definida quase de forma independente da lógica e do armazenamento.

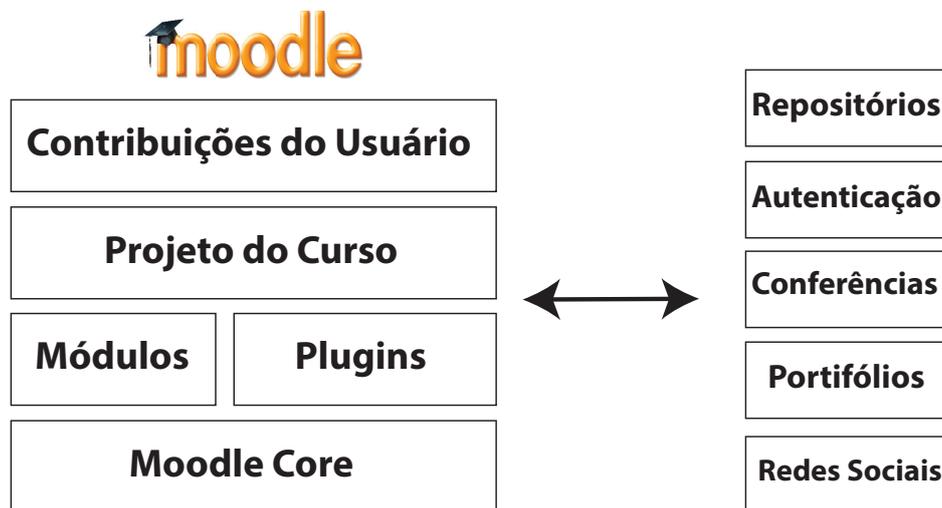


Figura 2.4 – Plataforma MOODLE.

Fonte: Autoria Própria

O Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE possui uma quantidade considerável de recursos e atividades nativas que podem ser utilizados para educação, voltados para professores e acadêmicos, como por exemplo:

- submissão de atribuições;
- fórum de discussão e chats;
- download e upload de arquivos e conteúdos;
- mensagem instantâneas;
- calendários;
- notícias e avisos;
- atividades (como questionários, envio de arquivos, glossários, wikis);
- ferramentas de busca;
- configurações;
- páginas HTML.

O MOODLE também proporciona a integração com plugins, ou seja, com ferramentas que podem ser integradas ao Ambiente Virtual, criados voluntariamente pela comunidade de usuários desta plataforma.

2.2.2 ROODA

Rede cOOperativa De Aprendizagem (ROODA) é um Ambiente Virtual de Aprendizagem que integra o projeto de Educação a Distância da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o qual começou a ser desenvolvido em 2000 pelo Núcleo de Tecnologias Digitais Aplicada a Educação (Nuted) e o Laboratório de Interação Mediada por Computador (LIMC) dessa mesma instituição.

O principal objetivo da criação do ROODA era torná-lo a plataforma oficial da UFRGS, atendendo a demanda dos docentes e discentes dessas instituições.

Atualmente o ROODA está na versão 0.7 e é um software livre com GNU LINUX com licença GPL que foi desenvolvido na linguagem de programação PHP e tem como banco de dados o MySQL. Esse Ambiente Virtual foi modelado, utilizando UML, com ajuda de professores de diferentes áreas como a da ciência da computação, da informática na educação, de pedagogos e da comunicação social bem como por programadores, design e alunos de graduação e pós-graduação da educação e da engenharia da computação.

Por ter um código-fonte aberto, o ROODA pode ser adaptado conforme as necessidades dos atores envolvidos no processo educacional, tanto na modalidade presencial como na modalidade a distância.

Segundo Behar et al. (2007), o ROODA tem como principal finalidade oportunizar um espaço via WEB para desenvolvimento de aulas, com foco no usuário, possibilitando compartilhamento de produções, interações síncronas e assíncronas, registros pessoais e gerenciamento de disciplinas.

O AVA ROODA baseia-se em uma concepção epistemológica interacionista, visto que disponibiliza funcionalidades que possibilitam a troca entre usuários e acompanhamento dos registros pessoais e dos demais usuários bem como ser capaz de dar suporte a diferentes práticas pedagógicas de acordo com a metodologia de trabalhos dos professores. Sendo assim, o professor não fica só com o acesso focado no resultado, mas também no processo de construção do conhecimento, onde o mesmo pode ativar e desativar funcionalidades do AVA de acordo com a sua prática docente.

A interface gráfica do ROODA/UFRGS (conforme Figura 2.5) foi desenvolvida de forma a facilitar a navegação pelo ambiente, permitindo a navegação mais intuitiva, a personalização do ambiente e oferecendo formas diversas de acesso às funcionalidades através de ícones e atalhos, possibilitando a navegação a partir de

uma relação topológica.

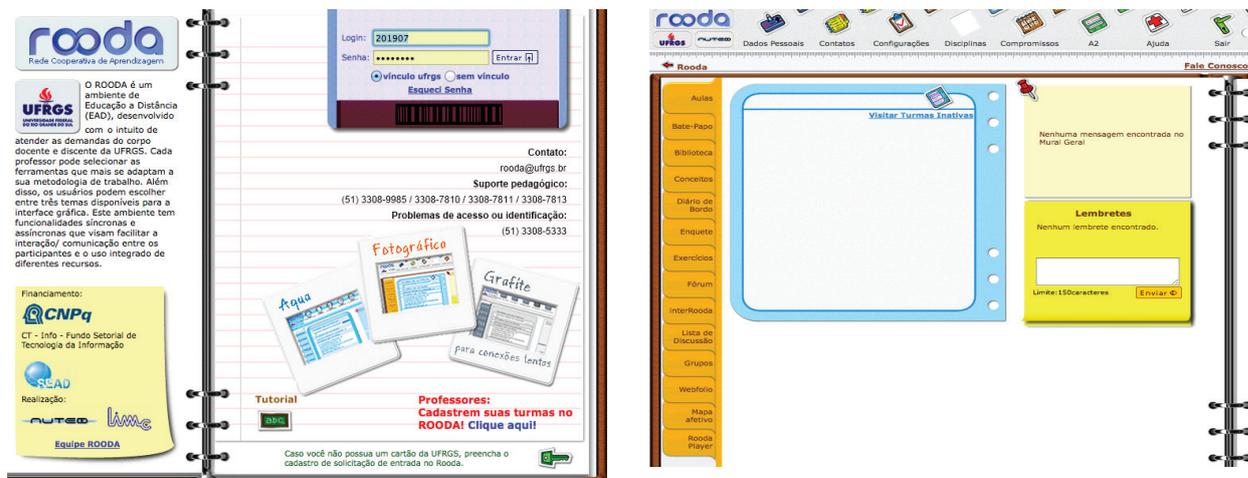


Figura 2.5 – Interface do AVA RODDA.
Fonte: Autoria Própria

Em relação a adaptabilidade, o ambiente pode ser montado e customizado pelo professor a partir dos objetivos de aprendizagem educacionais, onde dentre os principais recursos disponíveis no RODDA estão:

- ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas;
- personalização da interface;
- contatos;
- diário de bordo;
- mural;
- atividades;
- biblioteca;
- diário de produções;
- finder.

2.2.3 TelEduc

TelEduc é um Ambiente Virtual de Aprendizagem que está sendo desenvolvido desde 1997 pelos pesquisadores do Núcleo de Informática aplicada à Educação (Nied) do Instituto de Computação (IC) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), sob a orientação da professora Dra. Heloísa Viera Rocha, que tem como principal objetivo, possibilitar a formação de professores para a informática

educativa.

O AVA TelEduc é um software livre sob *GNU Public License* versão 2, desenvolvido com as linguagens PHP e JavaScript e associado a um gerenciador de bancos de dados MySQL, o que proporciona ao usuário a implementação de funcionalidades adicionais. O TelEduc está na versão 4.3.2 e funciona em ambientes UNIX e Linux.

Atualmente, o TelEduc é utilizado por algumas Instituições de Ensino brasileiras e também na *Inecom Ingenieros do Chile*. Esse AVA está disponível em três línguas (português, inglês e espanhol).

Segundo ROCHA (2006), o AVA TelEduc é uma ferramenta que foi desenvolvida segundo pedido dos próprios usuários e, por isso é uma ferramenta participativa, cujo objetivo é criar um ambiente para a criação, participação e administração de cursos na Web. O TelEduc baseia-se na concepção da construção contextualizada do conhecimento, a qual envolve a formação do professor em seu contexto escolar de trabalho.

Os desenvolvedores dessa ferramenta educacional se preocupam com a transparência e com a facilidade de uso. Por isso, o ambiente possui uma interface bastante simples e amigável ao usuário, conforme mostra a Figura 2.6.

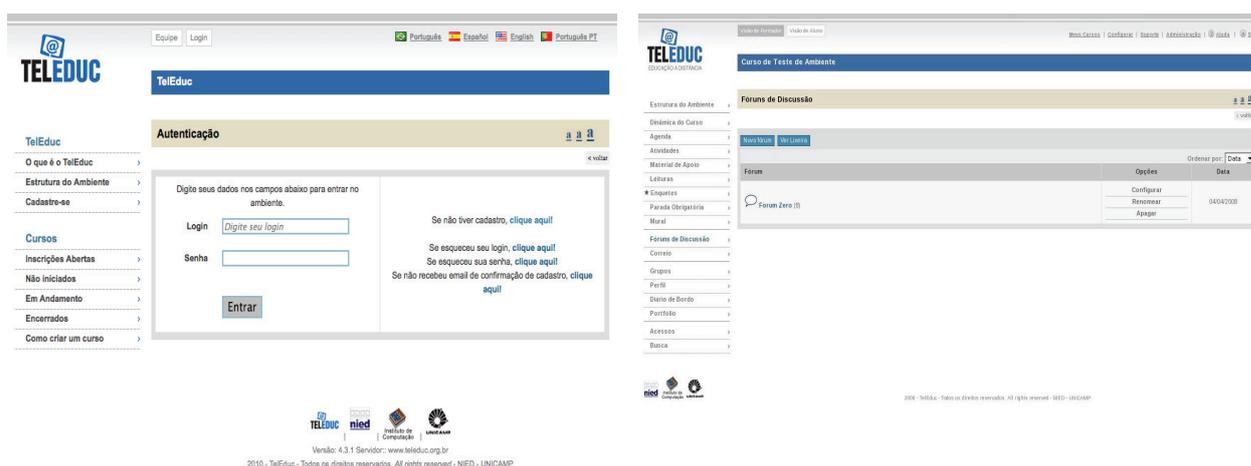


Figura 2.6 – Interface do Ambiente Virtual de Aprendizagem TelEduc.
Fonte: Autoria Própria

A Figura 2.7 mostra o ambiente TelEduc e sua arquitetura básica em relações aos recursos disponíveis aos usuários.

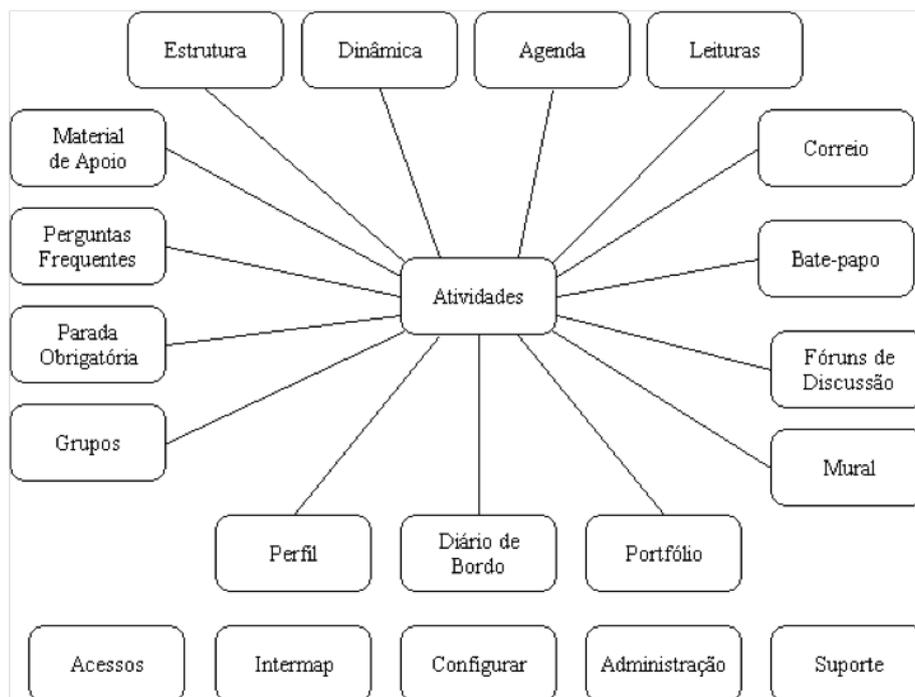


Figura 2.7 – Arquitetura do ambiente TelEduc
 Fonte: [ROCHA 2006]

2.2.4 AulaNet

AulaNet é um Ambiente Virtual de Aprendizagem desenvolvido com uma abordagem *groupware* ou sistema colaborativo que começou a ser desenvolvido em 1997 pelo Laboratório de Engenharia de Software (LES) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, sob a coordenação dos professores Carlos José Pereira e Hugo Fuks.

O AulaNet é um software *freeware* e disponível em três línguas (inglês, português e espanhol). Atualmente, o AulaNet é desenvolvido em JAVA, mas as suas primeiras versões foram desenvolvidas utilizando a linguagem LUA.

Esse Ambiente Virtual de Aprendizagem permite a criação, administração, manutenção e participação em cursos a distância baseado na Web. Segundo Cunha et al. (), o AulaNet baseia-se nas relações de trabalho cooperativo que se manifestam nas interações dos aprendizes (alunos) com seus instrutores (professores), ou com outros aprendizes (demais alunos de um curso) e com os conteúdos didáticos, possibilitando suporte ao trabalho em grupo.

Ainda para Cunha et al. () o modelo adotado no AulaNet foi o de colaboração 3C, o qual é baseado na ideia de que para colaborar, um grupo tem que exercer

três atividades fundamentais (conforme Figura 2.8): comunicar-se, coordenar-se e cooperar, envolvendo a negociação de compromissos e conhecimentos, onde a:

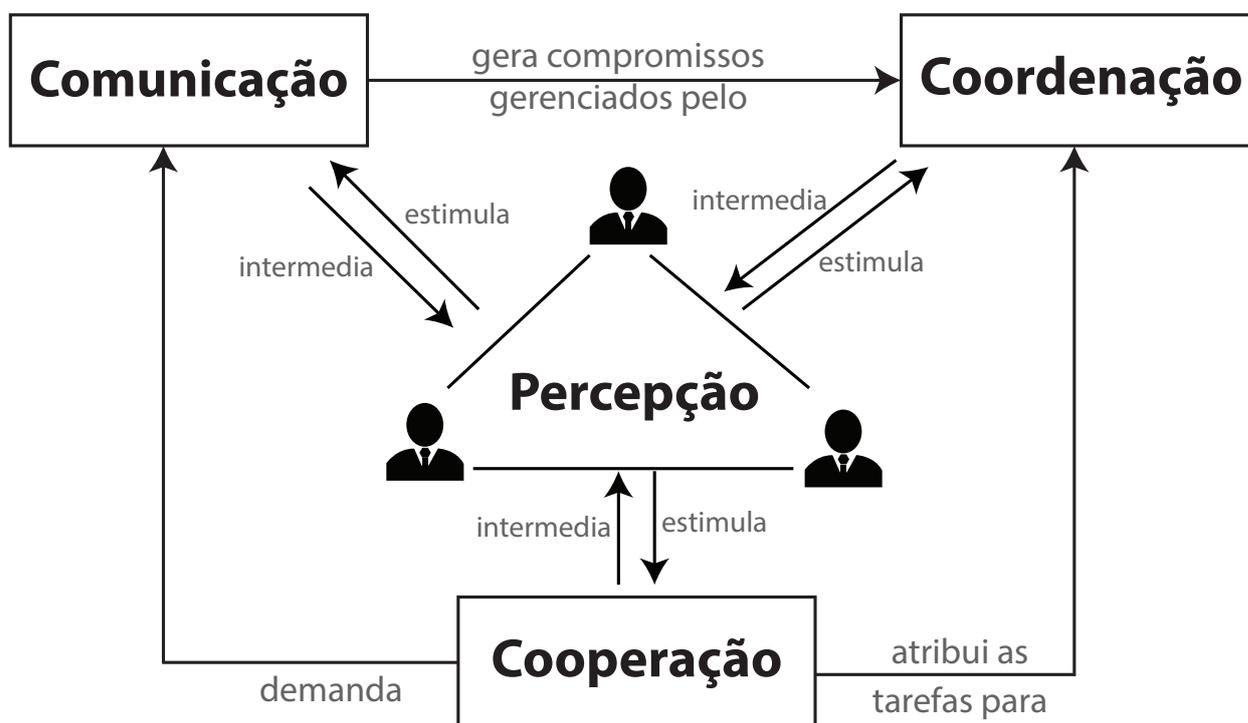


Figura 2.8 – Arquitetura do ambiente AulaNet baseado no modelo de colaboração 3C.
Fonte: Autoria Própria

- **coordenação:** o grupo lida com conflitos e se organiza de maneira a evitar que os esforços de comunicação e de cooperação sejam perdidos;
- **cooperação:** é a operação conjunta dos membros do grupo em espaços compartilhados;
- **comunicação:** negocia tarefas relacionadas aos compromissos e conhecimentos.

Os serviços de colaboração do ambiente estão organizados em serviços de comunicação, de coordenação e de cooperação e colocados a disposição do professor durante a criação e atualização do curso, possibilitando que o mesmo seja customizado para a visualização dos alunos. Conforme apresentado por Borghoff e Schlichter (2000), a Figura 2.9 mostra essa classificação dos serviços em relação ao modelo de colaboração 3C.

O AulaNet baseia-se nas relações de trabalhos cooperativos que se manifestam nas interações alunos, professores e tutores, formando assim grupos de interação. A fim de auxiliar na criação desses grupos, os desenvolvedores do AulaNet implementaram um Sistema Multiagentes para a formação de grupos de aprendizes em turmas



Figura 2.9 – Classificação dos serviços do ambiente AulaNet em função do modelo 3C.

Fonte: Borghoff e Schlichter (2000)

de um curso no ambiente AulaNet.

Utilizando a ferramenta *Simple Agent Communication Infrastructure* (SACI) foi desenvolvido uma API que foi integrada ao AVA para a criação desse Sistema Multiagentes. Com isso, os agentes entram para uma sociedade recebendo uma identificação e dentro dessa sociedade eles podem enviar e receber mensagens de outros agentes da mesma sociedade, anunciar suas habilidades e por fim deixar a sociedade, perdendo assim a sua identidade.

No SMA utilizado pelo AulaNet, o responsável por criar grupos é o professor. O professor solicita ao agente mediador a criação de grupos em sua turma fornecendo as informações necessárias, como a quantidade de grupos, qual o nível de diferença entre os aprendizes, se os aprendizes podem se repetir nos grupos e os aspectos de competência, interesse e qualificação.

Dois heurísticas foram utilizadas para as formações desses grupos onde a primeira permite que os agentes repassem referências de outros agentes que eles conhecem, reduzindo assim a quantidade de mensagens trocadas enquanto que a segunda heurística utilizada foi a estratégia gulosa, que do momento em que um mediador consegue formar os grupos solicitados atendendo os parâmetros recebidos, ele pára de colaborar, deixando a sociedade.

3 SISTEMAS MULTIAGENTES E SEUS MODELOS ORGANIZACIONAIS

Segundo Russell e Norvig (2003), o estudo da Inteligência Artificial começou logo após a Segunda Guerra Mundial e suas pesquisas englobam um grande número de áreas e aplicações como robótica, planejamento automatizado, mineração de dados e suporte à decisão.

Uma das subáreas da Inteligência Artificial chama-se Inteligência Artificial Distribuída, a qual começou a ser estudada na metade da década de 70 e tinha como objetivo buscar a capacidade na perspectiva da sociabilização, incluindo a cooperação, levando à realização conjunta de objetivos predefinidos. Essa área da IA, divide-se em: Resolução Distribuída de Problemas ou *Distributed Problem Solving* (DPS), Sistemas Multiagentes ou *Multi-Agent Systems* (MAS) e Inteligência Artificial Paralela ou *Parallel Artificial Intelligence*(PAI).

A Resolução Distribuída de Problemas decompõe o problema em módulos através de uma abordagem descendente (*top-down*) desenhado especificamente para um problema em particular, onde grande parte do raciocínio sobre a solução é inserida pelo próprio projetista. A Inteligência Artificial Paralela preocupa-se em desenvolver linguagens e algoritmos de computação paralela.

Por último, Sistemas Multiagentes têm como principal objetivo pesquisar o comportamento e ações de vários agentes autônomos que interagem de forma coletiva em busca de um conjunto de objetivos ou da realização de um conjunto de tarefas. Essa subárea da Inteligência Artificial será apresentada ao longo desse Capítulo.

Ainda nesse Capítulo será realizado um estudo sobre os principais modelos organizacionais para Sistemas Multiagentes, que permitirá a aplicação de características coletivas para os agentes que o compõem, ou seja, permitir a interação entre os agentes e facilitar como se dará a organização dos mesmos.

3.1 Sistemas Multiagentes

Os Sistemas Multiagentes surgiram resultantes da busca que instiga a Ciência da Computação e a Inteligência Artificial, em conceber sistemas que se aproximem da realidade, de acordo com as visões de outras áreas de conhecimento, como a

sociologia, psicologia e etologia.

Os Sistemas Multiagentes são sistemas computacionais constituídos de múltiplos agentes que interagem e trabalham em grupo para realizar um determinado conjunto de tarefas resolvendo um problema complexo. Essas tarefas podem ser comuns a todos os agentes ou não.

Segundo Weiss (1999), um Sistema Multiagente consiste na dimensão computacional de uma possível ciência da interação, provendo mecanismos de análise e síntese de sistemas destinados a esclarecer e a explorar a questão fundamental de quem interage com quem, quando, sobre o que, como e porquê. Os agentes inseridos nesse sistema podem ser homogêneos, isto é utilizam a mesma arquitetura, sendo que, replicada para cada agente ou heterogêneos que utilizam arquiteturas distintas.

A principal finalidade dos Sistemas Multiagentes é a de permitir um comportamento global inteligente que possa ser alcançado através dos comportamentos individuais dos agentes que o compõe, baseado no comportamento social de uma comunidade formada por agentes autônomos.

Sistemas Multiagentes são adequados para representar problemas que têm múltiplos métodos de resolução, múltiplas perspectivas e múltiplos resolvidores de problema. Além disso, podem ser utilizados em abordagens distribuídas (geográfica, temporal, funcional e semântica) e complexas (problemas grandes demais para serem resolvidos em uma solução centralizada).

Cada agente que compõe um Sistema Multiagente tem informações ou capacidades incompletas para solucionar o problema. Para Weiss (1999), um Sistema Multiagentes só consegue resolver problemas complexo se tiver as seguintes características:

- cada agente possui informações incompletas do sistema;
- o controle do sistema é distribuído, ou seja, não há sistema global responsável pelo controle;
- os dados são descentralizados;
- a computação é assíncrona.

As características que constituem vantagens significativas dos Sistemas Multiagentes sobre um solucionador de problemas monolítico, são:

- maior rapidez na resolução de problemas através do aproveitamento do paralelismo;

- diminuição da comunicação por transmitir somente soluções parciais em alto nível para outros agentes ao invés de dados brutos para um lugar central;
- mais flexibilidade por ter agentes de diferentes habilidades que são dinamicamente agrupados para resolver problemas;
- aumento da segurança pela possibilidade de agentes assumirem responsabilidades de agentes que falham.

3.2 Arquiteturas de Sistemas Multiagentes

A arquitetura de um SMA mostra a maneira como o sistema está implementado em termos de propriedades e estrutura, e como os agentes que o compõe podem interagir a fim de garantir a funcionalidade do sistema.

A arquitetura de um Sistema Multiagentes possui determinadas características como, um ambiente, um conjunto de agentes, um conjunto de objetos, as relações que podem existir entre esses agentes e os objetos ou entre os próprios agentes e um conjunto de operações que podem ser realizadas (Figura 3.1).

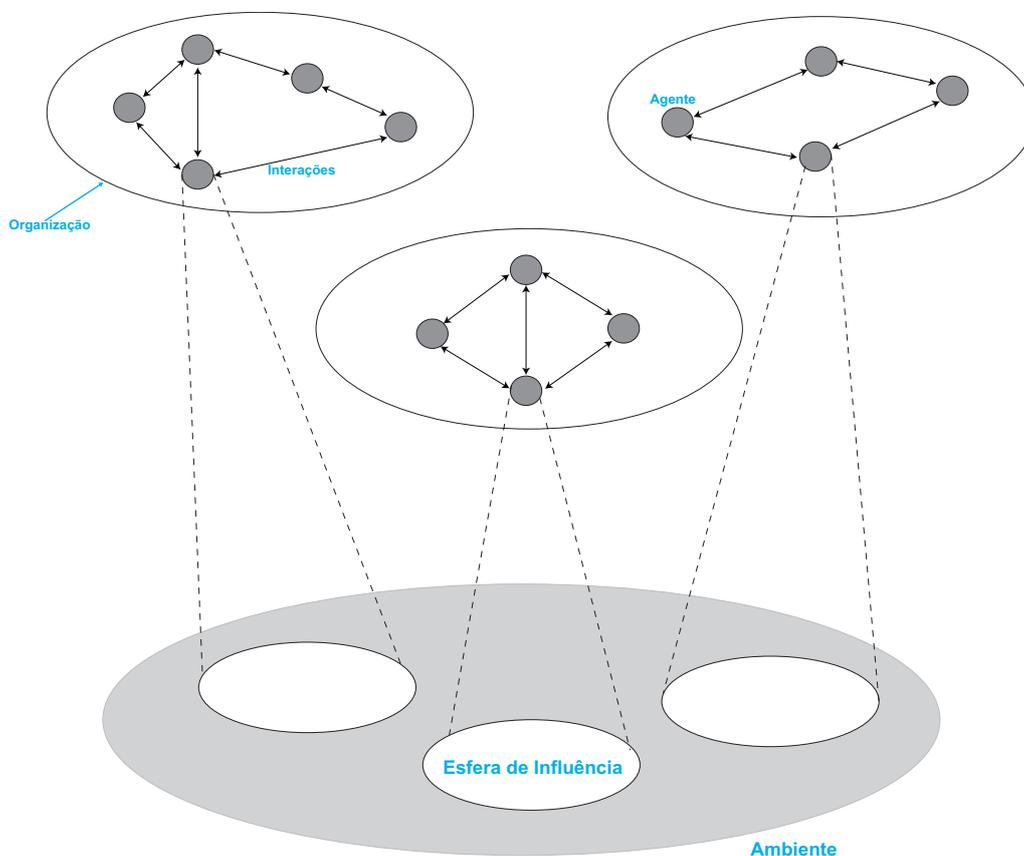


Figura 3.1 – Estrutura de Sistemas Multiagentes.
Fonte: Autoria Própria

As arquiteturas dos Sistemas Multiagentes podem ser também classificadas segundo os mecanismos de cooperação, coordenação, negociação e comunicação utilizados na sociedade, onde:

- **Negociação:** é um processo interativo onde uma decisão conjunta é tomada por dois ou mais agentes, cada um tentando alcançar um objetivo individual e permitindo que os grupos de agentes se comuniquem para tentar estabelecer um acordo, aceitável para a solução de um determinado problema. A negociação é um dos fatores importantes dentro de um SMA, porque um agente não pode forçar outro a realizar um serviço ou a modificar seu estado interno. Um agente deve tentar convencer o outro a cooperar com ele.
- **Coordenação:** é o ponto central dos SMA, pois é um processo pelo qual um agente raciocina sobre suas ações locais e as ações (antecipadas) de outros agentes com o objetivo de garantir que a comunidade funcione de maneira coerente. Sem coordenação o grupo de agentes poderia degenerar-se rapidamente, o que geraria uma coleção de indivíduos com um comportamento caótico.
- **Comunicação entre os agentes:** a comunicação é uma importante característica que os agentes inteligentes possuem para atingirem seus objetivos, pois sem essa comunicação os agentes não conseguiriam atingir seus objetivos e da sociedade da qual fazem parte. Sendo assim, a comunicação expande a capacidade de percepção dos agentes, pois permite que eles se beneficiem com as informações e especializações que outros agentes possuem.
- **Cooperação:** é a coordenação entre agentes com interesses não conflitantes. Em um Sistema Multiagentes, a cooperação acontece quando vários agentes planejam e executam suas ações de uma forma coordenada.

Afim de garantir que os Sistemas Multiagentes realizem interações que incluem a cooperação, a coordenação, a comunicação e a negociação de forma eficaz e ordenada é necessário a utilização de um modelo organizacional desenvolvido para SMA. Esses modelos de organizações serão apresentados na próxima seção.

3.3 Modelos Organizacionais para Sistemas Multiagentes

Fox et al. (1997) define uma organização como um padrão que descreve como os membros pertencentes a uma sociedade estão em relação aos outros e como irão

interagir para atingir um objetivo comum.

A definição de que um Sistema Multiagentes é uma organização ainda não é muito explorada na área de Inteligência Artificial. Porém, organizar um SMA é necessário quando trabalhamos com agentes autônomos visto que para atingir um objetivo global é necessário que a autonomia apresente limites.

Para Lameitre e Excelente (1998) existem dois tipos de organização para Sistemas Multiagentes: uma com visão centrada no agente e outra na organização, conforme a Figura 3.2.

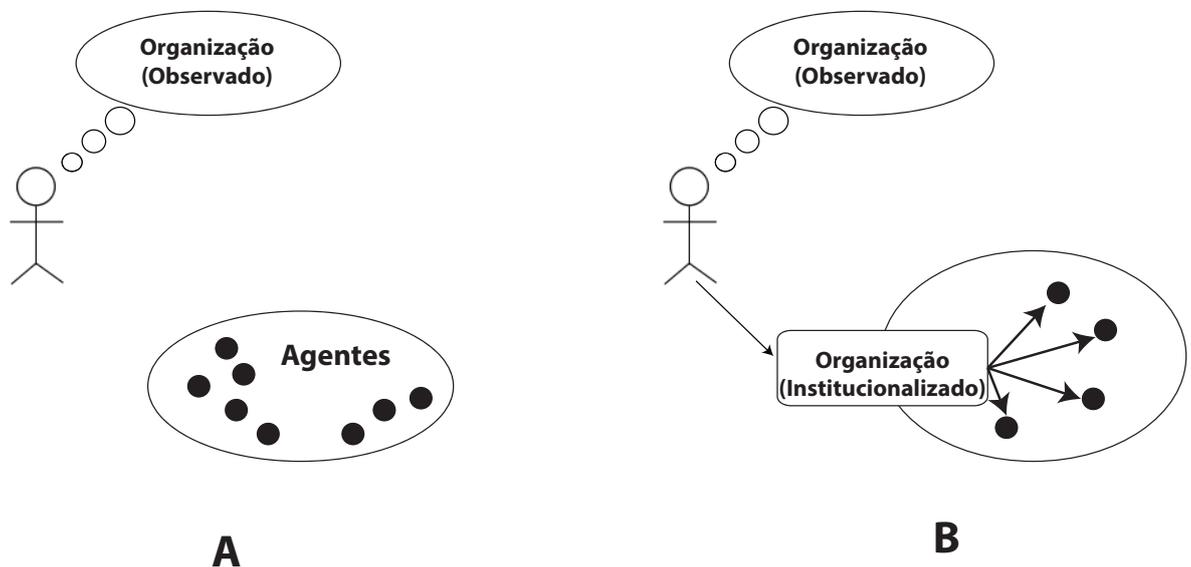


Figura 3.2 – Tipos de Organização: (a) visão centrada no agente e (b) visão centrada na organização.

Fonte: Lameitre e Excelente (1998)

Na visão centrada em agentes, o SMA não possui uma representação explícita da organização, ou seja, é distribuída nos seus agentes. Já na visão centrada na organização o observador pode ter uma descrição da organização que a sociedade está usando sem observar seu comportamento ou agentes que a compõe.

A organização de SMA é um conjunto de restrições aos comportamentos dos agentes afim de conduzir a um objetivo comum. Para isso, é necessário definir restrições que podem ser explícitas ou não e quais noções utilizar (como grupos, papéis, tarefas, metas, etc.). Essas noções são definidas através de modelos organizacionais que serão detalhados a seguir.

3.3.1 Modelo TOVE

O modelo de organização **TOVE** (*TO*ronto *V*irtual *E*nterprise *O*ntology) foi criado em 1992 dentro do *Enterprise Integration Laboratory* do *Department of Mechanical and Industrial Engineering* da Universidade de Toronto no Canadá, por Fox (1992).

Seu principal objetivo é ter um ambiente baseado em técnicas e métodos de Inteligência Artificial Distribuída capaz de desenvolver uma estrutura ontológica para modelar e permitir a integração de empresas comerciais ou públicas.

O foco principal da integração de empresas através do TOVE é permitir uma melhor comunicação e coordenação dentro e entre organizações, a fim de alcançar níveis mais altos de produtividade, flexibilidade e qualidade.

No modelo TOVE uma organização é dividida em várias divisões e subdivisões (conforme mostra a Figura 3.3), um conjunto de agentes alocados nessas divisões, um conjunto de papéis que os agentes assumem e um conjunto de metas.

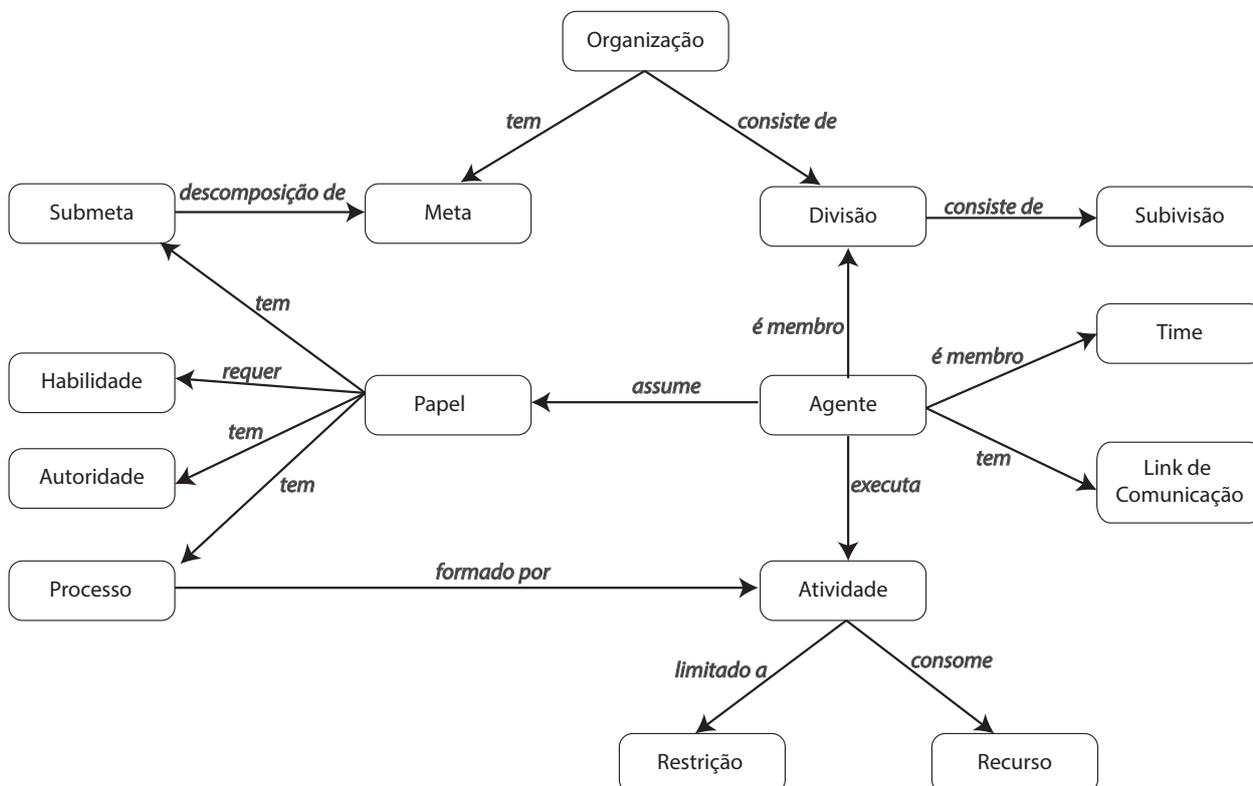


Figura 3.3 – Taxonomia Organizacional.

Fonte: Fox (1992)

Segundo Fox (1992), nessas organizações do modelo TOVE, temos as seguintes entidades:

- **Papéis - Nível Individual:** são protótipos de funções a serem desempenhadas pelos agentes da organização. As seguintes propriedades são associadas aos papéis:

1. um conjunto de metas que o agente que assume o papel deve buscar;
2. um conjunto de processos que definem como as metas podem ser alcançadas;
3. um conjunto de autoridades que o agente necessitará para alcançar as metas;
4. um conjunto de habilidades que o agente que pretende assumir o papel deve assumir;
5. um conjunto de restrições na execução dos processos;
6. um conjunto de recursos necessários para o papel a ser desempenhado.

O modelo TOVE ainda define relações entre os papéis:

1. hierarquia: onde um papel pode ser subordinado a outro;
2. especialização: onde um papel pode especializar outro papel e herdar os direitos, obrigações e autoridades.

- **Agente:** é um membro de uma divisão da organização. Um agente pode assumir um ou mais papéis e se comunicar com os demais agentes, caso haja uma ligação de comunicação entre eles. Além disso, podem realizar atividades e podem consumir recursos na realização destas tarefas.

Os agentes podem formar times para realizar certas tarefas, visto que um time tem menor tempo de vida que uma divisão, ou seja, sua existência termina quando a tarefa for concluída.

Baseado nessas entidades, o modelo TOVE leva em consideração a:

- capacidade de fornecer uma terminologia ontológica compartilhada para organizações, onde essas sejam capazes de entender e usar;
- definição de uma semântica para cada termo, usando uma lógica de primeira ordem;
- implementação da semântica em um conjunto de axiomas, que permite à ontologia deduzir de forma automática as respostas;
- definição de uma simbologia para representar um conceito em um contexto gráfico.

O modelo TOVE é formado por seis etapas que serão descritas a seguir (Figura 3.4).

- **Descrição de cenários para motivação:** são descrições de problemas ou exemplos que não são devidamente abordados na ontologia existente. Estes cenários ajudam a desenvolver possíveis soluções que trazem semânticas formais para serem incluídos na ontologia.
- **Formulação informal de questões de competência:** com base nos cenários motivadores, questões de competência são elaboradas, onde as ontologias a serem construídas têm de fornecer respostas válidas.
- **Especificação dos termos da ontologia usando um representação formal:** define um conjunto de conceitos baseados nas questões de competência, cujos os conceitos são a base de uma especificação formal, desenvolvida através de uma linguagem de representação do conhecimento, como a lógica de primeira ordem.
- **Formulação formal de questões de competência:** descreve as questões de competências, utilizando uma linguagem formal.
- **Especificação de axiomas:** descreve de forma formal as regras que capturam a semântica associadas aos conceitos de ontologias.
- **Verificação da completude da ontologia:** estabelece condições para caracterizar ontologias completas baseadas nas questões formais de competência.

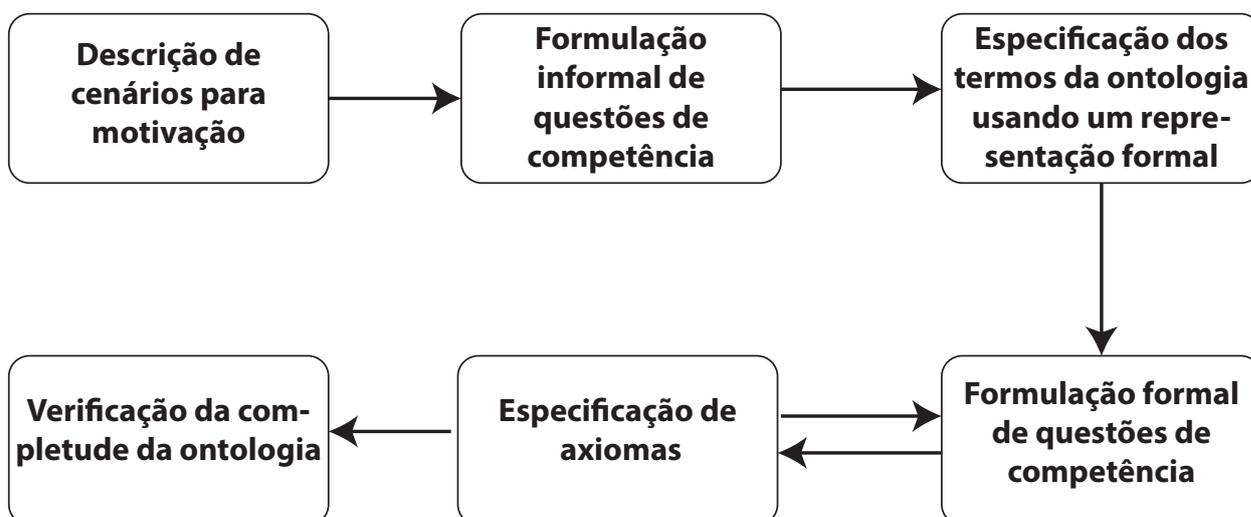


Figura 3.4 – Procedimentos para projeto de Ontologias e Avaliação.

Fonte: Autoria Própria

3.3.2 Modelo Aalaadin

Aalaadin, proposto por Ferber e Gutknecht (1998), não é considerado uma metodologia de agentes e sim um meta-modelo para descrever os modelos de organizações de agentes.

O modelo Aalaadin, segundo Ferber e Gutknecht (1998), trabalha com um tipo de reflexão denominada pelos autores de **reflexões de organizações**, cujo seu objetivo é descrever os aspectos operacionais dos conceitos fundamentais desse modelo relacionados aos sistemas.

Conforme é apresentado na Figura 3.5, esse tipo de organização é baseada em três conceitos fundamentais denominados de: grupo, papel e agente.

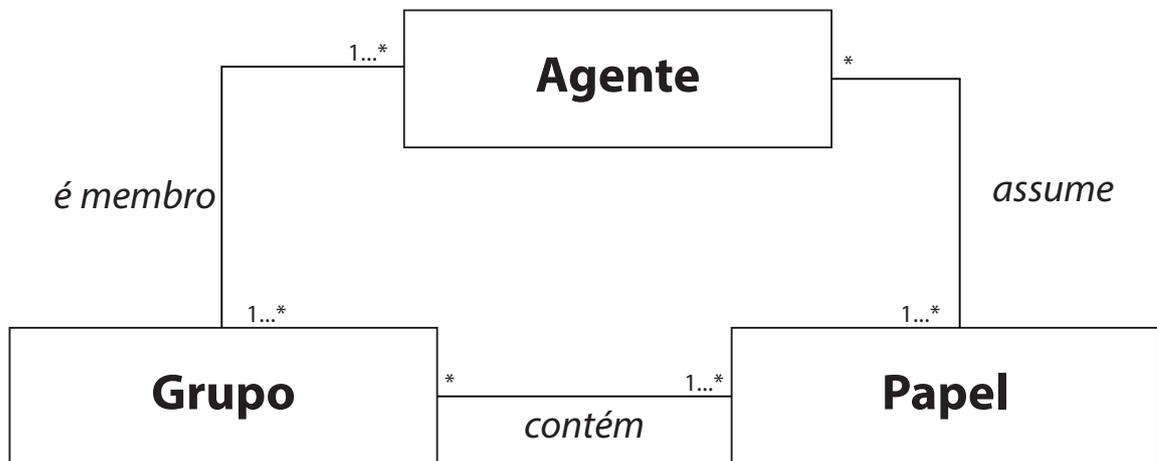


Figura 3.5 – Modelo Aalaadin.
Fonte: Autoria Própria

1. **Agentes:** são especificados como entidades autônomas de comunicação ativa que desempenham funções dentro dos grupos.

Esse modelo não restringe qual arquitetura deve ser usada pelos agentes nem qual formalismo assumir, visto que um agente é considerado simplesmente uma entidade ativa e comunicativa que assume papéis no grupo onde é membro.

2. **Grupos:** são definidos como um conjunto de agentes membros que possuem uma determinada estrutura, representada por qualquer Sistema Multiagentes. Os agentes podem ser parte de um ou mais grupos, visto que o modelo Aalaadin torna possível sobrepor os grupos.

Cada grupo contém um conjunto de papéis que são necessários para o funcionamento dos mesmos. Os papéis junto com os agentes membros formam a estrutura de um grupo.

Um grupo pode ser fundado por qualquer agente e um agente deve solicitar a sua admissão a um grupo existente. Esse agente fundador pode usar qualquer estratégia para decidir sobre aceitar ou rejeitar o agente em um grupo.

3. **Papéis:** são representações abstratas de funções que os agentes disponibilizam bem como de serviços ou identificações existentes dentro de um grupo. Cada agente pode lidar com várias funções onde cada papel é tratado por um agente local do grupo.

Assim como acontece a admissão em grupo, a função de lidar com papéis em grupos deve permitir que seja solicitado pelo agente e não necessariamente atribuído.

Ao relacionar as comunicações aos papéis, e autorizando para desempenhar vários papéis, o modelo Aalaadin permite que os agentes lidem simultaneamente com várias definições heterogêneas.

No modelo Aalaadin existe a ideia de estrutura coletiva que determina dois níveis de análise:

- **Nível Concreto:** corresponde aos principais conceitos de agentes, grupo e papéis. Além disso, descreve a organização real do agente.
- **Nível Abstrato:** define os papéis, interações válidas e estruturas de grupos e organizações.

3.3.3 Modelo TAEMs

Task Analysis, Environmental Modeling and Simulation (TAEMs) , desenvolvido por Decker (1996), é uma linguagem que permite descrever modelos de tarefas hierárquicas para agentes representando formalmente aspectos de coordenação bem como permite analisar e simular quantitativamente o comportamento de um Sistema Multiagentes demonstrando graficamente as tarefas, ações dos agentes e dados estatísticos.

O TAEMs suporta uma descrição em camadas do ambiente e da tarefa que são classificados por Decker (1996) em:

- **Nível Objetivo:** descreve o essencial da estrutura de tarefas e ambiente. Aborda de forma formal a descrição da tarefa sem informações sobre o agente.

- **Nível Subjetivo:** descreve a forma como os agentes visualizam e interagem com as tarefas a serem executadas ao longo do tempo. Possuem também um modo para que os agentes consigam perceber o estado das ações realizadas, sendo essencial para a avaliação ou raciocínio dos agentes, visto que esses realizam suas decisões com base nas informações subjetivas.
- **Nível Generativo:** descreve as características estatísticas necessárias para gerar informações objetivas e subjetivas.

No modelo TAEMs um grupo de tarefas é representado por um gráfico acíclico, visto que as relações entre as tarefas são arbitrárias. Conforme mostra a Figura 3.6, cada nó corresponde a uma tarefa, onde a árvore de tarefas é composta por uma tarefa inicial (tarefa raiz), a qual o agente deve executar. Assim, esse modelo mostra que é possível definir agentes como modelos de tarefas.

Essa tarefa que o agente deve executar se decompõe em sucessivas subtarefas, através de relações de decomposição denominadas de e ou ou.

As tarefas que se encontram nas folhas da árvore são ações primitivas chamadas de métodos executáveis, os quais são descritos por estatísticas discretas em três dimensões:

- **Qualidade:** descreve a contribuição de uma determinada ação para resolver um problema global.
- **Duração:** descreve a quantidade de tempo que a ação modelada demora para executar.
- **Custo:** descreve o custo financeiro inerente de executar a ação.

Segundo Wagner e Horling (2001), as incertezas de cada uma dessas dimensões está implícita em relação ao desempenho, visto que os agentes podem raciocinar sobre as ações, sua qualidade, custo e duração.

Cada método executável dessa árvore de tarefas possui uma duração inicial e uma qualidade inicial máxima. A qualidade do grupo de tarefas ou da tarefa em si estão baseadas nas relações com as subtarefas, onde a mesma pode ser: máxima, mínima, soma ou média.

Além da qualidade, duração e custo são uma das maiores preocupações neste tipo de modelo, visto que a execução do método que ocorre pelo agente pode afetar a qualidade ou a conclusão de outra tarefa por outro agente, causando assim efeitos não locais. Por esse motivo o modelo TAEMs, inclui tarefas de interações como:

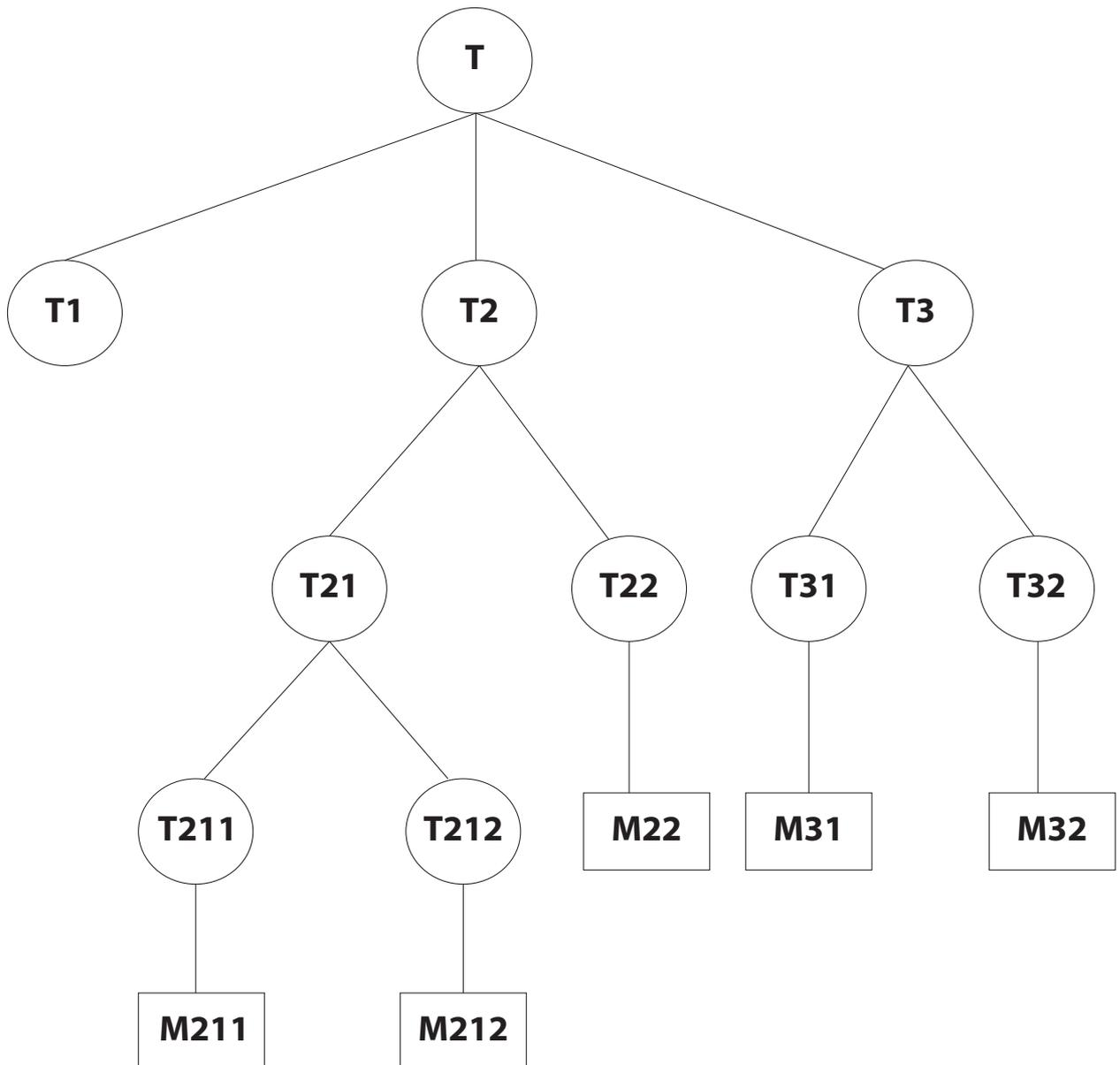


Figura 3.6 – Modelo TAEMs representado através de um grafo.
Fonte: Autoria Própria

- **Habilita:** uma tarefa permite o funcionamento de outras tarefas ou métodos. Nesse caso, a qualidade máxima de um método é 0 até que a tarefa esteja concluída e o resultado esteja disponível a partir da tarefa.
- **Facilita:** a conclusão de uma tarefa pode afetar a duração da qualidade, de forma positiva, de um método.
- **Impede:** é o oposto da tarefa de interação **Facilita**, apresentada no item anterior.
- **Precede:** tem como objetivo a ideia de que uma tarefa deve ser feita antes da outra tarefa e que se essa primeira tarefa deve ser concluída com sucesso para

que as demais tarefas sejam afetadas.

Essas tarefas de interação permitem que o modelo tenha a ideia de coordenação, visto que identificam casos em que as tarefas atribuídas a diferentes agentes são interdependentes. A coordenação é motivada pelas existências destas interações.

3.3.4 Modelo GAIA

A metodologia GAIA, desenvolvida por Wooldridge, Jennings e Kinny (2000), é baseada na ideia que um Sistema Multiagente se comporta como uma organização computacional que possui vários papéis que interagem entre si.

O principal conceito da metodologia GAIA pode ser dividido em duas entidades:

- **concretos:** são usados dentro do processo de desenvolvimento e realizarão execuções diretas no sistema.
- **abstratos:** são usados durante a análise e concepção do sistema, mas não necessariamente tem alguma realização dentro do sistema.

Na Tabela 3.1 podemos observar como se dividem os conceitos concretos e abstratos dentro da metodologia GAIA.

Concretos	Abstratos
Tipos de Serviços	Papéis
Serviços	Permissões
Conhecimentos	Responsabilidades
	Protocolo
	Atividades
	Propriedades Vitais
	Propriedades de Segurança

Tabela 3.1 – Conceitos concretos e abstratos da metodologia GAIA.

Fonte: Autoria Própria

Conforme a Figura 3.7, a metodologia GAIA possui duas fases distintas: a fase de análise e a fase de projeto (*design*).

Na fase de análise são gerados o modelo do ambiente, o modelo preliminar de papéis, o modelo preliminar de interações e as regras organizacionais do sistema. O objetivo dessa fase é desenvolver um entendimento do sistema com sua estrutura, chamado de organização do sistema, que é uma coleção de papéis que se relacionam

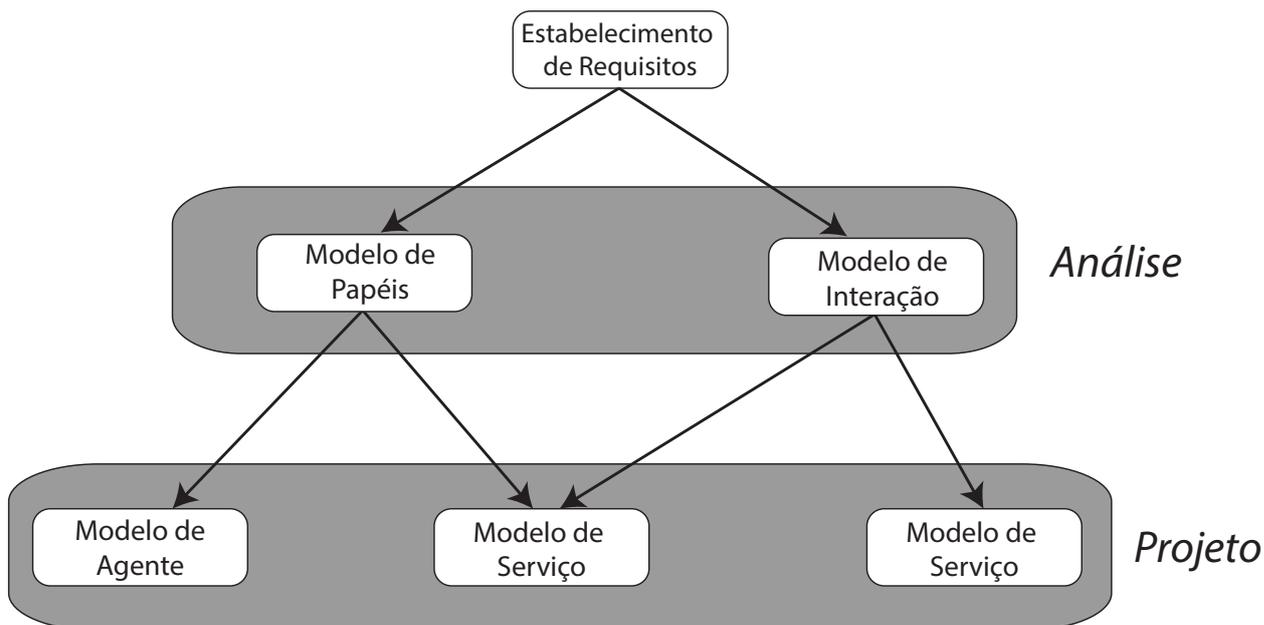


Figura 3.7 – Camadas do Modelo GAIA.
Fonte: Autoria Própria

com os outros.

A metodologia GAIA, dentro da fase de análise, apresenta dois modelos:

- **Modelo de Papéis:** identifica os papéis chaves existentes no sistema, sendo esse modelo descrições abstratas de uma função pretendida por uma entidade, descrevendo quatro atributos básico para um papel:
 - **permissões/direitos:** associados ao papel, relacionam o tipo e a quantidade de recursos que podem ser explorados, ou seja, o que pode ser criado, lido ou modificado;
 - **responsabilidade:** determina a funcionalidade do agente dentro da sociedade. As funcionalidades que os agentes podem assumir são: propriedades vitais, que determinam as atividades necessárias e boas que o papel deve realizar e propriedades de segurança, que indica o que o papel deve evitar;
 - **atividades:** são listas de tarefas que executam o papel sem interações;
 - **protocolo:** são listas padrões de interação.
- **Modelo de Interação:** é constituído de um conjunto de definições de protocolo, uma para cada tipo de interação entre os papéis, identificando as pendências e os relacionamentos entre os agentes de um Sistema Multiagentes. As definições de protocolo consistem da apresentação dos seguintes atributos:

- **propósito:** breve descrição da natureza da interação;
- **iniciado:** é o papel responsável por iniciar a interação;
- **respondedor:** papel com o qual o indicador interage;
- **entrada:** é a informação utilizada pelo indicador enquanto executa o protocolo;
- **saída:** é a informação utilizada pelo respondedor durante o curso das interações.

Através da metodologia GAIA, o sistema é decomposto em papéis que serão desempenhados na organização (através do modelo de papéis) e definida como eles interagem de acordo com os protocolos específicos (através do modelo de interação).

Já a fase de projeto é subdividida em projeto de arquitetura e projeto detalhado, onde o primeiro define a estrutura organizacional do sistema, o modelo de papéis e a interação, enquanto que o segundo projeto permite a geração de modelos dos agentes e serviços.

Segundo Wooldridge, Jennings e Kinny (2000), para definir quais tipos de agentes devem compor um Sistema Multiagentes é necessário passar pelas definições de estereótipos ou papéis que cada um irá assumir. Na pesquisa de Wooldridge, Jennings e Kinny (2000) eles são definidos em três modelos:

- **Modelo de Agente:** define os tipos de agentes que irão fazer parte do sistema e as instâncias de agentes que serão utilizadas.
- **Modelo de Serviço:** define os principais serviços que serão atribuídos a cada tipo de agente, ou seja, a função que um agente pode executar.
- **Modelo de Conhecimento:** define conhecimento para cada tipo de agente, sendo um gráfico de relacionamento.

3.3.5 Modelo Moise⁺

O modelo organizacional *Model of Organization for Multi-Agent⁺* (Moise⁺), desenvolvido por Hubner, Sichman e Boissier (2002), é uma extensão do modelo Moise, que considera que o objetivo de uma organização, dentro de um Sistema Multiagentes, é o de restringir a autonomia do agente. As restrições expressas no modelo Moise⁺ são indicados através das permissões de obrigação e proibição.

Este modelo organizacional estabelece quais os componentes que formam uma organização e como eles podem contribuir para o Sistema Multiagentes.

Assim como no modelo Moise, o Moise⁺ apresenta uma visão centrada na organização e considera três formas de representar as restrições organizacionais, ou seja, através dos papéis, planos e normas.

Conforme a Figura 3.8, o modelo Moise⁺ trabalha com a organização de um Sistema Multiagentes baseado em três dimensões: a estrutura ou especificação estrutural (papéis), o funcionamento ou estrutura funcional (planos globais) e as normas ou especificação deontica (obrigações) da organização.

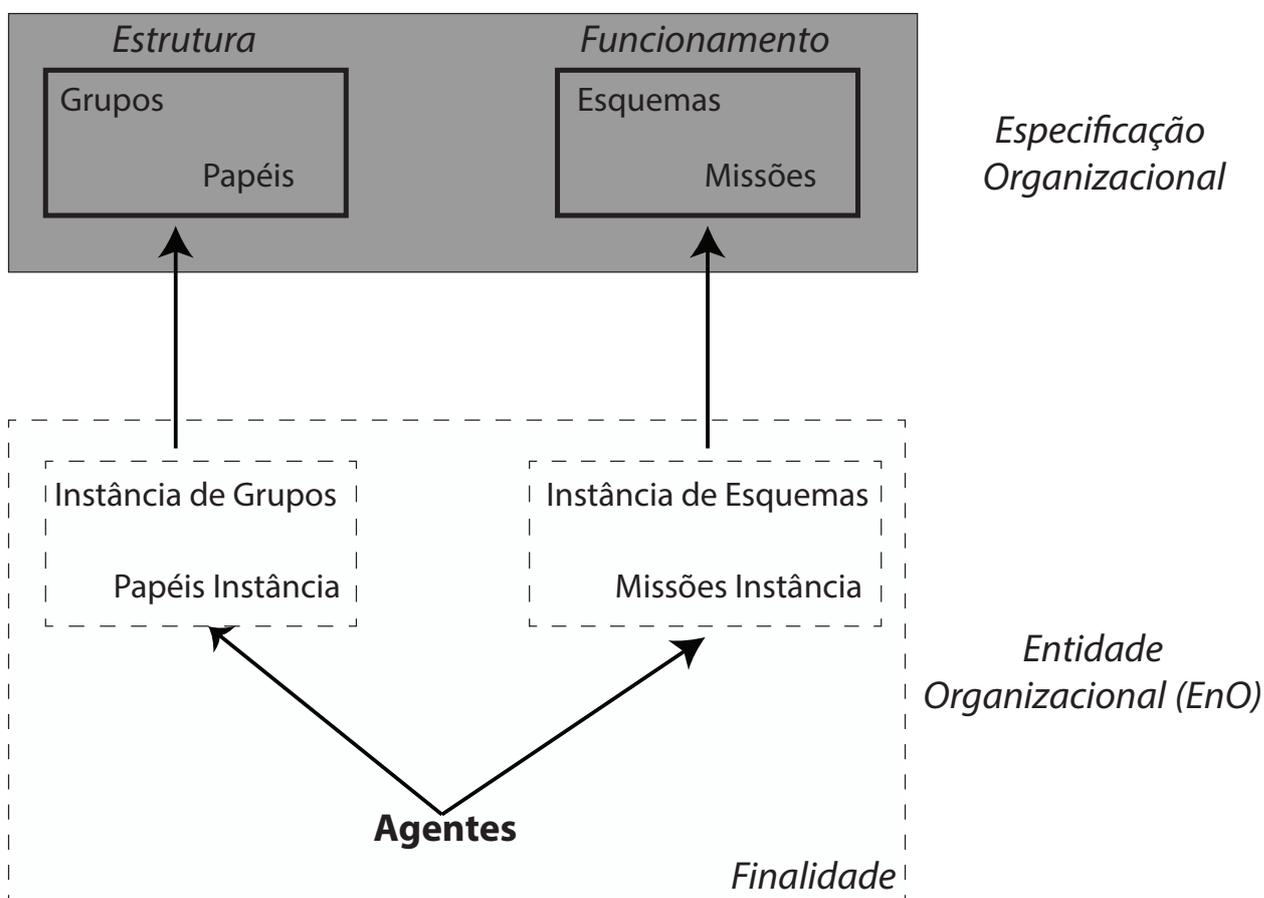


Figura 3.8 – Modelo Moise⁺.

Fonte: Autoria Própria

A **especificação estrutural** (EE) do modelo Moise⁺ é baseada em três conceitos principais, denominados papéis, relações entre papéis e grupos, os quais são utilizados para construir respectivamente os níveis individual, social e coletivo, conforme [Hubner, Sichman e Boissier 2002]. Os três conceitos serão descritos a seguir.

- **Papéis (Ep):** é um conjunto de restrições comportamentais que um agente

aceita ao entrar em um grupo. Há dois tipos de restrições comportamentais para Hubner, Sichman e Boissier (2002):

- aquelas que um papel confere a um agente em relação a outro agente;
- obrigações para tarefas comuns.

O papel tem como principal objetivo ser o elo de ligação entre o agente e a organização.

- **Ligações e Compatibilidades - Nível Social:** enquanto a relação de herança não tem efeito direto no comportamento dos agentes, no nível social, os papéis estão relacionados a outros papéis representando restrições impostas às interações de um papel com outro.

O primeiro tipo de restrição entre papéis são as ligações, visto que limitam o comportamento dos agentes, depois que eles assumem um papel.

- **Grupos (Eg) - Nível Coletivo:** os papéis somente tornam-se coletivos se estiverem dentro de um grupo. Um grupo representa um conjunto de agentes com afinidades maiores e objetivos mais próximos.

O grupo se diferencia de uma sociedade por agir como se fosse um único agente cujo comportamento é direcionado a objetivos comuns.

Uma especificação de grupo consiste:

- dos papéis que podem assumir no grupo;
- dos subgrupos que podem ser criados dentro do grupo;
- de ligações que são válidos para os agentes do grupo;
- de compatibilidade que são válidas para os agentes do grupo;
- de cardinalidades que determinam a boa formação do grupo.

Já a **especificação funcional (EF)** do modelo Moise⁺ é constituída por um conjunto de esquemas sociais, além de uma relação de preferência entre missões. A especificação funcional é um par de elementos que possui os esquemas sociais e a relação de preferência entre missões desse esquema.

A noção fundamental para os esquemas sociais e principalmente para a especificação funcional é a ideia de **metas globais**, cuja função é representar um estado de mundo que é desejado pelo Sistema Multiagentes.

A cada meta global é associado uma combinação de três valores:

- nível de satisfação: indica se a meta já foi atingida ou não e se ela é impossível

de ser alcançada.

- nível de alocação: indica se já existe ou não algum agente comprometido a satisfazer a meta.
- nível de ativação: indica se as pré-condições necessárias para que a meta seja satisfeita estão presentes.

Os principais conceitos relacionados com as metas globais são:

- **Missões - Nível Individual:** é um conjunto de metas globais que podem ser atribuídas a um agente através de seus papéis. O agente é responsável pela satisfação de todas as metas dessa missão.
- **Esquema Social (Es) - Nível Coletivo:** é uma árvore de decomposição de metas globais onde a raiz é a meta do esquema social. A decomposição de metas é feita por meio de planos que indicam a forma de satisfazer uma meta. Um esquema social é definido por uma tupla de cinco pares que são:

- conjunto de metas;
 - conjunto de planos que constrói a árvore;
 - conjunto de missões;
 - uma função que determina o conjunto de metas de cada missão;
 - uma função que determina o número de agentes.
- **Preferências entre missões:** em alguns casos é necessário estabelecer uma ordem de preferências entre missões.

A **especificação deôntica** (ED) tem como objetivo relacionar a especificação estrutural e a especificação funcional, em nível individual, tornando-se necessário se ter uma terceira especificação que será responsável por estabelecer quais missões que um papel tem permissão ou obrigação de se comprometer.

É representada por uma tupla que inclui um conjunto de permissões e um conjunto de obrigações, onde:

- permissões: determina que um agente possui um determinado papel;
- obrigação: estabelece que um agente possui um determinado papel e é obrigado a se comprometer com a missão.

A **entidade organizacional** (EnO) é uma especificação organizacional, formada pelas especificações estrutural, funcional e deôntica, que não inclui os agentes,

pois tem um caráter mais abstrato onde os agentes são representados por papéis (Figura 3.8).

Uma EnO é formado pelos seguintes componentes:

- a finalidade da entidade;
- uma especificação organizacional;
- conjunto de identificadores dos agentes que pertencem a esta entidade;
- conjunto dos grupos criados e suas respectivas especificações de grupos;
- os papéis dos agentes nos grupos;
- o conjunto de ES criado e suas respectivas especificações;
- as missões dos agentes nos esquemas;
- o estado das metas dos esquemas.

Por não possuir uma visão centrada na organização, o modelo Moise⁺ possui duas noções centrais: uma **especificação organizacional** que um grupo de agentes adota formando uma **entidade organizacional** (EnO) para atingir uma finalidade.

3.3.6 Modelo MESSAGE

O modelo *Methodology for Engineering Systems of Software Agents* (MESSAGE), criado por Caire et al. (2001), apresenta a ideia de que uma organização é vista como um conjunto de agentes que trabalham de forma cooperativa afim de alcançar um objetivo.

O MESSAGE é baseado na Engenharia de Software Orientado a Agentes (ESOA) e por isso seus conceitos e notações são baseados em UML, permitindo analisar e projetar um Sistema Multiagentes. Os conceitos UML utilizados no MESSAGE são usados em nível detalhado, ou seja, eles são objetos com atributos e operações realizadas no método.

A maioria dos conceitos de entidade de nível de conhecimento MESSAGE baseia-se em categorias denominadas: entidade concreta, atividade e entidade de estado mental.

Os principais tipos de entidade concreta são:

- **Agente:** é uma entidade autônoma capaz de realizar alguma função útil.
- **Organização:** é um grupo de agentes que trabalham em conjunto para um ob-

jetivo comum. Pode-se dizer que uma organização é uma entidade virtual, no sentido de que o sistema não tem qualquer entidade computacional individual que corresponda a uma organização.

Possui relações de poder entre comportamentos e mecanismos de coordenação permitindo a interação com seus usuários.

- **Papel:** descreve as características externas de um agente em um contexto particular. Um agente pode ser capaz de reproduzir vários papéis e vários agentes que desempenham o mesmo papel.
- **Recurso:** é usado para representar entidades não autônomas.

Os principais tipos de atividades são:

- **Tarefa:** é uma unidade de conhecimento da atividade. A tarefa tem um conjunto de situações que descrevem a pré e a pós condições. Se a tarefa é realizada quando uma pré-condição é válida, então espera-se que a pós-condição seja assegurada quando a tarefa for concluída.
- **Interação e Protocolo de Interação:** similares ao da metodologia GAIA. Uma interação possui mais de um participante e um objetivo que os participantes devem alcançar de forma coletiva. Já o protocolo de interação define um padrão de troca de mensagens associado a uma interação.
- **Meta:** associa um agente com uma situação, onde essa situação é um nível de conhecimento análoga a um estado de mundo.

Se uma instância meta está na memória do agente, ou seja, é uma entidade de estado mental, o agente terá a intenção de trazer a situação referenciada pela meta.

O modelo de análise do MESSAGE define um conjunto de entidades e relacionamentos como:

- **Visão de Organização (VO):** mostra as entidades concretas no sistema e seu ambiente bem como as relações entre eles. Um relacionamento indica a existência de pelo menos uma interação envolvendo as entidades.
- **Visão de Metas e Tarefas (VMT):** mostra objetivos, tarefas, situações e a dependência entre eles. As metas e tarefas têm atributos, sendo possível serem ligadas por dependências lógicas para formar um grafo.
- **Visão de Agentes e Papéis (VAP):** tem o objetivo de trabalhar com os

agentes e papéis, na sua forma individual. Cada um utiliza esquemas apoiados por diagramas com suas características, objetivos, eventos, recursos, tarefas e regras de comportamento.

- **Visão de Interação (VI):** para cada interação entre papéis/agentes é mostrado os colaboradores, o motivador, as informações pertinentes, os eventos que desencadearam a interação e outros efeitos relevantes.
- **Visão de Domínio (VD):** mostra os conceitos específicos de domínio e a relação que são relevantes para o sistema em desenvolvimento.

3.3.7 Modelo LGI

O modelo *Law-Governed Iteration* (LGI), desenvolvido por Minsky e Ungureanu (2000), tem o objetivo de propor um mecanismo de coordenação e controle para sistemas heterogêneos e distribuídos. O modelo permite que um grupo de agentes distribuídos interajam uns com outros baseado em uma política de confiança chamada de mecanismo de política.

Esse mecanismo é baseado em quatro princípios:

- **Natureza local das leis:** onde as leis podem regular somente eventos locais em cada *home agent*, que é um agente que está sendo regulado pelas leis. Neste caso, as políticas de coordenação precisam ter seu cumprimento garantido, ou seja, regras de coordenação possuem um conjunto de regras de engajamento (políticas de coordenação) que precisam ser obedecidos por todos os participantes da atividade. A implementação desta política precisa garantir a aplicação dessa regra.
- **Descentralização do cumprimento:** significa que uma descentralização é necessária para verificar e garantir que a lei está sendo cumprida.
- **Políticas de Coordenação:** estas precisam ser formuladas explicitamente, pois torna-se difícil fazer com que grupos de agentes operem sob a mesma política se elas estão implícitas no código dos envolvidos.
- **Realizar o *deployment*:** é necessário realizar o *deployment* da lei de forma incremental.

Os agentes que interagem através desse mecanismo são governados por uma lei que especifica um conjunto de regras de engajamento. Essas regras são atividades

para vários tipos de eventos, como: mensagens enviadas, recebidas e obrigações.

3.3.8 Modelo OperA

O modelo organizacional *Organization per Agents* (OperA) foi desenvolvido por DIGNUM (2004) em sua tese de doutorado na Universidade de Utrech, a qual baseia-se em uma organização ou sociedade de agentes, ou seja, é como se fosse um protocolo abstrato que determina como os agentes de uma sociedade (SMA) devem agir com base em requisitos sociais.

O OperA é representado através de três modelos conceituais, conforme mostra a Figura 3.9:

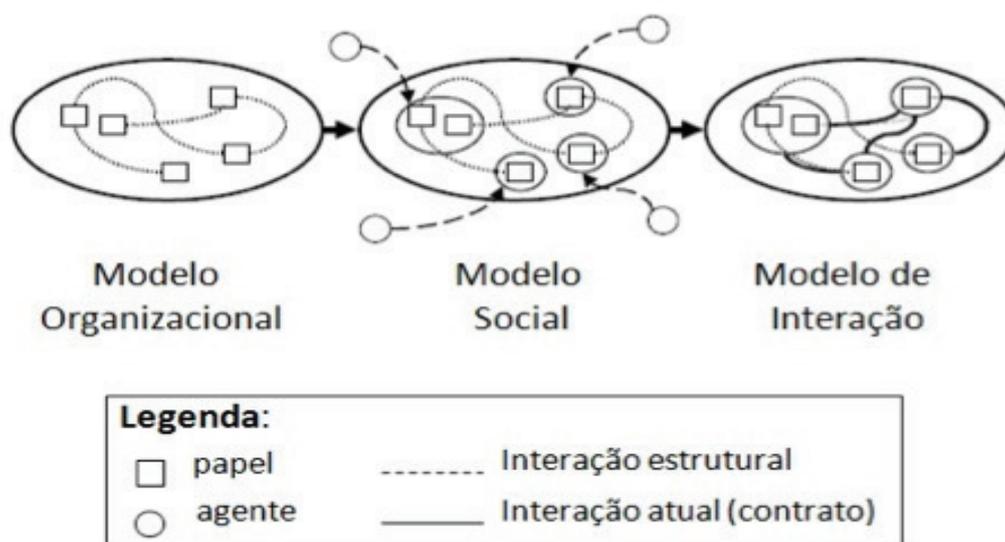


Figura 3.9 – Modelo OperA e seus modelos conceituais.

Fonte: DIGNUM (2004)

- **Modelo Social:** descreve os papéis dos participantes da organização bem como seus objetivos, grupos, dependências funcionais entre os papéis, direitos e obrigações, de forma que se consiga especificar as capacidades dos agentes e suas responsabilidades dentro da sociedade. Durante as definições dos papéis deve se abstrair os agentes individuais e passar a identificar objetivos e atividades que devem ser realizadas para atingir o objetivo final.

Existem dois tipos de papéis que serão exercidos pelos agentes da sociedade:

- **papel institucional:** que só podem ser assumidos por agentes internos

ligados à infraestrutura organizacional.

- **papel externo:** que são desempenhados por agentes desenvolvidos de modo independente da organização.
- **Modelo Interação:** define as possíveis interações entre os agentes da sociedade bem como as atividades conjuntas que devem ocorrer através das cenas, dos padrões de interação e das transições de cenas, onde:
 - **cenas:** são representações de interações específicas envolvendo papéis que trocam mensagens resultando na execução de certos objetivos relacionados aos papéis.
 - **padrões de interações:** consistem em uma ordenação de estados intermediários ou *landmarks* rumo a execução dos objetivos ligados a cena, as quais são especificados em contratos usando a *Logic for Contract Representation* (LCR).
 - **transições de cenas:** utilizadas para coordenar e sincronizar uma rede de cenas, que em conjunto caracterizam o comportamento global da organização, ou seja, define-se como os agentes podem trafegar entre as cenas por meio de relações de evolução de papéis, verificando se os contratos estabelecidos foram cumpridos.
- **Modelo Organizacional:** descreve a estrutura organizacional dos papéis e seus comportamentos, definindo as normas relativas a papéis e grupos (normas de papéis), cenas (normas de cena) e transição (normas de transição) onde:
 - **normas:** são especificadas utilizando expressões lógicas que podem exercer as normas características de permissão, obrigação ou proibição.
 - **normas de papéis:** especificam as regras de comportamento de um ou vários papéis, independente das cenas de interação nas quais participem.
 - **normas de cena:** descrevem o comportamento esperado dos papéis ou grupos de papéis no contexto da cena.
 - **normas de transição:** impõe limitações extras a papéis trafegando em cenas.

Todos esses três modelos comunicam-se através de uma linguagem de comunicação, de uma linguagem de representação de conhecimento e de uma ontologia.

4 MODELOS PARA A INTEGRAÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM E SISTEMAS MULTIAGENTES

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem permitem a busca de iniciativas para aprimorar o processo de aprendizagem dos alunos que realizam cursos a distância ou semi-presenciais com auxílio dos professores, tutores e coordenadores.

Atualmente, os AVAs apresentam uma carência em relação a característica que permitam uma maior flexibilidade, interatividade ou adaptabilidade conforme as necessidades dos atores envolvidos no processo. Um exemplo dessas carências seria o fato de um professor ou tutor não ser informado de tarefas pendentes, de entrega de trabalhos fora do prazo ou de postagens em fóruns não respondidas.

Com a utilização de técnicas de Inteligência Artificial as deficiências existentes podem ser sanadas ou minimizadas dentro dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem, fazendo com que os mesmos se tornem mais independentes do usuário. Isto só é possível porque a IA fornece várias técnicas que tornam o ambiente ainda mais autônomo, sendo capaz de indicar conteúdos conforme as dificuldades ou facilidades apresentadas pelos alunos, ter a capacidade de adaptação ao contexto bem como permitir a personalização do ambiente, aumentando o grau de interatividade entre os atores envolvidos no processo.

Uma das técnicas de Inteligência Artificial sugerida para ser integrada ao AVA são os Sistemas Multiagentes, cuja função é incorporar um grupo de agentes, que interagem entre si e atuam sobre um ambiente.

Com isso, surge a necessidade de se trabalhar com um conceito denominado de Ambientes Virtuais de Aprendizagem Inteligentes (AVAI), cuja a proposta é a utilização de um Sistema Multiagentes que ajude na interação de grupos e usuários existentes em um AVA.

AVAI, segundo DILLENBOURG et al. (1993), são Ambientes Virtuais de Aprendizagem em que são aplicadas técnicas de IA, ou seja, incluem uma situação para a solução de problemas educacionais, na qual um ou mais agentes ajudam os atores em tarefas ou conteúdos, monitorando suas aprendizagens e repassando informações aos atores responsáveis (tutor, professor ou coordenador).

O grande problema de trabalhar com AVAI se dá pela maneira como se dará a interligação de um SMA com os AVAs existentes no mercado e amplamente utilizados em diferentes Instituições de Ensino. Definir modelos e técnicas genéricas para isso

é de extrema importância para ampliar a utilização de SMA em AVA.

Nas próximas seções serão apresentados três possíveis modelos para essa integração.

4.1 O SMA como uma extensão do AVA

Neste modelo, utiliza-se um Ambiente Virtual de Aprendizagem já existente no mercado com sua respectiva base de dados e seus usuários previamente cadastrados (alunos, tutores, professores e coordenadores) que se conectam a esse AVA e tem contato direto com a interface gráfica do ambiente.

Com base no fato de que um AVA é um ambiente distribuído, onde vários atores cadastrados interagem entre si, de forma própria ou assíncrona, a ideia central do modelo é incorporar a esse ambiente um SMA com entidades autônomas (agentes inteligentes).

Esse Sistema Multiagentes é interligado com o AVA através do seu banco de dados, por um artefato (baseado em Hübner et al. (2010)) que irá permitir a manipulação dos dados (Figura 4.1).

Para o desenvolvimento desse SMA é necessário a utilização de um ambiente de implementação de agentes, como o Jason, JADE, JADEx ou JacaMo.

Este modelo adiciona à arquitetura do AVA uma extensão com uma nova camada inteligente, que possui uma sociedade de agentes que será capaz de monitorar, realizar ações e buscar informações no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

Sendo assim, o Sistema Multiagentes passa a funcionar com uma extensão do AVA, visto que o mesmo pode ser acessado e configurado dentro da própria interface do Ambiente Virtual escolhido. Pode-se dizer que nesse modelo, a camada que permitirá o acesso e a configuração do SMA será um bloco do próprio ambiente, ou seja, um componente que pode ser inserido e posicionado em qualquer página do curso ou disciplina.

Dentro do Sistema Multiagentes devem ser definidos os tipos de agentes necessários para realizar a proposta de solução de problema em questão a ser resolvido e as responsabilidades desses agentes bem como se dará a comunicação desse SMA com o AVA, o que normalmente fica a cargo do ambiente de implementação do SMA utilizado.

Esse SMA pode ser formado por um conjunto de papéis, os quais precisarão

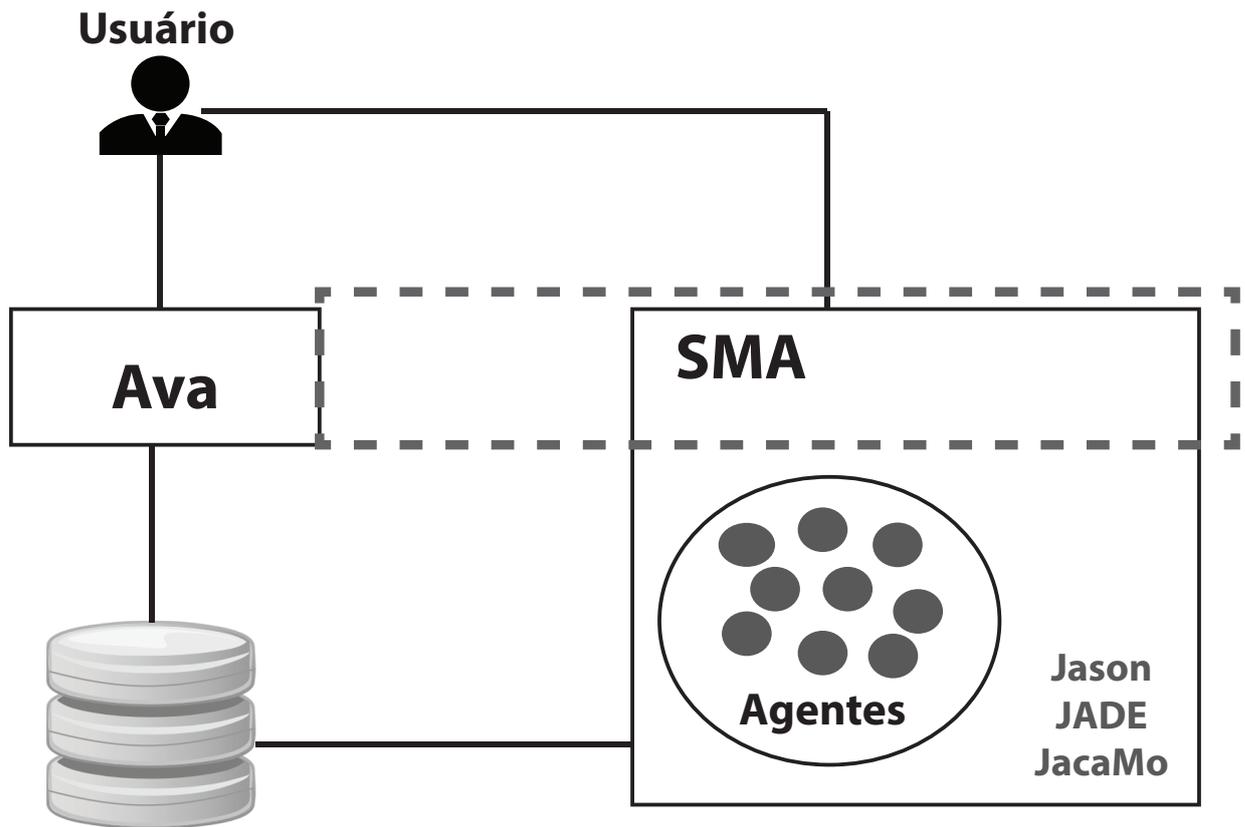


Figura 4.1 – Modelo - Um SMA como uma extensão do AVA.
Fonte: Autoria Própria

ser previamente definidos e que agentes assumirão tais papéis. Esses papéis terão suas respectivas responsabilidades, definidas pelo desenvolvedor ou aprendida ao longo das interações.

Cada agente dessa sociedade possuirá um conjunto de regras próprias (como comportamentos, proibições, ações, deliberações, etc) que podem ser definidas através de um módulo implementado para o AVA, as quais podem ser estipulados por papéis com hierarquias mais altas, como por exemplo, um coordenador que irá estipular as regras para um ou mais professores.

Com isso, o SMA passa a interagir com a base de dados do AVA e consequentemente com o próprio ambiente, executando as regras, realizando interações estabelecidas e fazendo alterações nas regras ao longo da execução e utilização do modelo.

4.2 Ambientes de Implementação de SMA

Nesta subsecção serão apresentados os principais ambientes de implementação para Sistemas Multiagentes, como o JADE, Jason e JacaMo.

4.2.1 JADE

A plataforma (*Java Agent DEvelopment Environment*) (JADE) é uma ferramenta para o desenvolvimento de Sistemas Multiagentes sob licença de software *GNU Lesser General Public Licence* (LGPL).

Essa ferramenta foi implementada na linguagem JAVA, permitindo a simplificação da implementação e é compatível com as especificações *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA), que estabelecem a comunicação entre os componentes do SMA, o ciclo de vida dos agentes que o compõem e seus serviços necessários.

Utilizar JADE permite que a plataforma onde agentes estão rodando seja distribuída por várias máquinas, e estes podem transitar livremente de uma máquina para outra. Isto só se torna possível porque a plataforma funciona baseado em JAVA, o que permite que possam rodar distribuídamente em várias máquinas que possuam diferentes sistemas operacionais.

Através dessa plataforma desenvolve-se o Sistemas Multiagentes, sendo possível criar agentes, adicionar comportamentos aos mesmos e fazê-los trocar mensagens em um formato específico (formato FIPA-ACL). Os comportamentos de um agente são definidos pelo programador e podem ter desde características sequenciais até paralelas. Cada agente é uma *thread* (processo concorrente) executado.

De acordo com Bellifemine et al. (2008) plataforma JADE se baseia nos seguintes princípios:

- **Interoperabilidade:** está em conformidade com as especificações FIPA, possibilitando que os agentes possam se comunicar com outros que não estejam executando em ambiente de execução JADE.
- **Uniformidade e Portabilidade:** provê aplicações com um conjunto homogêneo de *Application Programming Interfaces* (APIs) que são independentes da estrutura subjacente e da versão JAVA.
- **Facilidade de Uso:** a complexidade do *middleware* é ocultada por trás de

um simples e intuitivo conjunto de APIs.

- **Filosofia *Pas-you-go*:** programadores não são obrigados a usar todas as características providas pelo *middleware*. Aquelas que não serão utilizadas não requerem nenhum tipo de conhecimento a respeito por parte do programador, nem adiciona qualquer sobrecarga computacional.

Arquitetura JADE é composto por elementos importantes onde pode-se ver que a plataforma oferece um ambiente de execução aos agentes, denominado de container, bibliotecas para o desenvolvimento de agentes e ferramentas de apoio.

Ainda de acordo com Bellifemine et al. (2008), a arquitetura de cada processador ou *host* possui diversos agentes JADE rodando, formando um conjunto de container que possivelmente podem estar distribuídos pela rede. O conjunto de todos os containers é chamado de plataforma e é esse todo que provê uma camada homogênea que fica oculta completamente dos agentes (a partir da aplicação).

A execução da plataforma JADE ocorre no *main container* de uma plataforma, onde os outros *host* que possuem os demais containers devem apenas possuir os arquivos necessários para execução da plataforma.

No container principal, localizado no Host 1, estão hospedados dois agentes especiais:

- **AMS (*Agent Management System*):** é responsável por garantir a unicidade de nomes de agentes na plataforma e pelo ciclo de vida de agentes nos containers secundários. De acordo com a especificação FIPA, cada agente JADE é identificado por um Agent Identifier (AID), que o distingue dos demais na plataforma;
- **DF (*Directory Facilitator*):** oferece um serviço de páginas amarelas, onde os agentes podem procurar serviços ofertados por outros agentes para atender suas necessidades.

Além disso, nesse container principal temos o registro *Remote Method Invocation Registry* (RMI). Esse registro é um servidor de nomes que o JAVA usa para registrar e recuperar referências a objetos através do nome.

A comunicação adotado no JADE é o de troca de mensagens de forma assíncrona. Cada agente possui uma caixa de entrada onde o container insere as mensagens recebidas de outros agentes. Cada vez que uma mensagem é postada na fila o agente receptor é notificado.

A decisão de utilizar ou não a mensagem na fila e o momento que isso ocorre fica a cargo da implementação do comportamento no agente. As mensagens trocadas pelos agentes JADE seguem o formato da linguagem ACL.

Para compor uma mensagem, os principais elementos são: o remetente da mensagem; a lista de destinatários; a intenção da mensagem, o conteúdo propriamente dito, a linguagem utilizada para expressar o conteúdo, sendo necessário que ambos os lados da comunicação estejam aptos para a linguagem escolhida e a ontologia utilizada nas mensagens.

O agente suspende a execução do respectivo comportamento e só coloca novamente na fila de execuções quando alguma mensagem chegar para o agente, dando oportunidade para os demais comportamentos serem executados.

4.2.2 Jason

A plataforma *A Java-based AgentSpeak Interpreter Used with Saci For Multi-Agent Distribution Over the Net* (Jason) foi desenvolvida por Jomi Hübner e Rafael Bordini e dividida em duas partes: a plataforma em si, que é um software livre e aberto desenvolvida na linguagem JAVA, e a linguagem para programação de agente, denominado de linguagem *AgentSpeak(L)*. A plataforma tem a finalidade de desenvolver agentes BDI baseadas num interpretador da linguagem *AgentSpeak(L)*.

Com a junção dessas duas partes é possível implementar a semântica operacional de uma versão estendida da linguagem *AgentSpeak(L)*, fornecendo uma infra-estrutura para o desenvolvimento de Sistemas Multiagentes com uma série de características customizáveis pelo usuário.

A linguagem *AgentSpeak(L)* foi projetada somente para programação de agentes BDI, sendo uma extensão da programação em lógica. De acordo com o que foi apresentado em Bordini (2003), na *AgentSpeak(L)* um agente corresponde à especificação de um conjunto de crenças que formarão a base de crenças inicial e um conjunto de planos.

Um Sistema Multiagentes que é desenvolvido na ferramenta Jason, possui um ambiente onde os agentes estão situados e um conjunto de instâncias de agentes *AgentSpeak(L)*. A plataforma Jason possui os seguintes recursos, segundo Bordini (2003):

- negação forte (*strong negation*): é possível construir sistemas que consideram mundo fechado (*closed-world*) e mundo aberto (*open-world*);
- tratamento de falhas em planos;
- comunicação baseada em atos de fala (incluindo informações de fontes como anotações de crenças);
- anotações em identificadores de planos, que podem ser utilizados na elaboração de funções personalizadas para seleção de planos;
- suporte para desenvolvimento de ambientes (que normalmente não é programado em AgentSpeak(L));
- possibilidade de executar o SMA distribuídamente em uma rede;
- possibilidade de especificar, em JAVA, as funções de seleção de planos, as funções de confiança e toda a arquitetura do agente (percepção, revisão de crenças, comunicação e atuação);
- possui uma biblioteca básica de ações internas;
- possibilita a extensão da biblioteca de ações internas.

Na arquitetura Jason, um agente compreende as especificação de um **conjunto de crenças**, ou seja, a sua base de conhecimento que formará a base de crenças inicial (expressam o que o agente acredita ser verdade no momento), uma lista de objetivos e um conjunto de planos.

Para que seja possível armazenar todas as crenças dos agentes, a plataforma possui uma estrutura denominada **base de crenças** (*belief base*) com uma coleção de literais. Um literal é um predicado sobre um estado do ambiente ou sua negação.

Além de um conjunto de crenças, a arquitetura Jason trabalha com a especificação do agente em *AgentSpeak(L)*, onde a arquitetura consiste em:

- **Objetivos:** é a parte mais importante durante a construção de um Sistema Multiagentes, o qual se divide em dois tipos:
 - **objetivos de realização (*Achievement Goal*):** que determinará o que o agente fará, indicando os estados que o agente quer alcançar.
 - **objetivos de teste (*test goals*):** que retornam o resultado da unificação do predicado de teste com uma das crenças do agente.
- **Planos:** é a biblioteca de planos do agente, onde cada plano consiste num conjunto de ações para atingir um objetivo. A cada ciclo de raciocínio será

escolhido um novo plano a ser executado, a fim de atingir seus objetivos, podendo alterar seu ambiente.

Segundo Bordini (2003), o interpretador Jason executa os agentes com as características citadas acima, baseado em um ciclo de raciocínio dos agentes dividido em dez etapas (conforme mostra a Figura 4.2).

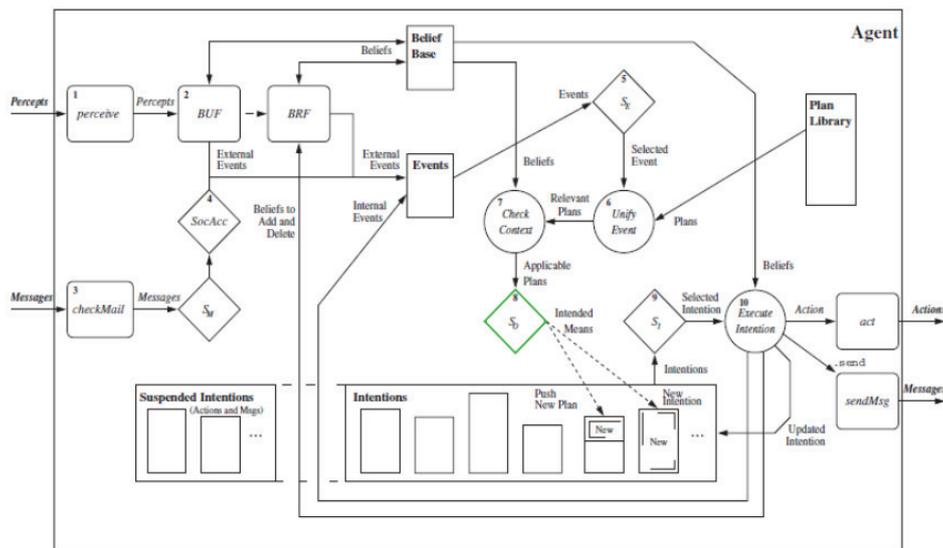


Figura 4.2 – Ciclo de raciocínio da Plataforma Jason.
Fonte: Bordini (2003)

Os primeiros quatro passos são relacionados à atualização da base de crenças do agente com informações percebidas a partir do ambiente ou comunicadas por outros agentes, conforme podemos observar a seguir:

1. No passo 1 (Perceber o ambiente), o interpretador verifica as modificações ocorridas no estado do ambiente através de sensores em sua arquitetura. As alterações são armazenadas de forma simbólica em uma lista de literais, onde cada item é uma percepção (*percept*), representando simbolicamente uma propriedade do estado atual do ambiente.
2. O segundo passo (Atualizar crenças), temos um dado p , que representa o conjunto das atuais percepções feitas no passo 1, e bc , o conjunto dos literais na base de crenças do agente, o interpretador atualiza a base de crenças adicionando todo literal l ausente em bc mas presente em p e removendo todo literal l presente em bc mas ausente em p .
3. O passo 3 (Receber mensagens de outros agentes), verifica se novas mensagens foram entregues ao agente verificando sua caixa de entrada, que nada mais é

que uma lista das mensagens endereçada ao agente.

4. O passo 4 (Selecionar mensagens “socialmente aceitáveis”) consiste na verificação se a mensagem escolhida para processamento no passo 3 é aceitável ou não pelo agente.

Segundo Bordini (2003), os demais passos são relacionados com a interpretação do programa propriamente dito, o que normalmente inicia com a seleção de um evento (passo 5) para o tratamento no restante do ciclo de raciocínio. Para cada evento selecionado, o passo 6 começa a ser executado, onde primeiro são identificados os planos relevantes (planos cujo evento ativador unifica com o evento que está sendo tratado). Com os planos identificados, é necessário verificar se o conjunto de crenças associado ao plano é verdadeiro com base nas informações que o agente possui. Caso positivo, o plano é dito aplicável (passo 7).

A seleção do plano a ser executado é realizada no passo 8 (Selecionar um plano aplicável), através de uma função customizável pelo programador.

Os últimos dois passos do ciclo de raciocínio do agente são relacionados com a seleção de uma intenção (passo 9) para a execução e com isso, executar o décimo passo (Executar um passo da intenção). Tipicamente, o agente pode ter várias intenções pendentes para executar, visto que a cada ciclo de raciocínio, no máximo uma fórmula de uma das intenções é executada.

O mecanismo de comunicação, dentro da plataforma Jason, trabalha com a linguagem *AgentSpeak(L)* possibilitando a troca de crenças, regras de inferência e planos usando comunicação baseada em atos de fala. Porém, essa plataforma, não possui mecanismos para o compartilhamento de pacotes de conhecimento entre os agentes, ou seja, se um agente Jason necessita de múltiplas estruturas (sejam elas planos, crenças ou regras) para realizar uma tarefa, é preciso identificar quais são as estruturas necessárias e gerenciar o envio de múltiplas mensagens de requisição de conhecimento.

4.2.3 JaCaMo

O projeto JaCaMo é uma plataforma para o desenvolvimento e programação de Sistemas Multiagentes sofisticados que combina três tecnologias (conforme Figura 4.3):

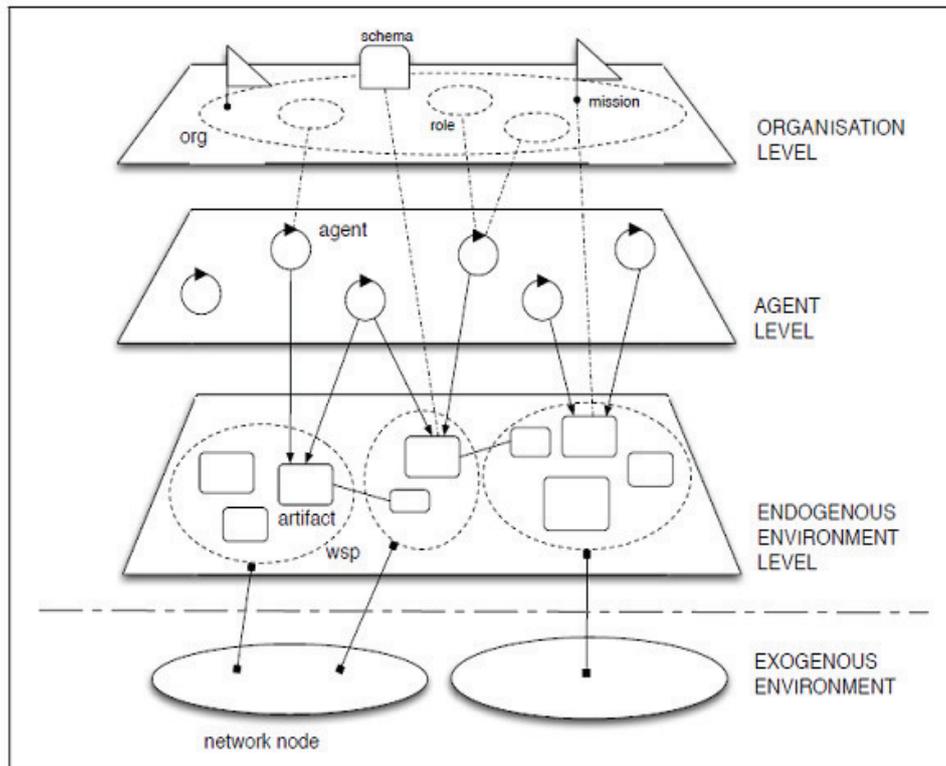


Figura 4.3 – Arquitetura da Plataforma JaCaMo
Fonte: Project (2005)

- **Moise:** permite a definição de uma organização de um Sistema Multiagentes;
- **Jason:** permite a programação de agentes autônomos, no modelo BDI, organizados pelo Moise;
- **Cartago:** permite a criação de artefatos que podem ser compartilhados e distribuídos, garantindo que os agentes trabalhem em conjunto.

Trabalhar com essas três tecnologias permite que o JaCaMo atenda a todos os níveis de abstração que são necessários para o desenvolvimento do SMA, focando na relação semântica a fim de obter um modelo de programação uniforme e consistente.

O JaCaMo serve de base para inserção dos aspectos relacionados ao ambiente e à organização, onde essas três tecnologias independentes que compõem o JaCaMo (Figura 4.3) tem seu próprio conjunto de abstrações de programação, ou seja, são implementados separadamente através de cada uma das tecnologias e através do JaCaMo conseguem integrar utilizando um meta-modelo, cujo o objetivo é definir as dependências, as conexões e os mapeamentos conceituais entre as diferentes abstrações disponíveis nas três tecnologias utilizadas.

Os agentes que compõem o SMA utilizam a arquitetura BDI, a qual é padrão da ferramenta Jason, onde um agente é uma entidade composta por um conjunto de

crenças, que representa o estado e o conhecimento sobre o ambiente do qual ele está inserido, um conjunto de metas, que correspondem às tarefas que o agente tem de realizar ou alcançar, e um conjunto de planos que são ações e eventos que os agentes devem realizar para alcançar metas.

As instâncias do ambiente Cartago é composto por uma ou mais entidades denominadas de *workspace*, as quais são formadas por um determinado conjunto de artefatos que fornecem um conjunto de operações e propriedades observáveis. Já as descrições das funcionalidades dos artefatos são representadas por um manual.

Em relação ao meta-modelo organizacional Moise é definido a especificação estrutural das entidades do grupo e dos papéis bem como a definição da estrutura dos diferentes grupos de agentes e sub-grupos da organização. Além disso, utiliza uma especificação funcional, que é representada por um esquema social, por uma missão e pelas entidades objetivas, e uma especificação normativa, que é definida por meio de uma entidade norma que liga papéis nas missões, restringindo o comportamento do agente quando ele entra em um grupo.

O modelo de programação utilizado pelo JaCaMo é chamado de JaCa, o qual projeta e programa um conjunto de agentes que trabalham e cooperam dentro de um ambiente comum.

4.3 O SMA interligado a um AVA por um script

Neste modelo utiliza-se um Ambiente Virtual de Aprendizagem já existente no mercado com sua respectiva base de dados e os usuários previamente cadastrados (alunos, tutores, professores e coordenadores) que se conectam a esse AVA através de sua interface gráfica disponibilizada na Web.

A ideia central desse modelo é integrar um SMA diretamente com o AVA utilizando um script desenvolvido através de uma linguagem de marcação ou de uma linguagem natural como por exemplo, a linguagem XML.

A função do script nesse modelo é permitir a integração entre esses dois sistemas (AVA e SMA) gerando a comunicação e a troca de informação diretamente com o AVA. Sendo assim, o acesso ao banco de dados ficará sobre a responsabilidade da aplicação que executa o script (Figura 4.4).

A escolha da linguagem de marcação para a criação do script deve ser realizada de acordo com o Ambiente Virtual de Aprendizagem escolhido, ou seja, qual

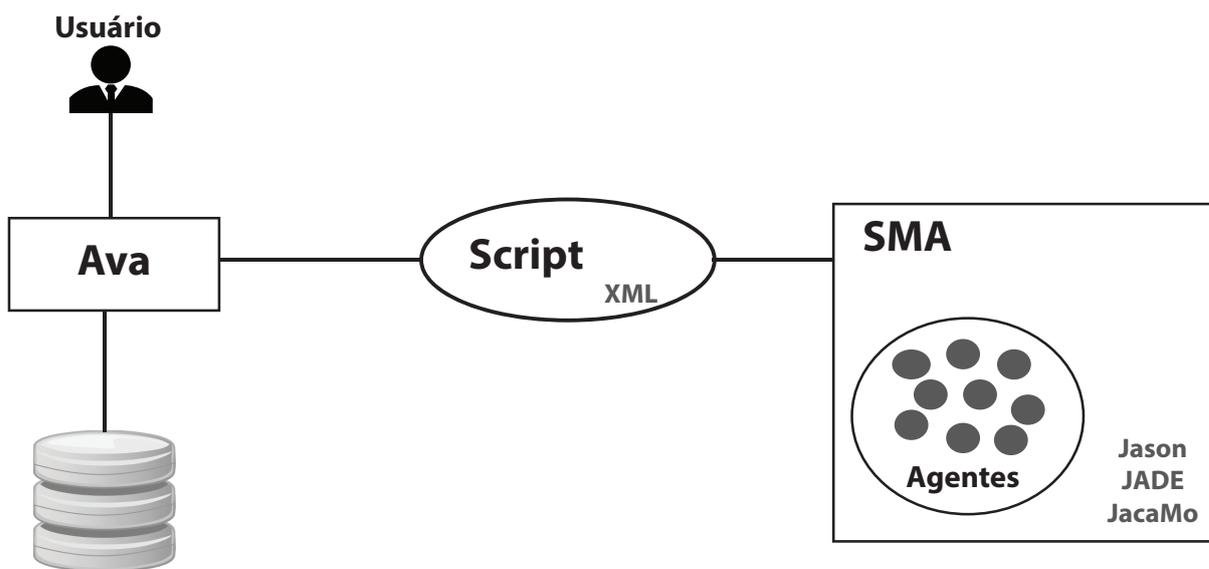


Figura 4.4 – Modelo - Um SMA interligado a um AVA por um script.

Fonte: Autoria Própria

dessas linguagens é aceita pelo AVA, como por exemplo, o AVA MOODLE, aceita a leitura de arquivos com especificações em XML e SCORM.

Utilizar essas linguagens de marcação como forma de script permitem que o SMA, quando o script é executado, se adapte as condições do AVA que o executa, além de obter as informações e realizar ações de uma forma mais rápida, visto que as linguagens de marcação podem contribuir com diversos aspectos quando aplicados para sistema com foco em Web, como é o caso dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem.

Além disso, as linguagens de marcação assim como AVA são ferramentas disponíveis na Web, que permitem a criação de novas *tags* e ajudam nas questões relacionadas a hierarquia de papéis que será útil durante a formalização desse modelo.

Sendo assim, esse modelo trabalha de forma que o SMA seja um apêndice do AVA, o qual é intermediado por um script que seja capaz de realizar a troca de informações e ações entre esses dois tipos de ambiente.

A interface para a configuração desse script e do SMA é disponibilizada numa interface ou página Web que gera um arquivo baseado na linguagem de marcação escolhida.

Para o desenvolvimento do SMA, assim como no modelo anterior, utiliza-se um ambiente de implementação de agentes (como o Jason, JADE ou JaCaMo). No SMA, devem ser definidos os tipos de agentes e as responsabilidades atribuídas a

cada um deles. Os agentes de SMA podem ser formados por um conjunto de papéis com responsabilidades, proibições, crenças entre outros aspectos.

A comunicação desse SMA com o AVA, intermediado pelo script, fica sobre responsabilidade do ambiente de implementação de agentes escolhido.

A vantagem desse modelo em relação ao primeiro está no fato desse poder ser aplicado a qualquer AVA que aceite a linguagem do script, permitindo levar questões de portabilidade e de reutilização. Ainda é possível, que outros desenvolvedores, expandam o script conforme as necessidades específicas de um Ambiente Virtual de Aprendizagem.

4.4 O Modelo Híbrido

O terceiro modelo, denominado de Modelo Híbrido, funciona utilizando as duas técnicas exemplificadas nos modelos anteriores, que trabalham com o modelo de um SMA interligado a um AVA por um script e com um modelo de um SMA como uma extensão do AVA (Figura 4.5).

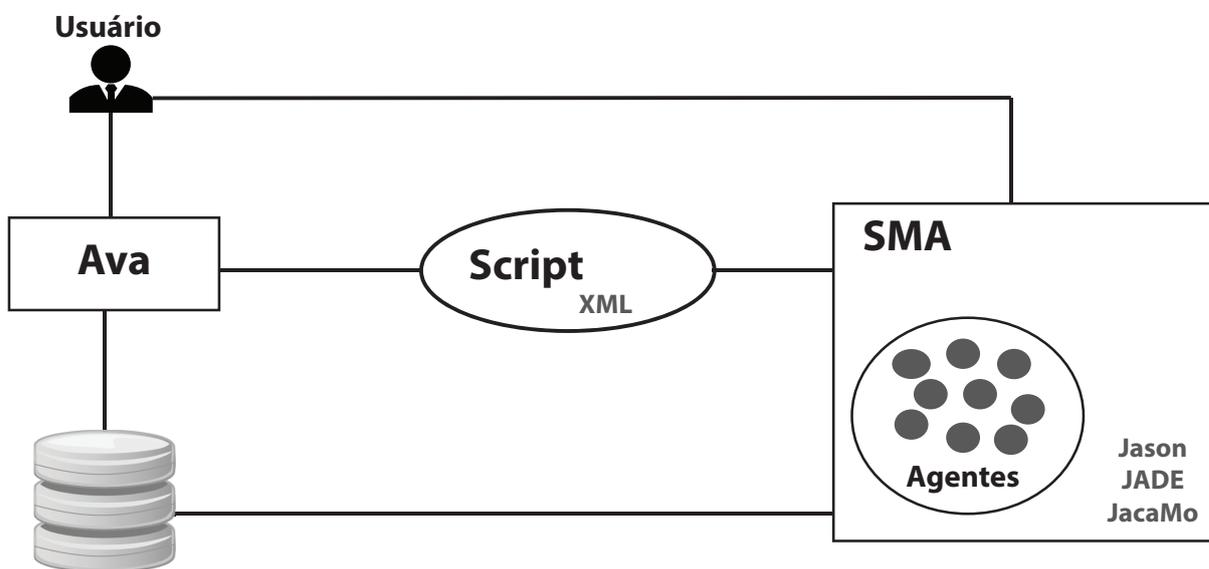


Figura 4.5 – Modelo Híbrido.
Fonte: Autoria Própria

Este modelo também utiliza um Ambiente Virtual de Aprendizagem já existente no mercado com a sua respectiva base de dados e usuários já cadastrados que acessam o AVA por sua interface Web.

Para a integração com o SMA, esse modelo permite que a mesma ocorra de

duas formas:

- O SMA conecta-se diretamente com a base de dados do AVA para buscar alguma informação ou realizar alguma ação. Neste caso o SMA passa a ser considerado uma extensão do AVA.
- O AVA conecta-se ao SMA através de um script que será responsável por intermediar essa comunicação ou integração. Neste caso o SMA passa a ser considerado um apêndice do AVA.

O SMA segue a ser desenvolvido através de uma linguagem para a implementação de Sistemas Multiagentes, que permite criar agentes, excluir agentes, interpretar suas ações e permitir a transferências de agentes, sendo possível assim que o SMA possa ter por base o comportamento social do grupo, ou seja, nas ações e interações dos agentes que compõem a sociedade, levando em conta o conceito da natureza sociológica/etológica no qual baseia-se o ensino por cooperação, como é o caso do AVA.

A decisão dos agentes que compõem esse sociedade é que define qual das técnicas utilizar para interagir com o Ambiente Virtual de Aprendizagem com base nas ações que os mesmo devem realizar.

5 TEORIA DE SISTEMAS JURÍDICOS DE KELSEN

Incorporar aos SMA e aos AVA bem como trabalhar com a normatividade dentro de sistemas sociais humanos (conforme Capítulo 4) ainda é um desafio existente dentro da área da Inteligência Artificial. Porém utilizar essas noções normativas, como a obrigação, dever e proibição, facilitará a concepção bem como a especificação de sistemas de computação, tornando-os mais autônomos.

Baseado nessa questão, esse capítulo tem como principal objetivo apresentar as questões relacionadas a normatividade baseado na Teoria de Sistemas Jurídicos proposto por Hans Kelsen.

Hans Kelsen foi um dos mais importantes juristas e filósofos austríaco do século XX, deixando um vasto legado teórico/literário, do qual se destacam as suas obras: Teoria Pura do Direito (*Pure Theory of Law*) Kelsen (2009) e Teoria Geral das Normas (*General Theory of Norms*) Kelsen (1986).

Na obra Teoria Pura do Direito, Kelsen busca desenvolver uma teoria científica do direito, definindo a ciência jurídica como um campo de estudo onde o principal foco são as normas jurídicas positivas. Já na obra Teoria Geral das Normas, Kelsen trabalha com a possibilidade de tratamento lógico das normas.

A seguir serão abordadas temas importantes, tratados por Kelsen em relação as normas jurídicas e os sistemas jurídicos, baseados nestas duas obras.

5.1 Normas

O ponto de partida da Teoria Pura do Direito, de Kelsen, é a ideia de conceito de uma lei, onde uma lei não lida diretamente com eventos reais e sim como um agregado de normas, como uma ordem normativa.

Uma norma é algo que deveria existir ou ser feito para que se adquira um sentido objetivo de **dever/ser** destacando seu caráter imperativo, tanto de imposição como de proibição e outras funções deonticas.

Dentro das inúmeras classificações possíveis, em Kelsen (2009), destacam-se dois tipos de normas que se referem à generalidade ou a individualidade e a relação com as suas funções.

A **norma individual** prescreve um comportamento ou conduta única e individualmente obrigatória. A caracterização de uma norma individual não se dá

apenas pela identificação ou a determinação, sendo necessário um destinatário que determine a sua conduta.

Um exemplo de norma individual: *Juiz condena alguém a pagar uma quantia a outro alguém.*

Uma norma individual tem caráter individual, mas ela poderá também ser aplicada a um conjunto de agentes e não apenas a um único agente.

Já uma **norma geral** determina uma conduta universal que é posta como devida. Para isso, é necessário identificar o destinatário e fixar como devido em um comportamento não individualizado.

Uma norma geral não obriga o comportamento desejado, mas motiva e direciona (através da imputação como veremos ao longo desse texto) o agente para uma decisão desejada do comportamento prescrito.

Um exemplo de norma geral: *Todos os ladrões devem ser condenados a prisão.*

Tanto a norma individual quanto a geral são independentes do número de agentes que estão sendo aplicados. Tudo dependerá se a norma é obrigatória ou não.

A norma não é direcionada a um agente mas as suas condutas em geral. A norma não estabelece um fim desejado, ou seja, o dever/ser da norma não se refere ao fim de uma conduta, quem determina o fim é o agente responsável por sua conduta.

Cada vez que uma norma é criada verifica-se o sentido do dever/ser, onde a primeira parte da norma destaca o que se deseja do outro e a quem ela foi imposta.

Além das normas gerais e individuais, as normas podem ser divididas em: normas de pensamento (ou seja, normas lógicas) e normas de atuação (ou seja, as normas morais e jurídicas).

5.2 Norma Jurídica

Uma norma jurídica (*Grundnorm*) determina como se comportar em determinadas condições, ou seja, se um comportamento e as relações sociais podem ser prescritas, proibidas ou autorizadas. Uma norma jurídica indica tanto uma conduta ou uma omissão de uma conduta que deve ser evitada pelos sujeitos agentes do sistema jurídico, quanto uma sanção que deve ser aplicada a um agente sujeito no caso do agente sujeito realizar a conduta.

Kelsen (2009) utilizou o termo norma jurídica para designar uma norma, ordem ou regra que funcione em um sistema jurídico, sendo necessário encontrar um ponto de partida ou origem para as leis, onde uma lei básica pode ser legitimada.

Normalmente uma norma jurídica é atribuída de forma hipotética, cuja sua importância está relacionada a:

- grande importância sobre a recursividade lógica em relação as normas superiores;
- existência de formas descentralizadas de governo e representações de ordem jurídica.

As normas jurídicas podem ser obrigatórias e não-obrigatórias, onde:

- **Obrigatórias - Peremptórias:** trabalham com imperativos, onde os sujeitos jurídicos não podem se comportar de maneira diferente.
- **Não obrigatórias - Provisórias:** permitem que os assuntos jurídicos sejam organizados por direito e deveres.

5.3 Tipos de Normas Jurídicas

Segundo Kelsen (2009), as funções da norma jurídica se dividem em normas de imposição, de permissão, de autorização e de derrogação.

- **Norma de imposição - Norma autônoma:** toda a proibição em uma norma dever/ser é vista como uma norma de imposição. Kelsen entende que proibir e obrigar fazem parte de uma mesma função normativa, ou seja, impor. A norma que proíbe uma conduta ordena a conduta contrária. Por exemplo: *É proibido matar, exceto em legítima defesa* é uma norma de imposição.
- **Norma de Permissão - Norma não autônoma:** é caracterizada pela proibição de se impor ou de proibir uma certa conduta. Essa norma pode ser confundida com a norma de imposição.

Uma permissão é pressuposta na ausência de obrigação. Por exemplo: *É permitido matar em caso de legítima defesa* é uma norma de permissão.

A permissão positiva é a função que mais se aproxima da derrogação.

- **Norma de Autorização - Norma não autônoma:** confere a um agente o poder de estabelecer e aplicar normas.

- **Norma de Derrogação - Norma não autônoma:** é aquela que extingue a validade ou existência de outras normas. É uma norma que usa um não-dever/ser.

As normas jurídicas formam um sistema normativo que requer que os envolvidos estejam em conformidade com os modos de comportamentos declarados nas normas. Para isso, utiliza-se um sistema jurídico.

5.4 Sistema Jurídico

Um sistema jurídico é basicamente uma hierarquia de normas que pertencem a um conjunto interrelacionados. Cada norma é derivada de uma norma superior, cuja sua base é uma norma jurídica. Uma norma jurídica não é deduzida de qualquer outro elemento e sim assume uma hipótese inicial. Segundo Kelsen (2009), que elabora a teoria dos sistemas normativos, existem dois tipos de sistemas jurídicos:

- **Sistemas Jurídicos Estáticos:** constituído por normas que se deduzem uma das outras, tendo como base o seu conteúdo.
- **Sistemas Jurídicos Dinâmicos:** constituído por normas que se produzem umas por meio das outras, mediante uma relação de delegação de um poder superior a outro inferior.

Um sistema jurídico é uma estrutura que, em cada instante do tempo, é composto por:

- Um conjunto de normas jurídicas válidas, ou seja, um conjunto de instruções vinculadas e válidas, que implicam em obrigações, proibições e autorizações de conduta para os agentes do sistema;
- Um conjunto de possíveis atos jurídicos, ou seja, um conjunto de ações realizadas e, através do qual o conjunto de normas jurídicas válidas pode evoluir no tempo (através das criações de normas e derrogações), bem como as sanções que associadas ao impositivo das normas legais vigentes podem ser realizadas;
- Um conjunto de agentes sujeitos, ou seja, um conjunto de agentes que estão sujeitos às normas jurídicas do sistema legal;
- Um conjunto de agentes oficiais, ou seja, o sub-conjunto dos agentes sujeitos que estão legalmente autorizados a praticar atos jurídicos.

Podemos afirmar que um sistema jurídico, segundo Kelsen (2009), é um sistema dinâmico, composto por três elementos fundamentais:

- **Ordem jurídica:** é um tipo de ordem social que pode ser conceituada como a organização e o disciplinamento da sociedade, visando a não exploração de atos que venham prejudicar outro membro.

Para Kelsen (2009), uma ordem jurídica é uma estrutura resultante de conexões entre leis, tratados, contratos ou demais componentes de um sistema jurídico.

Para se ter essa estrutura é abordado por Kelsen, dois princípios:

- **Entrelaçamento:** as leis, os contratos, os tratados, as sentenças estão interligadas formando um todo harmônico.
- **Fundamentação ou Derivação:** funciona como agentes que são autorizados por atos jurídicos válidos.

Cada norma válida de uma ordem jurídica deve ser especificada em quatro domínios de validade:

- **Espaço e Tempo:** especificam o contexto em que a norma é aplicável.
 - **Destinatários e Condutas:** especificam os tipos de envolvidos (agentes) e os tipos de conduta que a norma se refere.
- **Órgão Jurídico:** funciona como agentes que são autorizados por atos jurídicos válidos.
 - **Ato Jurídico:** é uma performance de conduta pela qual os órgãos jurídicos, que executam a conduta, possam ter uma autorização válida para realizar a execução, ou seja, é um ato de vontade. Existem dois tipos principais de atos jurídicos:
 - **Criação de normas jurídicas:** adiciona uma norma jurídica a um determinado conjunto de normas. Por ser um sistema dinâmico, um sistema jurídico é auto-regulador, ou seja, ele mesmo determina a criação normativa sendo que essa norma jurídica é criada de modo já definida por outra norma existente. Uma condição importante para validação de normas jurídicas, segundo Costa (2013), é que as normas jurídicas são criadas apenas de forma legal, ou seja, através de atos jurídicos. Ainda para Costa (2013), para que haja o funcionamento de um sistema jurídico é necessário a criação de autorização, ou seja, as criações de normas atra-

vés de outros tipos de agentes que estão autorizados a executar certos tipos de condutas. Pode-se dizer que o processo de criação de uma norma jurídica é simultaneamente um processo de aplicação de normas. Todo o processo de aplicação da norma jurídica é simultaneamente a criação da norma, exceto quando a pressuposição da norma jurídica é da execução do ato coercitivo. Assim sendo, tirando os casos acima, todo ato jurídico e a aplicação de uma norma superior e a criação de uma norma inferior, regulamentada pela primeira.

- **Derrogação de normas jurídicas:** atua abolindo a validade de uma norma jurídica por outra norma, ou seja, remove essa norma a partir de um conjunto de normas. Uma condição importante para a derrogação, de acordo com Costa (2013), é que as normas jurídicas válidas estão isentas da ordem jurídica apenas de forma legal, ou seja, através dos atos jurídicos. Segundo Costa (2013), para o funcionamento de um sistema jurídico é necessário a derrogação de autorização, ou seja, a derrogação de normas através do qual certos tipos de agentes são desautorizados a executar certos tipos de conduta que foram previamente liberadas aos mesmos.

5.5 Validade das Normas Jurídicas

Para Kelsen (2009) a validade de uma norma jurídica traduz o modo de existência peculiar das normas, ou seja, uma norma só é válida se for um ato jurídico e que não tenha sido revogada por ela.

A validade, portanto, nada mais é que o nome da relação estabelecida entre normas dentro de um sistema jurídico, determinando uma propriedade de relações entre normas que independem de usuários ou da sua ligação a um comportamento que a norma exige.

Além disso, a validade de uma norma jurídica é justificada pela criação e entrada de uma norma no sistema jurídico. Sendo assim, uma norma será válida quando não contradizer a norma superior e que tenha ingressado em um sistema jurídico.

Para Kelsen (2009) a validade de uma norma jurídica está relacionada com o fato de haver uma norma que prescreva se uma conduta deve ou não ser feita.

Com a explicação de um conjunto de normas válidas de uma ordem jurídica, é possível definir três tipos de normas jurídicas e atos jurídicos:

- **Permissão Forte:** autoriza o ato de editar normas, impondo condutas a outras. Pode-se dizer que é a derrogação parcial ou uma proibição existente da conduta.
- **Permissão Fraca:** é aquilo que, embora não expressamente regulada por uma norma, tem por objetivo uma conduta admitida. Assim sendo, pode ser a falta de qualquer atualização, proibição, imposição ou permissão forte envolvendo essa conduta.
- **Direito Subjetivo:** é uma ação que é um reflexo do direito objetivo que determina a conduta de membros de uma sociedade observando as relações sociais.

6 MODELO ORGANIZACIONAL PARA SMA ORIENTADO À LEGISLAÇÃO

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar o desenvolvimento da formalização de um modelo organizacional para SMA que seja capaz de integrar aspectos legais, tornando o SMA orientado a legislação.

Por esse motivo, foi necessário os estudos realizados no Capítulo 3, onde foi apresentado um estudo sobre os principais modelos organizacionais para SMA, afim de subsidiar a escolha do melhor modelo organizacional para ser aplicado aos aspectos jurídicos. Ainda sobre os aspectos jurídicos, foi necessário realizar um levantamento sobre os mesmos, apresentado no Capítulo anterior, auxiliando na determinação de quais aspectos devem ser incorporados a esse modelo organizacional.

Com base nesses estudos, para a formalização desse modelo será utilizada uma variação do modelo organizacional Moise⁺ pelo fato de que esse modelo é capaz de restringir os comportamentos dos agentes, incorporando assim um dos princípios abordados dentro dos aspectos legais, onde é possível se ter uma estrutura de ligação entre os papéis (que são os atores envolvidos na EaD) e os planos globais (ou seja, metas que os atores devem cumprir).

Além disso, a formalização desse modelo organizacional adaptado do Moise⁺ permitirá que o SMA trabalhe de forma ordenada e com o paradigma da coletividade, permitindo definir o funcionamento do nível micro-organizacional, tanto em termos de padrões de interação quanto de mecanismos para monitorar o comportamento dos agentes. Ainda em termos de mecanismos, será possível permitir que os agentes, de forma adequada, escolham seus parceiros organizacionais para melhor atingir as metas atribuídas aos papéis.

Para a formalização desse modelo será utilizado como estudo de caso a modalidade de Educação a Distância do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, que atualmente oferta cursos de nível superior, técnico, formação continuada e especialização na modalidade a distância, ofertados em parceria com os programas de governo: Universidade Aberta do Brasil (UAB) e Rede e-Tec Brasil (Rede e-Tec).

Afim de desenvolver esse estudo de caso em um modelo organizacional para SMA, foi realizado um levantamento das leis, normativas, regimentos internos e externos bem como contratos que são utilizadas pela Educação a Distância do Instituto

Federal Sul-rio-grandense.

Antes de formalizar um modelo organizacional utilizando um SMA será necessário realizar um rápido estudo sobre como se dá a junção de um SMA com aspectos legais bem como funcionam as técnicas de artefatos para a modelagem de sistemas jurídicos.

Este capítulo será estruturado da seguinte forma: na seção 6.1 será abordado o contexto institucional do IFSul que será utilizada como estudo de caso; na seção 6.2 será apresentado o funcionamento dos SMA orientados a legislação; na seção 6.3 serão abordados os atores envolvidos no processo de Educação a Distância do IFSul; na seção 6.4 como se dá a utilização de artefatos para a modelagem de ambientes jurídicos; na seção 6.5 será relatada a especificação estrutural do modelo organizacional proposto com base numa variação do Modelo Moise⁺; a seção 6.6 irá descrever as funções desses atores envolvidos no processo, com base nas leis, normas e regulamentos; na seção 6.7 será descrito a especificação funcional do modelo organizacional com base nas funções relatados no item anterior; na seção 6.8 serão descritas as normas contratuais e regimentais das funções e a seção 6.9 tratará da especificação deontica do modelo organizacional.

6.1 Contextualização Institucional: EaD no IFSul

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense integra a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, mediante Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008.

O IFSul possui sua sede administrativa em Pelotas no Rio Grande do Sul e é formado por quatorze *campus*: Pelotas, Pelotas - Visconde da Graça, Sapucaia do Sul, Charqueadas, Passo Fundo, Bagé, Camaquã, Venâncio Aires, Santana do Livramento, Sapiranga, Lajeado (em implantação), Gravataí (em implantação), Jaguarão (em implantação) e Novo Hamburgo (em implantação).

O IFSul possui como missão implementar processos educativos, públicos e gratuitos de ensino, pesquisa e extensão, que possibilitem a formação integral mediante o conhecimento humanístico, científico e tecnológico e que ampliem as possibilidades de inclusão e desenvolvimento social, caracterizando assim a verticalização do ensino através da oferta de educação profissional e tecnológica em diferentes níveis e modalidades de ensino, bem como realiza articulações na educação superior, básica

e tecnológica [Portal do Instituto Federal Sul-rio-grandense].

A Educação a Distância no Brasil é incentivada por dois programas de governo que hoje fomentam cursos de EaD no IFSul. Esses programas são denominados de Universidade Aberta do Brasil e de Rede e-Tec Brasil.

A UAB é formada pela parceria entre Instituições de Ensino superior que pretendem levar ensino superior público de qualidade aos municípios brasileiros que não têm instituição de ensino superior enquanto que a Rede e-Tec tem como foco a oferta de cursos técnicos na modalidade a distância, além de formação inicial e continuada de trabalhadores egressos do ensino médio (programa chamado de PROFUNCIÓNÁRIO) ou da educação de jovens e adultos que tem como foco desenvolver, ampliar e democratizar o acesso a Educação Profissional e Tecnológica exclusivamente na modalidade a distância.

Segundo projeto pedagógico institucional do IFSul, o instituto buscará referenciais que possam atender a espaços e tempos diferentes e que permitam implementar, na Educação a Distância, aspectos que já são essenciais na educação presencial.

Atualmente o IFSul desenvolve três cursos no âmbito do sistema UAB:

- Graduação - Curso Superior de Tecnologia de Sistemas para Internet;
- Especialização - Espaços e Possibilidades de Educação Continuada;
- Especialização - Mídias na Educação.

Já no âmbito da Rede e-Tec Brasil são desenvolvidos os seguintes cursos:

- Técnico - Curso Técnico em Agroindústria;
- Técnico - Curso Técnico em Administração;
- Técnico - Curso Técnico em Biocombustível;
- Técnico - Curso Técnico em Contabilidade;
- Técnico (Profuncionário) - Curso Técnico em Alimentação Escolar;
- Técnico (Profuncionário) - Curso Técnico em Infraestrutura Escolar;
- Técnico (Profuncionário) - Curso Técnico em Multimeios Didáticos;
- Técnico (Profuncionário) - Curso Técnico em Secretaria Escolar.

Além disso, pela modalidade a distância, são ofertados cursos de Formação Inicial e Continuada (FIC) de línguas (Inglês, Espanhol e Português para Estrangeiro) através do programa Idiomas Sem-Fronteira da Rede e-Tec Brasil.

Atualmente os cursos na modalidade a distância do IFSul são ofertados em diversas cidades do estado do Rio Grande do Sul enquanto que os cursos de idiomas são ofertados nos 14 *Campus* do IFSul, conforme mostra a Figura 6.1.

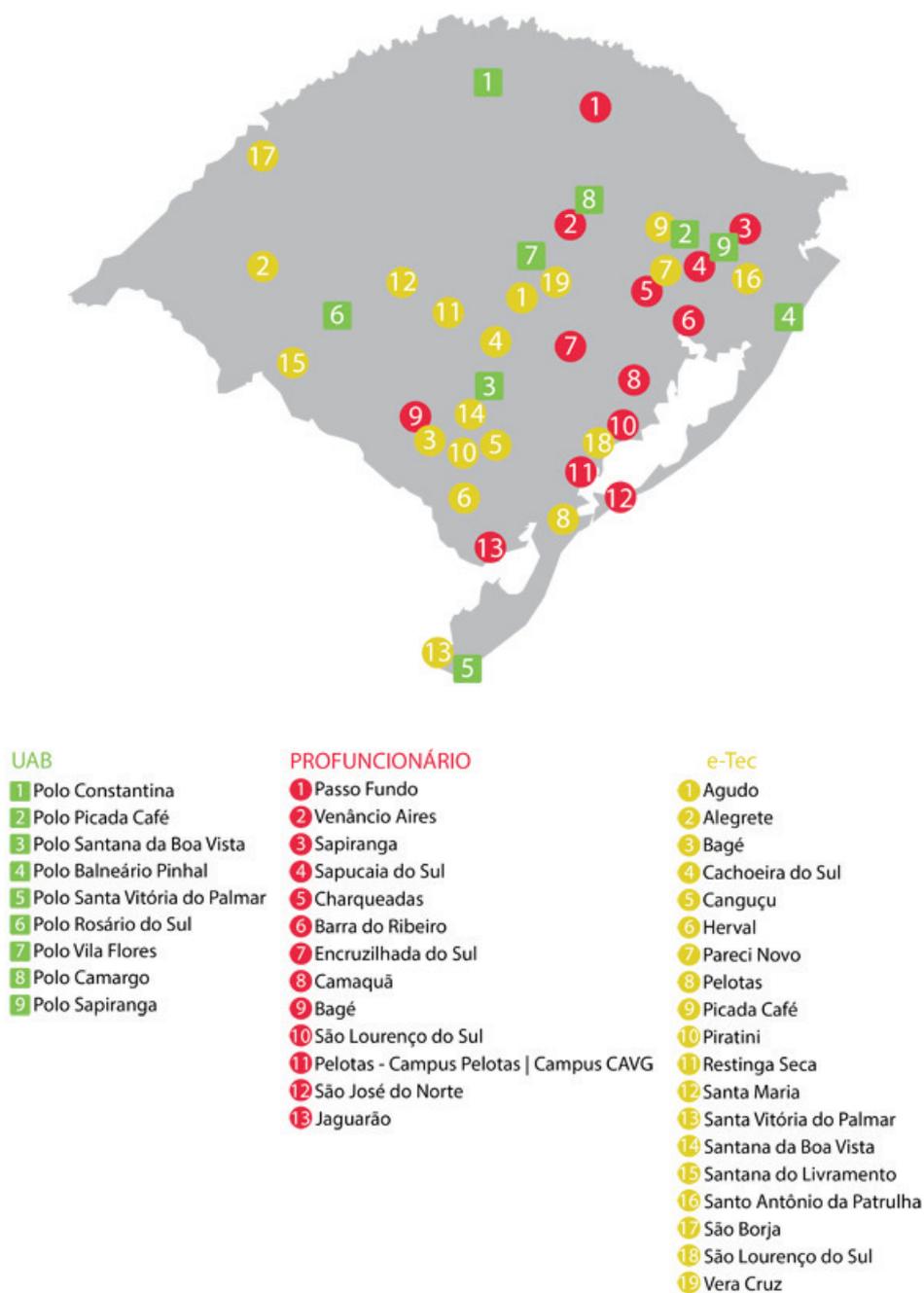


Figura 6.1 – Mapa com as cidades que ofertam cursos da modalidade a distância do IFSul.

Fonte: Portal do IFSul, 2017

6.2 SMAs orientado à Legislação

Para facilitar essa incorporação de normativas dentro de sistemas, sugere-se a ideia de trabalhar com SMA, pois eles são capazes de organizar processos sociais não só em nome dos próprios, mas também em nome de organizações sociais, econômicas e instituições, ou seja, através de normas e regras existentes no contexto jurídico e institucional, utilizando os conceitos dos sistemas jurídicos. Para isso, é necessário separar os aspectos legais/jurídicos dos Sistemas Multiagentes dos demais aspectos normativos.

Conforme apresentado por Costa (2014), é necessário elaborar uma visão dos Sistemas Multiagentes em que o conjunto de sistemas jurídicos operem em um determinado SMA, criando assim um ambiente jurídico para os agentes desse Sistema Multiagentes.

Segundo Costa (2014), um sistema legal ou jurídico, proposto por Kelsen, se constitui em um ambiente legal para os agentes de um Sistema Multiagentes por criar condições que possam influenciar as decisões de todos os agentes relativas às suas condutas e o desempenho em relação as mesmas.

Ainda segundo Costa (2014), com base em um Sistema Multiagentes, podemos distinguir os ambientes jurídicos em: ambiente jurídico interno existente nos Sistemas Multiagentes, que abrange apenas a sua ordem jurídica interna e válida e o ambiente jurídico externo desse sistema, que opera sob a regulação de um conjunto de sistemas jurídicos, ou seja, os dos outros Sistemas Multiagentes e da sociedade humana com as quais os agentes interagem.

6.3 Atores da modalidade EaD

O **Ministério da Educação** é um órgão do Governo Federal do Brasil, fundado no decreto nº 19.402 em 14 de novembro de 1930, cuja a principal responsabilidade é gerenciar a educação no País.

Uma das subdivisões desse ministério é a **Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica** (SETEC) que é responsável por planejar, orientar, coordenar e supervisionar o processo de formulação e implementação de políticas da educação profissional e tecnológica, promovendo ações de fomento ao fortalecimento, à expansão e a melhoria da qualidade da educação zelando pelo cumprimento da legislação

educacional no âmbito da educação profissional e tecnológica.

A SETEC é dividida em: **Diretoria de Desenvolvimento da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica** (DDR), que é responsável por propor critérios para a implementação de políticas e estratégias para o planejamento, a organização e o acompanhamento da gestão das instituições que compõem a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica e a **Diretoria de Integração das Redes de Educação Profissional e Tecnológica** (DIR), que é a diretoria responsável por coordenar as ações da Secretaria de Educação Profissional e Tecnologia junto aos diferentes sistemas de ensino e órgãos públicos e privados.

A DIR possui a **Coordenação de Fortalecimento dos Sistemas Públicos**, cujo um dos programas de que é de sua responsabilidade é o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC), o qual envolve um conjunto de iniciativas como a Rede e-Tec Brasil.

A Rede e-Tec Brasil tem como foco a oferta de cursos técnicos a distância a fim de ampliar e democratizar o acesso a Educação Profissional e Tecnológica exclusivamente na modalidade a distância.

No Instituto Federal Sul-rio-grandense, ligado a Pró-reitoria de Ensino (PROEN), estão as ações que envolvem a Educação a Distância (conforme Figura 6.2), que atualmente realizam o planejamento e à normatização das atividades de ensino realizadas na modalidade a distância nos cursos do IFSul.

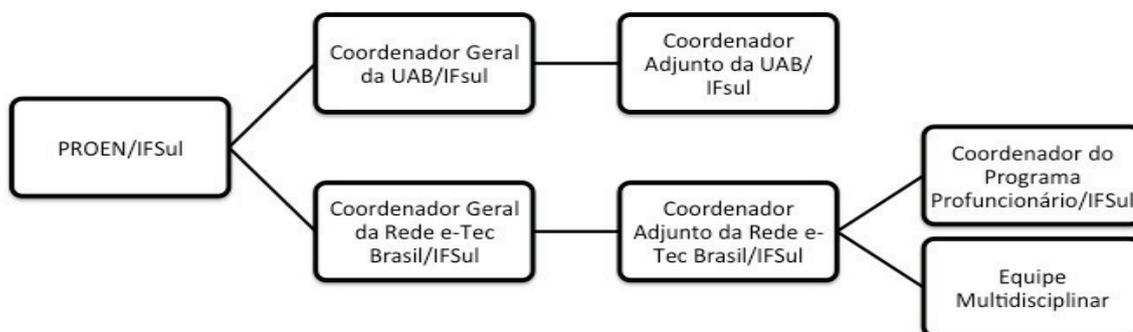


Figura 6.2 – Organograma da Pró-reitoria de Ensino do IFSul, com foco na modalidade a distância.

Fonte: Autoria Própria

Ligados a Pró-reitoria de Ensino do IFSul estão os dois programas de governo que ofertam curso na modalidade a distância, ou seja, Universidade Aberta do Brasil e Rede e-Tec do Brasil.

Ambos os programas possuem um coordenador geral que é um professor indicado pelas IE vinculada, que atuará nas atividades de coordenação e apoio aos polos presenciais e no desenvolvimento de projetos de pesquisa relacionados aos cursos e programas implantados no âmbito desses programas, e um coordenador geral adjunto, que deverá ser um professor indicado pela IE que tem a função de apoiar o coordenador geral no desenvolvimento das ações de coordenação e apoio aos polos presenciais e, no desenvolvimento de projetos de pesquisa e desenvolvimento de metodologias de ensino relacionados aos cursos e programas.

O coordenador geral e adjunto do IFSul da Rede e-Tec Brasil recebem o auxílio de uma equipe multidisciplinar, composta por professores/pesquisadores de diversas áreas, que tem como objetivo melhorar e ampliar o apoio aos polos presenciais bem como aos *campus* que ofertam os cursos na modalidade EaD.

Em relação a Rede e-Tec Brasil, que será o foco do estudo de caso, existe também a função de um Coordenador Adjunto do Programa Profucionário no IFSul, programa esse que visa à formação dos funcionários de escola, em efetivo exercício, em habilitação compatível com a atividade que exerce na escola.

Dentro dos quatorze *campus* do IFSul existe ou um departamento ou uma coordenação de EaD no *campus*, normalmente composta pelos seguintes atores (conforme Figura 6.3):

- **Chefe de Departamento ou Coordenador de EaD no *Campus*:** é um profissional do quadro efetivo do IFSul cuja a função é gerenciar os programas de fomento ou projetos governamentais de Educação a Distância com auxílio do coordenador geral do programa.
- **Coordenador do Curso:** é um professor do quadro do IFSul, com mestrado ou doutorado em área específica relacionada ao curso e responsável pelo seu gerenciamento.
- **Professor Conteudista:** é um professor preferencialmente do IFSul, com formação em área relacionada ao curso e/ou disciplina específica que é responsável pela elaboração do material didático de sua disciplina.
- **Professor Pesquisador:** é um professor preferencialmente do IFSul, com formação em área específica relacionada ao curso e/ou disciplina específica, cujo

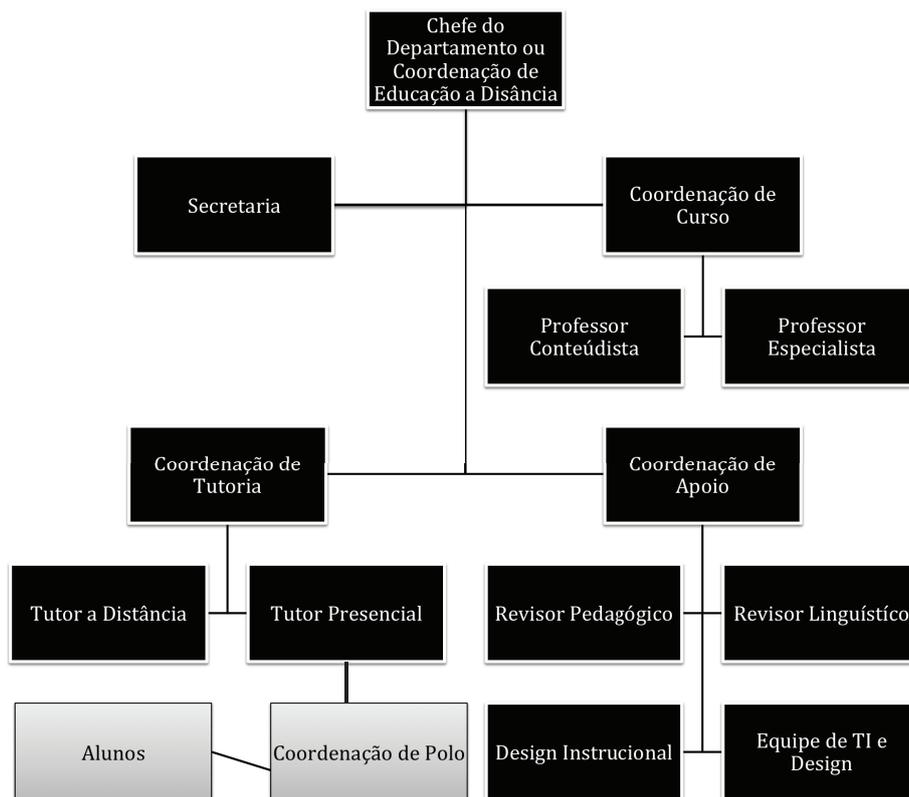


Figura 6.3 – Organograma do Departamento ou Coordenação de Educação a Distância do IFSul nos *Campuses*.

Fonte: Autoria Própria

papel é planejar e gerenciar todo o processo de desenvolvimento da aprendizagem na disciplina de sua responsabilidade.

- **Revisor Pedagógico:** é um profissional formado em pedagogia ou pós-graduado na área pedagógica, preferencialmente do IFSul, cujo seu objetivo é auxiliar em todo o acompanhamento pedagógico do curso.
- **Revisor Linguístico:** é um professor, preferencialmente do IFSul, com formação específica em letras, que é responsável pela revisão de linguagem, semântica e ortografia dos materiais didáticos.
- **Revisor Especialista:** é um professor, preferencialmente do IFSul, com formação em área relacionada ao curso e/ou disciplina específica, ficando responsável pela revisão do conteúdo informacional e tecnológico dos materiais didáticos das disciplinas relacionadas à sua formação.
- **Designer Instrucional:** professor ou técnico administrativo, preferencialmente do IFSul, pós-graduado em área específica relacionada ao curso ou em educação que tem a função de garantir que o material didático tenha uma interface de comunicação adequada ao projeto pedagógico do curso.

- **Equipe TI:** formado por técnicos administrativos ou funcionários da área de TI e Design, que têm como principal objetivo dar suporte tecnológico para os cursos na modalidade a distância de diferentes projetos vinculados a EaD.
- **Secretaria:** formado por técnicos administrativos ou funcionários, que têm como principal finalidade auxiliar os demais atores dando apoio a estrutura da coordenação ou departamento.
- **Coordenador de Tutoria:** é um profissional do quadro efetivo do IFSul com formação em área específica relacionada ao curso. Tem a função de apoiar a coordenação de curso com relação à comunicação e interação com os tutores presenciais e a distância.
- **Tutor a Distância:** é um profissional que fará orientação e acompanhamento das atividades realizadas online, pelos estudantes, por meio do ambiente colaborativo de aprendizagem, tirando dúvidas e corrigindo tarefas.
- **Tutor Presencial:** é um profissional que é responsável pela orientação e acompanhamento dos estudantes no polo.
- **Coordenador de Polo:** pela legislação brasileira deve ser um professor da rede pública, graduado e com, no mínimo, três anos em magistério na educação básica ou superior. O Coordenador de Polo será o intermediário entre o Município e as IEs para atender aos anseios do público que se quer atingir. Essa pessoa será responsável pela administração do polo e por apoiar a implantação e gestão acadêmica do curso no polo.

Por fim, temos os alunos da modalidade EaD, que ficam sobre a responsabilidade do *campus* do qual o curso é ofertado, que devem estar cientes de que é necessário administrar o tempo existente para realizar suas tarefas, além de apresentar um perfil dinâmico, independente e disciplinado. Esse aluno terá como apoio em sua cidade, o polo presencial bem como os tutores presenciais e deverá realizar as provas presenciais no polo no dia e horário marcado.

6.4 Artefatos para a Modelagem de Ambientes Jurídicos

Os Agentes e Artefatos (A & A) são abordagens que permitem a especificação, o desenvolvimento de um projeto e a implementação de Sistemas Multiagentes, permitindo um tratamento adequado da estrutura organizacional de SMA, através

da noção de artefatos organizacionais.

Segundo Hübner et al. (2010), artefatos são entidades que modelam e incorporam objetos e/ou funções a serem disponibilizados aos agentes em seus ambientes. Um agente cede a um artefato através da interface de uso, o que proporciona um repositório de operações para o agente agir sobre o outro afim de criar, localizar, manipular e usar o artefato bem como monitorar o seu estado através da percepção imediata e sinais emitidos pelo mesmo.

Para os SMA, os artefatos podem ser capazes de modelar, realizar e fornecer acesso tanto aos recursos quanto aos componentes organizacionais do ambiente.

Um artefato é um recurso que os modelos percebem no ambiente. Sendo assim, os recursos típicos são as ferramentas e objetos físicos que os agentes precisam fazer uso de suas ações no sistema.

Já um artefato organizacional é um componente na organização social de um Sistema Multiagentes, ou seja, papéis sociais, grupos sociais, planos organizacionais, enquanto que os artefatos de coordenação são um tipo especial de artefatos organizacionais [Hübner et al. 2010].

Os espaços de trabalho são mecanismos para conjuntos de agentes e artefatos, enquanto locais de trabalho são espaços de trabalho capaz de verificar os agentes que têm direitos de acesso aos artefatos.

Sendo assim, segundo Costa (2014) os ambientes jurídicos e os contextos legais podem ser vistos com base na abordagem dos A & A, através de um tipo especial de espaço de trabalho, ou seja, se dedicam aos artefatos legais e agentes sujeitos.

Um ambiente jurídico baseado no modelo de artefato são expressos em termos de normas que regem uma legislação emitidos pelo governo/instituição, que são modelados por artefatos legais.

6.5 Especificação Estrutural do Modelo Organizacional

Baseado no modelo organizacional Moise⁺ e nos atores apresentados na seção anterior, propomos a criação da Especificação Estrutural (EE) através de um conjunto de papéis para os atores envolvidos com o processo de educação na modalidade a distância do IFSul.

Nessa EE serão apresentados os papéis, grupos e as relações entre eles permi-

polo, um **coordenador de curso**, um **coordenador de tutoria**, um **coordenador geral** ou um **coordenador adjunto** da Reitoria bem como um **coordenador geral** de *campus*.

Já os atores comprometidos com o papel abstrato **professor** podem ser um **professor conteudista** ou um **professor pesquisador**, que para atuarem na EaD devem ter no mínimo um ano de experiência no magistério. Além disso, um **professor pesquisador** pode fazer parte da equipe multidisciplinar da Rede e-Tec Brasil do IFSul.

Os atores que assumem o papel abstrato de **tutor** podem ser divididos: em **tutor presencial**, que atuam nos polos presenciais e um **tutor a distância**, que atuam nos *campus* onde o curso é ofertado. Ambos os tutores ao serem selecionados, via processo seletivo, podem exercer a função por até dois anos, podendo ser realizado imediatamente outro processo de seleção após os dois anos e assim acompanhar uma nova turma. A SETEC recomenda que para cada 50 alunos um tutor presencial e outro a distância fique responsável pelos mesmos.

Existe também o papel abstrato do **revisor** que pode se dividir em: **revisor linguístico** e **revisor pedagógico**. Além desses papéis, temos os agentes denominados **funcionários** que atendem a secretaria ou a um grupo de apoio.

Além dos papéis citados, existem um conjunto de papéis que assumem um nível coletivo formando assim os grupos.

A Educação a Distância do IFSul está vinculada ao MEC onde há seis especificações de grupo (**SETEC**, **DIR**, **DDR**, **Coordenação de Fortalecimento**, **PRONATEC**, **Rede e-Tec**) e **Pró-reitoria de Ensino**.

Como o IFSul apresenta dois programas vinculados ao Governo Federal, temos mais dois grupos chamados de **UAB** e **Rede e-Tec**, com seus respectivos grupos, que formam a **Equipe Multidisciplinar**, onde papel do **professor** pode ser assumido.

Finalizando a modelagem organizacional da EE, em relação aos *campus* temos as seguintes grupos: **Coordenação EaD**, **Secretaria**, **Polo**, **Equipe de Apoio** e **Equipe de TI**.

Neste trabalho, os atores da Educação a Distância serão representados pelos papéis através da letra **P** seguido da sequência numérica, conforme mostra Tabela 6.1.

Papel	Nome do Papel
P ₁	Ministério da Educação
P ₂	SETEC
P ₃	DDR
P ₄	DIR
P ₅	Coordenador Geral Rede e-Tec Brasil/IFSul
P ₆	Coordenador Adjunto Rede e-Tec Brasil/IFSul
P ₇	Equipe Multidisciplinar Rede e-Tec Brasil/IFSul
P ₈	Coordenador Geral do <i>Campus</i>
P ₉	Revisor Pedagógico
P ₁₀	Revisor Linguístico
P ₁₁	Equipe de Tecnologia da Informação
P ₁₂	Equipe de Design
P ₁₃	Secretaria
P ₁₄	Coordenador de Curso
P ₁₅	Professor Pesquisador
P ₁₆	Professor Conteudista
P ₁₇	Coordenador de Tutoria
P ₁₈	Tutor Presencial
P ₁₉	Tutor a Distância
P ₂₀	Coordenador de Polo

Tabela 6.1 – Papéis e descrições.
Fonte: Autoria Própria

6.6 Funções

Cada um dos papéis abordados anteriormente possuem um conjunto de funções e ações que são normatizadas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n.º 9.394/1996) e que contemplam as diversas áreas da educação (Básica, Superior, Profissional e Pós-graduação) desenvolvidas na modalidade a distância.

A Lei n.º 9.394/1996 estabelece que é responsabilidade do Governo Federal, através do MEC, credenciar as instituições e definir os requisitos para a realização de exames e de registro de diplomas relativos a cursos de Educação a Distância.

Segundo o Portal do MEC, a legislação que rege a Educação a Distância baseia-se em¹:

- Decreto n.º 5.622, de 19 de dezembro de 2005, regulamenta o art. 80 da Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (LDB).
- Decreto n.º 5.773, de 09 de maio de 2006, dispõe sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e

¹ Algumas legislações bases da EaD foram modificadas após a realização da pesquisa e do término da escrita final.

cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino.

- Decreto n.º 6.303, de 12 de dezembro de 2007, altera dispositivos dos Decretos n.ºs 5.622, de 19 de dezembro de 2005, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 5.773, de 9 de maio de 2006, que dispõe sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino.
- Portaria n.º 1, de 10 de janeiro de 2007.
- Portaria n.º 2 (revogada), de 10 de janeiro de 2007.
- Portaria n.º 40, de 13 de dezembro de 2007.
- Portaria n.º 10, de 02 julho de 2009.
- Portaria Ministerial n.º 1.050, de 22 de agosto de 2008, estabelece o processo de credenciamento institucional para a modalidade de Educação a Distância².
- Resolução CD/FNDE n.º 18 de 16 de junho de 2010³.

Além das leis e normativas estabelecidas pela Ministério da Educação, o IFSul possui um conjunto de normativas, contratos e regras que determinam o funcionamento e ações que devem ser realizadas pelos atores envolvido na EaD.

Baseado nas leis, decretos e portarias anteriormente citadas, além dos contratos e normativas disponibilizadas pelo IFSul foi possível realizar um levantamento de todas as funções e ações que devem ser realizadas pelos papéis dentro do modelo organizacional.

Em virtude da grande diversidade de funções, neste trabalho será utilizado apenas um ator como estudo de caso, ou seja, será utilizado o papel do Coordenador de Curso.

Com base nos aspectos legais foram abordadas as funções do papel Coordenador de Curso estipulado dentro da Especificação Estrutural.

Um coordenador de curso está diretamente vinculado ao coordenador da Coordenadoria ou Departamento de EaD de um *campus* e tem como funções:

- atuar nas atividades de coordenação de curso implantado no âmbito do Sistema;

²A mesma foi alterada, no ano de 2017, pelo decreto Decreto n.º 9.057, de 25 de maio de 2017 e pela Portaria Normativa n.º 11, de 20 de junho de 2017.

³Atualmente, o termo “Tutor” foi substituído por “Professor Mediador”, com base no Manual de Gestão da Rede e-Tec Brasil publicado pela SETEC em 2017

- desenvolver projetos de pesquisa relacionados aos cursos;
- exercer as atividades típicas de coordenador de curso na IE;
- coordenar e acompanhar o curso;
- realizar a gestão acadêmica das turmas;
- coordenar a elaboração do projeto do curso;
- realizar o planejamento e desenvolvimento, em conjunto com a coordenação geral, dos processos seletivos de alunos;
- realizar o planejamento e o desenvolvimento das atividades de seleção e capacitação dos profissionais envolvidos no Programa;
- acompanhar e supervisionar as atividades dos tutores, professores, coordenadores de tutoria e coordenadores de polo;
- acompanhar o registro acadêmico dos alunos matriculados no curso;
- realizar o registro das avaliações desenvolvidas pelos alunos;
- manter interlocução com os coordenadores e demais professores no planejamento e execução das atividades inerentes aos cursos;
- participar das atividades desenvolvidas na instituição de ensino;
- manter a interlocução permanente com o MEC;
- acompanhar as atividades acadêmicas do curso;
- participar do grupo de trabalho para o desenvolvimento de metodologia e materiais didáticos para a modalidade a distância;
- participar das atividades de capacitação e atualização;
- verificar *in loco* o andamento dos cursos;
- verificar se os professores realizaram as atividades no AVA dentro dos prazos;
- verificar se os professores realizaram as correções das provas;
- verificar se os professores realizaram a postagem de notas no sistema acadêmico;
- assessorar o Departamento/Coordenação;
- desenvolver atividades relativas a execução das políticas educacionais.

6.7 Especificação Funcional do Modelo Organizacional

O objetivo da Especificação Funcional do modelo MOISE⁺ é de ser responsável por caracterizar o foco funcional de uma organização, visto que isso não ocorre na EE, sendo denominado assim de esquemas sociais.

Esses esquemas sociais são compostos por um conjunto de metas globais, estruturadas em uma árvore de decomposição por meio de planos globais. Além disso, é essa especificação que permitirá o SMA lidar como os problemas de coordenação dos agentes.

Seguindo a utilização do estudo de caso da modalidade de EaD dentro do IFSul, propõe-se a sua Especificação Funcional com objetivos, planos e missões do papel do Coordenador de Curso, utilizando uma adaptação do modelo MOISE⁺.

As metas globais que devem ser realizadas pelo Coordenador de Curso, conforme Tabela 6.2, representam o estado do mundo que é desejado pelo SMA e serão apresentadas através de tabelas que identificam o nome da meta (**coluna Meta**) dentro da árvore e a descrição da mesma.

Dentro da especificação formal trabalhamos com a ideia de esquema social que permite elevar o modelo ao nível da coletividade. Para representar, dentro do modelo adaptado do Moise⁺, esse esquema social, é utilizada uma tabela e uma árvore de decomposição da meta, que é feita por planos que indicam uma forma de satisfazer essa meta. Nesse caso a raiz da árvore é a meta do esquema social a ser atingida.

As missões estipuladas para a Especificação Funcional determinam a ordem em que os planos devem ocorrer para que consigam atingir o objetivo específico. O conjunto de vários planos que formam a árvore do esquema determina as condições de coordenação entre as atividades dos agentes.

Na Tabela 6.3 está representada a decomposição de planos que se deve realizar para se completar a meta RealProf de forma eficaz e a determinação de como será a coordenação desses planos (conforme mostra a coluna missões) entre os agentes bem como a descrição da mesma.

Na árvore de decomposição dos planos, os esquemas sociais podem assumir três tipos de operadores que podem ser usados na construção (Conforme Figura 6.5), chamados de: sequência (também representado pelo símbolo $,$), escolha (também representado pelo símbolo $|$) e paralelismo (representado pelo símbolo $||$).

Meta	Descrição
AtuaAtv	Atuar nas atividades de Coordenação de Curso implantado no âmbito do Sistema
DesvProj	Desenvolver projetos de Pesquisa relacionados aos cursos
ExerAtv	Exercer as atividades típicas de coordenador de curso na IPE
CoorCurso	Coordenar e acompanhar o curso
GestAcad	Realizar a gestão acadêmica das turmas
ElabPPC	Coordenar a elaboração do projeto do curso
RealPlan	Realizar o planejamento e desenvolvimento, em conjunto com a coordenação geral, dos processos seletivos de alunos
RealProf	Realizar o planejamento e o desenvolvimento das atividades de seleção e capacitação dos profissionais envolvidos no Programa
AcompSup	Acompanhar e supervisionar as atividades dos tutores, professores, coordenador de tutoria e coordenadores de polo
AcompReg	Acompanhar o registro acadêmico dos alunos matriculados no curso
Realreg	Realizar o registro das avaliações desenvolvidas pelos alunos
MantInter	Manter interlocução com os coordenadores e demais professores no planejamento e execução das atividades inerentes aos cursos
PartAtv	Participar das atividades desenvolvidas na instituição de ensino
InterMEC	Manter a interlocução permanente com o MEC
AcomAtv	Acompanhar as atividades acadêmicas do curso
PartGT	Participar do grupo de trabalho para o desenvolvimento de metodologia e materiais didáticos para a modalidade a distância
PercBolsa	Perceber a bolsa enquanto desenvolver as atividades próprias de sua função
PartAtual	Participar das atividades de capacitação e atualização
AndCurso	Verificar <i>in loco</i> o andamento dos cursos
Postagem	Verificar se os professores realizaram as atividades no AVA dentro dos prazos
Corre	Verificar se os professores realizaram as correções das provas
PostNotas	Verificar se os professores realizaram a postagem de notas no sistema acadêmico
AssesDep	Assessorar o Departamento
DesnPE	Desenvolver atividades relativas a execução das políticas educacionais

Tabela 6.2 – Metas do Papel Coordenador de Curso.
Fonte: Autoria Própria

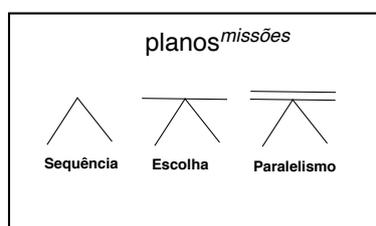


Figura 6.5 – Operadores dos esquemas sociais
Fonte: Autoria Própria

A Figura 6.6 apresenta um esquema social para a meta **RealProf** com os planos e missões que os agentes devem cumprir para realizá-la.

Meta	RealProf	
Planos	Descrição	Missões
APROVADO	o candidato é aprovado no processo de seleção	m ₃
DOCPRAZO	a documentação é recebida no prazo do edital	m ₁
DOCOK	a documentação está completa	m ₂
APROVADOBOLSA	a documentação é aprovada pela coordenação Geral da Rede e-Tec Brasil no IFSul para o recebimento da bolsa	m ₃
TEMDOC	o candidato tem toda a documentação necessária solicitada no edital	m ₁
TEMDISC	o candidato tem habilidades e competências para ministrar a disciplina	m ₁
INSC	inscrição realizada	m ₁
SUBELE	submissão via e-mail	m ₁
REUNIAO	participar de reunião com o candidato	m ₃
ACESSOAVA	liberar o acesso ao AVA	m ₃
ENTREVISTA	realizar entrevista com o candidato a seleção	m ₂
AVALCUR	avaliar o currículo do candidato	m ₂

Tabela 6.3 – Planos da meta RealProf para organizar a coordenação entre os agentes
Fonte: Autoria Própria

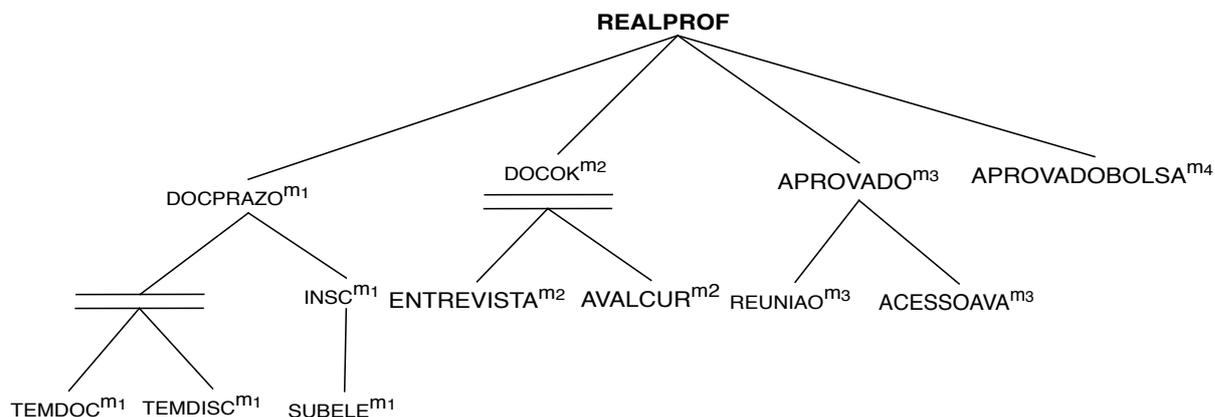


Figura 6.6 – Esquema Social - Meta RealProf
Fonte: Autoria Própria

6.8 Normas Contratuais e Regimentais

Com base nos regimentos internos do IFSul e nas normas contratuais desenvolvidas pelos programas de governo, como a Rede e-Tec Brasil, podemos relatar as normas contratuais e regimentais dos atores envolvidos no processo, definindo assim os deveres, direitos, obrigações que devem ser executadas especificamente pelo Coordenador de Curso.

Os deveres e direitos do Coordenador de Curso são apresentados no Termo de Compromisso do Bolsistas, criado pela Rede e-Tec Brasil/MEC.

Os direitos de um coordenador de curso são: receber a bolsa enquanto desenvolver as atividades próprias de sua função; ter acesso ao AVA; participar das atividades de capacitação e atualização.

Já os deveres desse ator são: realizar o registro das avaliações desenvolvidas pelos alunos; manter interlocução com os coordenadores e demais professores no planejamento e execução das atividades inerentes aos cursos; participar das atividades desenvolvidas na instituição de ensino; manter a interlocução permanente com o MEC; coordenar a elaboração do projeto do curso; acompanhar as atividades acadêmicas do curso; participar do grupo de trabalho para o desenvolvimento de metodologia e materiais didáticos para a modalidade a distância.

6.9 Especificação Deontica do Modelo Organizacional

Com o objetivo de interligar a Especificação Estrutural e a Especificação Funcional, apresentados nas seções anteriores, e incluir as normas contratuais e regimentais no modelo organizacional temos os aspectos deonticos representados através de uma variação da Especificação Deontica (ED) do modelo Moise⁺. Deste modo, podemos determinar quais são as responsabilidades dos papéis nos planos globais através das missões.

Nessa adaptação da Especificação Deontica temos a definição do papel que será responsável por realizar aquelas ações (representados na linha da tabela denominada Papel), o nome das ações que ele irá realizar (representado na coluna Nome da Ação), a descrição das metas (representados na coluna Descrição da Ação) e a legislação onde a mesma é encontrada. Já a relação deontica desse modelo é estipulada por três conceitos: dever, direito e a proibição de realizar a missão, conforme a coluna Restrição Deontica da Tabela 6.4.

Por fim, ainda na Tabela 6.4 utilizada de exemplo, temos a coluna com a restrição temporal, visto que as relações deonticas passam a ter um tempo de validade, como por exemplo, diariamente, semanalmente, anualmente, sempre (que contém todos os períodos de tempo até que não se possua mais a função), no primeiro dia do mês, número de horas a ser cumpridas, etc.

Além disso, foi inserido duas colunas denominadas de Quem controla ação e Quem participa da ação, que determina quais papéis irão monitorar a ação e aplicar punições e quem deverá ajudar para que a ação atinja seu objetivo final.

Papel		Coordenador de Curso=(P ₁₄ ,a _n)				
Nome da Ação	Descrição da Ação	Legislação	Restrição Deontica	Restrições Temporais	Quem controla ação	Quem participa da ação

a ₁ ={SerProf}	Ser professor ou pesquisador designado ou indicado pelas IPE vinculadas ao Rede e-Tec Brasil	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Enquanto a Lei estiver vigente	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	P ₁₃
a ₂ ={AtuaAtv}	Atuar nas atividades de Coordenação de Curso implantado no âmbito do Sistema	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Diário	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	
a ₃ ={DesvProj}	Desenvolver projetos de Pesquisa relacionados aos cursos	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD)	Direito	Anual	P ₈	P ₁₅ , P ₁₆ , P ₁₇ , P ₁₈ , P ₁₉
a ₄ ={CompExp}	Comprovar a experiência de, no mínimo, 3 (três) anos de magistério superior. O valor da bolsa a ser concedida é de R\$ 1.400,00 (um mil e quatrocentos reais) mensais, enquanto exercer a função (coordenador de curso - nível I)	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Mensal	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	P ₁₃
a ₅ ={CompExp2}	Aquele que não comprovar experiência de, no mínimo, 3 (três) anos de magistério superior, mas que tenha formação mínima em nível superior e experiência de 1 (um) ano no magistério, ou a formação ou a vinculação em programa de pós-graduação de mestrado ou doutorado, receberá bolsa no valor de R\$ 1.100,00 (um mil e cem reais) mensais e ficará vinculado como coordenador de curso nível II	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Mensal	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	P ₁₃
a ₆ ={ExerAtv}	Exercer as atividades típicas de coordenador de curso na IPE	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Diário	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	
a ₇ ={CooCurso}	Coordenar e acompanhar o curso	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Diário	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	P ₉ , P ₁₀ , P ₁₁ , P ₁₂ , P ₁₃ , P ₁₅ , P ₁₆ , P ₁₇ , P ₁₈ , P ₁₉ , P ₂₀
a ₈ ={GestAcad}	Realizar a gestão acadêmica das turmas	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Mensal	P ₈	P ₁₅ ,P ₂₀
a ₉ ={ElabPPC}	Coordenar a elaboração do projeto do curso	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2 e Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Anual	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	P ₉ , P ₁₀ , P ₁₅ ,P ₁₆
a ₁₀ ={RealPlan}	Realizar o planejamento e desenvolvimento, em conjunto com a coordenação geral, dos processos seletivos de alunos	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Direito	Anual	P ₈	P ₈ ,P ₂₀
a ₁₁ ={RealProf}	Realizar o planejamento e o desenvolvimento das atividades de seleção e capacitação dos profissionais envolvidos no Programa	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Direito	Anual	P ₅ ,P ₆ ,P ₇ e P ₈	P ₈ ,P ₁₇ ,P ₂₀

a ₁₂ ={AcompSup}	Acompanhar e supervisionar as atividades dos tutores, professores, coordenador de tutoria e coordenadores de polo	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Diário	P ₈	P ₁₅ , P ₁₆ , P ₁₇ , P ₁₈ , P ₁₉ , P ₂₀
a ₁₃ ={AcompReg}	Acompanhar o registro acadêmico dos alunos matriculados no curso.	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Mensal	P ₈	P ₁₅
a ₁₄ ={Realreg}	Acompanhar o registro das avaliações desenvolvidas pelos alunos	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Mensal	P ₈	P ₁₅
a ₁₅ ={MantInter}	Manter interlocução com os coordenadores e demais professores no planejamento e execução das atividades inerentes aos cursos	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Diário	P ₈	P ₉ , P ₁₀ , P ₁₁ , P ₁₂ , P ₁₅
a ₁₆ ={PartAtv}	Participar das atividades desenvolvidas na instituição de ensino	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Anual	P ₈	
a ₁₇ ={InterMEC}	Manter a interlocução permanente com o MEC	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Anual	P ₅ , P ₆ , P ₇ e P ₈	P ₁
a ₁₈ ={AcomAtv}	Acompanhar as atividades acadêmicas do curso	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Mensal	P ₈	
a ₁₉ ={PartGT}	Participar do grupo de trabalho para o desenvolvimento de metodologia e materiais didáticos para a modalidade a distância.	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 a	Dever	Anual	P ₈	P ₁ , P ₂ , P ₃ , P ₄ , P ₅ , P ₆
a ₂₀ ={PercBolsa}	Perceber a bolsa enquanto desenvolver as atividades próprias de sua função	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 b	Direito	Mensal	P ₅ , P ₆ , P ₇ e P ₈	
a ₂₁ ={AcessAva}	Ter acesso ao AVA	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 b	Direito	Diário	P ₈	P ₁₁
a ₂₂ ={PartAtual}	Participar das atividades de capacitação e atualização	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 3 - 3.2 b	Direito	Anual	P ₈	
a ₂₃ ={AndCurso}	Verificar <i>in loco</i> o andamento dos cursos	Regulamento Interno IF-Sul	Dever	Anual	P ₅ , P ₆ , P ₇ e P ₈	P ₂₀
a ₂₄ ={Postagem}	Verificar, se os professores, realizaram as atividades no AVA dentro dos prazos	Regulamento Interno IF-Sul	Dever	Diário	P ₈	P ₁₅
a ₂₅ ={Corre}	Verificar, se os professores, realizaram as correções das provas	Regulamento Interno IF-Sul	Dever	Mensal	P ₈	P ₁₅
a ₂₆ ={PostNotas}	Verificar, se os professores, realizaram a postagem de notas no sistema acadêmico	Regulamento Interno IF-Sul	Dever	Mensal	P ₈	P ₁₅
a ₂₇ ={AssesDep}	Assessorar o Departamento	Regulamento Interno	Direito	Diário	P ₈	
a ₂₈ ={DesnPE}	Desenvolver atividades relativas a execução das políticas educacionais	Regulamento Interno	Dever	Semestral	P ₈	

Tabela 6.4: Especificação Deontica para o papel Coordenador de Curso.

Fonte: Autoria Própria

7 MODELO DE SISTEMA AVA-SMA ORIENTADO À LEGISLAÇÃO

Para modelar e elaborar o modelo de sistema de um Ambiente Virtual de Aprendizagem e Sistema Multiagente orientado à legislação (AVA-SMA-L), tomou-se como base alguns aspectos fundamentais do modelo sistemático e hierárquico da Educação a Distância do IFSul bem como as abordagens instrumentais (como leis, normas e contratos) determinados através da SETEC/MEC.

Com base nesses aspectos fundamentais e abordados através de um modelo organizacional (Capítulo 6) foi possível definir qual Ambiente Virtual de Aprendizagem será incorporado a esse modelo bem como se dará a integração entre o SMA e o AVA, com base nos modelos já apresentados.

O Ambiente Virtual de Aprendizagem que será utilizado para a modelagem será o AVA Moodle na sua versão 3.0. Essa escolha se deu em virtude de que esse AVA e a sua versão são utilizados pelos programas da EaD no IFSul.

Com a definição do AVA Moodle, foi possível escolher entre os três modelos de integração, Nesse caso, o modelo escolhido foi o de se trabalhar com a ideia do SMA como um extensão do AVA, ou seja, o modelo 1.

A escolha desse modelo se deu em virtude do Moodle se integrar facilmente com os plugins de extensão que são criados para ele em PHP. Além disso, esse modelo permite a sincronização de dados entre os dois sistemas (SMA e o AVA), incorporando sua base de dados bem como as funções de cada um dos atores de EaD já cadastrados na base de dados, permitindo assim que o funcionamento do modelo a ser proposto ocorra conforme a demanda do sistema e ações forem ocorrendo.

O modelo Sistema AVA-SMA orientado à Legislação proposto é composto por dois subsistema (Sistema Legislador e Sistema de Sociedade), conforme mostra a Figura 7.1, onde os componentes, sua organização e principal suas funções serão detalhadas a seguir.

7.1 Sistema de Sociedade

O sistema sociedade está integrado dentro do Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle, e por esse motivo utilizará sua base de dados, com os usuários bem como perfis que estão cadastrados.

O sistema de sociedade, por ser uma extensão do Moodle, irá permitir que

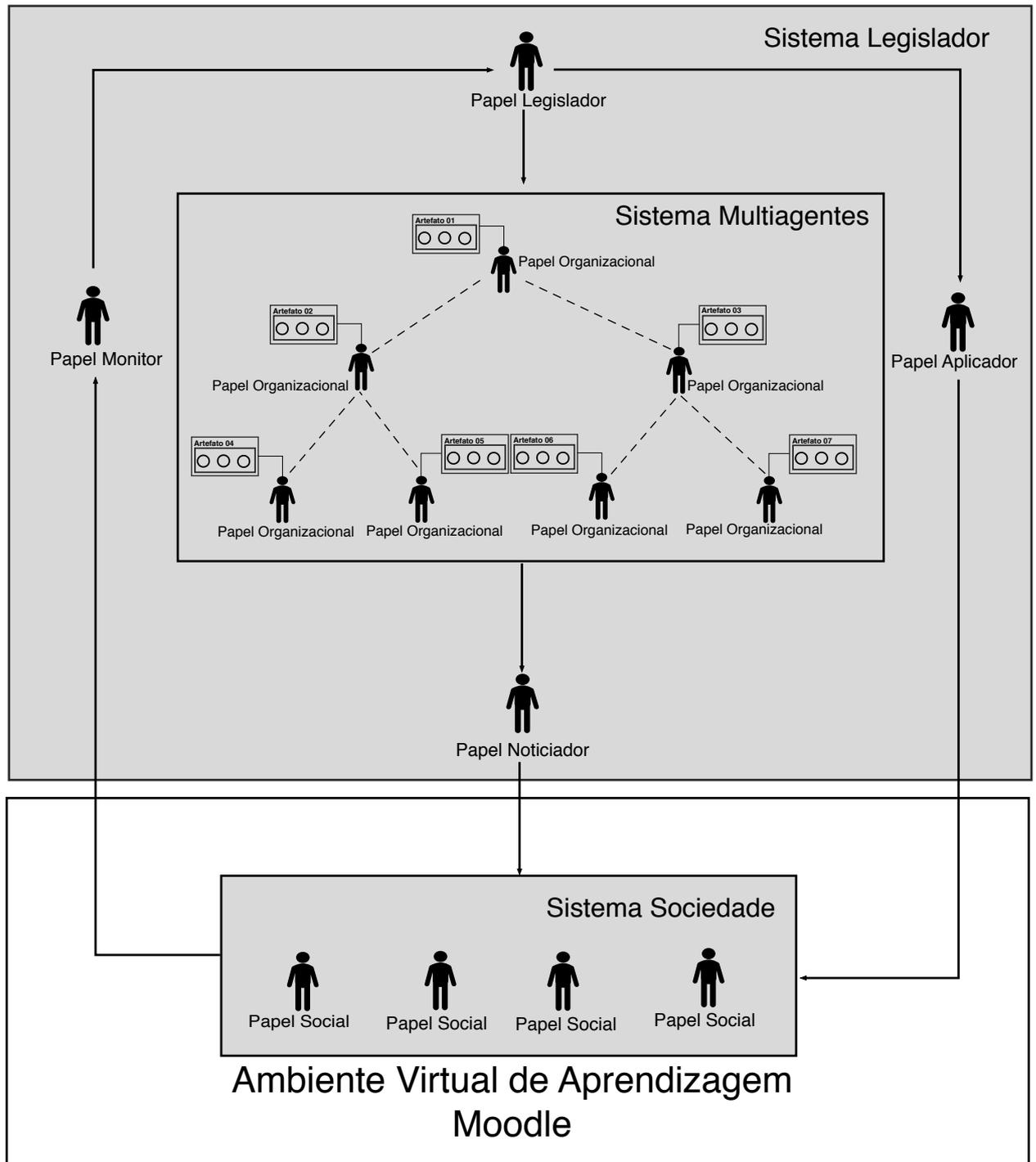


Figura 7.1 – Esboço do Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação.

Fonte: Autoria Própria

os usuários façam suas ações normalmente para que o sistema legislador possa monitorar e verificar a legalidade dessas atividades. Pode-se dizer que essa parte do sistema é o AVA Moodle, em si.

Dentro do Sistema de Sociedade temos vários papéis denominados de **Agentes Sociais**, sem hierarquia. Esses agentes sociais que compõem uma sociedade assumem papéis ou grupo de papéis.

Nesse caso, esse sistema é dividido em diversas categorias (Conforme Figura 7.2), sendo que um usuário pode assumir diferentes papéis, onde, por exemplo, um professor/pesquisador pode ser membro da equipe multidisciplinar ou o professor que irá ministrar uma disciplina.

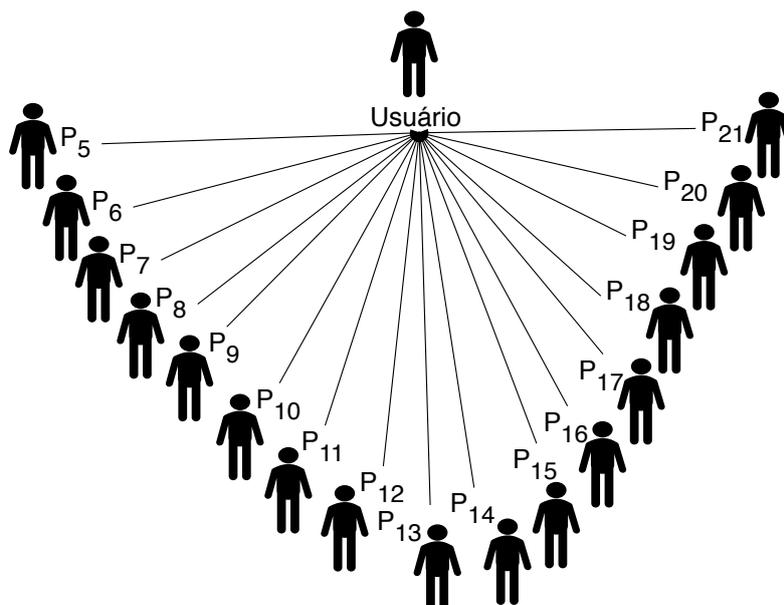


Figura 7.2 – Papéis Sociais do Sistema de Sociedade conforme as funções do AVA Moodle.
Fonte: Autoria Própria

Neste caso, os usuários do AVA Moodle, que já estão previamente cadastrados na base de dados do AVA, podem assumir diversos papéis sociais, que terão que realizar suas funções normalmente no Moodle. Esses papéis sociais que podem ser assumidos são: Coordenador Geral Rede e-Tec Brasil/IFSul (P₅), Coordenador Adjunto Rede e-Tec Brasil/IFSul (P₆), Equipe Multidisciplinar Rede e-Tec Brasil/IFSul (P₇), Coordenador Geral do *Campus* (P₈), Revisor Pedagógico (P₉), Revisor Linguístico (P₁₀), Administrador (P₁₁), Design (P₁₂), Secretaria (P₁₃), Coordenador de Curso (P₁₄), Professor Pesquisador (P₁₅), Professor Conteudista (P₁₆), Coordenador de Tutoria (P₁₇), Tutor Presencial (P₁₈), Tutor a Distância (P₁₉), Coordenador de Polo (P₂₀) e Estudante (P₂₁).

Ao ser cadastrado no AVA Moodle, o usuário já terá sido atribuído a um papel social de acordo com a função que irá realizar no sistema.

7.2 Sistema Legislador

O sistema legislador terá como finalidade monitorar todas as ações realizadas no sistema de sociedade afim de garantir que os agentes estejam atuando dentro da legalidade. No caso dos papéis sociais não estarem sendo cumpridos com suas metas, o sistema fica responsável de enviar notificações bem como aplicar penalidades.

Ainda dentro do sistema legislador estará incluído uma sociedade de agentes baseada no modelo organizacional apresentado anteriormente, ou seja, um Sistema Multiagentes, que trabalhará com a hierarquia de papéis e/ou grupos de papéis.

O sistema legislador será formado por quatro principais papéis que serão considerado como agentes de software, que irão interagir entre si afim de monitorar e avaliar o andamento das ações e metas que estão ocorrendo dentro do sistema de sociedade.

O primeiro papel ou agente é denominado de **papel legislador**. Este papel é responsável por realizar as ações de criar, modificar e remover normas e planos do SMA, sendo considerado um emissor de normas. Neste caso, o papel legislador será soberano sobre as normas, sendo assim, todas as tarefas de criar, modificar e remover normas, fica a cargo desse único papel.

O segundo papel é chamado de **papel monitor**, cuja sua finalidade é auxiliar na extração e captação de informações do que está ocorrendo no sistema de sociedades. Esse agente de software fica observando em tempo real as ações do sistema para verificar se os demais agentes estão cumprindo com as normas e planos.

Os papéis de monitores podem ser classificados em dois tipos:

- **Monitores de Normas ou Artefatos:** observam as normas e o comportamento dos papéis sociais, captando informações referentes ao cumprimento ou não desses normas.
- **Monitores de Sociedade:** captam informações sobre o estado corrente dos papéis sociais, garantido a execução dos planos que devem ser realizados para se atingir as metas.

Nesse caso, o sistema legislador poderá possuir no mínimo dois agentes monitores.

O terceiro papel é o **papel noticiador** que tem como objetivo principal apresentar lembretes (via bloco do AVA e e-mail) das ações pendentes ou de prazos

a serem cumpridos antes de serem penalizados. Além disso, esse papel também terá a finalidade de mostrar onde foram baseadas as normas, ou seja, de qual lei, normativa, regimento ou contrato as normas foram baseadas e conseqüentemente extraídas. Nesse caso, o modelo irá se basear na Especificação Deôntica do SMA afim de buscar essas informações.

O notificador também, com base nos e-mails cadastrados no AVA MOODLE, irá disparar mensagens aos usuários sobre pendências ou penalidades aplicadas ao agentes.

E por fim, o ultimo agente de software é chamado de **papel aplicador**. Sua principal função é auxiliar na aplicação de normas e planos no sistema de sociedade bem como será responsável por aplicar as sanções e penalidades quando as normas não forem cumpridas de forma correta.

O papel aplicador terá duas subdivisões:

- **Aplicador de Sanções:** realizam a efetiva aplicação de sanções e penalidades prescritas nas normas aos papéis sociais que a descumprem.
- **Aplicador de Planos:** executam os planos de ações e alteram as propriedades estruturais da sociedade.

Já os papéis do Sistema Multiagentes, que está localizado dentro do sistema legislador, serão os mesmos papéis utilizados no sistema de sociedade, os quais neste caso trabalham com a ideia de hierarquia. Esta hierarquia, conforme mostra a Figura 7.3, foi determinada de acordo com a especificação estrutural do modelo organizacional, ou seja, de acordo com o organograma institucional do IFsul para a modalidade a distância.

Esta hierarquia mostra os papéis conforme sua ordem de autonomia e é baseada em determinadas regras que são importantes para aquela sociedade de agentes onde o papel com posição inferior é sempre subordinado a papéis com posições superiores.

Neste caso, os papéis deixam de ser denominados de papéis sociais para serem chamados de papéis organizacional. Sendo assim, esses papéis organizacionais tornam-se componentes proativos do sistema legislador, pelo fato de estarem ligados a um conjunto de artefatos e tem como principal característica a autonomia.

Esses artefatos são baseados o metamodelo de Agentes e Artefatos (A & A) que incorporam um conjunto de metas e planos. Sendo assim, pode-se dizer que esses

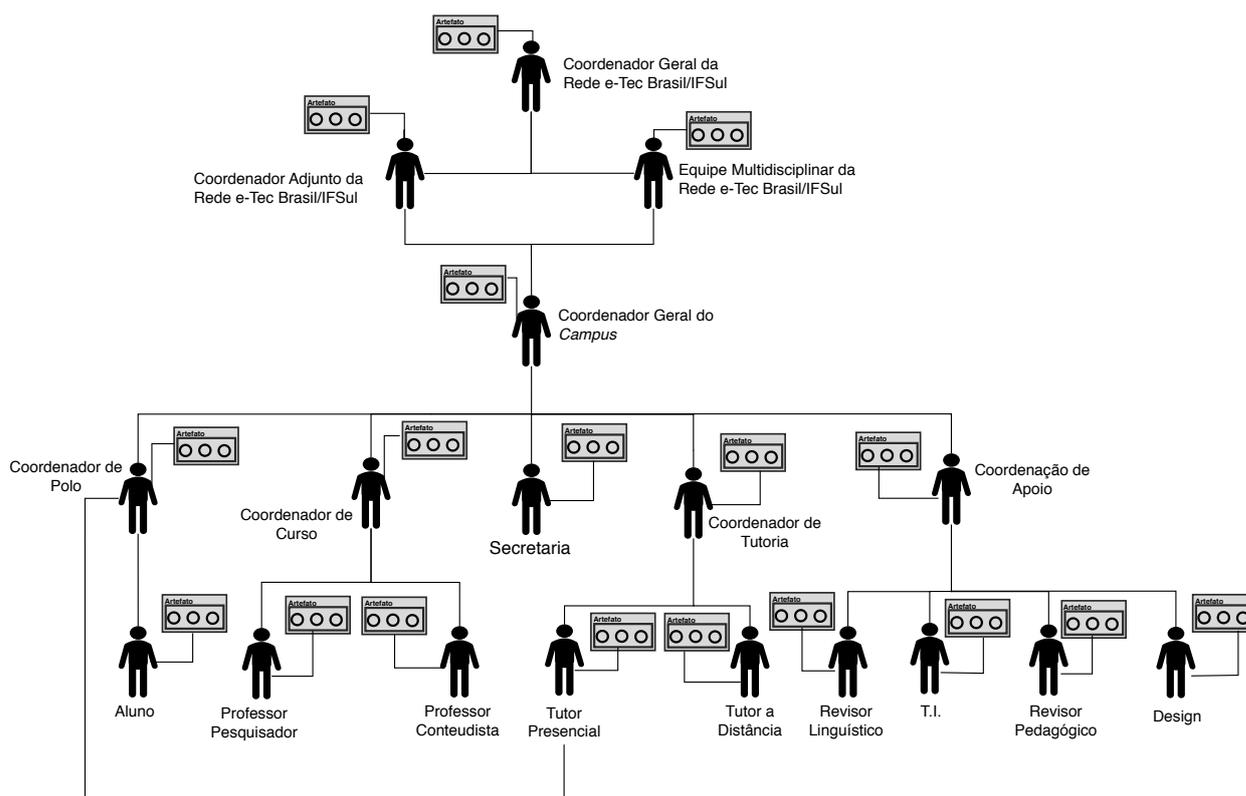


Figura 7.3 – Papéis Organizacionais do SMA do Sistema Legislador.
Fonte: Autoria Própria

artefatos são as leis, normas, regimentos, decretos e contratos que irão determinar as ações a serem executadas pelos agentes e demais papéis.

Os artefatos podem ser considerados uma ferramenta que os agentes possuem e que determinam se os mesmos são capazes de manipular, compartilhar e utilizar essas entidades para auxiliar e facilitar na realização de suas tarefas. Além disso, esses artefatos determinam se esses papéis devem executar as normas e planos de ações como se fossem um direito, um dever ou uma proibição.

O comportamento dos artefatos só funcionam quando usados pelos agentes, visto que disponibilizam operações que modificam o estado do artefato fazendo com que o mesmo cause impactos no sistema de sociedade bem como no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

7.3 Modelagem do Sistema AVA-SMA orientado à Legislação

Nesta seção será apresentada a modelagem e o funcionamento do sistema AVA-SMA orientado à legislação.

A modelagem será realizada, primeiramente, em relação ao SMA que compõe

o sistema legislador para após ser apresentada a modelagem do sistema AVA-SMA e a integração dos seus dois subsistemas (sistema legislador e o sistema de sociedade).

Para a modelagem do sistema legislador e do sistema de sociedade será utilizada a Linguagem de Modelagem Unificada (UML) com o objetivo de especificar, visualizar e principalmente documentar aspectos fundamentais de funcionamentos desses dois sistemas.

Porém, a linguagem UML, quando aplicada para modelar SMA tem se mostrado ineficiente em virtude de não ser possível modelar os agentes, os papéis que os mesmos assumem e principalmente o modelo organizacional utilizado pelo SMA, ou seja, no caso desse trabalho o modelo adaptado do Moise⁺. Por isso, será utilizada, para a modelagem do SMA, a linguagem *Multi-Agent System Modeling Language* (MAS-ML), que é uma extensão da linguagem UML que tem como finalidade fornecer diversos mecanismos para a modelagem das propriedades das entidades que compõem um SMA, baseado no framework *Taming Agentes and Objects* (TAO).

Nas seções a seguir iremos descrever essas modelagens.

7.3.1 Modelagem Interna do SMA

Com a utilização da linguagem MAS-ML é possível modelar os aspectos interno de um SMA através de aspectos estruturais e dinâmicos como, por exemplo, entidades, propriedades e relacionamentos entre papéis.

Para isso, dois tipos de diagramas serão utilizados: os diagramas estáticos (que são os diagramas que serão apresentados a seguir denominados de diagrama de classes, diagrama de organizações e diagrama de papéis) e o diagrama dinâmico(chamado de diagrama de sequência e diagrama de atividades).

7.3.1.1 Diagrama de Classes

O diagrama de classes do modelo MAS-ML tem como finalidade apresentar uma visualização do modelo estático e estrutural, sendo esse diagrama uma extensão da linguagem UML. Além de ser possível descrever objetos de sistema e o relacionamento entre eles, como acontece no UML, esse tipo de diagrama de classe permite descrever os agentes ou papéis, organizações, ambientes e quais os agentes podem compor esses ambientes.

No diagrama de classe do SMA, as classes existentes são denominadas de classes do agente, classe da organização, classe do ambiente e classe padrão UML. Uma classe MAS-ML possui quatro divisões, onde: uma para o nome da classe, uma para os atributos, outra para os métodos e a quarta divisão para as entidades que podem habitar o ambiente, estabelecendo esse novo tipo de relacionamento.

Já os relacionamentos são os mesmos usados no diagrama de classes UML, onde temos as seguintes relações:

- **Habitar:** usado entre classes e classes do ambiente.
- **Associação:** usado entre classes e classe de agente, ou classe de organização, ou classe de ambiente.
- **Especialização:** usado entre classes do agente e classes de organização, entre classes de ambiente.

Na Figura 7.4, podemos observar o diagrama de classe na visão do Sistema Multiagente para o plano RealProf.

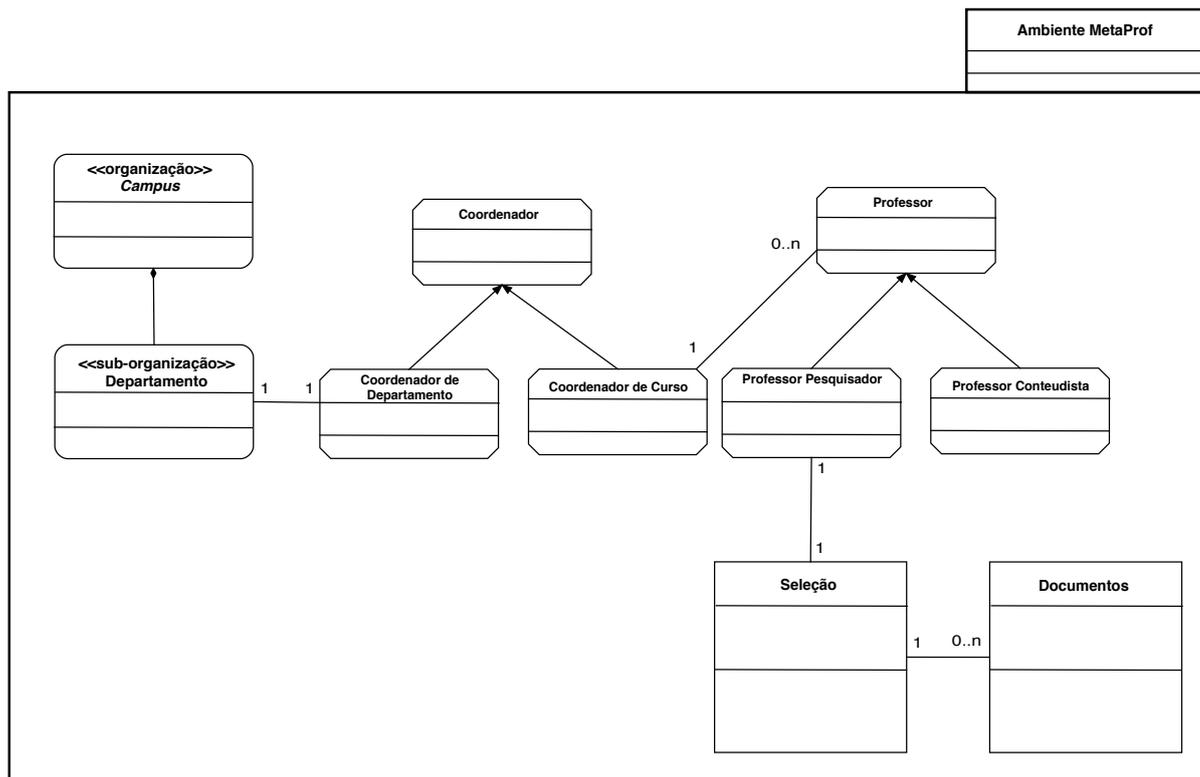
Na Figura 7.4, temos o Ambiente RealProf, que possui como classes de organizações *Campus* e Departamento, representadas pela tag <<Organização>>. Os agentes presentes no Ambiente RealProf são Coordenador (tendo como especialização Coordenador de Departamento e Coordenador de Curso e Professor (tendo como especialização Professor Pesquisador e Professor Conteudista). Esses agentes são classificados como classes de agentes.

As classes Seleção e Documentos são instâncias da meta-classe em UML, e por isso, possuem as mesmas características apresentadas em UML, representando recursos do Ambiente RealProf.

7.3.1.2 Diagrama de Organização

O diagrama de organização do modelo MAS-ML tem como objetivo modelar todas as organizações de um Sistema Multiagentes. Esse diagrama mostra como essas organizações estão relacionadas com outras entidades do sistema como, por exemplo, os papéis de agentes, os papéis de objetos, os agentes e os objetos.

Desta forma, é possível identificar os papéis que estão atribuídos a uma organização bem como os principais agentes que compõem um SMA. No diagrama de organização modela-se também as propriedades da organização, como suas crenças, objetivos, planos e ações.



Legenda:

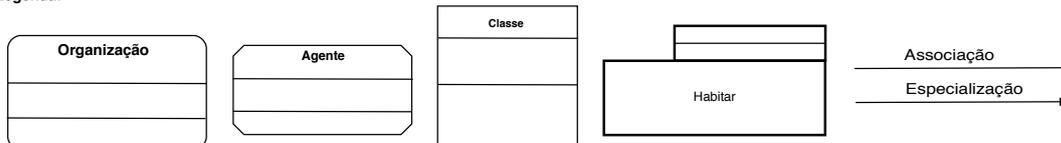


Figura 7.4 – Diagrama de Classe do SMA para a meta RealProf.

Fonte: Autoria Própria

Na Figura 7.5 podemos observar os tipos de relacionamento que esse tipo de diagrama possui, onde:

- **Propriedade:** usado entre organizações e/ou papéis de objetos e agentes que um organização define. Seu objetivo é mostrar quais papéis ou agentes pertencem a uma organização.
- **Desempenha Papel:** utilizado entre agentes e papéis de agentes, entre sub-organizações e papéis de agentes, entre classes e papéis de objetos. Sua finalidade é mostrar qual o agente ou objeto desempenha determinada função dentro de uma organização.
- **Ambiente:** mostra as organizações, agentes, papéis de agentes e papéis de objetos que habitam um determinado ambiente. No caso da Figura 7.5, essas organizações e demais componentes estão compondo o sistema legislador do Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação.

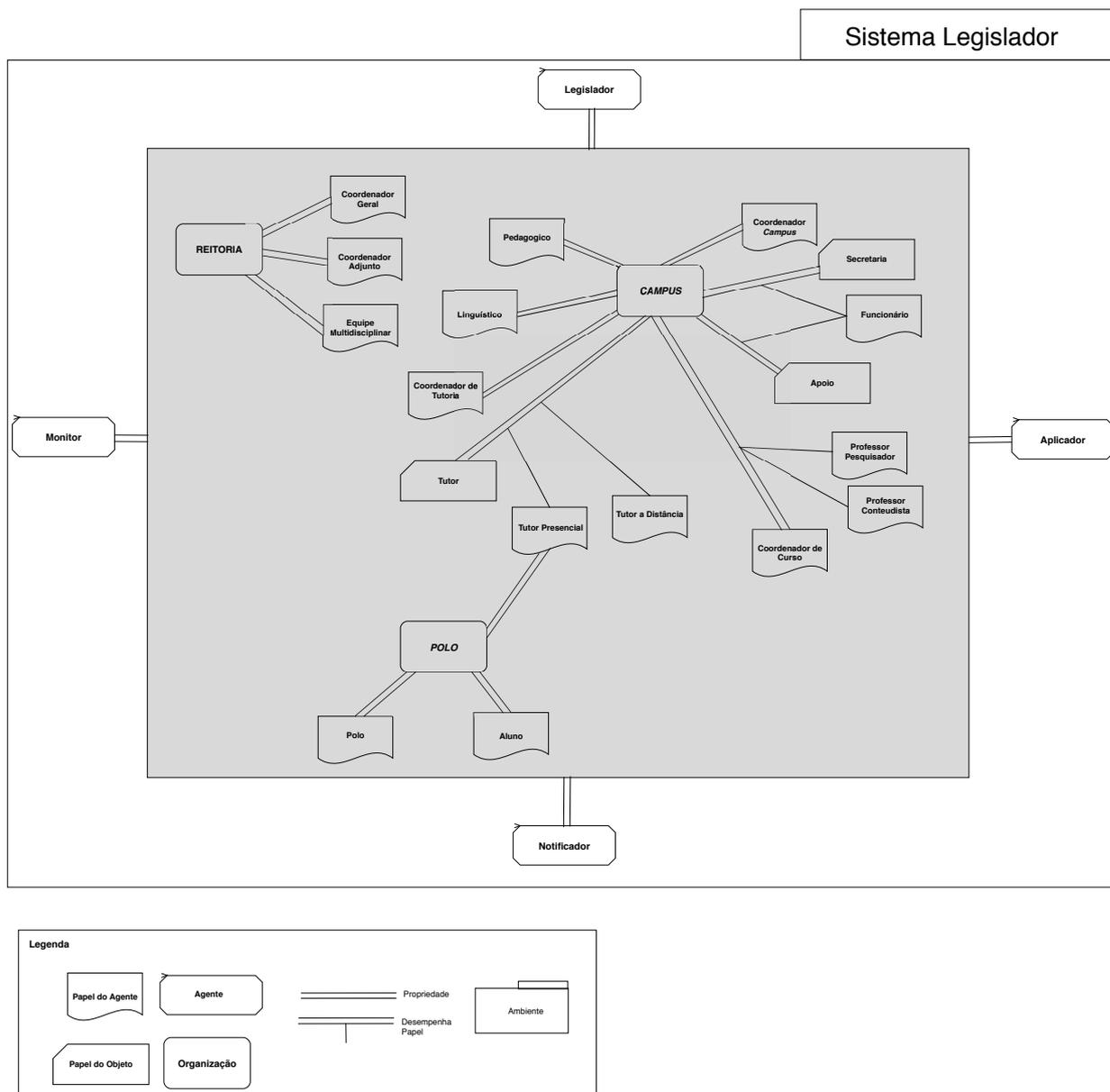


Figura 7.5 – Diagrama de Organização do SMA do sistema legislador.
 Fonte: Autoria Própria

Através desse diagrama podemos observar que dentro do ambiente do sistema legislador temos três organizações definidas: **REITORIA**, **CAMPUS** e **POLO**. Pertencentes a organização **REITORIA** estão os papéis de agente **coordenador geral**, **coordenador adjunto** e **equipe multidisciplinar**.

Os papéis de agentes **professor pesquisador** e **professor conteudista** exercem um papel dentro da organização **CAMPUS** e estão atribuídos ao papel de agente **coordenador de curso**.

Já o papel de agente **Funcionário** está ligado a duas coordenações (secretaria e apoio), onde cada funcionário pode desempenhar o papel de secretário ou de um

membro da equipe de tecnologia da informação, dependendo do setor em que atua.

No caso do sistema legislador em geral, os agentes legislador, aplicador, monitor e notificador pertencem a organização do SMA.

7.3.1.3 Diagrama de Papéis

O diagrama de papéis do modelo MAS-ML tem a finalidade de demonstrar os aspectos estruturais dos papéis de agentes e dos papéis de objetos. Além disso, esse diagrama permite definir o tipo de relacionamento entre os papéis de objeto e de agente, que foram identificados dentro do diagrama de organização.

O diagrama de papéis do Sistema Multiagente do sistema legislador, proposto neste trabalho, pode ser observado na Figura 7.6.

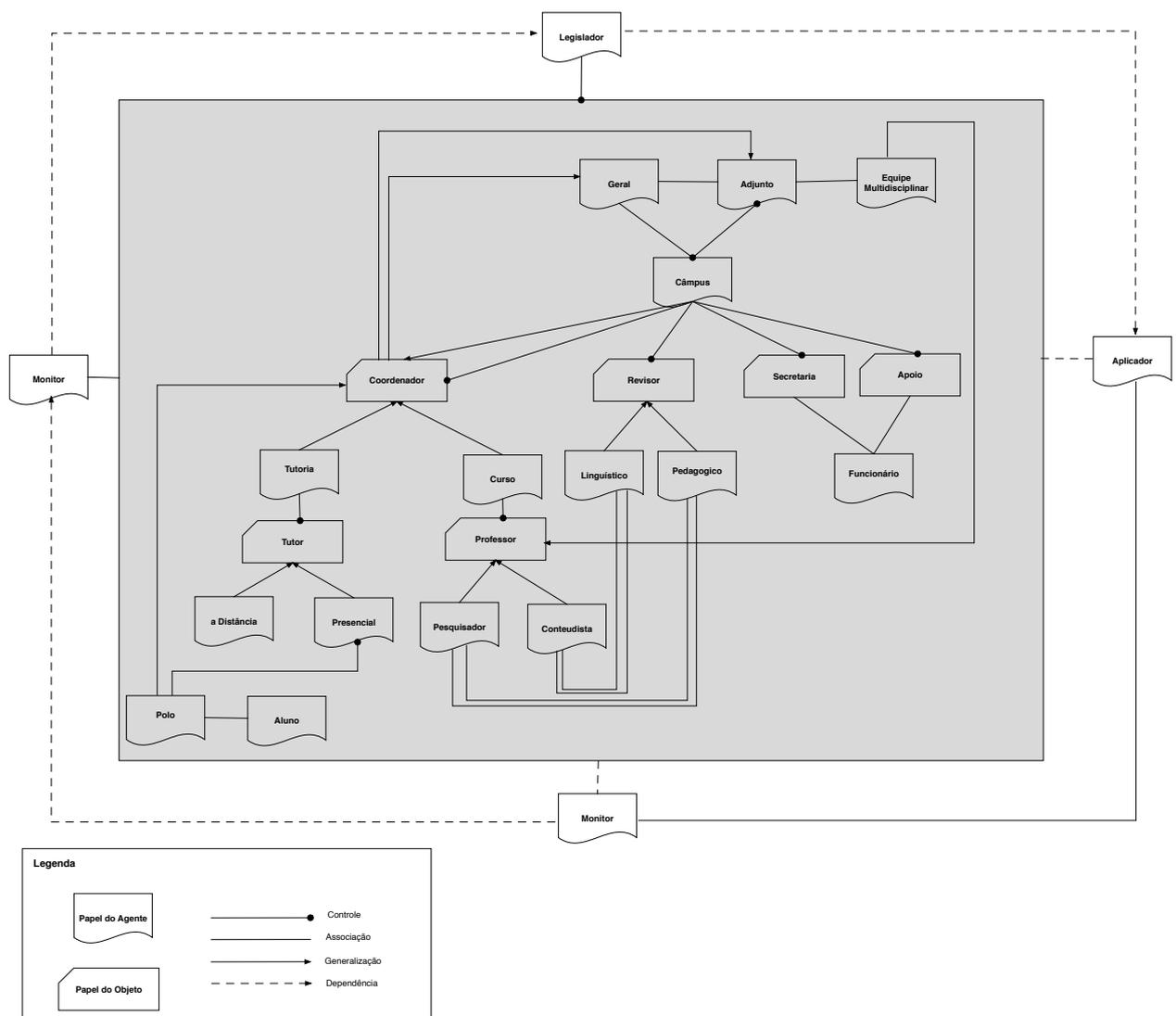


Figura 7.6 – Diagrama de Papéis do SMA do sistema legislador.

Fonte: Autoria Própria

Através da Figura 7.6 podemos observar os relacionamentos que os papéis de objetos e os papéis de agentes podem assumir, onde:

- **Controle:** é usado entre papéis dos agentes, onde um papel exerce o controle sobre o outro papel.
- **Associação:** usado entre papéis de objetos ou papéis de agentes que tem por objetivo ligar esses papéis ou classes mostrando que há uma conexão entre elas e permitindo que se comuniquem entre si.
- **Generalização:** usado entre papéis de objetos e papéis de agente, tem a função de mostrar quando uma subclasse herda todos os aspectos da classe superior ou geral.
- **Dependência:** pode ser utilizada entre todos os tipos de papéis e tem como objetivo mostrar que há um relacionamento semântica entre as classes.

Deste modo, os papéis de agentes **revisores linguístico** e **pedagógico** estão associados as ações a serem realizadas pelos **professores pesquisador** e **conteudista**. O papel de agente **coordenador de tutoria** exerce controle sobre o papel de objeto tutor que é uma generalização dos papéis de agentes **a distância** e **presencial**. Sendo assim, podemos dizer que o **coordenador de tutoria** exerce controle sobre os **tutores a distância** e **presencial**.

Já o papel de agente **notificador** do SMA do sistema legislador tem dependência direta com as ações realizadas pelo papel de agente **monitor**, onde de acordo com o que o agente monitor observa é que o agente notificador irá disparar uma mensagem para o sistema de sociedade do modelo do Sistema AVA-SMA orientado à Legislação.

Uma classe do papel de agente é sempre composto por três compartimentos, conforme mostra a Figura 7.7. O primeiro compartimento contém o nome do papel de agente enquanto que o segundo compartimento tem a função de trazer a listagem de objetivos (<<objetivos>>) e crenças (<<crenças>>), ou seja, trabalha com as características estruturais do papel de agente.

O último compartimento tem o objetivo de mostrar as características comportamentais do papel de agente, ou seja, os planos e as ações dos agentes. Nesse caso, os planos e ações são os direitos (<<direitos>>) e deveres (<<deveres>>) do agentes. Além dos direitos e deveres, foi adicionado a esse tipo de diagrama da linguagem MAS-ML, a ideia de proibição (<<proibição>>).

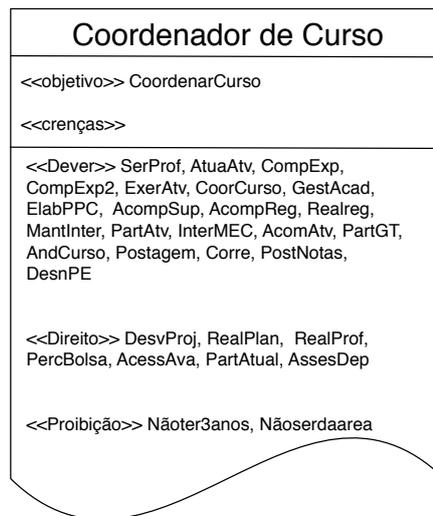


Figura 7.7 – Papel do Coordenador de Curso.
Fonte: Autoria Própria

Esses direitos, deveres e proibições são representados pelo nome da ação definida na estruturação deôntica, apresentada no Capítulo anterior.

7.3.1.4 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência tem a finalidade de apresentar os aspectos dinâmicos do SMA, ou seja, representa as ações de cada instância (como objetos, agentes, organizações e ambientes).

Assim como no diagrama de sequência UML, o da versão do MAS-ML, é representado pelo seu *pathname* e um ícone, onde toda entidade deve possuir uma identificação representado pelos : seguido pelo *pathname* adaptado com o nome do agente, nome do papel de agente, nome da organização e nome do ambiente (:nome do agente/nome do papel de agente/nome da organização/nome do ambiente).

A Figura 7.8 mostra o diagrama de sequência de um Sistema Multiagente para a meta **RealProf**, onde o coordenador de curso planeja e executa as atividades para a seleção e capacitação de professores pesquisadores.

Nesse diagrama de sequência é possível descrever as trocas de mensagens entre as entidades e com isso representar a execução de planos e ações. Na Figura 7.8, podemos observar essa troca de mensagem entre o agente Notificador com o agente Professor Pesquisador com o objetivo de notificar quando o mesmo é reprovado no processo seletivo ou avisando a data da reunião desse agente com o agente coordenador de curso.

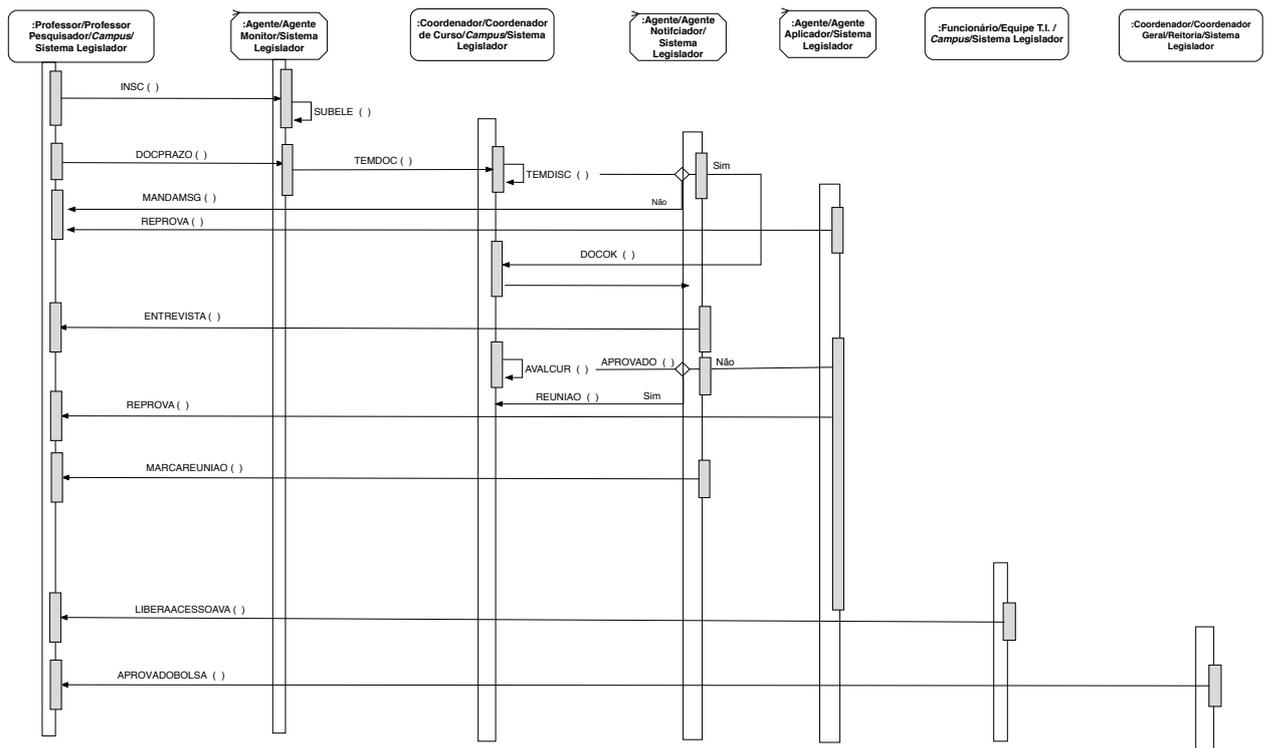


Figura 7.8 – Diagrama de Sequência para a meta RealProf.

Fonte: Autoria Própria

7.3.1.5 Diagrama de Atividades

O diagrama de atividades tem como principal objetivo descrever o comportamento de cada agente que compõe o SMA, enfatizando a sequência e as condições para que as ações possam ser executadas.

No diagrama de atividades é possível apresentar os planos e ações dos agentes e das organizações.

Na Figura 7.9 podemos observar o diagrama de atividades para a meta ou plano RealProf, cuja o objetivo é permitir que o coordenador de curso planeje e execute as atividades para a seleção e capacitação de professores pesquisadores. Nesse diagrama de atividades temos os papéis de agentes professor pesquisador, coordenador de curso, equipe de T.I., bem como os agentes monitor, aplicador e notificador, que compõem a organização de *campus* (representando nesse diagrama pela tag <<organização>>). Além disso, temos o papel de agente Coordenador Geral que faz parte da organização reitoria.

Os papéis de agentes bem como os agentes têm como principal objetivo Selecionar Professor Pesquisador, representado no diagrama pela tag (<<objetivos>>)). Para atingir esse objetivo, os agentes realizam ações, que estão representadas na

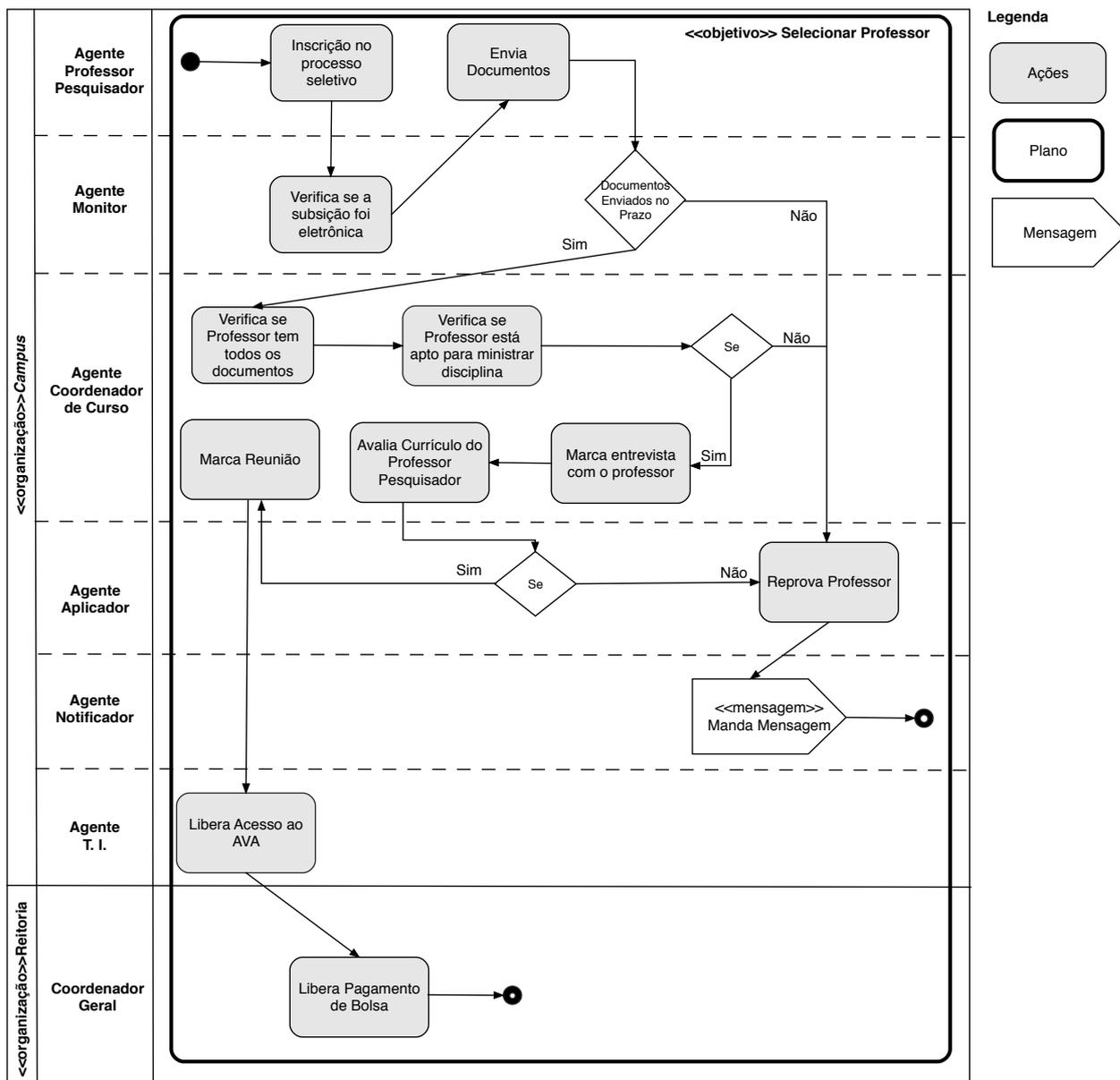


Figura 7.9 – Diagrama de Atividades para a meta RealProf.
 Fonte: Autoria Própria

linha do agente que irá realizá-la bem como as mensagens que os agentes enviam aos papéis de agentes.

7.3.2 Modelagem do Sistema Legislador e Sistema de Sociedade

Afim de modelar o funcionamento do sistema AVA-SMA orientado à legislação, determinando como se dará a integração e participação dos seus subsistemas (legislador e sociedade) será apresentado, nessa seção, alguns elementos de modelagem UML, como o diagrama de caso de uso interno.

Um diagrama de casos de uso interno é uma unidade funcional do sistema, que será caracterizado pelo conjunto de ações que deverá ocorrer entre o sistema legislador e o sistema de sociedade em conjunto com os papéis de agentes que compõem esses ambientes.

O diagrama de caso de uso mostrará os papéis (tantos sociais quanto os organizacionais) junto com os planos que devem ser realizados para atingir as metas definidas na especificação funcional do modelo organizacional para SMA. Além disso, esse diagrama irá mostrar como se dará o relacionamento entre os planos e papéis.

Nesse diagrama de estudo de caso os círculos representam os planos a serem cumpridos para atingir as metas enquanto que os bonecos representam os papéis.

Pelo fato do sistema AVA-SMA orientado à legislação possuir vários tipos de papéis, os bonecos de cada um deles receberá uma cor afim de identificá-los de forma mais eficaz. Nesse caso as cores serão:

- **Vermelho:** papel legislador;
- **Verde:** papel aplicador;
- **Azul:** papel monitor;
- **Rosa:** papel notificador;
- **cinza:** papel organizacional e;
- **preto:** papel social.

Afim de facilitar o entendimento será utilizada um diagrama para cada meta que o papel tem que cumprir. Como exemplo, temos a meta RealProf que deve ser realizado pelo papel coordenador de curso bem como os planos que devem ser realizados para a satisfação da meta, conforme podemos observar na Figura 7.10.

Cada caso de uso, ou seja, cada meta deve ser também representada em forma de Tabela, conforme mostra a Tabela 7.1, onde será descrito todo o processo executada dentro do diagrama de classe interno.

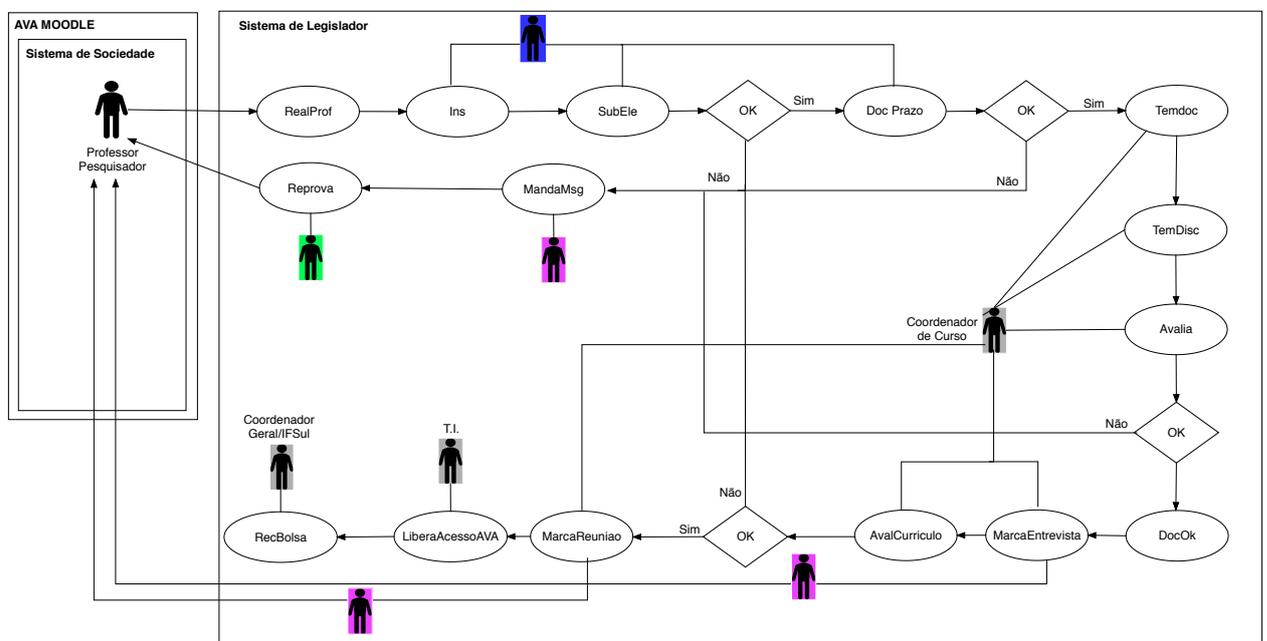


Figura 7.10 – Diagrama de Classe Interno para a meta RealProf para os sistemas legislador e para o sistema de sociedade

Fonte: Autoria Própria

Nome	RealProf
Outros casos de uso utilizados	-
Precondição	O papel social do professor pesquisador e os agentes coordenador de curso, equipe de T.I., monitor, legislador, notificador e aplicador já devem estar criados.
Início	O papel social professor pesquisador realiza sua inscrição informando requisitos como nome completo, RG, CPF, envio dos documentos solicitados via edital, disciplina e curso do qual deseja atuar.
Descrição da Execução	Após o papel social do professor pesquisador, ao preencher a inscrição, o sistema legislador deverá conferir, com ajuda do agente monitor e do papel organizacional coordenador de curso, se houve inscrição e a sua submissão ocorreu de modo eletrônica completa. Se não ocorreu de forma completa, o agente notificador dispara uma mensagem ao sistema de sociedade, ou seja, para o papel social do professor pesquisador e o agente aplicador reprova o professor bloqueando seu acesso ao AVA. Se a inscrição ocorreu de forma correta, o agente monitor verifica se a inscrição ocorreu dentro do prazo, e com ajuda do papel organizacional coordenador de curso, confere se o professor enviou todos os documentos necessários para a participação do edital. Além disso, verifica se o professor pesquisador está apto a ministrar a disciplina que o mesmo se habilitou. Se um desses itens não for atendido, o sistema legislador através do agente notificador manda uma mensagem ao sistema de sociedade (professor pesquisador) e o agente aplicador aplica o desligamento do mesmo no AVA. Se estiver tudo correto, o papel organizacional coordenador de curso marca uma entrevista com o professor pesquisador que é notificado por mensagem através do agente notificador e avalia o currículo do professor. Se o mesmo for APROVADO, o coordenador de curso marca uma reunião e o agente de T.I. libera o acesso ao AVA bem como da disciplina que o mesmo irá ministrar. Assim o coordenador Geral da Reitoria autoriza o pagamento da bolsa ao professor pesquisador.
Conclusão	Seleciona e capacita os professores pesquisadores para atuarem na modalidade a distância

Tabela 7.1 – Caso de Uso RealProf.

Fonte: Autoria Própria

8 IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE SISTEMA AVA-SMA ORIENTADO À LEGISLAÇÃO APLICADO AO MOODLE

Nesse capítulo será apresentado com o Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação foi implementado no Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE bem como algumas aplicações que foram realizadas com o mesmo, após implementação, para a validação do modelo.

O Modelo AVA-SMA orientado à Legislação aplicado ao MOODLE irá notificar os usuários do sistema de sociedade (ou seja, os usuários cadastrados no MOODLE) através de um caixa incorporado ao ambiente (Figura 8.1) chamado de box que pode ser considerado um plugin do MOODLE. Este box estará disponível em todas as áreas do ambiente.



Figura 8.1 – AVA MOODLE com Modelo AVA-SMA orientado à Legislação - Caixa Box.
Fonte: Autoria Própria

Ao ativar esse plugin, o **Papel Monitor** estará analisando todas as ações dos usuários do sistema de sociedade com base nas regras previamente criadas e estipuladas pelo **Papel Legislador** do Modelo AVA-SMA orientado à Legislação, bem como no conjunto de ações que devem ser realizadas pelo sistema no caso de cumprimento ou descumprimento dessas regras.

Ao identificar uma regra com pendência ou que foi cumprida, o **Papel Monitor** em conjunto com o **Papel Notificador** irá mostrar uma mensagem nesse box formada pelos seguintes componentes (Figura 8.2):



Figura 8.2 – Padrão de mensagem do **Papel Notificador**.
Fonte: Autoria Própria

- nome do usuário, resgatado através do id do Moodle, em forma de link para poder acessar o perfil do mesmo;
- mensagem padrão para cada ação. Essas mensagens serão cadastradas previamente em uma tabela do banco de dados. Exemplos de mensagens: atividades com pendências, documento sem pendências;
- nome da Atividade, resgatado através do id do Moodle, em forma de link para o usuário poder acessar;
- nome da Disciplina, resgatado através do id do Moodle, onde a atividade está postada e também em forma de link para o usuário poder acessar;
- descrição da regra retirada da legislação;
- data limite para atender a regra, se tiver;
- link da legislação onde a regra está baseada.

O sistema ao fazer uma notificação utilizará um ícone de uma seta verde para destacar que é uma ação do **Papel Notificador**, conforme mostra Figura 8.2.

Além disso, o **Papel Monitor** analisará todas as ações que não forem realizadas e o **Papel Aplicador** irá realizar ações de sanção sobre os usuários do sistema de sociedade do MOODLE que cumprir ou deixar de cumprir a regra, dentro do limite estipulado.

O **Papel Aplicador** sempre encaminhará uma mensagem ao box sobre a

ação que foi realizada para os usuários hierarquicamente superiores a ele (Figura 8.3), conforme especificação deôntica do modelo organizacional SMA orientado à legislação, bem como mensagem via e-mail cadastrado no MOODLE.



Figura 8.3 – Padrão de mensagem do **Papel Aplicador**.

Fonte: Autoria Própria

A mensagem do aplicador será composta por:

- nome do Usuário, resgatado através do id do Moodle, em forma de link para poder acessar o perfil do mesmo;
- mensagem padrão para cada ação realizada pelo **papel aplicador**.

Para a realização dessas simulações, baseado no Modelo de SMA-AVA orientado a Legislação, foi utilizado a implementação de interface, utilizando a linguagem PHP, incorporado ao AVA Moodle na sua versão 3.0.

Como base nessa simulação de interface, a seguir serão apresentadas algumas simulações de como AVA MOODLE, quando utiliza o Modelo de SMA-AVA orientado a Legislação, se comporta em relação ao cumprimentos e/ou descumprimento de algumas regras que envolvem o coordenador de curso.

8.1 *Regra CompExp* - Coordenador de Curso/Coordenador Geral

Um coordenador de curso ao ser selecionado para exercer a função deve realizar o cadastrado provisório no AVA MOODLE. Nesse caso o papel atribuído a esse usuário será de visitante. Após isso, o mesmo deverá postar no Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE, que utiliza o Modelo de SMA-AVA orientado a Legislação, os documentos comprobatórios para atuar na função (Termo de Compromisso de Bolsista com firma reconhecida, Ficha de Cadastro, Declaração de Não

Acúmulo de Bolsa, Declaração de Não Afastamento ou Redução CH, Declaração de Não Acúmulo CD, Declaração de número de bolsas, Comprovante de experiência de 3 anos no magistério superior, Diploma Graduação, CPF e RG). Esse coordenador de curso, deverá postar dentro do espaço denominado **Área de Gestão - Rede e-Tec IFSul**.

Na Figura 8.4 é apresentado um diagrama que representa a troca de mensagens realizada pelos usuários bem como as ações realizadas pelo **papel aplicador** para a *Regra CompExp*, que será descrita detalhadamente a seguir.

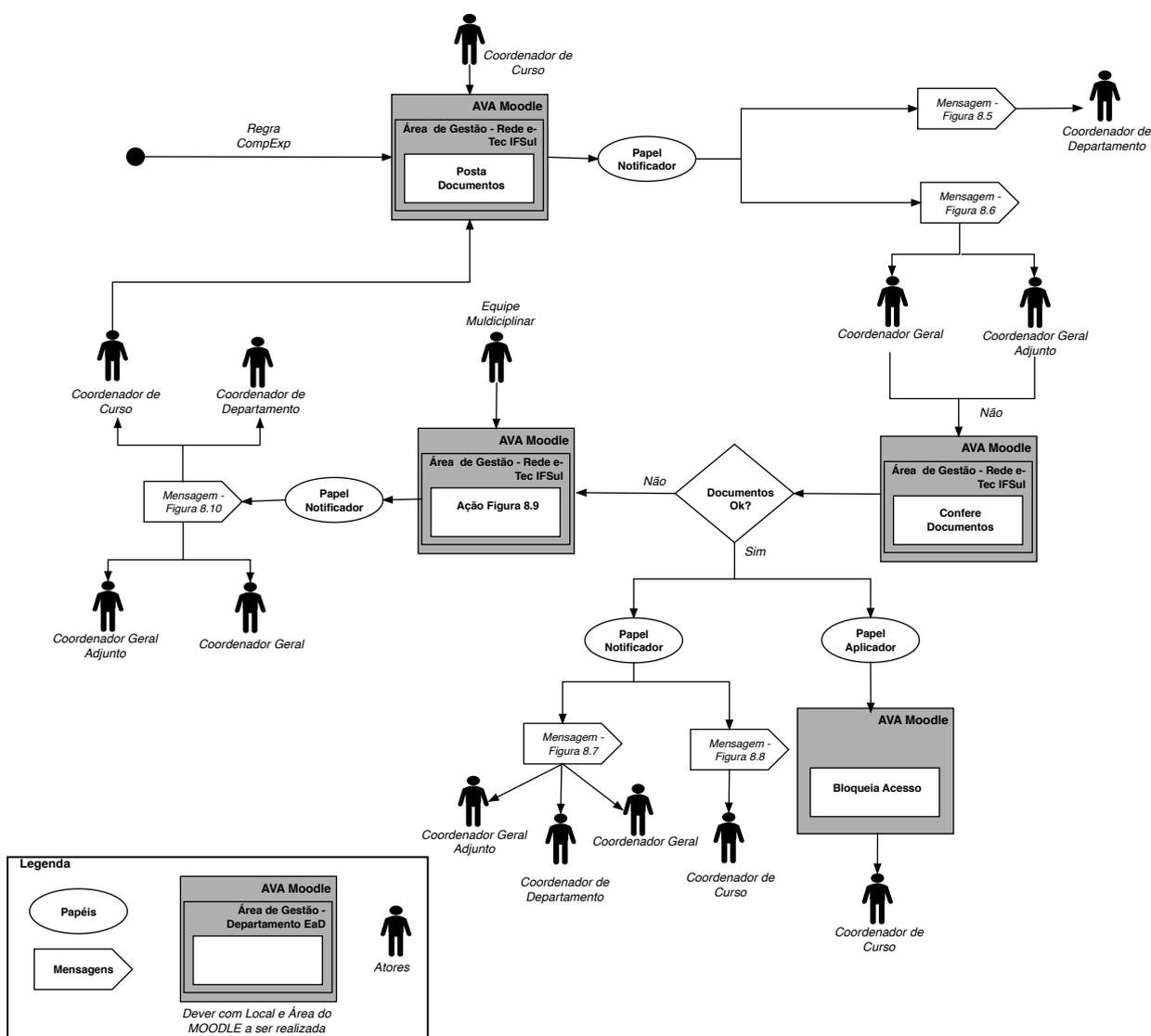


Figura 8.4 – Diagrama de Troca de Mensagens da *Regra CompExp*.

Fonte: Autoria Própria

Ao postar, a Coordenação Geral e Geral Adjunta da Rede e-Tec Brasil, receberá por meio do **Papel Notificador** do modelo SMA-AVA orientado a legislação, um aviso de que todos os documentos foram postados e estão prontos para a con-

ferência (Figura 8.5). Além disso, o gestor que está hierarquicamente acima do Coordenador de Curso, no caso Coordenador de Departamento, também receberá uma notificação sobre a entrega dos documentos (Figura 8.6).



Figura 8.5 – *Regra CompExp* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Coordenador Geral.
Fonte: Autoria Própria

Sendo assim, a Coordenação Geral e Geral Adjunta da Rede e-Tec Brasil faz a conferência manual dos documentos. Se os documentos estiverem todos entregues e sem pendências, o **Papel Notificador** enviará uma mensagem de retorno a esse usuário enquanto que o **Papel Aplicador** liberará o acesso em todas áreas do AVA MOODLE, passando o papel de usuário visitante para Coordenador de Polo (conforme Figura 8.7).

O Modelo de SMA-AVA orientado a Legislação notificará também todos que estão hierarquicamente acima do papel Coordenador de Polo, no caso o Coordenador de Departamento (Figura 8.8), o Coordenador Geral e Coordenador Geral Adjunto.

No caso dos documentos enviados apresentarem pendências, a equipe multidisciplinar irá marcar quais documentos apresentam problemas escolhendo em uma lista qual a pendência existente de acordo com a legislação. Além disso, será determinado um período para o reenvio do documento, com data e horário conforme as



Figura 8.6 – *Regra CompExp* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Coordenador de Departamento.

Fonte: Autoria Própria



Figura 8.7 – *Regra CompExp* - Mensagem do **Papel Notificador** e do **Papel Aplicador** ao Coordenador de Curso.

Fonte: Autoria Própria

especificações de atividades de postagem de documentos do MOODLE.

Um exemplo, de pendência de documentos pode ser quando o coordenador de



Figura 8.8 – *Regra CompExp* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Coordenador de Departamento.

Fonte: Autoria Própria

curso não apresenta o atestado que comprove a experiência de magistério exigida por lei. Nesse caso, a equipe multidisciplinar, liderada pelo coordenador geral e adjunto, escolherá em lista a regra que está pendente 8.9.

Após isso, **Papel Notificador** enviará tanto o coordenador de curso quanto o coordenador de departamento uma mensagem com o nome do usuário, a pendência conforme a legislação bem como um link para lei que rege essa regra e o prazo final para a nova postagem do documento (Figura 8.10).

Caso o documento seja reenviado dentro do prazo e estiver de acordo, o **Papel Notificador** enviará uma mensagem de retorno a esse usuário enquanto que o **Papel Aplicador** liberará o acesso em todas áreas do AVA MOODLE, passando o papel de usuário visitante para Coordenador de Curso (conforme Figura 8.7).

Se os documentos pendentes não forem enviados dentro do prazo e/ou não estiverem de acordo com a legislação, o **Papel Notificador** irá cortar o acesso do usuário e avisar os papéis que estão hierarquicamente acima do papel Coordenador de Polo, no caso o Coordenador de Departamento, o coordenador geral, coordenador geral adjunto e administrador do MOODLE dessa ação.

Listagem de Regras conforme a legislação

Nome da Ação	Descrição da Ação	Legislação	Restrição Deontica	Restrições Temporais	
SerProf	Ser professor ou pesquisador designado ou indicado pelas IPE vinculadas ao Rede e-Tec Brasil	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Enquanto a Lei estiver vigente	<input type="checkbox"/>
AtuaAtv	Atuar nas atividades de Coordenação de Curso implantado no âmbito do Sistema	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Diário	<input type="checkbox"/>
DesvProj	Desenvolver projetos de Pesquisa relacionados aos cursos	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD)	Direito	Anual	<input type="checkbox"/>
CompExp	Comprovar experiência de, no mínimo, 3 (três) anos de magistério superior. O valor da bolsa a ser concedida é de R\$ 1.400,00 (um mil e quatrocentos reais) mensais, enquanto exercer a função (coordenador de curso - nível I)	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Mensal	<input checked="" type="checkbox"/>
CompExp2	Aquele que não comprovar experiência de, no mínimo, 3 (três) anos de magistério superior, mas que tenha formação mínima em nível superior e experiência de 1 (um) ano no magistério, ou a formação ou a vinculação em programa de pós-graduação de mestrado ou doutorado, receberá bolsa no valor de R\$ 1.100,00 (um mil e cem reais) mensais e ficará vinculado como coordenador de curso nível II	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III	Dever	Mensal	<input checked="" type="checkbox"/>
ExerAtv	Exercer as atividades típicas de coordenador de curso na IPE	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Diário	<input type="checkbox"/>
CoorCurso	Coordenar e acompanhar o curso	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Diário	<input type="checkbox"/>
GestAcad	Realizar a gestão acadêmica das turmas	Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Anexo I, Item 2 - 2.2	Dever	Mensal	<input type="checkbox"/>
		Resolução no 18, de 16 de julho de 2010			

Figura 8.9 – Tabela de regras baseada na legislação do **Papel Legislador**.

Fonte: Autoria Própria

Coordenador de Curso [Técnico em Contabilidade]

AVÁ-SMA ORIENTADO A LEGISLAÇÃO
🔍

Notificação:

Usuário Coordenador de Curso [Técnico em Contabilidade] - Documentos com pendências.

Descrição da regra: Comprovar experiência de, no mínimo, 3 (três) anos de magistério superior. O valor da bolsa a ser concedida é de R\$ 1.400,00 (um mil e quatrocentos reais) mensais, enquanto exercer a função (coordenador de curso - nível I)

Data limite de Reenvio: 16 de dezembro de 2015, às 23 horas e 55 minutos.

Para saber mais: Resolução no 18, de 16 de julho de 2010 (MEC/FNDE/CD) - Art. 7º - Item III

Notificação:

Figura 8.10 – Regra *CompExp* - Notificações do **Papel Notificador** ao Coordenador de Curso.

Fonte: Autoria Própria

8.2 Regra *Realreg* - Coordenador de Curso/Professor

O AVA Moodle utilizando o modelo AVA-SMA orientado à legislação deve ser capaz de monitorar todas as regras que são, perante a legislação, deveres desses atores envolvidos nesse tipo de modalidade de ensino. Neste caso fica a cargo do **Papel Monitor** analisar o cumprimento de cada uma dessas regras que são classificadas pelo Modelo Organizacional para SMA orientado à Legislação, através da relação deôntica, como **DEVERES**.

É o caso da *regra Realreg*, especificada no modelo organizacional, onde é função do Coordenador de Curso acompanhar se o professor realizou o registro das avaliações desenvolvidas pelos alunos.

Na Figura 8.11 é apresentado um diagrama que representa a troca de mensagens realizada pelos usuários bem como as ações realizadas pelo papel aplicador e notificador para a *regra Realref*.

Sendo assim o MOODLE com o modelo AVA-SMA orientado à legislação, irá utilizar o **Papel Notificador** para sempre lembrar o professor das pendências existentes em relação a correção e registro das avaliações dos alunos. Essa mensagem será composta por nome do usuário, nome da disciplina, nome da atividade, a regra criada pelo **Papel Legislador**, o link dessa regra na legislação bem como o prazo limite para a correção (Figura 8.12).

Pelo modelo de hierarquia, utilizado pelo modelo, o coordenador do curso também será notificado dessa falta de registro de notas e o limite da correção. Além disso o **Papel Notificador** incorporará a mensagem a possibilidade de troca de mensagem com o professor para comunicá-lo da ação pendente (Figura 8.13).

Quando as notas forem postadas (ou seja, as atividades corrigidas) dentro do prazo o **Papel Notificador** deixa de exibir a mensagem para o professor responsável da disciplina e somente no próximo acesso do Coordenador de Curso notifica sobre a correção. Quando o coordenador de curso se deslogar do AVA MOODLE a mensagem não será mais mostrada, conforme ocorrer com o box Atividades Recentes do MOODLE (Figura 8.14).

Se após a data limite, o professor da disciplina não realizar o registro de notas nas atividades, o **Papel Aplicador** do AVA-SMA orientado a legislação bloqueia o acesso do professor à disciplina, enquanto que o **Papel Notificador** avisa aos coordenadores de curso, de departamento, geral e adjunto para que os mesmos realizem

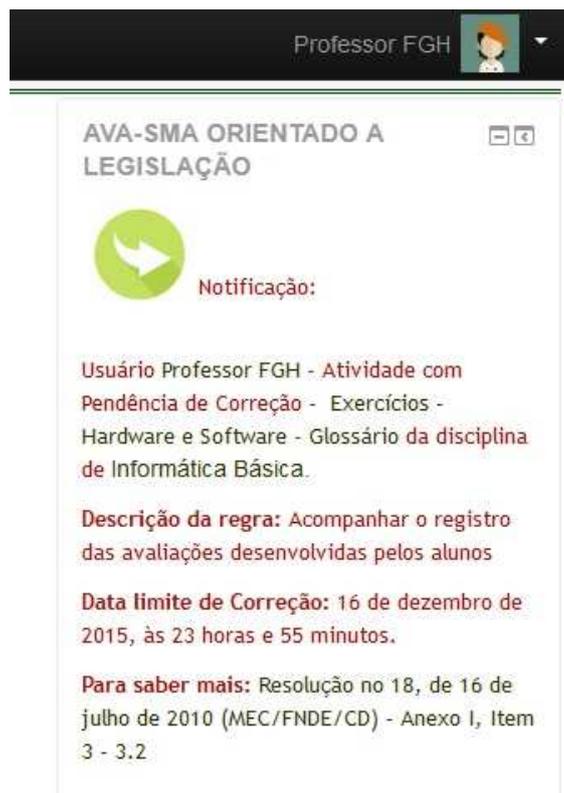


Figura 8.12 – Regra Realreg - Mensagem do **Papel Notificador** ao Professor.
Fonte: Autoria Própria



Figura 8.13 – Regra Realreg - Mensagem do **Papel Notificador** ao Coordenador de Curso.

Fonte: Autoria Própria

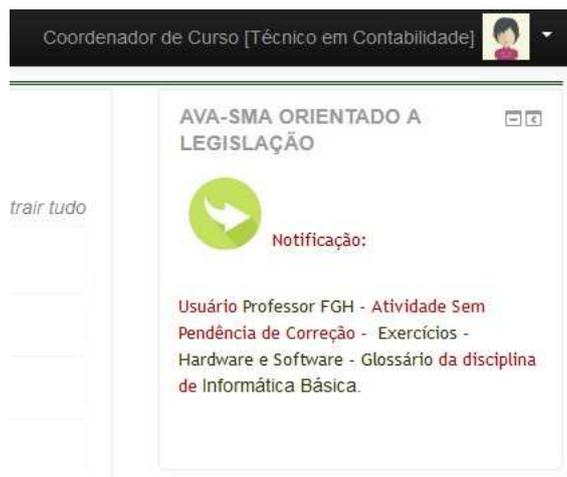


Figura 8.14 – Regra Realreg - Notificação do **Papel Notificador** ao Coordenador de Curso.

Fonte: Autoria Própria

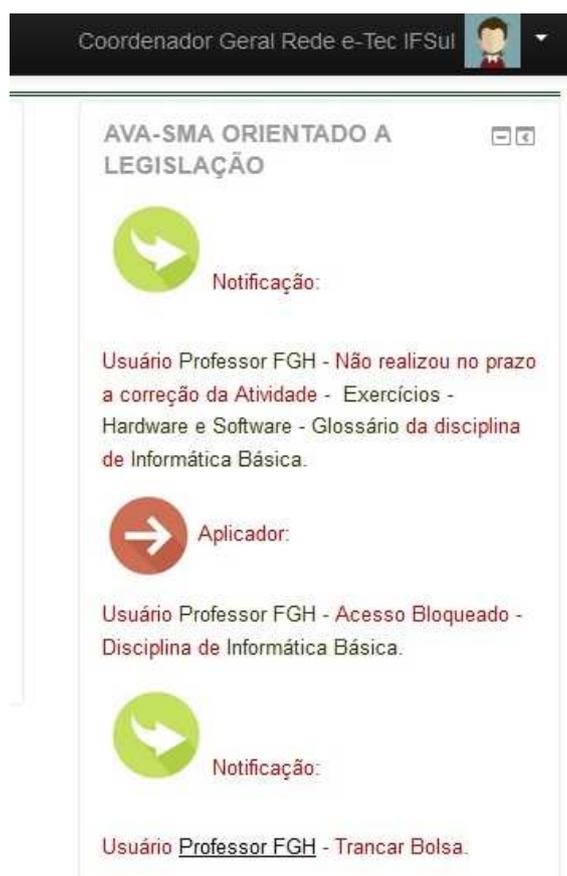


Figura 8.15 – Regra Realreg - Mensagem do **Papel Notificador** ao Coordenador de Geral da Rede e-Tec Brasil no IFSul.

Fonte: Autoria Própria



Figura 8.16 – *Regra Realreg* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Administrador do AVA Moodle.

Fonte: Autoria Própria

8.3 *Regra ElabRealAluno* - Tutor a Distância/Coordenador de Curso

A *regra ElabRealAluno* é uma das atribuições e deveres que os tutores (tanto presencial quanto o a distância) devem realizar. Nesta regra o tutor deve elaborar os relatórios de regularidade dos alunos, ou seja, quais alunos estão frequentando as disciplinas, quais atividades os mesmos não realizaram, se estão de atestado médico entre outras funções. Quem deve controlar a realização dessa atividade é o coordenador de curso em parceria com o coordenador de tutoria. A troca de mensagens realizada pelos usuários bem como as ações realizadas pelo papel aplicador, podem ser observadas através da Figura 8.17.

Neste caso, o Moodle com o modelo AVA-SMA orientado a legislação, através do **Papel Notificador** irá notificar o tutor a distância, através de lembretes da atividade que deve ser realizada mensalmente e postada no AVA, dentro do espaço Área de Gestão - Departamento de EaD, até o trigésimo dia de cada mês, conforme regimento interno dos programas e departamentos.

Conforme mostra Figura 8.18, essa mensagem do **Papel Notificador** será composta por: nome do usuário com a ação pendente, nome da ação a ser realizada, a regra criada pelo **Papel Legislador** de acordo com a legislação, o link de acesso dessa regra na legislação bem como o prazo limite para a postagem do relatório.

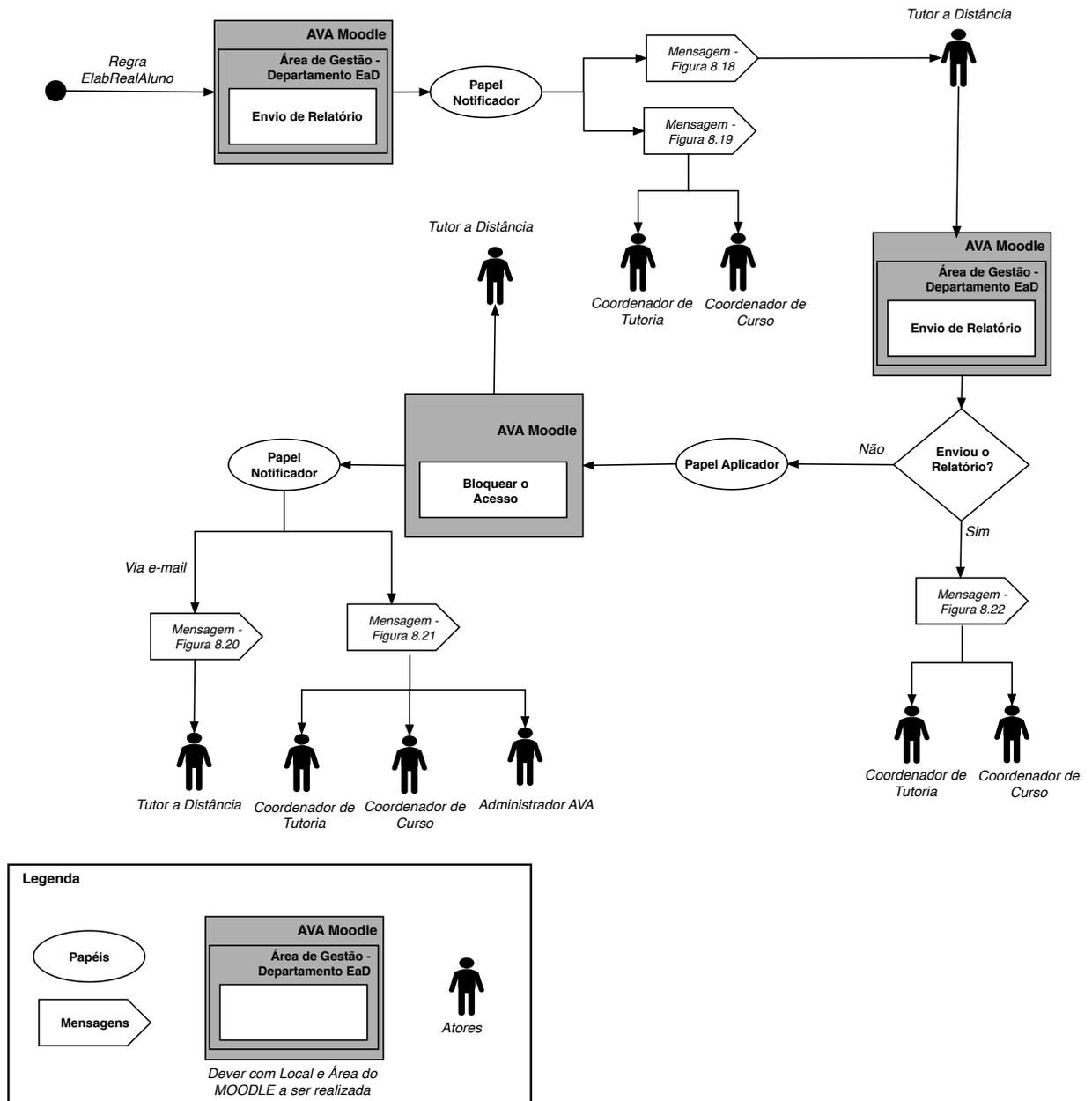


Figura 8.17 – Diagrama de Troca de Mensagens da regra *ElabRealAluno*.

Fonte: Autoria Própria

Também receberá a notificação dessa pendência o coordenador de tutoria e o coordenador de curso (Figura 8.19).

Se o tutor a distância não realizar a postagem dentro do prazo, o **Papel Aplicador** irá restringir o acesso do mesmo dentro do AVA MOODLE, encaminhando uma notificação aos coordenadores com hierarquia superior para que o mesmo seja desligado do programa (Figura 8.20). Também receberá essa mensagem o Administrador do AVA Moodle.

Neste caso o tutor receberá um e-mail notificando o motivo do bloqueio de acesso (Figura 8.21).



Figura 8.18 – *Regra ElabRealAluno* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Tutor a Distância

Fonte: Autoria Própria

Porém, se o relatório for postado dentro do prazo, o coordenador de curso e o coordenador de tutoria recebem uma mensagem de que o relatório está postado para análise (Figura 8.22).

8.4 Inclusão de uma regra

A inclusão de uma nova regra na base de dados que os agentes (papel legislador, papel monitor, papel notificador e papel aplicador) do Modelo AVA-SMA orientado à Legislação acessam, consultam e monitoram deve estar prevista nas simulações realizadas para a validação desse modelo. Por esse motivo, essa seção tem o objetivo de mostrar como se dá a inclusão dessa nova regra bem como será o comportamento do modelo em relação as notificações sobre a inclusão dessa nova meta a ser cumprida pelas funções.

Sendo assim, a inclusão de uma nova regra no Modelo AVA-SMA orientado à Legislação, fica de responsabilidade do **Papel Legislador**, o qual deverá incluir no



Figura 8.19 – Regra *ElabRealAluno* - Mensagem do **Papel Notificador** aos Coordenadores de Tutoria e de Curso

Fonte: Autoria Própria



Figura 8.20 – Regra *ElabRealAluno* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Coordenador de Curso

Fonte: Autoria Própria

banco de dados de artefatos essa nova regra com as seguintes informações: o papel que deverá realizar a regra, sua descrição, a legislação que rege a sua inclusão , o

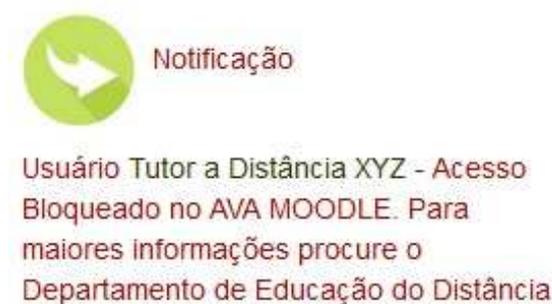


Figura 8.21 – Regra *ElabRealAluno* - Mensagem do **Papel Notificador** ao Tutor a Distância.

Fonte: Autoria Própria



Figura 8.22 – Regra *ElabRealAluno* - Mensagem do **Papel Notificador** aos Coordenadores de Curso e Tutoria sobre a postagem do relatório.

Fonte: Autoria Própria

tipo de restrição deontica (se é um dever, direito ou obrigação), o tipo de restrição temporal (ou seja, em que tempo a regra deve ser cumprida), quem controla a realização da regra (ou seja, as funções que estão hierarquicamente acima do papel que deverá realizar a regra) e quem participa dessa ação.

Por exemplo, a inclusão de uma nova regra onde o tutor presencial deverá estar sempre presente no chat de provas online durante a realização das mesmas por sua turma, com o objetivo de postar e sanar as dúvidas dos alunos com o professor que a preparou. Nesse caso, para a inclusão da *regra Prova Virtual*, o papel legislador deverá incluir na base de dados as seguintes informações:

- **Papel que deve realizar a regra:** P₁₈ (tutor presencial).
- **Descrição:** Os tutores presenciais devem estar presente no chat de prova

virtuais durante o período em que as mesmas estão sendo realizadas a fim de sanar dúvidas dos alunos com o professor ministrante da disciplina.

- **Legislação:** Regulamento interno do IFSul.
- **Restrição Deontica:** Obrigação.
- **Restrição Temporal:** Mensal.
- **Quem controla:** coordenador de departamento (P₈), coordenador de curso (P₁₄) e coordenador de tutoria (P₁₇).
- **Quem Participa:** tutor presencial (P₁₈) e professor (P₁₅).

Na Figura 8.23 é apresentado um diagrama que representa a inclusão de uma nova regra ao Modelo AVA-SMA orientado à Legislação e como se dará o processo de comunicação aos atores que participam e controlam essa nova regra.

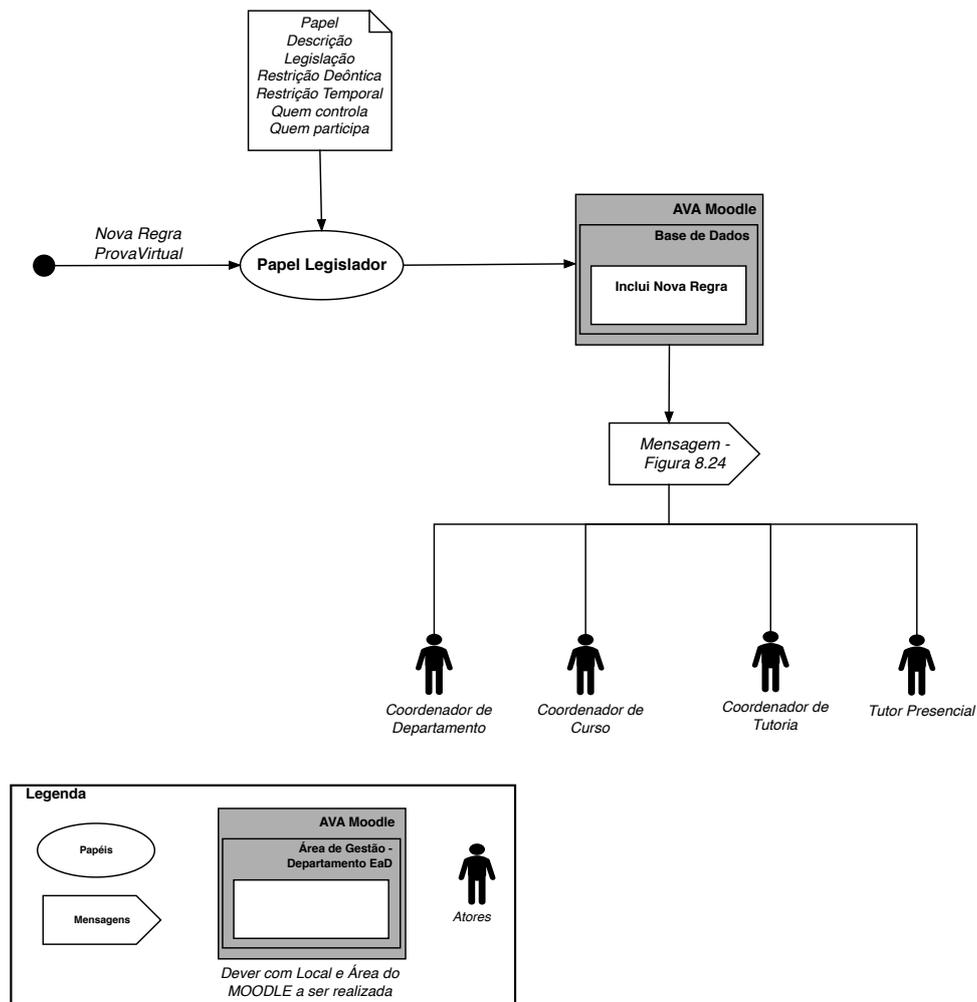


Figura 8.23 – Diagrama de Troca de Mensagens para a inclusão da nova regra *Prova Virtual*.

Fonte: Autoria Própria

Baseado na Figura 8.23, após a nova regra *Prova Virtual* ser incluída, o **papel**

notificador irá encaminhar uma mensagem para os papéis que estão envolvidos com a inclusão da nova regra, com o objetivo de notificar essas inclusão e como ela deverá ser controlada. Nesse caso, receberão essa mensagem (Figura 8.24) os seguintes papéis: tutor presencial, coordenador de departamento, coordenador de curso e coordenador de tutoria.

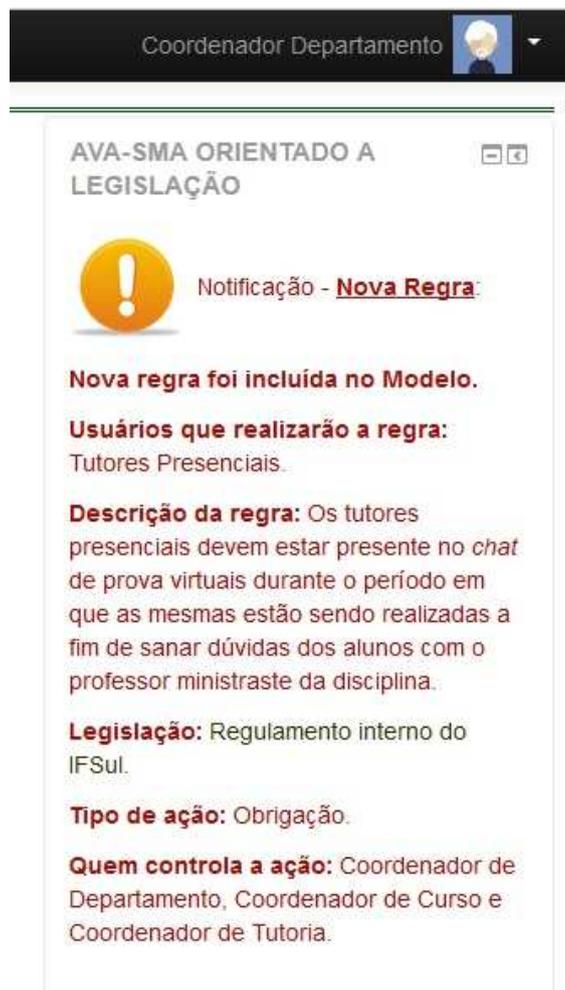


Figura 8.24 – *Regra Prova Virtual* - Mensagem do **Papel Notificador** aos coordenadores sobre a inclusão da nova regra.

Fonte: Autoria Própria

Essa mensagem estará disponível aos usuários envolvidos no próximo acesso dos mesmos ao Moodle, depois da inclusão da regra. Após isso, a mensagem não estará mais visível a esses usuários envolvidos na ação da regra.

Após a notificação sobre a inclusão da regra, o tutor só será avisado novamente da ação quando a atividade da prova virtual for incluída no Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle e conseqüentemente a sua data estiver marcada.

Assim que a prova for marcada no sistema, conforme mostra a Figura 8.25, o tutor presencial recebe uma notificação com um lembrete dessa atividade que ele

deve estar presente bem com a data e horário.



Figura 8.25 – *Regra Prova Virtual* - Mensagem do **Papel Notificador** aos Tutor Presencial.

Fonte: Autoria Própria

No horário da prova, o **papel monitor**, irá verificar se o tutor presencial está online e acessando a área **Chat de Prova - Disciplina AA**. Caso o tutor presencial esteja presente, a mensagem da Figura 8.25, será ocultada. Já o coordenador de departamento, coordenador de curso e coordenador de tutoria serão notificados pelo **papel notificador** que o mesmo está participando da ação (Figura 8.26).

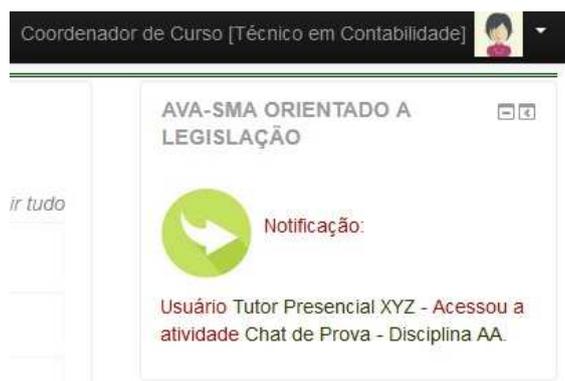


Figura 8.26 – *Regra Prova Virtual* - Mensagem do **Papel Notificador** aos coordenador de curso.

Fonte: Autoria Própria

Caso o tutor presencial não esteja online e participando da atividade **Chat de Prova - Disciplina AA**, o modelo, através do **papel notificador**, irá encaminhar um e-mail ao tutor (Figura 8.27) para avisá-lo. Além disso, o **papel notificador** comunicará as funções hierarquicamente superiores ao tutor presencial do não cum-

primário da ação, disponibilizando um espaço para a troca de mensagem (Figura 8.28).

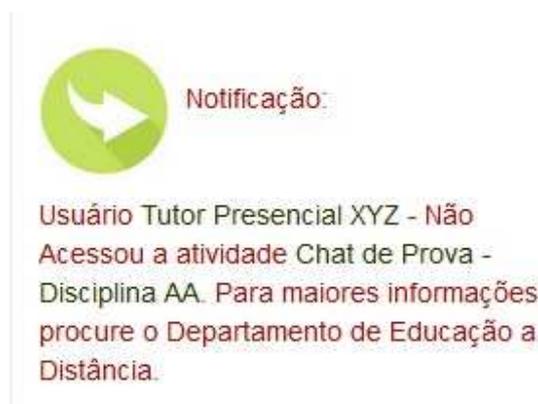


Figura 8.27 – *Regra Prova Virtual* - Mensagem do e-mail do **Papel Notificador** ao Tutor Presencial.

Fonte: Autoria Própria

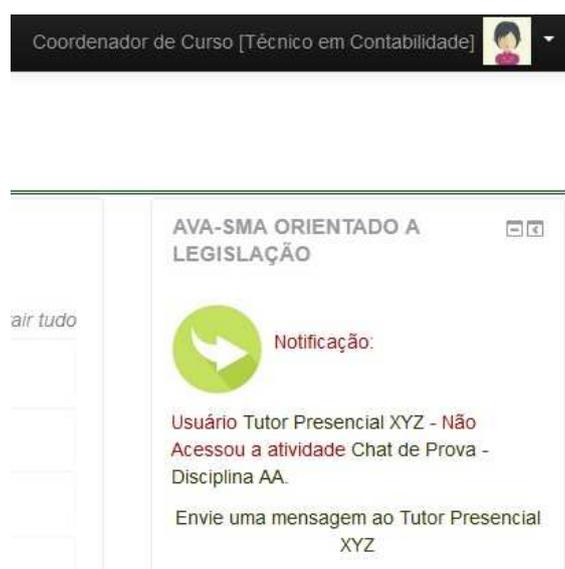


Figura 8.28 – *Regra Prova Virtual* - Mensagem do **Papel Notificador** de descumprimento ao coordenador de curso.

Fonte: Autoria Própria

A troca de mensagens realizada pelos usuários bem como as ações realizadas, podem ser observadas através do diagrama da Figura 8.29.

Além dessas simulações, que foram realizadas em MOODLE instalado localmente, foi realizada a instalação do sistema no AVA MOODLE utilizado no Instituto Federal Sul-rio-grandense, para ser utilizado por um coordenador de curso a fim de validar a sua utilização. Atualmente, o Sistema AVA-SMA orientado à Legislação está em uso, passando por adaptações conforme as demandas desses autores envolvidos no processo.

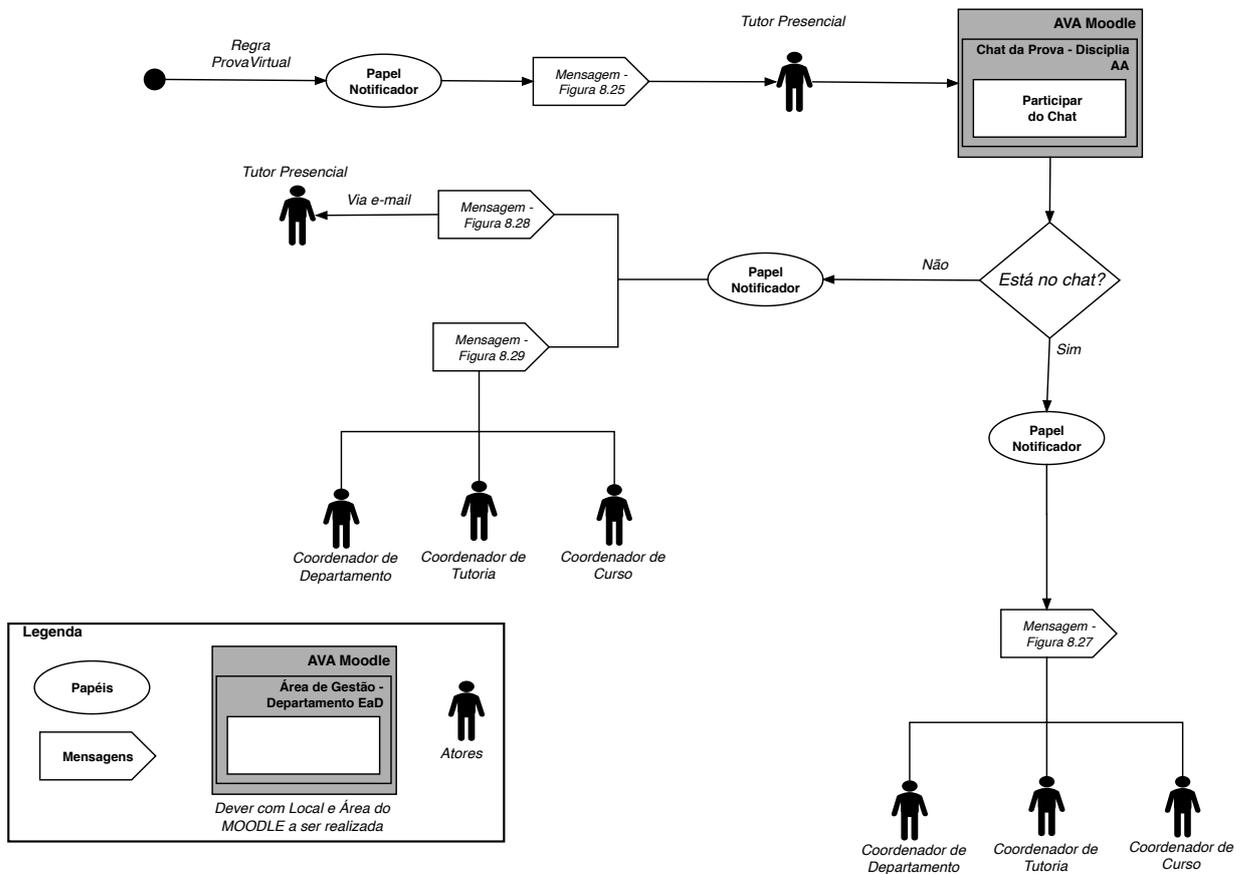


Figura 8.29 – Diagrama de Troca de Mensagens para a Regra ProvaVirtual.

Fonte: Autoria Própria

9 CONSIDERAÇÃO FINAIS

A Educação a Distância é uma modalidade de ensino utilizada para atender alunos que não tenham acesso as Instituição de Ensino em sua cidade, permitindo assim que o processo de ensino e de aprendizagem ocorra mesmo a distância. Pode-se observar que a EaD segue crescendo e tomando espaços, com o objetivo de superar algumas das deficiências existentes hoje na educação.

Para subsidiar a Educação a Distância atual, há um conjunto de TICs, como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem, que podem ser considerados a base tecnológica da EaD, apoiada pela Internet, os quais estão causando transformações no ambiente educacional, permitindo o crescimento dessa modalidade. Entretanto, para atender as demandas específicas, os AVAs existentes no mercado devem continuar se aprimorando seus plugins e criar novos para atender demandas específicas.

Ao analisar o estado da arte dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem pôde-se observar que todos trabalham como ferramentas de auxílio ao aprendizado e com recursos necessários para desenvolver o conhecimento do aluno sobre determinado assunto, porém nenhum deles trabalha aspectos da gestão da EaD dando suporte a legislação dessa modalidade.

Afim de atender essa demanda específica detectada pela autora ao longo da sua trajetória na atuação nessa modalidade como professora, gestora e pesquisadora, é que essa Tese foi elaborada com o objetivo de analisar um Ambiente Virtual de Aprendizagem, já existente no mercado, e propor um modelo para melhor a qualidade da gestão administrativa, visto que é de extrema importância que os gestores (coordenadores) mantenham o foco na legislação específica existente para essa modalidade, desenvolvendo ações que contribuam para satisfazer a demanda através do próprio Ambiente Virtual de Aprendizagem da Instituição escolhida, no caso o IFSul.

O Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar o trabalho manual realizado hoje pelos gestores da EaD quando se trabalha com as questões relacionadas ao processo de gestão corporativa ou institucional.

Para esse modelo foi escolhido a utilização de SMA pelo fato dos mesmos serem considerados uma perspectiva quando se trabalha com a área de informática aplicada a educação, visto que a grande vantagem dos SMA está no fato do mesmo

trabalhar com o paradigma da coletividade e conseqüentemente de sociedade bem como as questões de cooperação. Porém ao tratar de sociedades, devemos lembrar que as mesmas são controladas por normas e legislações, fazendo assim ser necessário que o SMA primeiro modele a sociedade, para depois determinar os tipos de relacionamentos entre os agentes envolvidos e quais ações devem ser tomadas para que se possa atingir os objetivos finais.

Sendo assim, através desse estudo, foi possível modelar as suas funções realizadas por cada ator envolvido na EaD e as relações com o Ambiente Virtual através dos diagramas, mostrando como os agentes podem interagir, como os mesmos podem ser controlados e como se comportam dentro do AVA, permitindo que os agentes e entidades respondam dinamicamente as alterações.

Isso tornou-se aplicável, com a incorporação de um modelo organizacional para Sistema Multiagentes, o que tornou a utilização do modelo mais simples e dinâmica, visto que foi possível trabalhar com a hierarquia existente dentro da estrutura didático pedagógica do IFSul bem como permitiu uma melhora significativa no que diz respeito ao controle das ações por grupos, mantendo-os sempre informados da atual situação dos papéis, solucionando problemas de forma distribuída, onde cada usuário possui uma certa autonomia e é responsável por cumprir uma determinada tarefa.

O modelo proposto trabalhou com quatro agentes que auxiliam os gestores no processo e aplicação das leis, com base nas normativas e legislações disponibilizadas pelo MEC, sendo o modelo capaz de consultá-las e atualizá-las através do agente (papéis) legislador. Além disso, foi desenvolvido para ser modular, portátil e independente do Ambiente Virtual de Aprendizagem, a fim de favorecer sua extensibilidade e a reusabilidade de seus componentes (agentes e bases de legislações).

A fim de buscar evidências práticas sobre a eficácia, mostrando a aplicabilidade do Modelo de Sistema AVA-SMA orientado à Legislação, desenvolvido nessa Tese, foi utilizado o estudo de caso da Educação a Distância dentro do Instituto Federal Sul-rio-grandense, e com base nesse estudo um conjunto de cenários (simulações) de como o Modelo se comportaria ao ser aplicado ao Ambiente Virtual de Aprendizagem MOODLE.

Nesse caso, pôde-se incluir ao AVA MOODLE questões relacionadas ao processo de gestão corporativa ou institucional, parte essa que fica excluída da ferramenta atualmente. Sendo assim, nessas simulações foi possível abordar o compor-

tamento bem como ações que os agentes e usuários realizaram de acordo com seus planos, a fim de alcançar os objetivos finais.

Com o modelo proposto, foi possível traçar direções para uma automatização dessas funções de controle em relação a legislação, visto que através da modelagem tornou-se possível realizar a sistematização do conhecimento sobre as ações e planos que os agentes devem realizar.

O modelo auxilia os atores que estão dentro do sistema de sociedade a realizar o controle de suas atividades, mantendo-os informados sobre seus compromissos, atividades, datas, rendimento e atrasos, além de outras facilidades que podem ser especificadas pelo próprio papel legislador.

O modelo, ao ser incorporado à interface de um Ambiente Virtual de Aprendizagem, como o MOODLE, permite que qualquer usuário que já tenha recebido treinamentos no AVA possa utilizar o modelo proposto de uma forma rápida e sem grandes dificuldades, visto que o design e a simplicidade do ambiente permite o uso fácil e agradável que leva ao entendimento e realização das ações cujos condicionamentos legais costumam ser considerados difíceis de entender, quando os mesmos são apresentados de modo desvinculado do uso concreto do sistema.

Esse modelo também pode ser utilizado em outros sistemas colaborativos, ou seja, em outros Ambientes Virtuais de Aprendizagem desde que os mesmos utilizem a importação de linguagens XML OU SCORM, visto que ao ser implementado o mesmo foi utilizado a linguagem XML.

Em futuros projetos, será possível implementar um número maior de ações bem como possibilitar a otimização da integração da legislação à ferramenta MOODLE. Além disso, será possível incorporar ao modelo a parte de relatórios gerais, disponíveis aos gestores, com as atividades que envolvam as questões administrativas realizadas ou não por todos os usuários do sistema de sociedade.

REFERÊNCIAS

BEHAR, P. A. et al. Avaliação de ambientes virtuais de aprendizagem: O caso do rooda na ufrgs. **Revista Avances en Sistemas e Informática**, vol. 4, p. 81–100, 2007.

BEHAR, P. A.; OLIVEIRA, S. d.; SCHNEIDER, K. D. Em busca das interações interindividuais no rooda. **Revista Educação**, XXVII, n. 52, p. 169–199, janeiro-abril 2004.

BELLIFEMINE, F. et al. Jade: A software framework for developing multi-agent applications. lessons learned. **Inf. Softw. Technol.**, Butterworth-Heinemann, Newton, MA, USA, v. 50, n. 1-2, p. 10–21, jan. 2008. ISSN 0950-5849. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2007.10.008>>.

BORDINI, R. H. V. R. Linguagens de programação orientada a agentes: uma introdução baseada em agentspeak(1). **Revista de Informática Teórica e Aplicada UFRGS**, v. 10, n. 1, p. 32, 2003.

BORGHOFF, U. M.; SCHLICHTER, J. H. **Computer-Supported Cooperative Work: Introduction to Distributed Applications**. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2000.

BRITAIN, S.; LIBER, O. **A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual Learning Environments**. ., 1999. Disponível em: <<http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00001237.htm/>>.

CAIRE, G. et al. Agent oriented analysis using message/uml. In: **Revised Papers and Invited Contributions from the Second International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering II**. London, UK, UK: Springer-Verlag, 2001. (AOSE 01), p. 119–135.

COSTA, A. C. d. R. Toward a formal reconstruction of kelsen s theory of legal systems. In: **II Workshop - Escola de Informática Teórica**. Porto Alegre: UFRGS, 2013.

COSTA, A. C. d. R. Toward legal environments in multiagent systems. In: **E4MAS 2014**. França: IASTED, 2014.

CUNHA, L. M. et al. Setting groups of learners using matchmaking agents. In: **IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2003)**. Grecia: [s.n.].

DECKER, K. S. Taems: A framework for environment centered analysis and design of coordination mechanisms. In: **In Foundations of Distributed Artificial Intelligence, Chapter 16**. England: John Wiley and Sons, Inc, 1996. p. 429–448.

DIGNUM, V. **A model for organizational interaction: based on agents, founded in logic**. Dissertação (Mestrado) — Utrecht University, Utrecht, 2004.

DILLENBOURG, P. et al. **Intelligent Learning Environments**. Geneva, 1993.

DOUGIAMAS, M.; TAYLOR, P. C. Moodle: Using learning communities to create an open source course management system. In: **Proceedings of the EDMEDIA 2003 Conference**. Hawaii: AACE, 2003.

FERBER, J.; GUTKNECHT, O. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems. In: **Proceedings of the 3rd International Conference on Multi Agent Systems**. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1998. (ICMAS 98), p. 128–. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=551984.852257>>.

FOX, M. S. The tove project towards a common-sense model of the enterprise. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems**. London, UK, UK: Springer-Verlag, 1992. (IEA/AIE 92), p. 25–34. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=646862.707326>>.

FOX, M. S. et al. An organization ontology for enterprise modelling. In: **Modeling, In: International Conference on Enterprise Integration Modelling Technology 97**. Italia: Springer, 1997.

FRANCISCATO, F. T. et al. Avaliação dos ambientes virtuais de aprendizagem moodle, teleduc e tidia-ae: um estudo comparativo. In: **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. v. 6, n. 1.

HÜBNER, J. F. et al. Instrumenting multi-agent organisations with organisational artifacts and agents. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA, v. 20, n. 3, p. 369–400, maio 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10458-009-9084-y>>.

HUBNER, J. F.; SICHMAN, J. S.; BOISSIER, O. Moise+: Towards a structural, functional, and deontic model for mas organization. In: **Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems: Part 1**. New York, NY, USA: ACM, 2002. (AAMAS 02), p. 501–502. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/544741.544858>>.

KELSEN, H. **Teoria Geral das Normas**. 1 edição. ed. São Paulo: Sergio Fabris, 1986.

KELSEN, H. **Teoria Pura do Direito**. 8 edição. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

LAMEITRE, C.; EXCELENTE, C. B. Multi-agent organization approach. In: **Iberoamerican Conference on Artificial Intelligence (AAAI-90)**. Boston: AAAI, 1998.

MASON, R. Models of online courses. **ALN Magazine**, vol. 2, n. no. 2, 1998.

MINSKY, N. H.; UNGUREANU, V. Law-governed interaction: A coordination and control mechanism for heterogeneous distributed systems. **ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.**, ACM, New York, NY, USA, v. 9, n. 3, p. 273–305, 2000. ISSN 1049-331X.

OLEARY, R.; RAMSDEN, A. **Virtual Learning Environments**. [S.l.]: The Handbook for Economics Lecturers, 2000.

PICCOLI, G.; AHMAD, R.; IVES, B. Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic it skills training. **MIS Q.**, Society for Information Management and The Management Information Systems Research Center, Minneapolis, MN, USA, v. 25, n. 4, p. 401–426, dez. 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2307/3250989>>.

POLLARD, E.; HILLAGE, J. Exploring e-learning. n. Report 376, p. 34–36, 2001.

PORTAL do Instituto Federal Sul-rio-grandense. <<http://www.ifsul.edu.br/>>. Acesso em: 2016-02-27.

PROJECT, J. The jacamo approach. 2005.

ROCHA, H. V. **TelEduc: software livre para a educação a distância**. 2. ed.. ed. São Paulo: Educação online., 2006.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. 2. ed. .: Pearson Education, 2003.

TOTKOV, G. Virtual learning environments: Towards new generation. In: **Proceedings of the 4th International Conference Conference on Computer Systems and Technologies: E-Learning**. New York, NY, USA: ACM, 2003. (CompSysTech '03), p. 8–16. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/973620.973622>>.

WAGNER, T.; HORLING, B. The struggle for reuse and domain independence: Research with taems, dtc and jaf. **Proceedings of the 2nd Workshop on Infrastructure for Agents, MAS, and Scalable MAS (Agents 2001)**, AAAI, Montreal, Canada, 2001. Disponível em: <<http://mas.cs.umass.edu/paper/203>>.

WEISS, G. (Ed.). **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1999.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R.; KINNY, D. The gaia methodology for agent-oriented analysis and design. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 3, n. 3, p. 285–312, sep 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1023/A:1010071910869>>.