

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Mestrado em Ciência da Computação

**UM SISTEMA DE GESTÃO PARA A
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA À DISTÂNCIA
PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO**

José Marques Soares

Fortaleza – CE, 2001

**UM SISTEMA DE GESTÃO PARA A
EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA À DISTÂNCIA**
PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO

José Marques Soares

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

Fortaleza – CE, 2001

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, *Professor Mauro Oliveira*, pela oportunidade de contar com toda a sua experiência, e *Professor Giovanni Barroso*, pela sua dedicação e paciência em cada passo dado no desenrolar desta dissertação.

Aos colegas do LAR e do CEFET-CE, cujas contribuições diretas ou indiretas foram absolutamente indispensáveis ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos *Serra, Alves, Marcus e Ana Luiza* que, além do apoio moral, emprestaram-me um pouco de seus conhecimentos em momentos determinantes.

Aos meus pais, a quem devo minha formação moral, de todas a mais relevante, pelo apoio irrestrito em todos os momentos de minha vida, incluindo este.

De maneira especial, aos amigos *Giovanni e Serra*, por todo o estímulo e ajuda na construção da minha carreira profissional.

À minha esposa, *Natália*, e meus filhos, *Davi, Beatriz e Thiago*, que têm sido a minha maior fonte de inspiração, pelo amor, compreensão e contínua dedicação.

À CAPES, pela bolsa concedida através do Programa de Apoio à Pesquisa em Educação à Distância – PAPED.

A Deus, por me conduzir nos braços durante os momentos mais difíceis.

Resumo

O Final do Século XX foi marcado pela integração das tecnologias avançadas de redes de computadores e telecomunicações. Os novos recursos trazidos pela evolução destas tecnologias, altamente interativos, permitiram o surgimento dos sistemas de *Educação à Distância Mediada por Computador*, que vêm disponibilizando ferramentas capazes de revolucionar os sistemas educacionais convencionais, baseados no uso exclusivo de sala de aula. Dentro deste cenário, a Internet e a Web têm se apresentado como ponto de convergência para diversas tecnologias e aplicações na área de redes de computadores e sistemas distribuídos. Ambientes de Educação à Distância baseados na Web vêm sendo desenvolvidos por diversas instituições, mas nota-se a ausência, nesses sistemas, de recursos voltados especificamente para a educação tecnológica, que se diferencia da educação convencional por características como a exploração das habilidades sensoriais e motoras, além do uso intensivo de práticas laboratoriais. Motivado pela concepção de um ambiente de Educação à Distância apropriado ao ensino tecnológico e pela exploração das dimensões críticas encontradas em ambientes educacionais virtuais, desconhecidas em ambientes presenciais, este trabalho apresenta a especificação, a modelagem e a implementação do Núcleo de Gestão do INVENTE, um ambiente de Educação à Distância que visa atender, através de mecanismos de extensão, configuração e portabilidade, às necessidades do ensino tecnológico à distância.

Abstract

The final years of the twentieth century have presented a great integration of computer networking and telecommunication technologies. The new resources brought by this powerful combination -- which are highly interactive technologies -- allowed the introduction of *Distance Education Assisted by Computer*. The tools provided by such a revolution brought an upheaval to the existing educational systems, based upon the exclusive use of the classroom as means of teaching. The natural consequence of this new technology is the use of the web and the Internet in a variety of applications using networked computers and distributed systems. Several institutions are developing distance education through the Web and there is a need of software aiming specifically the education in the technological field. This area differentiates itself from conventional education because of a few peculiarities such as the intensive use of sensory and motor skills and the work in a laboratory environment. The design of an appropriate system dedicated to *Distance Education*, customized for the technological applying intensively the critical dimensions found in virtual educational environments, not present at all in traditional school environments, motivated this work. We will introduce the specification, modeling and the implementation of the Core Managing Unit of the INVENTE, a *Distance Education* system aiming to attend the needs in the technological field through the use of extension, configuration and portability mechanisms.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Educação à Distância: uma Introdução	1
1.1 – Histórico	1
1.2 – Motivações para a Educação à Distância.....	3
1.3 – Novos Paradigmas Educacionais	4
1.4 – Natureza das Tecnologias	5
1.5 – Educação Tecnológica à Distância	6
1.6 - Objetivo do Trabalho	7
1.7 – Organização do Trabalho.....	7
 Capítulo 2 – EAD em Redes de Computadores	9
2.1 – O Impacto das Redes de Computadores na EAD	9
2.1.1 – Problemas, Limitações e Cuidados Necessários	11
2.2 – Classificação das Ferramentas EAD construídas sobre a Internet	13
2.3 – Ferramentas desenvolvidas no exterior	15
2.3.1 – Learning Space	15
2.3.2 – Virtual-U	16
2.3.3 – WebCT	16
2.3.4 – WCB	17
2.3.5 – Habanero	18
2.3.6 – Promondia	18
2.3.7 – NICE	18
2.3.8 – CSILE	19
2.3.9 – Collaboratory Notebook	20
2.3.10 – CLARE	20
2.3.11 – CaMILLE	21
2.3.12 – Belvedere	21
2.3.13 – LiveBOOKs	22

2.3.14 – HM-Card	22
2.3.15 – TopClass	23
2.4 – Ferramentas desenvolvidas no Brasil	23
2.4.1 – AulaNet	23
2.4.2 – Classe Virtual	24
2.4.3 – Qsabe	25
2.4.4 – WebSaber	25
2.4.5 – WCC	25
2.4.6 – Eureka	26
2.5 - Considerações Finais	28
 Capítulo 3 - As Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância	 30
3.1 – Introdução	30
3.2 – Mudança de antigas concepções sobre EAD	31
3.3 – Características do Ensino Tecnológico	32
3.4 – Visão orientada à tecnologia	33
3.4.1 – Realidade Virtual	33
3.4.1.1 – A RV e a Educação Tecnológica à Distância	34
3.4.2 - Áudio e Vídeo	35
3.4.2.1 - Áudio e Vídeo em Educação Tecnológica à Distância	36
3.4.3 – Qualidade de Serviço	36
3.4.3.1 – Caracterização das Fontes de Tráfego	38
3.4.3.2 – Definição de Qualidade de Serviço (QoS)	38
3.4.3.3 – A Complexidade na Adoção de Mecanismos de QoS	39
3.4.3.4 – Parâmetros de QoS	40
3.4.3.5 - QoS em Educação Tecnológica à Distância	41
3.4.4 – Os Pressupostos para o ETD	42
3.5 – Visão orientada a conceitos	43

3.5.1 – O estilo de gestão	43
3.5.2 – A metáfora	44
3.5.3 – A sustentação do contexto global	44
3.5.4 – A cultura	45
3.5.5 – Os papéis dos protagonistas	45
3.5.6 – O compartilhamento do tempo e do espaço	46
3.5.7 – O estado de consciência	47
3.5.8 – A colaboração	47
3.5.9 – As dimensões críticas da EAD no contexto da ETD	48
3.6 – Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância	48
3.6.1 – A adaptação cultural	49
3.6.2 – A exploração dos sentidos	50
3.6.3 – A flexibilização do ambiente virtual	50
3.7 – Considerações Finais	51
 Capítulo 4 – O INVENTE – Versão 2.0	 53
4.1 – O Projeto INVENTE	53
4.2 - Arquitetura do INVENTE - versão 1.0	53
4.3 - Arquitetura do INVENTE - versão 2.0	54
4.3.1 – Núcleo de Gestão do INVENTE	56
4.3.2 – Interface de Operação e Navegação	57
4.3.3 – Aplicações	57
4.3.4 – Suporte ao TCP/IP	59
4.3.5 - Infra-estrutura de rede	59
4.3.6 - Bloco de Convergência	59
4.4 - Fases de Desenvolvimento e Implantação do INVENTE	60
 Capítulo 5 – O Sistema de Gestão do INVENTE	 63

5.1 – Visão Geral	63
5.2 – Os protagonistas do INVENTE	65
5.3 – Organização do Ambiente	66
5.3.1 – Os Temas e SubTemas	67
5.3.2 – Cursos no INVENTE	68
5.3.3 – Criação e publicação de Temas e Cursos	70
5.4 – O sistema de gestão do INVENTE e as dimensões críticas da ETD	70
5.5 – Modelagem do Núcleo de Gestão	72
5.6 – As principais interações Usuário-INVENTE (Casos de Uso)	73
5.7 – Modelo Conceitual	75
5.8 – Considerações Finais	77
 Capítulo 6 – Projeto e Implementação do Núcleo de Gestão	 78
6.1 – Introdução	78
6.2 – Um modelo cliente/servidor de três camadas usando Java	78
6.3 - Arquitetura Interna ao Núcleo de Gestão	79
6.3.1 – O suporte dos browsers Web para utilização de aplicativos auxiliares ..	81
6.4 – A Navegação e a Operação no ambiente Virtual	82
6.4.1 - O Painel de Navegação	83
6.5 – Modelagem da Sessão Típica de um usuário do INVENTE	86
6.5.1 – A abertura de uma sessão	88
6.5.2 – Definição do Contexto	90
6.5.3 – Acionamento de aplicação	94
6.5.4 – Alocação de Recurso	95
6.5.5 – Liberação de Recurso	97
6.5.6 – Publicação de documentos	98
6.6 – Simulação	99
6.7 – Análise do modelo pela geração do grafo de ocorrência	111

6.8 – Considerações Finais	115
Capítulo 7 – Agregando Ferramentas ao INVENTE	116
7.1 – Introdução	116
7.2 – Arquitetura de Agregação	116
7.3 - Estrutura de armazenamento das publicações	120
7.4 – Serviços Fundamentais do INVENTE	121
7.4.1 – Serviço de Publicação de Contexto	121
7.4.2 – Serviço de Publicação de Documentos	123
7.4.3 – Serviço Básico de Acesso aos Documentos Publicados	125
7.5 – Outras Aplicações Agregadas ao Protótipo	126
7.5.1 – Serviço de Listas	126
7.5.2 – Serviço de IRC	128
7.5.3 – Serviço de Fórum	130
7.5.4 – Vídeos Gravados e Transmissão Ao Vivo	131
7.6 – Ambiente de Prototipação	132
Capítulo 8 – Conclusão	134
8.1 – Artigos e Projetos	135
8.2 – Trabalhos Futuros	136
8.3 – Considerações Finais	137
Apêndice A – A LDB e a Educação Profissional	138
Apêndice B – Unified Modeling Language	141
Apêndice C – Redes de Petri Coloridas	146
Apêndice D – Plataforma de Desenvolvimento do Núcleo de Gestão	153
Referências Bibliográficas	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 – Análise e refinamento dos pressupostos da ETD e das dimensões críticas da EAD	49
Figura 4-1 - Arquitetura Original concebida para o INVENTE	54
Figura 4-2 - Arquitetura do INVENTE - versão 2.0	56
Figura 4-3 - Arquitetura interna ao bloco de convergência	60
Figura 4-4 - Fases de implantação do ambiente INVENTE	61
Figura 5-1 - Distribuição simbólica das aplicações em torno do Núcleo de Gestão do INVENTE	64
Figura 5-2 - Exemplo da organização de recursos por tema/subtema	67
Figura 5-3 - Diagrama de Casos de Uso representando as principais interações de usuários com o INVENTE	75
Figura 5-4 – Modelo conceitual	76
Figura 6-1 – Modelo de três camadas usado pelo Núcleo de Gestão do INVENTE	79
Figura 6-2 – Cliente-Servidor com suporte a utilização de servlets	80
Figura 6-3 – Cliente-Servidor com suporte a utilização de servlets e utilização de aplicações proprietárias	80
Figura 6-4 – Navegação e Operação baseada em applets e servlets	82
Figura 6-5 – Layout do Painel de Navegação do INVENTE	83
Figura 6-6 – Layout do Painel de Navegação do INVENTE apresentando a guia TEMA	83
Figura 6-7 – Classes persistentes envolvidas na configuração do Painel de Navegação	84
Figura 6-8 – Classes transientes envolvidas na configuração do Painel de Navegação	85
Figura 6-9 - Hierarquia do Modelo da Sessão do Usuário	86
Figura 6-10 - Declarações de cores e variáveis utilizados no	

modelo da sessão do usuário	87
Figura 6-11 - Sessão do usuário representada em alto nível	90
Figura 6-12 - Definição do contexto de navegação e operação	91
Figura 6-13 - Acionamento de aplicação	94
Figura 6-14 - Alocação de um recurso	96
Figura 6-15 - Liberação de Recurso	97
Figura 6-16 - publicação de documentos	98
Figura 6-17 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor, habilitando todas as opções de configuração	100
Figura 6-18 – Sessão aberta para um usuário do tipo Visitante, não habilitando a transição responsável pela definição de um Curso como contexto de navegação	101
Figura 6-19 – Resultado do disparo da transição “mudar_3 curso/disciplina” a partir da marcação apresentada na Figura 6-17	102
Figura 6-20 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para acionamento de aplicação	103
Figura 6-21 – Resultado do disparo da transição “acionar aplicação” a partir da marcação apresentada na Figura 6-20	104
Figura 6-22 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para alocação de recurso	105
Figura 6-23 – Resultado do disparo da transição “alocação de recurso” a partir da marcação apresentada na Figura 6-22	106
Figura 6-24 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para publicação de um documento em um Curso	107
Figura 6-25 – Resultado do disparo da transição “publicar documento em curso” a partir da marcação apresentada na Figura 6-24	108
Figura 6-26 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para publicação de um documento em um Tema	109

Figura 6-27 – Resultado do disparo da transição “publicar documento em tema” a partir da marcação apresentada na Figura 6-26	110
Figura 7-1 – Arquitetura de agregação de aplicações ao INVENTE	117
Figura 7-2 – Execução do passo intermediário para a aplicação “vídeos gravados”	118
Figura 7-3 – Execução do vídeo gravado com o título “Protocolo TCP/IP”	119
Figura 7-4 - Estrutura de Diretórios usada no servidor do INVENTE	120
Figura 7-5 – Classes envolvidas na publicação de contexto	122
Figura 7-6 – Classes envolvidas na publicação de documento	124
Figura 7-7 – Relacionamento entre o pacote do serviço de listas e os contextos do INVENTE	127
Figura 7-8 – Relacionamento entre o pacote do serviço de IRC e os contextos do INVENTE	129
Figura 7-9 – Relacionamento entre o pacote do serviço de fórum e os contextos do INVENTE	130

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1 – Classificação de ferramentas EAD	27
Tabela 3-1 - Evolução das concepções acerca da Educação à Distância	31
Tabela 3-2 – Pressupostos para sistemas de Educação Tecnológica à Distância	42
Tabela 6-1 – Marcação inicial usada para as simulações e para a geração dos grafos de ocorrência	112

Capítulo 1

Educação à Distância: uma Introdução

1.1 – Histórico

A Educação à Distância, ou EAD, contabiliza mais de um século de existência e pode ser dividida em três fases cronológicas [Roberts96]: a primeira, chamada *geração textual*, ocorreu até a década de 1960 e era baseada na utilização de simples textos impressos; a segunda, chamada *geração analógica*, baseou-se na utilização de suporte em textos impressos complementados por recursos tecnológicos audiovisuais (fitas e vídeos) e ocorreu entre as décadas de 1960 e 1980; a terceira e atual é a *geração digital*, baseada no suporte de recursos tecnológicos modernos tais como, sistemas de telecomunicação digital e via satélite, computadores pessoais potentes e de baixo custo, além da larga alcançabilidade e fácil acesso às grandes redes de computadores.

Novas tecnologias, altamente interativas, permitiram o surgimento dos sistemas de *Educação à Distância Mediada por Computador* [Loyolla98], que vêm disponibilizando ferramentas capazes de revolucionar os sistemas educacionais convencionais, baseados no uso exclusivo de sala de aula. Tais sistemas têm se expandido com muita intensidade em países de grande extensão territorial, tais como Canadá, Estados Unidos e México. O problema das grandes distâncias e da dificuldade de acesso agiram, nestes países, como grandes agentes motivadores para a prática da EAD.

Além de tentar resolver os problemas das grandes distâncias, os recursos tecnológicos se apresentam também como ferramentas capazes de aperfeiçoar os aspectos pedagógicos do ensino, inserindo novas possibilidades e características no cenário educacional. Um exemplo bastante popular e atual destes recursos é a Internet, que tem se apresentado como ponto de convergência para diversas tecnologias e aplicações na área de redes de computadores e sistemas distribuídos. Essas aplicações, em sua maioria, permitem a produção, a disponibilização e a obtenção da informação, ou viabilizam a intercomunicação entre usuários, que pode ser estabelecida de duas maneiras:

- sincronamente – a comunicação é estabelecida em tempo real, estando os usuários distantes apenas geograficamente;
- assincronamente – a comunicação não é estabelecida em tempo real (*off-line*), estando os usuários distantes temporalmente.

Na Internet, construída para ser uma plataforma aberta e independente, destaca-se a *World Wide Web* - WWW, ou simplesmente *Web*, que vem estabelecendo um padrão internacional para a comunicação multimídia, provocando “uma revolução dentro da revolução” [Oliveira98]. Com uma interface padronizada e operável a partir de diversas plataformas de software/hardware, a Web é um veículo eficaz e barato para publicação de materiais didáticos/científicos, bem como para o estabelecimento de intercomunicação entre usuários da rede. A conjugação das diversas ferramentas oferecidas para a Web fazem dessa tecnologia um instrumento potencialmente valioso para a implementação de sistemas computacionais voltados para a prática da educação, capaz de resolver parte dos problemas de interatividade e acessibilidade normalmente encontrados em diversos métodos de EAD. Com a padronização estabelecida pela Web, que começou a ser explorada para fins educativos apenas no final de 1996 [Laufer98], uma nova área de pesquisa se configurou e, a partir daí, popularizaram-se termos como EBW – Educação Baseada na Web (ou *WBE – Web-Based Education*), ABW – Aprendizado Baseado na Web (ou *WBL – Web-Based Learning*) e IBW – Instrução Baseada na Web, (ou *WBI – Web-Based Instruction*). Embora educação, ensino, instrução e aprendizado possuam diferentes significados, esses termos confundem-se entre si e são utilizados, freqüentemente, como sinônimos na literatura técnica. Apenas para ilustrar este fato, o AulaNet [Lucena98], ambiente educacional desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Software – LES, na Pontifícia Universidade Católica – PUC-RIO, foi apresentado durante o Simpósio Brasileiro de Informática Educativa de 1998 nos artigos [Laufer98], [Menezes98] e [Crespo98], classificado sob os diferentes termos, WBL, WBI e WBE, respectivamente.

A utilização das palavras *educação*, *ensino* ou *aprendizagem* merece uma pequena reflexão. O conceito de *educação* envolve o aperfeiçoamento das faculdades físicas, intelectuais e morais do ser humano, envolvendo crenças, idéias, valores, ética, formas de trabalho e de organização social e cultural, entre outros aspectos [Rodrig93]. O conceito de *aprendizagem* se inscreve na dinâmica da transmissão da cultura, que constitui a definição mais ampla da palavra *educação* [Pain92]. A *aprendizagem* está

associada a mudanças interiores ao indivíduo como resultado de experiências anteriores, não necessariamente obtidas através do ensino. O *ensino* é uma atividade triádica que envolve os seguintes componentes: aquele que ensina, aquele a quem se ensina e aquilo que o primeiro ensina ao segundo [Chaves00]. A associação dessas palavras a ferramentas ou métodos que se propõem a auxiliar no processo ensino-aprendizagem deve ser feita de maneira cuidadosa. Na percepção de outros autores, o conceito de *educação*, *aprendizado* e *ensino* pode assumir outras dimensões. Assim, por fugir ao escopo deste trabalho e dada a complexidade que o tema envolve, utilizaremos a expressão “Educação à Distância” (ou EAD) apenas pelo seu aspecto popular, deixando para fóruns de direito o tratamento adequado a esse tema. Uma discussão mais ampla sobre a utilização das expressões “Educação à Distância”, “Aprendizagem à Distância” e “Ensino à Distância” pode ser encontrada em [Chaves00], que argumenta que *educação* e *aprendizagem* são processos que ocorrem dentro do indivíduo e, por isso, não podem acontecer “à distância”.

1.2 – Motivações para a Educação à Distância

O termo Educação à Distância tem sido usado para definir um processo de aprendizagem que envolve a obtenção de conhecimento fora das tradicionais vias de ensino [Nunes98]. Neste processo, professor e aluno estão separados no espaço e/ou no tempo, o que implica, necessariamente, na comunicação entre estudante e professor mediada por algum mecanismo de distribuição de informação.

São, portanto, duas as variáveis a serem consideradas em processos de Educação à Distância: ESPAÇO GEOGRÁFICO e TEMPO. Além das duas variáveis, que definem restrições, dá-se destaque a um terceiro elemento que estabelece mecanismos para prover suporte à superação das limitações impostas pelas restrições de tempo e espaço. Estes mecanismos, que podem variar de uma folha de papel impresso ao mais avançado recurso de telecomunicações, são mais ou menos aplicáveis em função da combinação do estado destas variáveis, que tipicamente podem ser:

- *mesmo tempo e espaço diferente;*
- *tempo diferente e mesmo espaço e;*
- *tempo diferente e espaço diferente.*

Como estes mecanismos mediam as relações entre aprendizes e educadores, sendo indispensáveis à prática da Educação à Distância, a maioria das pesquisas nesta área foram, inicialmente, centradas no estudo e comparação das diversas mídias e recursos utilizados, enfocando assuntos como o projeto de materiais instrucionais para distribuição em larga escala, o uso apropriado de certas tecnologias de distribuição e o custo efetivo da utilização destas tecnologias. Muitos educadores têm despertado interesse em examinar como os atributos das diferentes mídias interferem e promovem a construção do conhecimento [McIsaac94].

1.3 – Novos Paradigmas Educacionais

Na sociedade atual, um grande volume de informações está disponível para quem possui e domina os recursos tecnológicos. As informações, acessíveis através de redes públicas e da Internet, sofrem evoluções e renovações contínuas. Estas características exigem uma formação cada vez mais especializada dos indivíduos. Face a esta nova realidade, novos rumos e papéis vêm sendo propostos e discutidos para a educação, promovendo uma quebra de antigos paradigmas. Existe a perspectiva de que o conhecimento, tradicionalmente transmitido de maneira exclusiva no sentido professor-aluno, passe a ser construído coletivamente entre alunos e professores. Espera-se, ainda, que os alunos, elementos normalmente passivos na educação convencional, passem a assumir um papel mais ativo, sendo responsáveis por construções, descobertas e transformações do conhecimento. Sob esta perspectiva (do ponto de vista educacional), a aprendizagem deixa de ter um caráter competitivo e individualista, dando espaço à aprendizagem cooperativa.

Em [Maçada98], encontramos um estudo que classifica elementos essenciais aos ambientes de aprendizagem cooperativos em redes telemáticas. Três desses elementos são identificados como essenciais:

- *Postura Cooperativa* – corresponde às atitudes e aspectos que fazem parte da postura do aprendiz, tais como interação constante, colaboração, objetivos comuns, ações conjuntas e coordenadas, descentralização do pensamento, decisões tomadas em grupo, entre outros.
- *Estrutura do Ambiente* – Elemento que dá suporte prático para que se possa desenvolver a aprendizagem cooperativa em redes telemáticas, sendo, neste contexto, um elemento necessário, mas não suficiente. Fazem parte desta

estrutura alguns componentes tecnológicos como aqueles tipicamente utilizados na Internet, tais como o correio eletrônico, listas, fóruns, páginas HTML, formulários eletrônicos, Chats, entre outras ferramentas.

- *Funcionamento Heterárquico do Ambiente* – corresponde às características de funcionamento descentralizado, considerando fatores como organização e reorganização da dinâmica do ambiente, que não deve possuir normas predefinidas e rígidas e, portanto, deve ser legitimada pelo grupo. Além disso, cada indivíduo que constitui o grupo deve possuir autonomia na sua contribuição para o processo decisório.

Vemos que os recursos computacionais funcionam como elementos coadjuvantes dentro das novas perspectivas da educação, não sendo considerados, portanto, como elementos capazes de resolver ou determinar diretrizes e novas metodologias educacionais. Na verdade, os diversos recursos tecnológicos modernos têm cumprido o importante papel de dar suporte à aprendizagem cooperativa, fornecendo instrumentos para realizar interações síncronas e assíncronas e atividades colaborativas.

1.4 – Natureza das Tecnologias

Antes do advento das telecomunicações, a Educação à Distância era, freqüentemente, realizada sobre uma estrutura unidirecional, onde professores ou instrutores distribuíam material instrucional aos estudantes sem que estes últimos participassem com algum tipo de interação, exceto pela realização de avaliações ou provas. O modelo EAD por correspondência era, então, o mais característico. Este modelo utilizava como principal meio de instrução o papel impresso, geralmente distribuído via serviço postal.

Com o desenvolvimento de ferramentas para comunicação síncrona, com tecnologias interativas, bidirecionais e de tempo real, tornou-se possível unir estudantes e instrutores separados geograficamente. Por limitações de diversas naturezas, tal como largura de banda e alto custo, estes recursos são normalmente utilizados na forma um-para-um, isto é, entre um estudante e um instrutor ou entre um estudante e outro, o que é problemático para promover a aprendizagem cooperativa entre grupos dispersos geograficamente. Além disso, estas tecnologias tornam obrigatória a disponibilidade em

tempo real dos usuários durante a execução da aplicação, o que pode não ser adequado ou conveniente para muitos estudantes e instrutores [Nunes98].

Por outro lado, ferramentas que possibilitam a comunicação assíncrona possuem a vantagem de disponibilizar recursos sem a necessidade de interação simultânea entre emissores e receptores. Um exemplo clássico deste tipo de operação é o correio eletrônico.

A conjugação de ferramentas síncronas e assíncronas tem sido adotada como solução para cobrir o conjunto de necessidades apresentadas por estudantes e instrutores em EAD, procurando atender às restrições impostas pelas variáveis *tempo* e *espaço*. Esta conjugação tem sido impulsionada pelo grande desenvolvimento da tecnologia digital e das redes de computadores, que fez surgir o conceito de Redes Digitais de Serviços Integrados – RDSI (ou *Integrated Services Digital Networks – ISDN*). A principal idéia por trás da RDSI é suportar uma vasta gama de serviços através de interfaces padronizadas, dando suporte ao tráfego e integração de diferentes tipos de informação, como texto, áudio, vídeo e imagens gráficas [Soares95].

1.5 – Educação Tecnológica à Distância

Embora muitas ferramentas de Educação à Distância tenham sido desenvolvidas nos últimos anos, ainda existe uma lacuna no que se refere ao ensino tecnológico ou profissional¹. Nesta modalidade, os aspectos práticos do ensino tornam-se tão importantes quanto os aspectos teóricos, existindo maior exploração dos sentidos e, consequentemente, a necessidade de um conjunto de instrumentos que aproximem mais o aprendiz do ambiente profissional real. Em [Moura99] encontramos uma reflexão sobre os problemas enfrentados pelas instituições de Educação Tecnológica que decidiram implementar projetos de Educação à Distância baseado em redes de computadores. O trabalho de Moura levanta características típicas da Educação Tecnológica, diferenciando-a da educação convencional, e apresenta alguns pressupostos a serem satisfeitos pelos sistemas de Educação à Distância desenvolvidos para escolas profissionalizantes. Uma discussão sobre estes pressupostos serve de ponto de partida à

¹ Entenda-se Educação Profissional no contexto da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9394 – Artigos 39 a 42), apresentado no Apêndice A.

análise das dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância, apresentada como uma contribuição deste trabalho. Esta análise dá suporte à arquitetura da ferramenta aqui proposta.

1.6 - Objetivo do Trabalho

Este trabalho apresenta a especificação, modelagem e implementação de um protótipo de um sistema para a Educação Tecnológica à Distância (ETD). O resultado é uma nova versão do INVENTE (INVESTigação no ENSino TEcnológico à Distância), projeto que serviu de base para o desenvolvimento deste trabalho.

São objetivos específicos deste trabalho:

- Analisar requisitos inerentes à gestão de ambientes de Educação à Distância, através da exploração de dimensões consideradas críticas em ambientes virtuais. Estas dimensões são discutidas especificamente dentro do contexto da Educação Tecnológica à Distância;
- Especificar uma nova arquitetura para o INVENTE, a luz da análise das dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância;
- Especificar um sistema de gestão para o INVENTE, considerando as dimensões críticas analisadas em sistemas EAD e ETD;
- Definir o modelo de organização de recursos no INVENTE e especificar os protagonistas do ambiente, procurando incentivar uma postura mais cooperativa e possibilitando a participação ativa de todos os usuários nos processos decisórios, na construção e na manutenção do ambiente virtual;
- Modelar e construir um protótipo do Núcleo de Gestão do INVENTE, que implementa as funcionalidades do sistema de gestão especificado;

1.7 – Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

- Capítulo 2 – Disserta sobre o uso das redes de computadores em Educação à Distância e apresenta diversas ferramentas desenvolvidas sobre esta tecnologia;
- Capítulo 3 – Discute a complexidade inerente à gestão de sistemas EAD. São apresentadas as dimensões envolvidas no processo ensino-aprendizagem em

ambientes convencionais de Educação à Distância e discutidas as dimensões críticas relacionadas aos ambientes de Educação Tecnológica à Distância;

- Capítulo 4 – Apresenta a versão 2.0 do projeto INVENTE. São descritos os blocos da arquitetura e apresentado um planejamento das fases de desenvolvimento do projeto;
- Capítulo 5 – Apresenta a especificação do sistema de gestão adotado no INVENTE, descrevendo suas funções, os tipos de usuários, as regras de utilização e o modelo de organização de recursos no ambiente;
- Capítulo 6 – Apresenta a arquitetura interna ao Núcleo de Gestão e modela, com redes de Petri coloridas, uma sessão típica de um usuário do INVENTE. O modelo construído foi analisado por simulação e por geração do grafo de ocorrência;
- Capítulo 7 - Descreve o mecanismo de agregação de aplicações cliente-servidor ao INVENTE. São apresentadas, também, algumas aplicações que foram agregadas ao protótipo do Núcleo de Gestão;
- Capítulo 8 - Encerra a dissertação, apresentando a conclusão, as contribuições, os resultados e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

EAD em Redes de Computadores

2.1 – O Impacto das Redes de Computadores na EAD

A publicação, distribuição e acesso a informações em todas as áreas de conhecimento já é uma realidade e tem contribuído para mudar a forma como as pessoas que têm acesso à tecnologia adquirem conhecimento. Entre diversos fatores, o alto desenvolvimento da tecnologia de redes de computadores impulsionou significativamente o crescimento da EAD no Final do Século XX. Alguns dos fatores que contribuíram para motivar a prática da EAD sobre as redes de computadores foram:

- A melhoria das condições de acesso aos professores por parte dos alunos (relação professor-aluno) e da interação entre os próprios alunos (relação aluno-aluno), através de ferramentas que viabilizam a comunicação síncrona e assíncrona;
- A maior disponibilidade de recursos educacionais em redes públicas, permitindo o compartilhamento entre instituições e indivíduos, além de promover maior acessibilidade a um número crescente de pessoas.

Dentre as novas tecnologias, a Internet tem se destacado como a infra-estrutura preferida no desenvolvimento de novos modelos de Educação à Distância. Em especial, a habilidade de integrar texto e diversos recursos multimídia através da tecnologia WWW (*World Wide Web*) deram à Internet uma interface mais amigável, fornecendo a seus usuários um novo instrumento para ensinar e aprender à distância. A Web, em conjunto com outros recursos amplamente difundidos na Internet, vem tornando-se não só um meio familiar de acesso à informação, mas também um ambiente rico para o desenvolvimento do trabalho cooperativo. Barreiras geográficas e temporais vem sendo rompidas, proporcionando o compartilhamento em tempo real de informações e permitindo a cooperação e a comunicação entre usuários. Alguns dos benefícios oferecidos por estas tecnologias são:

- Possibilidade de distribuição de materiais de diversas naturezas para usuários dispersos geograficamente. Isto pode ser feito através da simples publicação destes materiais em sítios (sites) de um servidor Web. Além disso, os documentos que são padronizados em *HyperText Markup Language* – HTML podem ser visualizados a partir de browsers em diversas plataformas de software/hardware;
- Possibilidade de incorporar animações, vídeo e áudio nas páginas publicadas em sítios da Web;
- Utilização de formulários para execução de diversas tarefas educacionais à distância. Algumas delas são: a publicação de materiais, a efetivação de matrículas, a reserva de livros em bibliotecas e a aplicação de provas.
- Facilidade no intercâmbio aluno-aluno, aluno-professor e professor-professor, através da inclusão de *hyperlinks* que podem apontar para outros sítios, para endereços de correio eletrônicos ou para listas de discussão;

Além das páginas HTML, outras tecnologias Internet conhecidas estão sendo catalisadas pelos novos *browsers* Web, tirando o máximo proveito de sua interface largamente difundida e, com isso, facilitando a prática de atividades educacionais na Internet. Isto tem trazido enorme benefício aos usuários com pouco conhecimento sobre informática e redes de computadores. Algumas características associadas aos *browsers* são listadas a seguir:

- disponibilização de recursos integrados para recebimento, visualização e composição de correio eletrônico;
- compatibilidade com outros protocolos Internet, tal como o protocolo FTP (*File Transfer Protocol*), neste caso, facilitando a tarefa de efetuar cópias de arquivos entre máquinas na rede;
- possibilidade de acionamento de programas clientes externos ao *browser*, conhecidos como *aplicativos auxiliares* ou *plugins* que executam na máquina do usuário e podem ser embutidos (*embedded*) ou externos ao browser. Alguns *plugins* já se encontram embutidos nas distribuições dos *browsers* mais recentes possibilitando, por exemplo, a edição ou visualização de arquivos *Microsoft Word* (extensão .DOC) ou *Adobe Acrobat* (extensão .PDF). É possível fazer a

adição de outros plugins e configurar o browser para executar qualquer aplicativo auxiliar. Note que os *browsers* podem acionar aplicações externas que estabeleçam conexões com outros servidores através de protocolos proprietários. Esta característica pode ser explorada para suplantat limitações impostas pelo TCP/IP, como será visto mais adiante nesta dissertação.

- suporte a linguagens de *scripting*, tais como o *JavaScript* [www01] e o *VBScript* [www02], que possibilitam a validação de dados no lado cliente e fornecem alguma interatividade com o documento apresentado;
- suporte a linguagem de marcação extensível - XML (*Extensive Markup Language*) [www03], que permite a definição de *tags* (marcações) adicionais ao conjunto de *tags* oferecido pelo HTML;
- capacidade de execução de aplicações que operam sobre o contexto dos documentos apresentados. As duas tecnologias mais populares para o desenvolvimento de aplicações Web clientes são o *Activex* [www04] e os *applets Java* [www05];

2.1.1 – Problemas, Limitações e Cuidados Necessários

Apesar de todo o potencial da Internet e da Web para o desenvolvimento de ferramentas aplicáveis na Educação à Distância, alguns problemas são freqüentemente encontrados na sua utilização para este fim:

- Perda do contexto - O modelo de navegação *hipermídia* pode levar à desorientação deixando o usuário “perdido no espaço”. Após vários cliques nas ligações (*hyperlinks*) disponíveis, o usuário pode perder a conexão com o contexto inicial de sua leitura ou de seu estudo;
- Sobrecarga cognitiva - Sobrecarga mental relacionada às seguidas tomadas de decisão sobre quais ligações seguir e quais descartar, dado a enorme quantidade de opções possíveis.
- Baixa confiabilidade e qualidade das publicações – A Internet é uma rede aberta, sendo bastante fácil publicar documentos sem passar por nenhum processo de filtragem, seleção ou identificação de erros. Confiar ou não no conteúdo do material publicado e lidar com a baixa qualidade operacional dos sítios disponíveis na Internet é uma difícil tarefa para o usuário.

- Desatualização – Como no caso da confiabilidade, os materiais são publicados sem nenhum compromisso de atualização contínua. Isto pode comprometer a qualidade das informações ou, no mínimo, causar uma grande perda de tempo por parte do usuário. Um problema freqüente é a existência de documentos publicados com ligações para sítios que foram removidos ou mudaram de localização.
- Limitações no Sistema de Comunicação² - em sítios que empregam recursos multimídia mais sofisticados, objetos de grande tamanho podem ser manipulados, exigindo taxas de transferência altas e contínuas, apresentação sincronizada de mídias e maior eficiência na comunicação multiponto. Para satisfazer a estas exigências, é necessário o fornecimento de serviços que permitam a negociação e a garantia de parâmetros de qualidade de serviço (QoS), ainda não disponíveis nos sistemas atuais desenvolvidos para Web (problemas inerentes a qualidade de serviço em sistemas EAD serão vistos no Capítulo 4).

Existe uma série de cuidados que podem e devem ser tomados com relação à preparação e publicação de materiais educativos na Internet:

- Planejar cuidadosamente o sítio em que o documento será publicado, evitando que a pressa para a publicação gere inconsistência ou perda de qualidade no trabalho;
- Utilizar um *layout* rico e consistente, que facilite a navegação e a compreensão do usuário;
- Evitar imagens, gráficos e clipes de áudio/vídeo muito grandes que tragam problemas de tráfego ou que exijam muita paciência do usuário;
- Procurar manter o sítio sempre atualizado e com informações consistentes, evitando constrangimentos e desgaste com o usuário.

² O Sistema de Comunicação compreende, neste contexto, os meios de transmissão, os equipamentos e os protocolos empregados para interconectar os nós de uma rede de computadores.

2.2 – Classificação das Ferramentas EAD construídas sobre a Internet

Novas tecnologias de comunicação têm provocado forte impacto no setor educacional, motivando a construção de novos cenários apoiados por ferramentas baseadas em tecnologia Web. O uso educacional das tecnologias de rede e das diversas aplicações podem apoiar-se em diferentes vertentes de pesquisa e desenvolvimento. Alguns trabalhos têm sido realizados no sentido de classificar os tipos de ferramentas EAD que utilizam tecnologia de redes de computadores. Um exemplo disto pode ser visto em [Santos99], que classifica as tecnologias em seis modalidades:

I) Aplicações hypermídia para fornecer instrução distribuída

Modalidade de curso construído para aplicação instrucional em um determinado segmento ou contexto específico. Podem ser cursos multimídia com objetivos educacionais definidos, tarefas a serem realizadas pelos alunos, formas de avaliação e suporte para comunicação entre pares e com o professor ou cursos no formato hipertexto, composto de páginas Web, seguindo o modelo de livro-texto, normalmente sem tutoria. Estes últimos são a grande maioria.

Podemos encontrar cursos sobre diversos assuntos na Web, a maioria deles adotando o formato seqüencial, efetuando a mudança de páginas através de botões.

II) Sítios educacionais

Reúnem um conjunto de funcionalidades tais como bibliotecas de software educacional, espaços para comunicação, software para download e links para páginas de outros sites. Estes sítios reúnem diferentes formas de apoio ao trabalho docente e ao aprendizado autônomo dos estudantes.

III) Sistemas de autoria para cursos à distância

Ambientes que propiciam a autoria e a aplicação de cursos usando recursos da Internet. Atendem melhor ao enfoque pedagógico instrucionista, sendo um dos pontos chave desta modalidade de sistema a apresentação de conteúdos curriculares. Estes sistemas são, normalmente, fáceis de usar, mas pouco flexíveis no que diz respeito a customizações ou adaptações.

IV) *Salas de aulas virtuais*

Ambientes que oferecem cursos e buscam facilitar a passagem gradual de professores e estudantes da sala de aula presencial para a sala de aula virtual, ampliando, por vezes, os espaços de comunicação e cooperação entre os participantes. O que diferencia os sistemas desta modalidade dos sistemas de autoria é a liberdade dada ao autor para criar cursos segundo diferentes formatos pedagógicos.

V) *Frameworks para aprendizagem cooperativa*

Permitem o desenvolvimento de ambientes customizáveis, integrando ferramentas disponíveis. Podem gerar ambientes adaptados a necessidades e filosofias educacionais específicas. Os *frameworks* são flexíveis, permitindo, a partir de componentes básicos de interface e de objetos fornecidos pelo software, o desenvolvimento de aplicações cooperativas personalizadas. A flexibilidade de tais sistemas ocasionam, normalmente, maior complexidade no uso.

VI) *Ambientes distribuídos para aprendizagem cooperativa*

São os ambientes que adotam o paradigma construtivista [Lima98], sendo voltado para o desenvolvimento de meta-habilidades cognitivas. Esta modalidade definida por [Santos99] foi baseada em [Santoro98], que reúne os principais aspectos dos ambientes de aprendizagem cooperativa apoiados por computador e propõe um *framework* para a análise destes ambientes. Esta análise é feita em função da teoria da aprendizagem, do modelo de cooperação ou tipo de tarefas, do domínio do ambiente, dos tipos de interação utilizadas, da qualidade ou grau de interação, das atividades de trabalho cooperativo oferecidas, das plataformas de software/hardware e da relação com outras áreas de pesquisa.

A classificação em modalidades feita em [Santos99] não faz um discernimento suficientemente claro entre algumas modalidades, principalmente entre “sistemas de autoria para cursos à distância” e “salas de aula virtuais”, o que dificulta a classificação de algumas ferramenta de forma precisa em uma das opções. Somado a isso, as características de algumas ferramentas existentes permitem classificá-las em mais de uma das modalidades propostas.

Em seguida são apresentadas algumas das principais ferramentas que utilizam a Web como instrumento de suporte educacional. Por falta de um modelo taxionômico mais acurado, as ferramentas são separadas apenas entre as que foram desenvolvidas no Brasil e as que foram desenvolvidas no exterior. Ainda assim, a Tabela 2-1 apresenta a classificação das ferramentas segundo o modelo proposto em [Santos99]. As informações relativas às ferramentas apresentadas foram obtidas de seus respectivos sítios na Web e nos documentos [Santos99], [Santoro98], [Nunes98], [Moura99], [Eberspächer99] e [Crespo98].

2.3 – Ferramentas desenvolvidas no exterior

2.3.1 – Learning Space

O *Learning Space* [www06] é um ambiente para desenvolvimento e distribuição de cursos à distância apoiado sobre o ambiente *groupware Lotus Notes*. Desenvolvido pela *Lotus Education* e pela IBM, este sistema implementa suporte a múltiplos idiomas e possui capacidade de customização da estrutura navegacional. Este sistema é composto de:

- Agenda (*schedule*) – módulo central para que os participantes naveguem pelo curso em função de sua estrutura e do projeto instrucional. Este módulo apresenta os objetivos da aprendizagem, as tarefas a serem realizadas e os prazos. A agenda pode ser organizada por dias, semanas, meses, ou ainda, por módulos para instrução autodirigida.
- Centro de Mídia (*media center*) – base de conhecimento criada pelo professor ou pelo projetista, contendo o conteúdo do curso. Pode conter acesso a fontes externas, como links para páginas WWW ou outros repositórios de materiais educacionais. O conteúdo de um curso pode conter textos, vídeos, gráficos, planilhas e outros recursos.
- Sala de Curso (*course room*) – ambiente de interação que permite discussões privadas e públicas. Os alunos podem discutir entre si e também com o professor.
- Descrição dos participantes (*profiles*) – *homepages* de alunos e professores com informações específicas e links para contato.

- Gerenciador de Avaliação – ferramenta que permite ao professor remeter perguntas aos alunos e receber respostas de maneira privada. As perguntas são colocadas na agenda e enviadas por correio eletrônico.

2.3.2 – Virtual-U

Desenvolvido pela *Simon Fraser University*, o *Virtual-U* [www07] possibilita a criação, manutenção e consumo de cursos baseados na Web através da integração de ferramentas e gabaritos (*templates*). Possui os seguintes componentes:

- Sistemas de Conferência (*Vgroups*) – permite a formação de grupos cooperativos, definindo tarefas e objetivos.
- Ferramentas de Estruturação do Curso – ferramentas para a criação de cursos on-line sem conhecimento prévio de programação. Utiliza *templates* que funcionam como modelo para auxiliar aos professores durante a criação dos cursos.
- Livro de Grau (*GradeBook*) – serviço que gerencia a base de dados onde os níveis de desempenho dos alunos em um determinado curso são armazenados. Permite aos estudantes a visualização, em forma gráfica ou textual, de suas notas e posição relativa na classe.
- Ferramentas de Administração – serviços básicos de administração, que permitem a instalação e manutenção do *Virtual-U*, a criação e manutenção de contas, a configuração de privilégios de acesso e suporte na criação e na manutenção de cursos.

2.3.3 – WebCT

O *Web Course Tool - WebCT* [www08] é um sistema para a criação de ambientes educacionais baseados na Web. Desenvolvido pela *University of British Colúmbia*, tem como objetivo a criação e a disponibilização de cursos internos. Fornece uma variedade de ferramentas e é organizado em torno de uma *homepage* principal, com ligações para componentes de conteúdo do curso ou para outras páginas de conteúdo, além de ferramentas do curso, tais como correio eletrônico, auto-avaliação e glossário. Os seguintes recursos são oferecidos pelo *WebCT*:

- Interface para o projeto do curso – permite a definição da apresentação do curso através da definição de *layout* de páginas e esquema de cores, entre outras.

- Disponibilização de ferramentas – recursos para aprendizagem, comunicação e colaboração.
- Ferramentas administrativas – recursos de assistência ao processo de gerenciamento do curso.

O sistema fornece diferentes visões do curso em função da classe do usuário, que pode ser uma das quatro:

- Administrador – o administrador não pode configurar ou adicionar conteúdo ao curso, apenas iniciar ou abrir um curso vazio para um projetista. O administrador pode, ainda, cancelar cursos e mudar a senha dos projetistas.
- Projetista – existe um projetista para cada curso, que pode ser ou não o próprio instrutor. O projetista pode criar perguntas, checar o progresso dos alunos e definir grupos de trabalho, entre outras atividades.
- Instrutor – um curso pode ter um ou mais instrutores. Os instrutores possuem os mesmos privilégios dos alunos, podendo, adicionalmente, corrigir provas.
- Alunos – um curso pode ter qualquer número de alunos. Estes não podem manipular o conteúdo do curso. As contas dos alunos são criadas pelo projetista.

2.3.4 – WCB

O *Web Course in a Box* – WCB [www09] é uma ferramenta desenvolvida pela *Virginia Commonwealth University* para a criação e manutenção de cursos Web. Este ambiente permite a criação de páginas WWW para vários serviços tais como ementa de curso, agenda e *homepage* pessoais, além de funções interativas como fóruns de discussão e exercícios auto-corrigíveis. A autoria e o consumo do curso são feitos através de browsers Web e não requerem conhecimentos técnicos aprofundados.

A principal meta do WCB é proporcionar facilidades, através do uso de ferramentas adequadas, para elaboração de cursos na Web por instrutores com pouco conhecimento técnico em informática.

As principais facilidades encontradas nesse ambiente são:

- Criação de identificadores e senhas de usuários de modo a restringir o acesso às páginas Web. Adicionalmente, restringe páginas a um subgrupo de classe.
- Criação de salas de *chat* e grupos de discussão para as classes.

- Compartilhamento de documentos.
- Criação de calendários e ementas.
- Criação de *homepages* pessoais.
- Criação de testes, permitindo a resolução on-line dos mesmos. Os instrutores podem usar moldes para criar exercícios e testes para seus cursos.
- Reutilização de conteúdo de um curso para a criação de outro.
- Configuração das características do sistema, tais como informações do semestre e fuso horário.

2.3.5 – Habanero

Desenvolvido pelo *National Center for Supercomputing Applications*, o Habanero [www10] é um framework que permite o compartilhamento de objetos Java com pares distribuídos pela Internet. É composto de uma biblioteca de ferramentas cooperativas com diversas facilidades encontradas na rede. É dirigido para alunos de escola elementar e secundário.

O mecanismo de colaboração desenvolvido em Java permite que os usuários compartilhem qualquer coisa que possa ser enviada pela Web (HTML, gráficos, dados), além de som e vídeo ao vivo.

2.3.6 – Promondia

Desenvolvido no *Department of Computer Science IV, University of Erlangen-Nürnberg*, Alemanha, o *Promondia* [www11] padroniza a comunicação interativa entre usuários da Internet. Opera com applets que implementam formas particulares de comunicação, como sessões de *chat*, jogo, agenda de encontro e sessão apoiada em *whiteboard*. O usuário pode começar uma sessão, reunir-se com outros usuários ou ser convidado para uma sessão. A interface comum entre usuários é uma *applet IRCClient*, que conecta o usuário ao sistema e permite que ele veja quem está usando as demais partes do *Promondia*, conversando ou iniciando uma nova sessão.

2.3.7 – NICE

O *NICE (Narrative, Immersive, Constructionist/Collaborative Environments)* [www12] [Johnson98], desenvolvido no *Interactive Computing Environments Lab* e no

Electronic Visualization Lab, University of Illinois, Chicago, tem como objetivo a construção de ambientes de aprendizagem virtuais para crianças, baseados em teorias de narrativa, construcionismo [Papert86] [www13] e colaboração. O sistema foi projetado para ser executado no CAVE [Cruz-Neira93], que é um ambiente de realidade virtual do tamanho de uma sala, onde várias pessoas podem se mover livremente, tanto física como virtualmente.

Um dos produtos da atividade de construção no ambiente NICE é a narrativa, onde as histórias são criadas e formadas pelas crianças que participam de uma interação com o sistema. Todas as ações ocorridas no ambiente são adicionadas à história continuamente, mesmo quando não representam uma interação das crianças. A sequência da história passa por um tradutor (*parser*) que substitui algumas das palavras da narrativa por ícones e, em seguida, publica o resultado em uma página WWW. A colaboração no NICE é enfatizada através da combinação de interação em comunidades virtuais (estudantes geograficamente separados) e físicas (estudantes no mesmo espaço físico) através de técnicas de realidade virtual.

Os principais objetivos do NICE são a aprendizagem a partir de múltiplas perspectivas, a aprendizagem sobre como colaborar com outras pessoas, a aprendizagem pelo controle e exploração de variáveis do ambiente, a programação por demonstração, a exploração de estruturas de histórias e, por fim, a criação de um produto final.

2.3.8 – CSILE

O *CSILE* (*Computer-Supported Intentional Learning Environments*) [www14] é uma base de dados coletiva e em rede que contém idéias de estudantes, em formato textual ou gráfico, disponibilizada para todos os participantes. Mantido pelo *Ontario Institute for Studies in Education, University of Toronto*, o *CSILE* oferece um ambiente multimídia onde os estudantes geram “nós” contendo uma idéia ou uma parte de informação relevante a um tópico de estudo. Os dados são indexados e organizados de forma que possam ser acessados através de uma série de canais, permitindo que aqueles que estejam estudando um tópico em um domínio possam acessar informações em outros domínios.

A ênfase do *CSILE* é na aprendizagem cooperativa. O professor e os estudantes podem monitorar a aprendizagem dos outros, responder às idéias dos outros, requisitar informações e fazer comentários.

2.3.9 – Collaboratory Notebook

O *Collaboratory Notebook* [www15] é um ambiente multimídia em rede para construção de conhecimento, desenvolvido para ajudar estudantes, professores e cientistas a compartilhar questionamentos sobre os limites do tempo e espaço. Estende a metáfora do *notebook* do laboratório do cientista com facilidades para compartilhar questionamentos entre múltiplos parceiros em projetos que podem estar distribuídos por várias instituições. Entre estas facilidades, o sistema provê uma estrutura de suporte para diálogo científico, direcionada para as tentativas dos estudantes de aprender ciência através de projetos.

A estrutura organizacional da base de dados do ambiente é construída conforme a metáfora da biblioteca, tendo como elementos primários de interface prateleiras de livros, *notebooks* e páginas. A cada página escrita por um usuário, deve ser associado um ícone, que indica ou descreve aquilo que foi escrito (informação, comentário sobre o que outra pessoa escreveu, questão, conjectura, evidência a favor, evidência contra, plano para ação, ou passo dentro de um plano). As páginas que possuem relacionamento com outras são ligadas pelo sistema através de links *hipermídia* com os ícones correspondentes.

2.3.10 – CLARE

O *CLARE* (*Collaborative Learning and Research Environment*) [Wan94] é um ambiente distribuído de aprendizagem apoiado por computador, cujo objetivo é facilitar a aprendizagem através da construção colaborativa de conhecimento. Provê uma linguagem de representação semi-formal chamada *RESRA* (*Representational Schema of Research Artifacts*) e um modelo de processo explícito chamado *SECAI* (*Summarization, Evaluation, Comparison, Argumentation and Integration*). *RESRA* é uma linguagem de representação de conhecimento semi-estruturada, projetada especificamente para facilitar a aprendizagem colaborativa de textos científicos. *SECAI* define um modelo explícito de processo para aprendizagem colaborativa de textos científicos.

A aprendizagem colaborativa com *SECAI* “puxa” os aprendizes da posição externa, isolada e individual para a perspectiva interna, integrada e colaborativa em um artefato. À medida que os aprendizes passam pelas atividades propostas no modelo

SECAI, o nível de colaboração cresce e ao mesmo tempo uma base de conhecimento é formada.

2.3.11 – CaMILLE

O *CaMILLE* [www16] é um ambiente Web assíncrono de suporte à colaboração que tem o objetivo de estimular a aprendizagem. Oferece fóruns de discussões com grupos múltiplos ou com uma classe inteira. O acesso ao sistema é realizado através de um browser Web que acessa um único servidor. A interface do sistema é baseada em formulários e é igual para todos os usuários. O *CaMILLE* provê uma facilidade na qual os estudantes são solicitados a identificar o tipo de colaboração que estão apresentando (uma questão, uma nova idéia, refutação, etc.) e são oferecidas sugestões de frases produtivas iniciais para serem usadas em cada um destes tipos de notas. As notas no *CaMILLE* podem conter tudo o que uma página Web pode conter. O *CaMILLE* apoia a colaboração ancorada, onde cada nota individual pode ser referenciada unicamente através de um browser Web. Isto quer dizer que o endereçamento direto de notas permite que páginas Web contenham *hyperlinks* para um contexto de discussão *CaMILLE*. As âncoras funcionam como índices e como lembretes do que estudantes discutiram sobre um determinado contexto.

2.3.12 – Belvedere

O *Belvedere* [www17] é um ambiente para suporte à prática de discussão crítica de teorias científicas, baseado no paradigma colaborativo. Este ambiente se resume em um *groupware* em rede usado para a construção de representações de relações lógicas e retóricas dentro de um debate. Sua interface assemelha-se a um editor gráfico. Permite aos estudantes formas de representação de componentes abstratos e relacionamento entre teorias e argumentos. Idéias e relacionamentos são representados como objetos que podem ser apontados, ligados a outros objetos e discutidos.

Este sistema pode ser utilizado das seguintes formas:

- por estudantes que estão fisicamente próximos uns dos outros, trabalhando de forma síncrona,
- estudantes compartilhando argumentos em tempos diferentes, de forma assíncrona;
- estudantes trabalhando sincronamente, mas localizados remotamente entre si.

Os aspectos educacionais do ambiente são cobertos por três categorias de software: *groupware* para aprendizagem, tutor inteligente e simulação. O software provê diagramas de argumentação disponibilizando formas geométricas para diferentes tipos e componentes de argumentos, múltiplas formas de ligações e possibilidades de anexos para acomodar argumentos complexos. O sistema provê facilidades para autoria de fontes de conhecimento on-line que podem ser acessadas e copiadas pelos estudantes. A utilização destas facilidades levou à construção de algumas coleções de informações em vários campos de conhecimento científico. O ambiente foi estendido para servir como um browser WWW, permitindo que autores utilizem ferramentas HTML existentes, e para referenciar páginas WWW que contenham informações relevantes à discussão.

2.3.13 – LiveBOOKs

O *LiveBOOKs* [Cowan98] é um ambiente distribuído para autoria e consumo de material educacional através da Web. O ambiente foi desenvolvido pelo *Computer System Group*, da *University of Waterloo*, com o intuito de facilitar a criação e manutenção de cursos.

O *LiveBOOKs* implementa serviços de comunicação que permitem o contato com o professor, com o tutor e com o monitor dos cursos oferecidos. Possui, ainda, recursos para auto-avaliação e biblioteca eletrônica.

2.3.14 – HM-Card

O *HM-Card* [www18] permite a construção de repositórios de *courseware*, compostos de páginas Web, imagens estáticas, vídeos, integrados em módulos interativos. O repositório é um sítio Web, com o material educacional armazenado em um servidor Web e com o acesso simultâneo de diversos clientes. Os módulos são as unidades principais do *courseware*, cujos conteúdos podem ser desde páginas ligadas de forma linear até complexas unidades interativas de *courseware* com gráficos, animação, facilidades de anotações, perguntas e avaliação de respostas. O repositório de *courseware* é um conjunto de módulos *HM-Card*, referenciados como documentos HTML. O sistema provê editores para confecção e apresentação de cursos *hypermídia*: *HM-Card Editor*, *HM-Card Linker* e *HM-Card Viewer*. A independência entre os editores permite a reutilização de conteúdos. O acesso a cursos desenvolvidos com

HM-Card pode se dar a partir de *link* em página Web ou *stand-alone*. O sistema fornece suporte para cooperação, através de ponteiros, para *e-mail* e *newsgroups*.

2.3.15 – TopClass

O *TopClass* [www19] integra ferramentas de aprendizagem colaborativa, de entrega e gerenciamento de conteúdo e de gerenciamento de pessoas. A conectividade entre os participantes é baseada na Web através de um *browser* padrão. O sistema executa sobre a Internet ou em redes locais corporativas. Há um sistema de mensagem para comunicação entre alunos e entre alunos-professor, a participação em múltiplas listas de discussão e atividades personalizadas para alunos. Em *TopClass*, os cursos são construídos pelo professor a partir de Unidades de Material de Aprendizado que podem ser livremente exportadas ou importadas de curso para curso, podendo conter testes de múltipla escolha. Os estudantes e professores são agrupados em “classes” e o acesso ao material do curso, grupos de discussão e avisos são gerenciados automaticamente, de forma que somente os participantes autorizados possam obtê-los. *TopClass* indica, para cada usuário individual, o *status* do material de curso definido para ele através de mensagens do tipo: novo, velho, lido ou não lido. O professor também tem acesso a esse *status* para monitorar o progresso do aluno.

2.4 – Ferramentas desenvolvidas no Brasil

2.4.1 – AulaNet

O *AulaNet* [Lucena98] é um ambiente para criação, administração e assistência de cursos à distância baseados na Web. Desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Software do Departamento de Informática da PUC-Rio, o *AulaNet* fornece cursos constituídos por aulas. Os conteúdos destas aulas podem ser apresentados como transparências, textos de aula, vídeos e imagens. A interatividade dos cursos é fornecida através de serviços Internet de comunicação e cooperação, podendo ser estabelecida entre alunos ou entre alunos e professores. As ferramentas para este fim são o correio eletrônico, as listas de discussão, sessões de *chat* e videoconferências.

O *AulaNet* apoia-se nas seguintes premissas:

- Os cursos criados devem permitir grande capacidade de interatividade, atraindo o aluno a participar intensamente do processo de aprendizagem.

- Os mecanismos para criação de cursos devem corresponder aos de uma sala de aula convencional, acrescidos de outros disponíveis no ambiente Web.
- O ambiente deve permitir a reutilização de conteúdos já existentes em mídia digital, através da importação de arquivos.

Os seguintes atores são considerados no *AulaNet*:

- Autor – é o criador do curso, responsável pela descrição do mesmo, pela organização e pela disponibilização de conteúdos. Pode ser ou não o responsável pela aplicação do curso, assumindo a função de professor. O professor pode, ainda, contar ou não com o auxílio de um co-autor.
- Aluno – representa o público alvo, ao qual o curso se destina. O professor pode dar a um aluno o status de co-autor de aulas do curso.
- Administrador – facilitador da integração professor/cursos/aluno, tratando de questões de cunho operacional, tal como a inscrição do aluno, a divulgação de agendas e de notícias do curso.

2.4.2 – Classe Virtual

Classe Virtual [www20] é um protótipo de sala de aula virtual cooperativa desenvolvido na COOPE/Sistemas, na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. O Classe Virtual possui três classes de usuários: o administrador, o professor e o aluno, mas diferencia-se de outros sistemas de autoria pelo compromisso efetivo com atividades cooperativas.

Este protótipo possui dois modos de utilização: autoria e aluno. O primeiro possibilita ao usuário a criação ou determinação de material educacional, através de um conjunto de recursos, tais como informações, conteúdo, aulas, provas, notas, discussão e trabalho. O modo aluno permite ao usuário assistir e participar de uma disciplina. A cooperação entre participantes se dá através das seguintes opções:

- Discussão – fornece uma ferramenta de cooperação assíncrona.
- Trabalho – fornece uma ferramenta para edição cooperativa síncrona.

Os trabalhos desenvolvidos são gravados no servidor Classe Virtual com nome de arquivo e título definidos pelo professor da disciplina. O ambiente de edição cooperativa, que possui um indicador de presença dos participantes e *chat*, leva os

alunos a cooperarem entre si para a elaboração do trabalho e a realizarem sessões de *brainstorming*.

2.4.3 – Qsabe

O *Qsabe* [Pessoa96], desenvolvido no Departamento de Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, é um ambiente inteligente para a troca cooperativa de informações, apoiado por uma rede de computadores, a partir de um serviço de perguntas e respostas. O sistema é capaz de catalogar dinamicamente o perfil de colaboradores e atuar como um distribuidor inteligente de mensagens. Utilizando a metáfora de ambientes *groupware*, o *Qsabe* atua como um assistente interpessoal, permitindo que cada membro do grupo participe de trabalhos, formulando e respondendo perguntas.

2.4.4 – WebSaber

O *WebSaber* [www21], desenvolvido no Departamento de Informática da PUC-Rio, é voltado para a resolução cooperativa de problemas e é organizado segundo um modelo de hipertexto, sendo apoiado por um editor cooperativo, um bloco de notas e ferramentas de cooperação da Internet. O *WebSaber* é direcionado preferencialmente, mas não exclusivamente, para alunos do ensino médio, coordenados por um tutor. Utiliza a metáfora de uma sala de reunião (*MeetingRoom*) como local principal das interações entre estudantes e tutor, para a resolução cooperativa de problemas. Este local é composto de um *Hall*, de uma sala de estar (*SittingRoom*) e de uma sala de trabalho (*WorkRoom*). No *Hall*, em um mural, são apresentados problemas a espera de solução. Os participantes que aderem à busca da solução entram na *SittingRoom*, o lugar das trocas sociais. Os encontros de trabalho ocorrem na *WorkRoom*, onde há ferramentas para comunicação e apoio à solução do problema. O *WebSaber* diferencia-se de ambientes análogos por oferecer suporte para tutoria, além de apoiar uma forma abrangente de trabalho.

2.4.5 – WCC

O *Web Course Creator – WCC* [Pacheco98], desenvolvido no Laboratório de Mídias Interativas da PUC-PR, implementa uma ferramenta de autoria que permite ao criador do curso (tutor) o desenvolvimento de conteúdo em hipertexto para a Internet, conforme as correntes metodológicas construtivistas.

O WCC utiliza técnicas pertinentes à Inteligência Artificial na representação do conhecimento, possibilitando a geração de um ambiente conciso e extensivamente adaptável às características individuais do aprendiz. Em paralelo, existe a geração de agentes, que monitoram o desempenho e as atividades dos aprendizes, possibilitando a assistência da exploração do conteúdo publicado.

O WCC permite a gerência do conhecimento, criando conteúdos em hipertexto que permitem a exploração com um objetivo, onde o aprendiz é conduzido na aquisição de conhecimento.

Além de assistentes e ferramentas, o WCC possui um editor HTML visual, permitindo a edição de conteúdo didático de forma similar a um editor de texto. Existe, ainda, um publicador de conteúdo na Web, que diminui sensivelmente a necessidade de conhecimentos técnicos pertinentes a servidores HTTP por parte do autor.

2.4.6 – Eureka

O *Eureka* [Eber99] é um ambiente para aprendizagem cooperativa, desenvolvido no Laboratório de Mídias Interativas – LAMI da PUC-PR, que tem por objetivo implementar um ambiente baseado na Web para promover educação e treinamento à distância na Internet. O ambiente é composto de um conjunto de facilidades de comunicação, de ferramentas de administração e de suporte ao conteúdo, possibilitando a interatividade entre o grupo de participantes de um curso ou atividade.

Os protagonistas do processo de ensino e aprendizagem são os administradores, os tutores e os participantes. Todos os usuários do ambiente devem ser previamente cadastrados. Os administradores têm a função de cadastrar outros administradores, cursos e tutores de cursos. Os tutores têm a função de habilitar e desabilitar participantes nos cursos onde forem tutores e são, também, responsáveis pelo gerenciamento das informações do curso (edital, conteúdo, programa e descrição).

Os usuários cadastrados no *Eureka*, necessitam ser habilitados pelo tutor do curso desejado. Estando habilitado como participante, o usuário pode acessar todos os módulos do sistema, interagindo e cooperando com os demais para o desenvolvimento do Curso.

Alguns dos módulos oferecidos pelo *Eureka* são:

- Info – contém informações sobre o curso (edital, descrição e programa);

- Chat – salas que permitem a comunicação síncrona entre os participantes;
- Correio – correio eletrônico que permite criar, encaminhar, responder e excluir mensagens.
- Conteúdo – Apresenta o conteúdo do curso, ou simplesmente indica qual é o material didático para este.
- Estatísticas – disponibiliza informações sobre o andamento do curso na forma de planilhas.
- Fórum – Apresenta uma base de conhecimento de tópicos e respectivas contribuições sobre assuntos relativos aos cursos em andamento. Permite a inclusão de novas contribuições e novos tópicos.
- Links – Encontram-se aqui os links e respectivos comentários de endereços interessantes ao curso.
- Perfil dos Participantes – São apresentadas as informações cadastrais de todos os participantes de um curso.
- Funções Administrativas – Correspondem aos conjuntos de facilidades disponíveis ao Administrador e Tutor, relativas à criação e manutenção dos cursos e atividades relacionadas.
- Ajuda on-line – Disponibiliza aos participantes explicações sensíveis ao contexto sobre todas as operações de interação disponíveis no ambiente.

Modalidade	Ferramentas
III	<i>TopClass, WebCTm, HM-Card e LearningSpace</i>
IV	<i>AulaNet e ClasseVirtual</i>
V	<i>Habanero e Promondia</i>
VI	<i>NICE, CSILE, Collaboratory Notebook, CLARE, CaMILLE, Belvedere, Qsabe e WebSaber</i>

Tabela 2-1 – Classificação de ferramentas EAD, segundo [Santos99]

2.5 - Considerações Finais

O investimento na produção de ferramentas de apoio à EAD tem sido bastante intensificado recentemente. Um grande número de aplicações baseadas em tecnologia Web, desenvolvidas e em desenvolvimento em todo o mundo, buscam soluções de caráter técnico e pedagógico de forma a adequar-se às demandas educacionais da atualidade.

Muitos são os problemas enfrentados pelas instituições que vêm investindo no desenvolvimento de ferramentas EAD. Do ponto de vista técnico, vemos que as tecnologias subjacentes à Web empregadas para este fim são inúmeras, por vezes, criando problemas de portabilidade entre plataformas. Além disso, a falta de padrões operacionais para o desenvolvimento e publicação de ambientes e de conteúdo proporciona, ainda, uma interface confusa para usuários não técnicos.

Cada ferramenta desenvolvida, normalmente, implementa a gerência de seus recursos de forma proprietária. Isto pode significar um alto custo para autores, desenvolvedores e usuários. Entre os principais problemas enfrentados, podemos citar:

- Os autores devem criar diversos tipos de material, utilizando, por vezes, aplicações diferentes e separadas do ambiente EAD, de forma a atender de maneira consistente às diversas plataformas existentes.
- Os desenvolvedores dos sistemas EAD devem, com frequência, investir na criação de ferramentas de autoria próprias, que funcionem apropriadamente com seus sistemas.
- Nem sempre é possível adaptar os produtos desenvolvidos às diversas plataformas de software e hardware existentes, o que limita a aplicabilidade dos ambientes desenvolvidos aos usuários de uma determinada linha de produto.
- Tanto os autores como os consumidores devem ser preparados para utilizar especificamente cada um dos sistemas existentes.

O *IMS Learning Consortium, Inc.* [www22] foi formado como um investimento cooperativo de organizações acadêmicas, comerciais e governamentais a fim de facilitar o crescimento e viabilizar o aprendizado distribuído na Internet. O objetivo principal do *IMS* é propor uma arquitetura aberta para o aprendizado na Web, especificando uma

série de requisitos técnicos para a criação de conteúdo e desenvolvimento de ambientes de qualidade.

Ainda pela perspectiva técnica, encontramos outros problemas relativos à limitação da Internet e da Web. Soluções baseadas unicamente em tecnologia Web são, via de regra, limitadas pela característica não orientada à conexão (*stateless*) do protocolo HTTP e pela sua natureza *pull*, onde as informações são obtidas apenas quando requisitadas [Martin-Flat99]. Além disso, o TCP/IP não foi concebido para implementar aplicações que façam uso de controle de qualidade de serviço (QoS) [Soares00].

Apesar dos aspectos tecnológicos e operacionais possuírem destaque na busca da melhor solução para o desenvolvimento de tais sistemas, a Educação à Distância apresenta um conjunto de variáveis desconhecidas em processos presenciais. É necessário, portanto, que sejam feitas novas abordagens do ponto de vista da gestão efetuada sobre o processo ensino-aprendizagem à distância. Estes aspectos são discutidos no Capítulo 3.

Capítulo 3

As Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância

3.1 – Introdução

Inúmeras instituições de vários países e localidades desenvolvem seus próprios sistemas de Educação à Distância com base no modelo que julgam mais eficiente. Entretanto, surgem inúmeras questões com relação ao modelo de gestão que deve ser empregado mais adequadamente ao processo ensino-aprendizagem executado à distância. É grande a tentação de empregar uma solução hermética elaborada por especialistas em informática com pouca ou nenhuma experiência educacional, sem a interação necessária com os verdadeiros usuários e sem levar em consideração aspectos pedagógicos mínimos [Moura98]. É freqüente, também, a tentativa de gerir o processo ensino-aprendizagem à distância com base nas experiências obtidas no modelo presencial. Novas ferramentas EAD requerem uma profunda revisão do ponto de vista pedagógico, visto que, na maioria das vezes, não existe a opção de usar em ambientes virtuais as abordagens familiares ao ensino tradicional [Hazemi98]. Promover a Educação à Distância não significa, simplesmente, tomar os planos de aula utilizados no sistema tradicional e adaptá-los de forma que possam ser distribuídos em novas mídias eletrônicas. É necessário que haja uma abertura por parte das ferramentas computacionais, das pessoas e das instituições que vêm investindo em programas de Educação à Distância, de maneira que se encontre um mecanismo mais eficaz para gerenciar o processo ensino-aprendizagem. Isto pode ser alcançado através da associação de novas tecnologia as melhores estratégias pedagógicas.

Buscando a melhor perspectiva para promover à Educação Tecnológica à Distância, este Capítulo aborda, inicialmente, uma *visão orientada à tecnologia*, onde procura-se atender às necessidades da Educação Tecnológica à Distância com base na peculiaridade de algumas ferramentas computacionais. Em seguida, é apresentada uma *visão orientada a conceitos*, onde defende-se a necessidade de aprender a lidar com as dimensões críticas de um ambiente EAD. Com base em uma análise crítica sobre estas

duas visões, são discutidas e definidas as dimensões críticas no contexto da Educação Tecnológica à Distância.

3.2 – Mudança de antigas concepções sobre EAD

Para promover o processo ensino-aprendizagem à distância de maneira eficaz, obtendo vantagens significativas das oportunidades criadas pelas tecnologias, tanto para a educação tecnológica como para a educação convencional, alguns paradigmas precisam ser quebrados sobre a EAD, como proposto em [Bates95] e apresentado na Tabela 3-1.

Concepções Tradicionais	Novas Concepções
O ambiente face-a-face é o melhor para o aprendizado.	Diferentes tipos de ambiente podem dar suporte ao ensino de alta qualidade. Isso depende da forma como estes ambientes são utilizados.
O aprendizado é o que acontece quando professores interagem com estudantes em um tempo e espaço fixos.	O aprendizado acontece dinamicamente e de forma não limitada, incluindo aquilo que o aprendiz faz, independentemente dos professores.
Processos orientados a pessoas (<i>people-oriented</i>) são incompatíveis ao uso de tecnologia.	O uso de tecnologias voltadas para a EAD em processos orientados a pessoas é possível e desejável.
Quando o processo de aprendizagem falha, acusa-se a tecnologia empregada.	Quando o processo de aprendizagem falha, reavalia-se a estratégia de ensino, não apenas as ferramentas utilizadas.
Aprender a gerenciar o processo ensino-aprendizagem à distância é aprender a usar a tecnologia envolvida.	Aprender a gerenciar o aprendizado a distância está relacionado ao melhor entendimento sobre o processo de aprendizagem.

Tabela 3-1 - Evolução das concepções acerca da Educação à Distância

3.3 – Características do Ensino Tecnológico

No decorrer do processo ensino-aprendizagem comum às escolas técnicas, escolas profissionalizantes e cursos de graduação de natureza tecnológica, algumas particularidades podem ser notadas. A Educação Tecnológica caracteriza-se por uma maior aproximação da prática profissional do que dos enfoques puramente acadêmicos. É peculiar a tentativa de adaptar ao máximo o ambiente estudantil de forma que os alunos tenham experiências mais próximas ao do ambiente profissional real. Esta adaptação é feita, normalmente, com o uso intensivo de laboratórios. Segundo Moura [Moura99], outros elementos inserem-se na relação ensino-aprendizagem das instituições que praticam a Educação Tecnológica, como é o caso dos CEFETs, modificando elementos da prática pedagógica e estabelecendo um perfil particular. Tomando como base a metodologia adotada no CEFET-CE, que fogem da prática cotidiana das escolas de educação geral, podemos citar algumas características inerentes à Educação Tecnológica:

- *Uso intensivo de laboratórios* – chega a passar de 80% da carga horária nos períodos finais de alguns cursos profissionais;
- *Uso intensivo de computadores* – o computador é utilizado não apenas como ferramenta pedagógica no apoio ao ensino (Informática Educativa), mas como ferramenta para a execução de tarefas peculiares a uma profissão (Informática Aplicada).
- *Exploração das habilidades motoras e sensoriais* – a audição, a visão e o tato são bastante exigidos no dia a dia dos alunos, através, por exemplo, da montagem de circuitos, execução de medições e cálculos de diversas naturezas e conversações em diferentes idiomas.
- *Elaboração de projetos* – aplicação prática dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas.
- *Estágios* – parte do aprendizado realiza-se dentro de empresas, oferecendo a possibilidade de um contato real com o mercado de trabalho e possibilitando ao estudante ingressar na vida profissional mais preparado.

- *Métodos diferenciados de avaliação* – envolvendo a avaliação do estagiário pelo empregador, a aceitação do público durante a exposição de projetos em feiras e congressos, a publicação de trabalhos, entre outros métodos.
- *Esquemas alternativos de recuperação* – chamado “Recuperação Paralela” no CEFET-CE, a recuperação se dá ao longo de todo o período letivo, desde o primeiro dia de aula. O aluno recorre ao professor em horários predefinidos e tem, freqüentemente, um tratamento individualizado para dirimir suas dúvidas.

3.4 – Visão orientada à tecnologia

Quando um conjunto de características particulares e restrições se apresentam para um problema relacionado ao processo ensino-aprendizagem à distância, é comum discuti-los sob uma *visão orientada à tecnologia*, onde as soluções propostas baseiam-se nas ferramentas ou recursos tecnológicos conhecidos. Algumas tecnologias desenvolvidas e aperfeiçoadas nos últimos anos têm despertado especial interesse para a Educação à Distância, dentre elas, a *realidade virtual*, as ferramentas de *áudio e vídeo* e os mecanismos para a garantia de *qualidade de serviço* foram destacadas em [Moura99] como indispensáveis para a ETD. Estas três tecnologias são apresentadas e discutidas em seguida sobre o enfoque da ETD.

3.4.1 – Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma das subáreas mais recentes da informática. Embora existam diversas definições, a maioria dos autores defendem que mediante a RV é possível a união homem-máquina de uma maneira mais estreita, permitindo uma simulação interativa, dinâmica e em tempo real [Casas98].

A interface RV envolve um controle tridimensional interativo de processos computacionais. Para suportar esse tipo de interação, o usuário pode utilizar dispositivos não convencionais como capacete de visualização e controle, luvas, entre outros. Alguns destes dispositivos permitem a exploração e a manipulação de objetos virtuais.

Casas [Casas98] define os principais elementos presentes em sistemas RV como:

- Interação - permite o controle da exploração do ambiente através de diversas interfaces que vão do teclado até luvas ou trajes sensores;
- Percepção - vem a ser o fator mais importante. A percepção é explorada na

maioria de sistemas RV através dos sentidos visual, auditivo e tátil;

- Simulação - os mundos virtuais baseados em RV não devem, necessariamente, restringir-se às leis físicas naturais para efetuar simulações. Desta maneira, a RV oferece recursos superiores a uma simples simulação, permitindo a realização de tarefas dentro de um mundo virtual que seriam difícil ou impossível implementação no mundo real.

O surgimento da realidade virtual, assim como sua possível utilização em microcomputadores comuns, estabeleceu novos patamares de interação homem-máquina. A realidade virtual ainda não conseguiu criar ambientes totalmente imersivos, onde o usuário tem a sensação de estar dentro do ambiente, necessitando aprimoramentos, principalmente no que diz respeito às sensações gustativas e olfativas. Porém, esta tecnologia avançou bastante com relação ao tato, a audição e a visão.

Inicialmente restrita a estações gráficas especiais de custo elevado, a RV está se tornando comum em microcomputadores, principalmente devido à área de entretenimento. Surgiram pacotes gráficos e bibliotecas específicas para a modelagem de mundos virtuais e a possibilidades de utilização de *avatares* (personificações virtuais de usuários, humanos ou não). Um importante objetivo a ser alcançado nos próximos anos é o de estender o domínio de aplicação das tecnologias de RV a grupos de usuários, aprimorando o significado do que se convencionou chamar *comunidades virtuais*. Membros de grupos virtuais podem interagir entre si através da utilização de avatares, com possibilidades de movimentação em um espaço tridimensional, onde o próprio ambiente pode ser manipulado, muitas vezes respondendo a estímulos dos avatares.

3.4.1.1 – A RV e a Educação Tecnológica à Distância

O uso intensivo de laboratórios no ensino presencial, com intensa exploração das habilidades sensoriais para identificação e manipulação de instrumentos, máquinas e peças, sugere a necessidade de alguma ferramenta que simule esses ambientes virtualmente em ambientes de Educação Tecnológica à Distância.

Embora seja inegável o potencial da RV, existem diversas questões ainda não resolvidas sobre a utilização desta tecnologia para fins educacionais [Hazemi98]. Por exemplo, a utilização da RV para permitir o controle da navegação e acionamento das operações de um sistema, não representam, em princípio, um grande avanço,

considerando o potencial deste recurso para a educação. No caso da Educação Tecnológica à Distância, a principal motivação do uso de RV é, portanto, a aplicação dessa tecnologia para a elaboração de laboratórios virtuais, permitindo a realização de simulações e de experimentos de diversas naturezas, incluindo alguns de impossível realização no mundo real. Por exemplo, na impossibilidade de manipular os instrumentos e componentes de um laboratório real à distância, uma prática de Química Industrial poderia ser simulada num laboratório virtual, com a vantagem adicional de reduzir a possibilidade de acidentes com reagentes de verdade.

3.4.2 - Áudio e Vídeo

Os recursos de áudio e vídeo são freqüentemente utilizados para prover mecanismos de comunicação em tempo real ou sob demanda à distância. As tecnologias de áudio e vídeo podem ser utilizadas em serviços de teleconferência e em serviços audiovisuais [Oliveira96]:

Serviços de Teleconferência:

- *Áudio Conferência* – sistemas onde sinais de áudio e controle são transmitidos entre os participantes;
- *Conferência Áudio-Documentária* – Similar à áudio conferência, havendo, entretanto, o tratamento de documentos textuais;
- *Conferência Audiográfica* – Serviço com suporte a transmissão de áudio, sinais de controle, documentos textuais e imagens estáticas;
- *Freeze-Frame Videoconferência* – Serviço similar à conferência audiográfica acrescido do envio periódico de imagens estáticas dos participantes;
- *Teleseminário* – Serviço que consiste da distribuição dos eventos ocorridos num local (áudio e vídeo) para todos os demais participantes, sendo o áudio o único sinal de retorno;
- *Videoconferência* – Serviço similar à conferência audiográfica acrescida do envio em tempo real de sinais de vídeo entre os vários participantes.

Serviços Audiovisuais:

- *Telefonia convencional* – incluída com o intuito de levantar considerações sobre a interoperabilidade com os demais serviços;

- *Videofonia* – serviço com transmissão ponto-a-ponto bidirecional de sinais de áudio e vídeo;
- *Telemonitoramento* – serviço de transmissão unidirecional de sinais com o intuito de efetuar observação de ambientes.

Organismos de padronização internacional, como o ISO (*International Standardization Organization*) e o ITU-T (*International Telecommunication Union*), vêm estabelecendo padrões para utilização das diversas mídias a fim de garantir a interoperabilidade e intercâmbio dos objetos manipulados nos serviços descritos. Um estudo sobre os padrões utilizados para tecnologias de áudio e vídeo pode ser encontrado em [Moura98].

3.4.2.1 - Áudio e Vídeo em Educação Tecnológica à Distância

O trabalho laboratorial intensivo no ensino tecnológico pressupõe um nível de detalhamento visual e auditivo, por parte dos alunos, maior que no ensino convencional. A utilização de serviços que envolvam mídias de áudio e vídeo, juntas ou separadas, em tempo real ou sob demanda, é importante para suprir a necessidade do contato audiovisual, limitado no processo ensino-aprendizagem à distância. A visualização precisa de componentes de uma máquina elétrica ou mecânica e a identificação de ruídos ou sons emitidos por algum tipo de aparelho são exemplos destas necessidades.

3.4.3 – Qualidade de Serviço

À medida que as ferramentas aplicadas em sistemas educacionais tornam-se mais robustas e interativas, a infra-estrutura das redes de computadores começa a apresentar limitações. Estas limitações estão relacionadas, em grande parte, à escassez de banda passante. O alto tráfego nas redes de computadores pode promover atrasos no recebimento de dados e interrupções na transmissão de mídias de tempo real, trazendo consequências negativas ao ensino à distância. Além do problema da banda passante, podemos destacar, ainda, outras deficiências no sistema de comunicação, tais como ausência de mecanismos de sincronização das diferentes informações, ausência de suporte para comunicação de grupo e ausência de suporte para a especificação de parâmetros de qualidade de serviço (QoS).

A utilização para fins educacionais de documentos e sistemas multimídia interativos, juntamente com aplicações de tempo real para transmissão de áudio, vídeo

ou texto, têm proporcionado aos usuários de redes de computadores, além de alguns benefícios educacionais, muitas decepções ou, no mínimo, um grande desconforto do ponto de vista operacional. Este desconforto é motivado, na maioria das vezes, por alguns problemas bastante conhecidos, tais como:

- demora no estabelecimento de conexões;
- tempo excessivo de espera para obtenção de dados ou documentos, causando irritação ou desistência;
- interrupções freqüentes e perda de dados em aplicações de tempo real; e
- baixa qualidade na recepção de áudio/vídeo, comprometendo a qualidade da informação.

Em princípio, pode-se imaginar que um aumento radical da largura de banda, através da ampliação da infra-estrutura física, resolveria a maioria dos problemas expostos. Mas, mesmo que esta medida fosse viável, dificilmente conseguiríamos definir uma largura de banda ideal, já que novas e robustas aplicações aumentam continuamente a demanda por recursos e o número de usuários destas aplicações cresce diariamente.

A solução para os problemas citados não é trivial e tem sido objeto de estudo de muitos pesquisadores. De maneira geral, esforços vêm sendo empregados no sentido de:

- desenvolver tecnologias de redes de alta velocidade, como ATM;
- desenvolver algoritmos de compressão de áudio e vídeo, a fim de diminuir o volume de tráfego nas redes;
- especificar serviços de comunicação de grupo (multicast), a fim de evitar múltiplas cópias dos mesmos pacotes para endereços diferenciados;
- especificar novos protocolos que sejam utilizados em aplicações de tempo real, com a finalidade de efetuar serviços de temporização e seqüenciamento, controlar a saturação do tráfego na rede, reservar largura de banda e controlar o retardo de transmissões, entre outras características.

Para atender à expectativa do usuário e solucionar problemas relacionados à qualidade dos diversos tipos de serviços e aplicações utilizados, cada tipo de mídia deve receber tratamento diferenciado. O primeiro passo é analisar o comportamento de cada

mídia, estudando as características de suas fontes de tráfego.

3.4.3.1 – Caracterização das Fontes de Tráfego

Cada tipo de mídia utilizada em aplicações de redes possui um conjunto específico de características e requisitos. A natureza do tráfego gerado enquadra as aplicações (fonte) em uma das três classes básicas [Soares95]:

- Classe tráfego contínuo com taxa constante (*Constant Bit Rate* - CBR), onde a taxa média é igual a *taxa de pico*. Esta taxa é o único parâmetro necessário para caracterizar a fonte de tráfego;
- Classe tráfego em rajada (*bursty*), onde o tráfego apresenta períodos ativos, com a fonte operando na taxa de pico, intercalados por períodos inativos, quando não se produz tráfego algum. Os parâmetros importantes na caracterização deste tipo de tráfego estão relacionados à distribuição das rajadas ao longo do tempo, à duração das rajadas e à taxa de pico atingida durante as rajadas;
- Classe tráfego contínuo com taxa variável (*Variable Bit Rate* - VBR), onde as fontes apresentam variação na taxa de transmissão ao longo do tempo. Neste caso, a média e a variância da taxa de transmissão são parâmetros importantes para caracterizar a fonte.

Podemos notar que cada fonte de tráfego é caracterizada por um conjunto diferenciado de variáveis. Os recursos empregados para garantir valores mínimos e/ou máximos para estas variáveis serão determinantes para garantir a qualidade na transmissão/recepção de cada uma das diferentes mídias.

3.4.3.2 – Definição de Qualidade de Serviço (QoS)

Qualidade de Serviço é definida pela ISO como o "*efeito coletivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário do serviço*" [ISO96]. Em [Vogel95], a qualidade de serviço é definida de maneira mais específica como "*a representação do conjunto de características qualitativas e quantitativas de um sistema multimídia distribuído necessário para alcançar a funcionalidade requerida de uma aplicação*".

A QoS de um dado sistema é expressa como um conjunto de pares (*parâmetro - valor*). Cada parâmetro pode ser considerado uma variável, cujos valores podem variar

dentro de um intervalo. Diferentes aplicações executando no mesmo sistema podem ter diferentes subconjuntos de parâmetros de QoS, com diferentes valores, e alguns parâmetros podem não ser mutuamente independentes.

Em sistemas multimídia distribuídos, considerar a qualidade de serviço apenas no nível de comunicação não é suficiente. É importante notar que os requisitos impostos pelas mídias a um sistema são *fim-a-fim*, ou seja, todos os subsistemas que participam do oferecimento de um serviço devem ter seus recursos orquestrados de modo que o serviço como um todo possa ser corretamente fornecido [Gomes99]. Considerando, por exemplo, a execução remota de uma sequência de áudio e vídeo, as garantias de QoS devem aplicar-se ao fluxo de mídia inteiro, desde o servidor remoto, passando pela rede, até chegar ao receptor.

O processamento da QoS em sistemas multimídia distribuídos envolve uma série de tarefas que podem ser resumidas nos seguintes passos [Goulart99]:

- estimar os requisitos da QoS do ponto de vista do usuário, de acordo com seus desejos subjetivos ou sua satisfação com a qualidade da aplicação (apresentação, sincronização, custo, etc);
- mapear as estimativas em *parâmetros reais* da QoS para os componentes dos sistemas envolvidos na aplicação multimídia (por exemplo, o tipo de vídeo escolhido é expresso em termos de sua resolução e taxa de quadros por segundo, e isso é mapeado em requisitos de vazão); e
- negociar com os componentes do sistema para alcançar a QoS desejada, ou seja, garantir que os parâmetros desejados sejam consistentemente satisfeitos por todos os componentes do sistema.

3.4.3.3 – A Complexidade na Adoção de Mecanismos de QoS

O processamento de QoS pode ser consideravelmente complexo por alguns aspectos adicionais [Cruz00]:

- Os requisitos de QoS podem mudar durante uma sessão da aplicação;
- Alguns mapeamentos no sistema não são um-para-um, podendo existir parâmetros mutuamente dependentes ou contraditórios. (por exemplo, diminuir a taxa de erros permitindo retransmissão aumentaria o retardo de transmissão médio);

- Alguns parâmetros de QoS possuem valores não pontuais, isto é, os valores não correspondem a um ponto bem definido, mas sim a uma região no espaço do parâmetro. Esse valor pode mudar com o tempo dentro da região (por exemplo, a vazão pode variar entre 10kbps e 100 kbps); e
- valor da QoS no sistema pode mudar no tempo, desrespeitando o contrato resultante da fase de negociação. Isso pode acontecer no sistema de transporte ou no sistema operacional devido a mudanças na carga do sistema. Portanto, a QoS deve ser continuamente monitorada e mecanismos de correção tais como bloqueio de tarefas de mais baixa prioridade devem ser providos. Dessa forma, manter a QoS torna-se um problema de controle bastante complexo.

3.4.3.4 – Parâmetros de QoS

A QoS é, tipicamente, expressa em termos de um *contrato de serviço*, que deve definir claramente quais requisitos devem ser garantidos na execução da aplicação. Estes requisitos são definidos no contrato de serviço por intermédio de parâmetros, tais como: *largura de banda*, *atraso*, *latência*, *jitter* e *taxa de perda* [Martins99].

- *Largura de Banda* – É o parâmetro de QoS mais básico, sendo necessário para a operação adequada de qualquer aplicação.
- *Atraso e Latência* – Os termos atraso e latência são ambos aplicáveis na especificação de QoS. O primeiro é mais utilizado em transmissão de dados, enquanto que o segundo é mais utilizado para equipamentos. De maneira geral, a latência pode ser definida como o somatório dos atrasos impostos pela rede e seus equipamentos, como atraso de propagação, atraso de processamento fim-a-fim, etc. A latência gera um tempo de resposta para a aplicação.
- *Jitter* – O *jitter* pode ser entendido como a variação no tempo de entrega dos dados devido à variação da latência da rede. Este parâmetro é importante para garantir que os dados sejam processados em intervalos de tempo bem definidos, como nas aplicações de voz, ou aplicações em tempo real, em geral. O *jitter* deve ser tratado por mecanismos específicos de compensação e controle que dependem da aplicação, pois introduz distorção do processamento da informação no receptor.
- *Perdas* – As perdas de pacotes em redes IP, por exemplo, se deve a fatores como

o descarte de pacotes nos roteadores e *switches* e a perda de pacotes no nível de enlace durante o transporte dos mesmos. Determinadas aplicações podem ter sua qualidade comprometida devido a perdas de pacotes.

3.4.3.5 - QoS em Educação Tecnológica à Distância

Embora QoS seja importante em muitas áreas, podemos inseri-la como importante elemento na concepção de novos ambientes educacionais desenvolvidos para redes de computadores. A justificativa para isso é que a ausência de QoS pode comprometer, em algumas situações, a qualidade do processo ensino-aprendizagem [Soares00]. A perda de informações ou a má qualidade de uma imagem ou vídeo são exemplos de situações onde o aprendizado pode ser prejudicado. Algumas atividades comuns ao ensino tecnológico, como a montagem e desmontagem de um computador, executadas em cursos de informática, demandam acuidade visual e precisão de detalhes. Espera-se, portanto, que ferramentas ETD ofereçam uma qualidade de vídeo superior à normalmente aceita em aulas convencionais, seja pelo uso de câmeras com recursos de zoom, seja por uma maior taxa de quadros por segundo, mais pixels por quadro e, também, pela possibilidade de se reservarem recursos para a transmissão do vídeo, para garantir que o máximo possível de quadros transmitidos cheguem ao destino [Moura99].

A necessidade menor de garantias de qualidade de serviço nas mídias utilizadas no ensino convencional é questionável, já que, de um modo geral, *qualidade* pode ser um fator determinante no processo ensino-aprendizagem, independentemente do domínio em estudo. Entretanto, em alguns casos, a ausência de recursos que garantam a qualidade de serviço pode inviabilizar a Educação Tecnológica à Distância.

Na documentação das ferramentas apresentadas no Capítulo 2, não é feita nenhuma referência à mecanismos que promovam quaisquer garantias de qualidade de serviço. As ferramentas EAD conhecidas estão, normalmente, circunscritas ao ambiente Internet. No atual estágio de desenvolvimento da Educação à Distância Mediada por Computador, não foi encontrada nenhuma concepção de arquitetura para sistemas EAD capaz de prover mecanismos que garantam a qualidade de serviço.

3.4.4 – Os Pressuposto para o ETD

Com base nas características do ensino tecnológico, apresentadas na Seção 3.3, e com o objetivo de propor uma solução que satisfaça os requisitos específicos da Educação Tecnológica à Distância, foram elaborados em [Moura99] os cinco pressupostos apresentados na Tabela 3-2

A Educação Tecnológica à Distância é abordada por Moura [Moura99] sob uma visão orientada a tecnologia, o que fica claro através da pressuposição do uso das tecnologias de RV, Áudio e Vídeo e da utilização de mecanismos de suporte à garantias de qualidade de serviço. Na próxima Seção abordaremos o problema da Educação Tecnológica à Distância sob uma perspectiva conceitual.

Pressuposto 1	<i>Os sistemas elaborados para a Educação Profissional à Distância podem e devem beneficiar-se do suporte da tecnologia de realidade virtual.</i>
Pressuposto 2	<i>É desejável que um sistema para a Educação Profissional à Distância faça uso de controle de qualidade de serviço (QoS) das redes, onde for possível.</i>
Pressuposto 3	<i>É desejável que um sistema voltado para a Educação Profissional à Distância utilize os recursos de vídeo e áudio sempre que necessário, sempre garantindo uma qualidade mínima.</i>
Pressuposto 4	<i>É desejável que um sistema para a Educação Profissional à Distância permita a agregação de programas específicos das áreas, de maneira amigável.</i>
Pressuposto 5	<i>É desejável que um sistema para a Educação Profissional à Distância possibilite a criação de novos ambientes não previstos na sua concepção original, de modo a se adequar à diversidade de instituições de ensino básico, técnico e tecnológico.</i>

Tabela 3-2 – Pressupostos para sistemas de Educação Tecnológica à Distância

3.5 – Visão orientada a conceitos

Embora a tecnologia utilizada receba, em geral, a maior parte das atenções, as estratégias adotadas e o estilo de ensino são os elementos que, normalmente, possuem maior impacto na qualidade do aprendizado e, conseqüentemente, no sucesso ou fracasso de sistemas EAD. A Educação à Distância requer novas abordagens no que tange a gestão do processos ensino-aprendizagem. Isto implica na compreensão e exploração dos conceitos e dimensões envolvidos neste processo quando submetidos a restrições espaço-temporais. Em [Hazemi98], o *estilo de gestão*, a *metáfora*, a *sustentação do contexto global*, a *cultura*, o *papel dos protagonistas*, o *compartilhamento do tempo e do espaço*, a *consciência* e a *colaboração* são destacados como dimensões críticas para a elaboração e gestão de ambientes de Educação à Distância. Tais dimensões são apresentadas nas próximas Subseções.

3.5.1 – O estilo de gestão

A distinção entre as abordagens de segmentação linear e a navegação dinâmica representa o maior salto da velha para a nova visão em termos de gestão de processos educacionais. Nos modelos tradicionais, o processo de aprendizado segue um modelo linear, onde os cursos são planejados seqüencialmente e distribuídos rigorosamente conforme o planejamento inicial. Em modelos emergentes, o ensino e a aprendizagem são vistos como um processo evolutivo ao invés de um processo baseado em programas fixos com início, meio e fim. Além disso, a larga participação do aprendiz no projeto de seu próprio aprendizado vem sendo amplamente defendido.

O emprego de novas tecnologias são particularmente bem aplicáveis em abordagens mais dinâmicas de ensino. Entretanto, a tendência em reproduzir modelos tradicionais de ensino em ambientes presenciais pode atuar como um fator limitador. Novos ambientes educacionais devem ser abertos e dar suporte a interações de aprendizes no planejamento de lições ou de outras atividades de aprendizado. Os ambientes virtuais desenvolvidos para EAD podem prover espaço e mecanismos para a interação continuada entre seus usuários, permitindo a participação da comunidade nos processos decisórios [Maçada98]. Do ponto de vista individual, o ambiente virtual deve, ainda, fornecer ao aprendiz recursos de navegação não preestabelecidos, de forma que ele possua a liberdade de construir o seu próprio conhecimento através da agregação de valores múltiplos não necessariamente seqüencializados.

3.5.2 – A metáfora

Novamente, dada a ausência dos elementos de referência familiares aos ambientes presenciais, é importante conceber um formato para o ambiente virtual que permita auxiliar o processo ensino-aprendizagem de maneira eficaz. A utilização de metáforas pode ser uma boa estratégia de apoio aos participantes que interagem em ambientes não familiares. A escolha da linguagem e da metáfora a ser utilizada deve ser feita cuidadosamente. Muitos sistemas EAD utilizam linguagem e metáfora baseadas no modelo presencial. Entretanto, usar esta linguagem tradicional para um sistema EAD tem se demonstrado um fator limitador por atrelar o novo ambiente virtual a velhos modelos educacionais. É importante que os participantes tenham uma atuação mais autogerida, explorando livremente os recursos disponíveis, e não se deparem com o tradicional conceito de sala de aula, onde os alunos, normalmente, esperam que os professores digam o que deve ser feito.

3.5.3 – A sustentação do contexto global

Novamente, em um ambiente com poucos elementos de referência conhecidos, normalmente rico em opções e recursos técnicos, é fácil a perda da orientação durante uma atividade pertinente ao processo ensino-aprendizagem, dificultando a *sustentação do contexto global* e fazendo com que o indivíduo desligue-se de seu objetivo original. Tais problemas estão relacionados à desorientação e à sobrecarga cognitiva, freqüentemente associados ao modelo de navegação adotado nos sistemas hipermídia [Pinto95]. Duas medidas fundamentais e complementares para auxiliar aos usuários na manutenção do contexto em sistemas EAD são:

- integrar ao sistema (ou ao programa de um curso à distância) mecanismos que permitam o estudo e a compreensão dos próprios recursos e mídias disponibilizados no ambiente virtual. O desenvolvimento das habilidades relativas aos recursos e mecanismos utilizados no ambiente tornarão os usuários aprendizes mais capazes de administrar o seu próprio processo de aprendizagem;
- integrar ao sistema mecanismos de suporte a orientação da navegabilidade no interior do ambiente virtual. Tais mecanismos devem ser capazes de informar ao usuário, a qualquer momento, a sua localização e seu estado dentro do ambiente.

3.5.4 – A cultura

O problema da cultura em ambientes EAD pode ser observado sob dois enfoques diferentes: primeiro, numa perspectiva individual, relativa aos conhecimentos e às capacidades do indivíduo em um domínio particular; segundo, numa perspectiva coletiva, relativa aos hábitos, à história, às experiências e aos costumes de um grupo. Em qualquer uma destas perspectivas, *a cultura* se apresenta como uma dimensão de grande relevância e deve ser considerada como um dos fatores mais importantes para a construção de ambientes de Educação à Distância. Em função do choque cultural, é comum haver rejeições ou dificuldade de adaptação, individual ou coletiva, aos mecanismos de comunicação e de interação que são disponibilizados em ambientes virtuais. Este é um problema de difícil solução e deve ser considerado como um dos mais importantes para a concepção de novas ferramentas e metodologias em Educação à Distância.

3.5.5 – Os papéis dos protagonistas

Os participantes de ambientes EAD podem ser rotulados de diversas maneiras. O *professor*, sendo este nome já um rótulo, pode ser chamado, ainda, de *instrutor*, *gerente*, *coordenador*, *líder*, *moderador* ou *facilitador*. *Alunos* (também um rótulo) são chamados de *aprendizes*, *estudantes*, *membros* ou *participantes*. A adoção de um ou outro rótulo carrega fortes conotações e gera diversas expectativas a respeito do papel do protagonista dentro do ambiente. No sistema de ensino presencial tradicional, os rótulos, bem como os papéis, são muito bem definidos. De um lado, o professor com a responsabilidade de ensinar e transferir conteúdos e, do outro, os alunos com a responsabilidade de aprender, seguindo as diretrizes e normas traçadas pelo professor ou pelo sistema de ensino. Alguns sistemas EAD tentam reproduzir, de alguma forma, este modelo convencional, sendo o ambiente virtual utilizado apenas para agregar algumas ferramentas e possibilidades ao sistema anterior. Nos novos paradigmas educacionais, no entanto, esta forte hierarquia tende a ser flexibilizada, dando a cada um dos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem um conjunto de responsabilidades e direitos adicionais em relação ao velho modelo educacional. Espera-se que o conhecimento não seja simplesmente transmitido no sentido professor-aluno e que os alunos tenham uma postura mais ativa, sendo diretamente responsáveis por descobertas, construções e transformações do conhecimento. Estas características são reforçadas, sobre este novo paradigma, pelo trabalho colaborativo e pelo aprendizado cooperativo

[Barros94]³. Portanto, em função das novas responsabilidades e características dos protagonistas de sistemas EAD, os rótulos “professor” e “aluno” e suas variantes tendem a ser revistos nos ambientes virtuais.

Além dos papéis relacionados de maneira mais objetiva ao processo ensino-aprendizagem, alguns papéis adicionais precisam ser exercidos pelos integrantes de uma comunidade virtual. Alguns destes papeis estão relacionados ao suporte técnico para a utilização dos diversos recursos e mídias oferecidos pelo sistemas EAD e à organização destes recursos dentro do ambiente.

3.5.6 – O compartilhamento do tempo e do espaço

Em ambientes de ensino presenciais, é comum que o tempo destinado à interação dos alunos com o professor seja dominado por aqueles mais extrovertidos ou mais adiantados. Nestes ambientes, tem sido de responsabilidade do professor tentar evitar que este tipo de dominação aconteça, tornando o espaço de tempo destinado às aulas mais democrático.

O mesmo problema ocorre também em ambientes EAD, onde os participantes mais ativos se sobressaem aos menos ativos. Assim como nos ambientes presenciais, a existência de participantes com alto grau de interação pode trazer aos demais a sensação de deslocamento. Um usuário com pouca atividade pode interpretar que o andamento das atividades segue em um ritmo superior à sua capacidade, sentindo-se constrangido e desestimulado.

Fatores como estes sugerem a necessidade de provimento de mecanismos capazes de gerir a evolução das atividades no ambiente virtual e a criação de normas que democratizem o tempo e o espaço entre todos os participantes.

É bom ressaltar que tais mecanismos ou normas são de difícil implementação em sistemas EAD, já que, via de regra, os participantes possuem acesso aos recursos do sistema 24h por dia e, além disso, as familiares fatias de tempo em dias e horas predefinidos da semana, como em sistemas presenciais, não existem. A

³ Segundo Barros, *colaboração* está relacionada à contribuição individual em um trabalho coletivo e *cooperação* é um trabalho de co-realização que envolve o trabalho coletivo visando o alcance de um objetivo comum.

responsabilidade de gestão sobre estas dimensões críticas tem sido colocada, freqüentemente, nas mãos de professores, facilitadores ou algum tipo de mediador.

3.5.7 – O estado de consciência

Dentro do processo ensino-aprendizagem, é importante que os indivíduos envolvidos, sejam quais forem os seus papéis, tenham consciência da evolução e do seu estado dentro deste processo. Um aluno, por exemplo, precisa ter consciência de sua situação face ao andamento de um curso à distância. Por outro lado, um professor deve ter consciência do grau de compreensão e satisfação de seus alunos. Esta consciência é obtida através de algum tipo de retorno (*feedback*) que sirva de parâmetro para que o indivíduo ajuste a sua participação e as suas expectativas. Em uma relação face a face, o *feedback* pode ser obtido simplesmente através da linguagem corporal, de uma expressão facial ou outro tipo de sinal de retorno emitido pelo receptor que provoque a sensibilidade do emissor, indicando, por exemplo, a boa ou má compreensão de um assunto exposto. Em sistemas EAD, esta linguagem não é apropriada já que a comunicação entre os participantes é mediada por alguma forma de tecnologia. Portanto, é necessário prover a infra-estrutura do ambiente EAD de algum mecanismo ou norma que auxilie ao usuário a manter um estado de consciência sobre o seu desempenho na realização de atividades. É importante também que o usuário tenha algum tipo de *feedback* sobre a compreensão ou a sensação provocadas aos demais participantes por suas interações no ambiente.

3.5.8 – A colaboração

As redes de computadores e diversas ferramentas disponíveis em sistemas EAD estão dando aos usuários de ambientes virtuais um suporte ao trabalho e aprendizado cooperativo jamais visto anteriormente. Entretanto, colocar usuários conectados a algum tipo de espaço eletrônico não faz com que estes se tornem colaborativos automaticamente. Além disso, é preciso considerar que cada integrante do grupo estará, provavelmente, conectado ao ambiente em momentos indeterminados, a menos que esteja fazendo uso de alguma ferramenta síncrona.

Para que a colaboração se realize, é necessário que a infra-estrutura do ambiente de colaboração seja projetada de modo a tornar o grupo coeso. Algumas medidas para facilitar a colaboração, são:

- a definição de regras para que cada usuário possa dar sua contribuição individual;
- a atribuição de responsabilidades aos participantes do espaço de cooperação e;
- o estabelecimento de objetivos e metas a serem alcançados pelo grupo.

Para alguns trabalhos complexos, pode ser interessante segmentar o grupo em subgrupos, cada um com uma meta e um conjunto de responsabilidades específicos. Entretanto, em ambientes assíncronos, a organização deste grupo e de seus segmentos pode ser de difícil implementação e consumir muito tempo. Em situações presenciais, como em salas de aula, a formação de subgrupos é feita, normalmente, através de contato visual e movimentos de aproximação física. Neste ambiente, a interação em tempo real é determinante para que os grupos se formem rapidamente. A utilização de mecanismos síncronos de comunicação no início do processo pode ser uma medida auxiliar na organização de trabalhos cooperativos.

3.5.9 – As dimensões críticas da EAD no contexto da ETD

As dimensões críticas encontradas em [Hazemi98] foram percebidas a luz dos problemas encontrados em Educação à Distância, de uma maneira geral. Se uma dimensão ou conceito é importante em um ambiente EAD, também o será, supostamente, em um ambiente ETD. Entretanto, as idiossincrasias da Educação Tecnológica trouxeram à tona algumas novas dimensões críticas e a necessidade de novas reflexões. Na próxima Seção, são destacadas, como contribuição deste trabalho, as dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância, percebidas através de uma análise sobre os elementos discutidos nas visões *orientada à tecnologia* e *orientada a conceitos*.

3.6 – Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância

Em ambientes presenciais, a educação tecnológica apresenta características particulares, como apresentado na Seção 3.3. Da mesma forma, é possível perceber dimensões de especial relevância em ambientes voltados para Educação Tecnológica à Distância.

A palavra *dimensão* é usada aqui com o significado de abstração ou conceito importante em um contexto específico. Uma dimensão pode se tornar *crítica* em função da variação das características particulares do ambiente e da especificidade da situação,

requerendo um tratamento especial ou diferenciado, envolvendo ou não algum tipo de tecnologia.

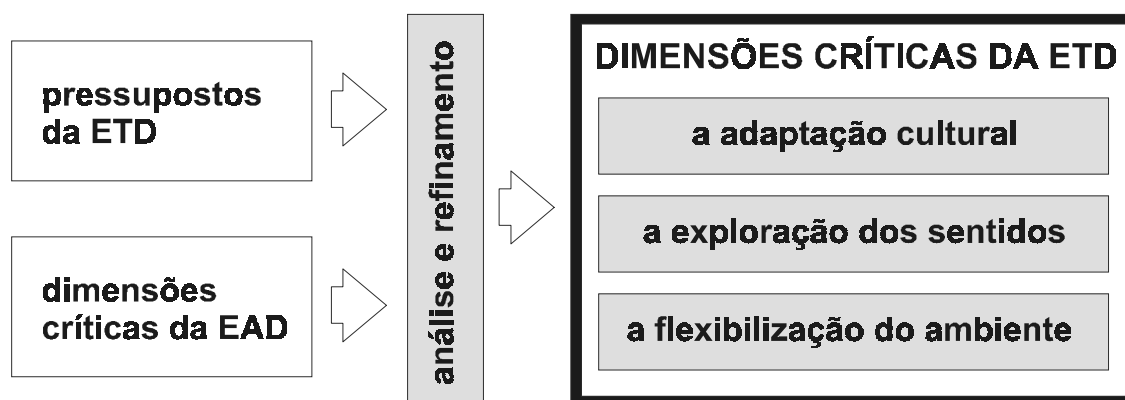


Figura 3-1 – Análise e refinamento dos pressupostos da ETD e das dimensões críticas da EAD

Exemplificando, para um deficiente físico que teve uma das pernas amputada, *o deslocamento* é uma *dimensão crítica*. Se uma situação exige deste deficiente o deslocamento em um terreno plano, uma cadeira de rodas pode ser uma tecnologia de apoio interessante. Entretanto, se a situação exigir o deslocamento entre dois pontos separados por uma escada, a cadeira de rodas torna-se uma tecnologia limitada. Neste caso, uma perna mecânica ou até mesmo uma muleta será mais aplicável.

A pressuposição de uma tecnologia, portanto, pode atribuir a uma solução uma característica limitante. Sob esta perspectiva, os pressupostos de Moura [Moura99] e as dimensões críticas da EAD foram analisadas e serviram de base para o estabelecimento das *Dimensões Críticas da Educação Tecnológica à Distância*, como ilustra a Figura 3-1. Estas dimensões são apresentadas nas próximas Subseções.

3.6.1 – A adaptação cultural

Como dito anteriormente, um ambiente voltado para a Educação Tecnológica à Distância, além das suas características particulares, trabalha com os conceitos convencionais de EAD. Entretanto, analisando as dimensões críticas apresentadas em [Hazemi98], podemos perceber um certo grau de inter-relacionamento entre as dimensões. Alguns exemplos são:

- a definição do tipo de *metáfora* pode oferecer elementos de referência, ajudando um usuário na *manutenção do contexto global*;
- os problemas relacionados ao *compartilhamento do espaço e do tempo* podem ser resolvidos a partir da definição de critérios de *colaboração*;
- os *papeis dos protagonistas* podem ser definidos em função do *estilo de gestão* especificado para o ambiente virtual;

Embora outros exemplos possam ser percebidos, talvez a característica mais importante entre estas dimensões é que, de alguma maneira, todas elas estão associadas à *cultura*. Assim, as dimensões críticas da EAD foram reavaliadas e sintetizadas em uma única: a *adaptação cultural*. No escopo desta dimensão, podem ser tratadas as outras.

3.6.2 – A exploração dos sentidos

A dificuldade de utilizar as habilidades sensoriais em ambientes virtuais torna a exploração dos sentidos (tátil, visual, auditivo, olfativo ou gustativo) uma dimensão bastante importante para a Educação Tecnológica à Distância. Os cinco sentidos podem ser necessários de forma conjugada, em alguma combinação, ou isoladamente, o que pode vir a determinar maior ou menor grau de dificuldade no desenvolvimento de soluções. Os tipos de sentidos envolvidos e as necessidades específicas a uma situação dentro do processo ensino-aprendizagem nortearão a solução do ponto de vista da tecnologia a ser empregada. Em alguns casos, o uso de tecnologias de transmissão de áudio e vídeo pode ser suficiente enquanto para outros só seria possível desenvolver soluções usando tecnologia de Realidade Virtual em ambientes totalmente imersivos. Outra questão importante a ser considerada é a *qualidade* das soluções tecnológicas, do ponto de vista da exploração dos sentidos. Por exemplo, para uma determinada situação, a visão e a audição podem ser os únicos sentidos necessários, entretanto, a questão é com que qualidade é preciso ver e ouvir? Portanto, além de viabilizar a utilização de um ou mais sentidos, é preciso que a infra-estrutura tecnologia empregada no desenvolvimento de uma solução forneça meios de configurar e garantir uma qualidade mínima.

3.6.3 – A flexibilização do ambiente virtual

A possibilidade de incursão em domínios diferentes e de acesso a recursos que

podem variar em função do contexto, traz à tona um outro importante conceito que deve ser consideradas em um ambiente voltado para a Educação Tecnológica à Distância: a *flexibilidade*. Muitos sistemas EAD empregam soluções fechadas, onde as características dos elementos pertinentes à ferramenta computacional só podem ser alteradas através de dispendiosas atualizações em sua estrutura interna. Outro problema freqüente em tais ferramentas é a dificuldade de expandir as suas funcionalidades. Além de um conjunto básico de programas de comunicação e de acesso a recursos tipicamente usados em sistemas EAD, é provável que programas de um domínio específico precisem ser criados ou adaptados ao sistema computacional. Poderíamos ter, por exemplo, programas CAD (*Computer Aided Design*), para o domínio de Mecânica, e programas de montagem de circuito impresso, para o domínio de Eletrônica, entre outros.

São dois os atributos que regulam a flexibilização em um ambiente virtual:

- *a configurabilidade* – É importante que o sistema permita a configuração da estrutura operacional do ambiente, possibilitando a organização dinâmica dos recursos em função de necessidades contextuais. Estas necessidades podem ser determinadas tanto pelo domínio do problema em estudo como pelo modelo do processo ensino-aprendizagem adotado;
- *a extensibilidade* – É importante que o sistema mantenha-se aberto e permita a adaptação e instalação de novas ferramentas.

A ausência de flexibilidade em sistemas EAD vai ao encontro de problemas tradicionalmente estudados na Engenharia de Software. As soluções relacionadas aos problemas causados pela rigidez em ambientes virtuais estão, portanto, intimamente ligadas à qualidade do projeto da ferramenta, que deve considerar critérios de reusabilidade e extensibilidade.

Portanto, abordamos a Educação Tecnológica à Distância em função de suas dimensões críticas, a fim de estabelecer

3.7 – Considerações Finais

As dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância, estabelecidas através de uma reflexão sobre os pressupostos encontrados em [Moura99] e das dimensões críticas da EAD [Hazemi98] foram determinantes para a definição da nova

arquitetura do INVENTE, apresentada no Capítulo 4, e de um sistema de gestão para este ambiente, apresentado no Capítulo 5.

Capítulo 4

O INVENTE – Versão 2.0

4.1 – O Projeto INVENTE

O Projeto INVENTE (INVestigação no ENSino Tecnológico à Distância) nasceu da necessidade de investigar e estabelecer os parâmetros que diferenciam o ensino tecnológico do ensino convencional à distância. O objetivo desta investigação era dar suporte ao projeto e implementação de uma ferramenta voltada para o ensino à distância, visando a expansão da oferta de matrículas no Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFET-CE). Os primeiros requisitos e o trabalho de concepção foram especificados em [Moura99], que definiu a arquitetura da versão 1.0.

Com a evolução do trabalho, percebeu-se a necessidade de abordar a questão da Educação Tecnológica à Distância por novas perspectivas. Assim, foram levantadas algumas características das ferramentas EAD existentes (Capítulo 2), avaliados alguns aspectos relacionados aos novos paradigmas educacionais e, por fim, discutidas as dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância (Capítulo 3). Com isso, foi elaborada a versão 2.0 da arquitetura do INVENTE, proposta neste trabalho.

As próximas Seções apresentam a arquitetura inicial do INVENTE (versão 1.0), orientada a tecnologia, e a nova arquitetura (versão 2.0), especificada a partir das dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância, que foram discutidas no Capítulo 3.

4.2 - Arquitetura do INVENTE - versão 1.0

A arquitetura inicial do INVENTE, apresentada na Figura 4-1, foi baseada nos pressupostos levantados por Moura [Moura99] para a Educação Tecnológica à Distância (ver Tabela 3-2). Esta arquitetura é composta pelos seguintes blocos funcionais:

- Framework WWW - correspondendo à estrutura principal do sistema, contendo a interface padronizada do usuário, que permite as operações de navegação no ambiente e acionamento de aplicações e serviços disponíveis.
- Vídeo - corresponde às aplicações de vídeo (vídeo sob demanda, distribuição de

vídeo e videoconferência).

- Realidade Virtual - corresponde às aplicações que utilizam tecnologia de realidade virtual para simulação de laboratórios ou ambientes de cooperação.
- Aplicações de Domínio Específico - corresponde às aplicações não convencionais que podem ser disponibilizadas no ambiente educacional oferecido pelo INVENTE.
- Negociador de QoS - bloco mediador entre as diversas aplicações disponibilizadas no ambiente e os recursos da rede. É responsável pela política de alocação de recursos, pelo controle de admissão e pelo controle do tráfego gerado pelas aplicações.

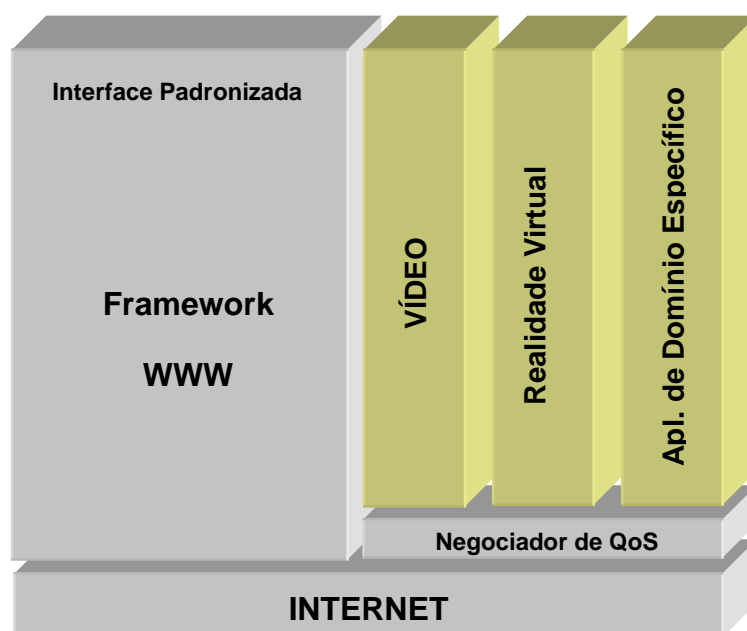


Figura 4-1 - Arquitetura Original concebida para o INVENTE

- Internet - corresponde à infra-estrutura da rede sobre a qual o sistema será implantado.

Esta arquitetura foi reavaliada neste trabalho de dissertação, dando origem a versão 2.0.

4.3 - Arquitetura do INVENTE - versão 2.0

Baseado nas dimensões críticas da Educação Tecnológica à Distância, discutidas no Capítulo 3, a arquitetura do INVENTE foi revisada, como mostra a Figura 4-2, buscando atender às necessidades deste ambiente através de uma perspectiva mais

conceitual e não de uma visão orientada à tecnologia. Em sua nova concepção, o INVENTE dá suporte às dimensões críticas da ETD da seguinte maneira:

- *A adaptação cultural* – Por estarem relacionados, de maneira geral, ao formato da interface, ao estilo de gestão e ao modelo de organização do ambiente, os aspectos relativos à *cultura* são tratados no contexto do *sistema de gestão* do INVENTE, que é abordado com maiores detalhes no Capítulo 5. O bloco da arquitetura diretamente relacionado a esta dimensão crítica da ETD é o Núcleo de Gestão;
- *A flexibilização do ambiente* – A característica de *configurabilidade* do INVENTE é tratada, também, no escopo do Núcleo de Gestão, onde os recursos podem ser organizados no contexto de domínios específicos. Este aspecto é apresentado com maiores detalhes no Capítulo 6. À *extensibilidade* arquitetura do INVENTE é traduzida pela sua característica modular, que mostra a possibilidade de agregação de novas aplicações *genéricas* ou de *domínio específico*, sem determinar previamente um tipo específico de tecnologia. O Capítulo 7 apresenta a arquitetura de agregação de novas aplicações ao INVENTE.
- *A exploração dos sentidos* – Dentre as três dimensões críticas da ETD, a *exploração dos sentidos* é, sem dúvida, aquela que possui tratamento mais complexo, podendo apresentar diversos níveis de dificuldade. Como dito antes, os tipos de sentidos envolvidos, a qualidade necessária ao uso destes sentidos e as necessidades intrínsecas a uma situação dentro do processo ensino-aprendizagem nortearão a solução do ponto de vista da tecnologia a ser empregada. No entanto, no sentido de favorecer a adaptação de soluções para cada caso específico, a própria característica de *extensibilidade*, citada no contexto da dimensão crítica *flexibilização do ambiente*, mantém a arquitetura do INVENTE aberta à agregação de novas aplicações. Com relação aos aspectos da qualidade envolvida na exploração dos sentidos, do ponto de vista dos recursos oferecidos pelo sistema de comunicação, a arquitetura apresenta o Bloco de Convergência, que tem por objetivo fornecer um serviço capaz de intermediar a negociação de requisitos de QoS entre aplicações e o sistema de comunicação. Note que a *qualidade*, do ponto de vista da dimensão crítica *exploração dos sentidos*, também depende de

características internas à aplicação e não só dos parâmetros de QoS negociáveis com o sistema de comunicação.

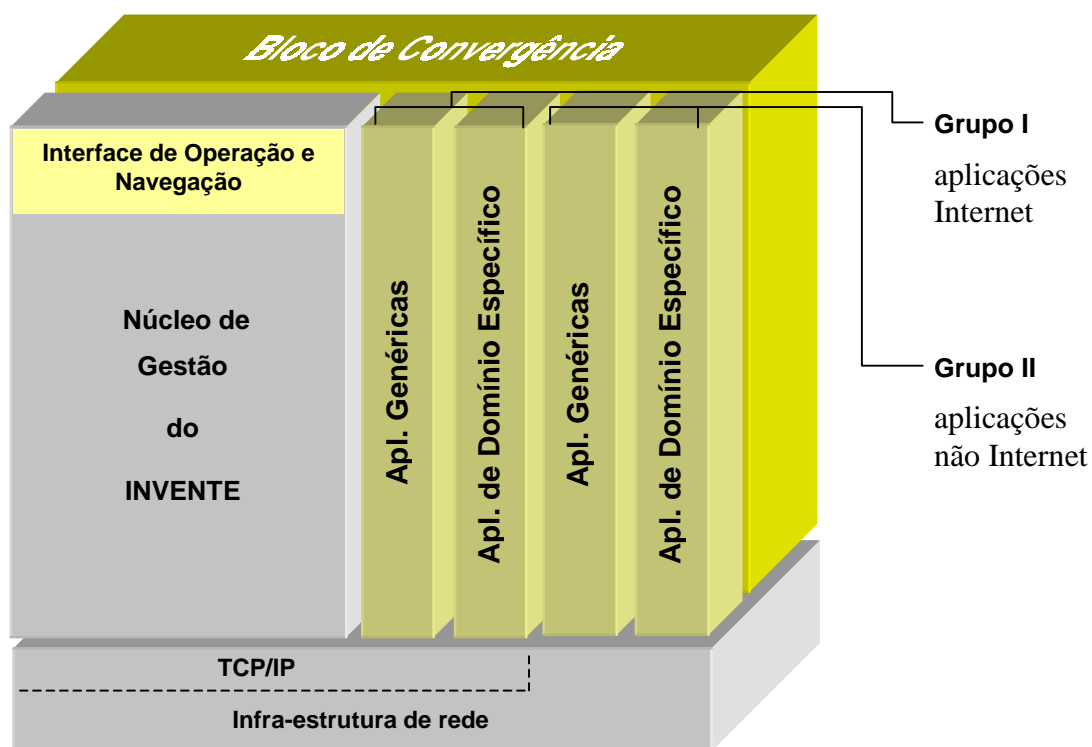


Figura 4-2 - Arquitetura do INVENTE - versão 2.0

Os blocos apresentados na arquitetura da versão 2.0 do INVENTE são especificados em seguida.

4.3.1 – Núcleo de Gestão do INVENTE

Este bloco, que se destaca em funcionalidade dos demais, corresponde à estrutura principal do sistema e substitui o bloco “Framework WWW” da arquitetura anterior (Figura 4-1). Baseado em tecnologia Web, o Núcleo de Gestão do INVENTE é responsável pela administração dos recursos do ambiente, tais como cadastros de usuários, repositório de publicações e cursos ofertados. Além disso, o Núcleo de Gestão é responsável pela gerência da base de dados, pela manutenção e administração dos materiais publicados e pelo controle de acesso aos recursos. Sob este bloco, encontram-se encapsulados os recursos de software envolvidos na infra-estrutura básica do sistema de gestão, tais como o servidor HTTP, o Sistema Gerenciador de Banco de Dados - SGBD, além de outros recursos servidores relacionados à plataforma adotada para

desenvolvimento. Ao Núcleo de Gestão são agregadas diversas aplicações, que podem ser baseadas em tecnologia Internet ou em outras plataformas.

Agregar uma aplicação ao INVENTE significa cadastrá-la como uma ferramenta do ambiente, instalar ou disponibilizar os seus programas clientes e servidores e permitir o seu acionamento através da interface oferecida pelo Núcleo de Gestão. A agregação de aplicações que não usam o protocolo HTTP pode ser feita através da utilização de *aplicativos auxiliares*⁴. Com isto, é possível tirar maior proveito dos recursos oferecidos pela infra-estrutura do sistema de comunicação para a implementação de aplicações especializadas, sem que seja necessário prescindir da interface simples e popular oferecida pela Web para navegação dentro do ambiente educacional.

A fim de atribuir funcionalidade mínima a este bloco da arquitetura, alguns Serviços Fundamentais, que permitem a organização do ambiente virtual, a publicação e o acesso a documentos, foram previamente agregados ao Núcleo de Gestão. Os Serviços Fundamentais serão apresentados no Capítulo 7, juntamente com o esquema de agregação de novas aplicações ao INVENTE.

O Núcleo de Gestão possui um bloco interno chamado “Interface de Operação e Navegação”, que será descrito em seguida.

4.3.2 – Interface de Operação e Navegação

Este bloco, interno ao Núcleo de Gestão, tem por objetivo fornecer a interface necessária entre os usuários e os recursos do ambiente, tornando transparente, na medida do possível, os aspectos concernentes às tecnologias utilizadas na implementação. Uma ferramenta passa a ser um recurso oferecido pelo INVENTE quando um usuário puder acioná-la através da interface Web fornecida por este bloco da arquitetura, a partir de browsers Web convencionais. O Painel de Navegação é o componente de software correspondente a este bloco e será apresentado no Capítulo 6.

4.3.3 – Aplicações

Os blocos da arquitetura correspondentes às aplicações tornaram-se, na versão 2, mais genéricos, agora, divididos em *aplicações de uso convencional* e *aplicações de domínio*

⁴ A utilização de aplicativos auxiliares em um browser Web será vista no Capítulo 6.

específico. Esta alteração visa tornar mais clara a potencialidade da arquitetura no sentido de agregar diferentes aplicações, sem induzir a predefinição de um tipo particular de aplicação ou tecnologia a ser usada. As aplicações do INVENTE podem ser especificadas, modeladas e implementadas independentemente do Núcleo de Gestão. O trabalho mais importante, do ponto de vista da arquitetura, é a especificação das interfaces e da metodologia de agregação destas aplicações ao sistema, de forma que elas passem a ser gerenciadas e executadas dentro do contexto do ambiente educacional proporcionado pelo INVENTE. As aplicações do INVENTE são agrupadas em função do Tipo (*genéricas* e de *domínio específico*) e do Grupo (I e II), conforme apresentado a seguir:

Tipo:

- *Aplicações Genéricas* - Este bloco corresponde às aplicações de propósito geral, isto é, que podem servir a vários contextos e não utilizam uma linguagem de domínio específico. São exemplos deste tipo de aplicação o correio eletrônico, o serviço de listas e as salas de *chat*, encontrados na maioria das ferramentas EAD baseadas em tecnologia Web.
- *Aplicações de Domínio Específico* - Este bloco corresponde aos recursos cuja aplicabilidade não seja genérica, mas servem a propósitos específicos e bem definidos. Por “domínio específico” entendemos um escopo restrito para utilização da aplicação. Podemos pensar, por exemplo, em aplicações cujo propósito seja especificamente o ensino de Redes de Computadores. Uma outra aplicação poderia ser voltada exclusivamente para o ensino de Geometria. Outras aplicações podem ser concebidas e implementadas para o ensino em diversas áreas⁵.

Grupo:

- *Grupo I* - corresponde às aplicações que utilizam tecnologia Internet e, portanto, situam-se sobre o bloco TCP/IP;

⁵ O CEFET-CE possui um ambiente potencialmente rico para o desenvolvimento de tais aplicações, oferecendo cursos técnicos nas áreas de Eletrônica, Eletrotécnica, Estradas, Edificações, Informática Industrial, Turismo, Telecomunicações, Química Industrial e Mecânica, além dos cursos de nível superior, Mecatrônica, Telemática e Automática, recentemente implantados.

- *Grupo II* - corresponde às aplicações que utilizam tecnologias proprietárias, ou não Internet, atuando diretamente sobre a infra-estrutura de rede.

4.3.4 – Suporte ao TCP/IP

Como o Núcleo de Gestão é baseado em tecnologia Web, é necessária a utilização de uma infra-estrutura que dê suporte ao TCP/IP. A representação da pilha TCP/IP foi destacado na versão 2 da arquitetura do INVENTE, porque o Núcleo de Gestão é baseado em tecnologia Web, e, também, para mostrar que é possível agregar aplicações ao ambiente que utilizem outros protocolos ou que se comuniquem diretamente com a infra-estrutura de rede existente, sem precisar do TCP/IP. Qualquer aplicação que utilize tecnologia Internet (aplicações do Grupo I) será apoiada, também, sobre este bloco.

4.3.5 - Infra-estrutura de rede

Corresponde aos recursos oferecidos pela rede que independam da pilha TCP/IP. As aplicações agregadas ao INVENTE instaladas diretamente sobre este bloco correspondem ao Grupo II. Para exemplificar, um cenário do INVENTE poderia ser implantado sobre uma rede ATM. Enquanto o Núcleo de Gestão e as aplicações Internet necessitariam utilizar o IP sobre ATM, outras aplicações poderiam dispensar o IP, fazendo uso direto dos recursos oferecidos pela infra-estrutura de rede. Note, ainda, que a utilização de parâmetros para garantia de qualidade de serviço depende dos recursos oferecidos por esta infra-estrutura (sistema de comunicação).

4.3.6 - Bloco de Convergência

O objetivo do Bloco de Convergência (Figura 4-3), que é baseado no trabalho de Cecílio [Cecílio97], é intermediar a negociação de requisitos de qualidade de serviço entre as aplicações e o sistema de comunicação através de um serviço que seja *genérico*, não restringindo a utilização de um sistema de comunicação específico, e *adaptável*, permitindo as adequações ou configurações necessárias para sua utilização em ambientes de comunicação específicos. Este bloco substitui o bloco “Negociador de QoS” da versão 1 (Figura 4-1).

O Bloco de Convergência tem a função de intermediar a comunicação entre as aplicações e o sistema de comunicação, realizando os mapeamentos necessários entre a *interface genérica* e o sistema de comunicação específico, suprimindo deficiências desse último, quando necessário, e aproveitando ao máximo os seus serviços nativos. Os

serviços oferecidos às aplicações são disponibilizados na forma de primitivas. Estas primitivas formam a *interface dos serviços de convergência* e é através delas que todos os processos de sinalização e de comunicação de dados são desencadeados.

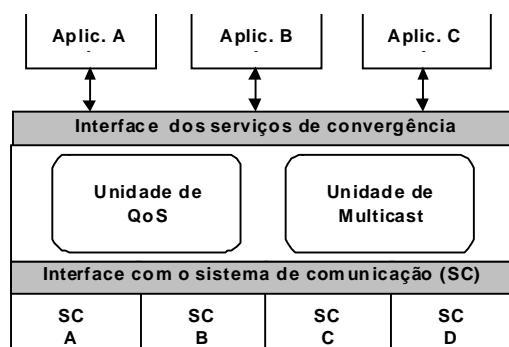


Figura 4-3 - Arquitetura interna ao bloco de convergência

A *unidade de QoS* (Figura 4-3) oferece uma interface padronizada para utilização dos mecanismos de negociação de requisitos de qualidade de serviço. Já a *unidade de multicast* oferece a interface para acesso aos mecanismos de atribuição e de resolução de endereços de grupo.

O serviço de convergência proposto em [Cecílio97], no qual este bloco é baseado, segue uma definição orientada a objeto e as unidades de QoS e Multicast são constituídas por um conjunto de classes abstratas. A especialização destas classes fornece a implementação necessária para cada tipo diferente de sistema de comunicação. Esta característica é generalizada na Figura 4-3 pela *interface com o sistema de comunicação*.

4.4 - Fases de Desenvolvimento e Implantação do INVENTE

Além das modificações introduzidas na arquitetura, à concepção inicial do INVENTE foram adicionados um planejamento completo, contendo as fases de desenvolvimento do sistema. O objetivo é modelar, implementar e testar cada módulo do sistema, disponibilizando-o imediatamente ao final de cada fase. A Figura 4-4 mostra a representação das fases de desenvolvimento e implantação do sistema, caracterizando um crescimento modular do centro para fora. As aplicações de áudio e vídeo foram destacadas em uma das fases por representarem aplicações de elevado

interesse para o ambiente.

- **Fase 1** - Esta fase corresponde à construção do Núcleo de Gestão do INVENTE. São atividades inerentes a esta fase a modelagem e implementação dos mecanismos de gestão do ambiente operacional, incluindo a implantação da base de dados, a especificação e implementação dos programas de atualização de cadastros/tabelas e dos programas de interface com o usuário. Nesta fase é, também, definido o modelo de organização e armazenamento dos recursos externos ao banco de dados publicados no servidor HTTP, bem como a política de acesso a estes recursos.
- **Fase 2** - Corresponde à modelagem e implementação dos Serviços Fundamentais e das aplicações genéricas (Capítulo 7), encontradas freqüentemente em ferramentas EAD baseadas em tecnologia Web. Estas aplicações serão agregadas ao Núcleo de Gestão implementado na primeira fase.

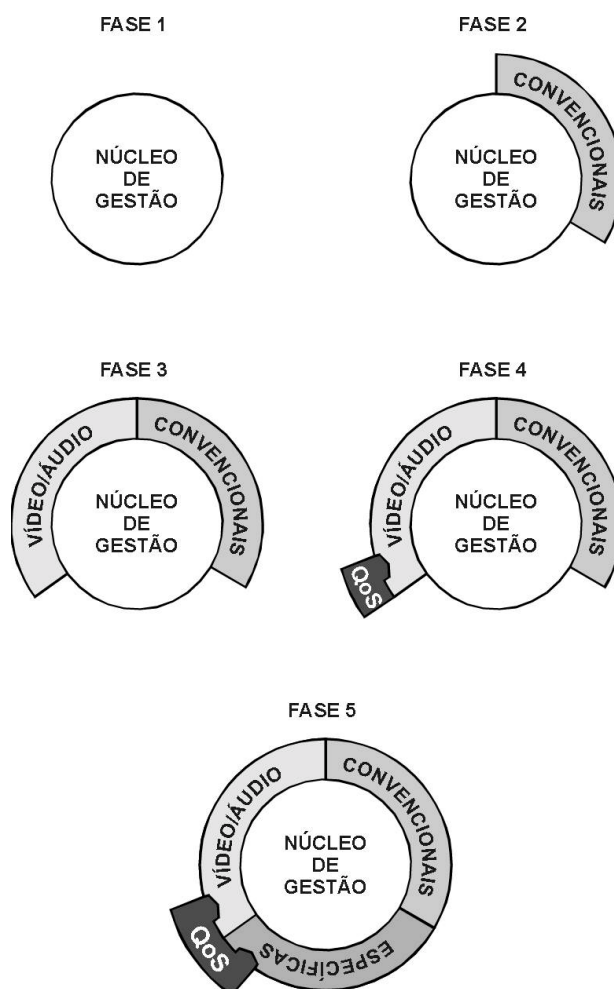


Figura 4-4 - Fases de implantação do ambiente INVENTE

- **Fase 3** - Nesta fase, serão modeladas, implementadas e/ou agregadas ao Núcleo de Gestão aplicações de áudio/vídeo. Neste primeiro momento, estas aplicações não farão uso de mecanismos para garantia de qualidade de serviço.
- **Fase 4** - Nesta fase será especificado e modelado o bloco de convergência do INVENTE. Estas aplicações poderão ser as mesmas agregadas ao Núcleo de Gestão na Fase 3 ou outras, modeladas e implementadas nesta fase para atender aos requisitos necessários à utilização dos mecanismos de controle de qualidade de serviço.
- **Fase 5** - Fase correspondente à agregação de aplicações de domínio específico ao Núcleo de Gestão do INVENTE. Estas aplicações poderão ser especificadas, modeladas e implementadas desde o início ou simplesmente adaptadas e agregadas ao Núcleo de Gestão. O uso ou não de recursos para garantia de qualidade de serviço, especificados e implementados na Fase 4 para as aplicações de áudio e vídeo, poderão ser utilizados ou não, em função da natureza da aplicação de domínio específico.

Esta dissertação cobre as fases 1, 2 e 3 do planejamento apresentado. Nenhuma nova ferramenta para transmissão de áudio e vídeo foi desenvolvida, apenas foram adaptadas algumas já existentes.

A especificação detalhada do sistema de gestão é apresentada no Capítulo 5, a modelagem formal do Núcleo de Gestão é feita no Capítulo 6 e as aplicações agregadas ao Núcleo de Gestão são apresentadas no Capítulo 7.

Capítulo 5

O Sistema de Gestão do INVENTE

5.1 – Visão Geral

Como uma ferramenta EAD, o INVENTE tem por objetivo oferecer um ambiente educacional virtual que permita o acesso de seus usuários a um conjunto de recursos de apoio ao processo ensino-aprendizagem. Os recursos do INVENTE são administrados por um sistema de gestão baseado em tecnologia Web, constituído por um conjunto de programas responsáveis pelas seguintes atividades:

- Manutenção dos cadastros de usuários e das diversas tabelas do sistema;
- Manutenção de um repositório de materiais que reúne documentos em diversos tipos de mídia, publicados pelos usuários do INVENTE;
- Administração dos aspectos inerentes a organização física e lógica dos documentos publicados pelos usuários.
- Provimento da Interface de Navegação e Operação do INVENTE;
- Administração dos aspectos relacionados ao controle de acesso, ao controle de sessão e à política de privilégios de usuários;
- Administração das ferramentas agregadas, fornecendo meios para acionamento destas aplicações por intermédio da interface Web, sejam estas baseadas em recursos Internet ou não.

O bloco da arquitetura do INVENTE (Figura 4-2) responsável pela implementação do sistema de gestão é o Núcleo de Gestão. A Figura 5-1 representa o Núcleo de Gestão (círculo central) sob outra perspectiva, destacando suas principais responsabilidades (blocos internos ao círculo). Nesta Figura, vemos a acomodação de diversas aplicações em torno do Núcleo de Gestão, mas sempre externas ao mesmo, ilustrando as características de modularidade e extensibilidade do sistema. As responsabilidades dos blocos internos ao Núcleo de Gestão são descritas a seguir:

- *Interface* – este bloco é responsável pela interface homem-máquina, baseada na utilização de browsers Web.
- *Gerência de Contextos* – os documentos publicados no INVENTE e as aplicações agregadas ao Núcleo de Gestão são organizadas e disponibilizadas através de contextos, que podem ser Temas ou Cursos (os contextos serão apresentados com maiores detalhes, ainda neste Capítulo). Este bloco é responsável pela administração dos contextos através dos quais os usuários podem navegar e ter acesso aos diversos recursos oferecidos.
- *Repositório de Materiais* – bloco responsável pela gerência e pelo acesso aos documentos publicados no servidor pelos usuários do INVENTE.
- *Cadastros e Tabelas* – bloco responsável pela administração dos cadastros e das tabelas do INVENTE.

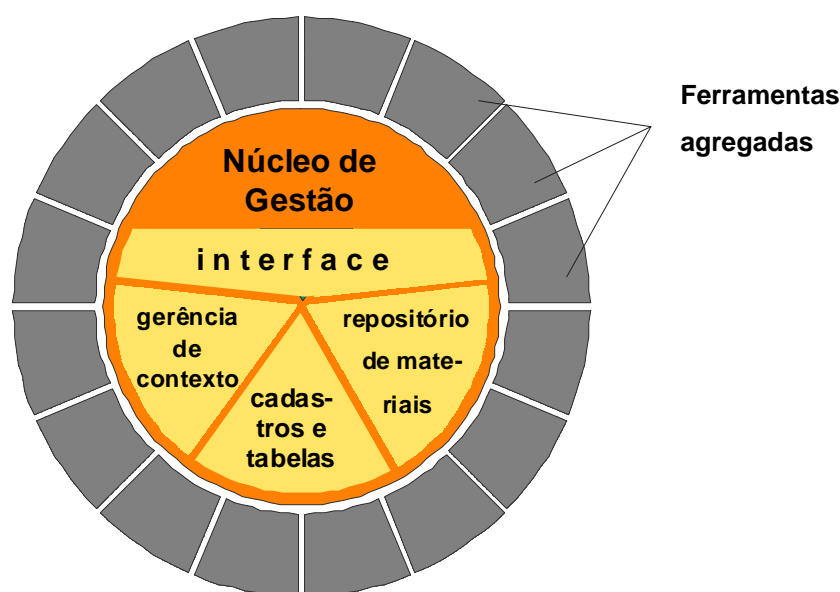


Figura 5-1 - Distribuição simbólica das aplicações em torno do Núcleo de Gestão do INVENTE

O Núcleo de Gestão pode agregar tanto aplicações Internet como aplicações baseadas em outras plataformas (a solução para a integração de aplicações proprietárias será apresentada no Capítulo 6). Uma ferramenta passa a ser considerada um recurso oferecido pelo INVENTE quando pode ser acionada através da interface WWW do ambiente, a partir de browsers Web convencionais.

Do ponto de vista do usuário, o ambiente educacional oferecido pelo INVENTE pode ser utilizado sob duas perspectivas:

- *não formal* – exploração não formal dos recursos oferecidos pelo ambiente, isto é, não comprometido com atividades obrigatórias ou qualquer tipo de avaliação. Sob esta perspectiva, os recursos são organizados contextualmente e disponibilizados em forma de Temas e Subtemas, em torno dos quais os usuários se reúnem por afinidade. Os usuários não recebem rótulos hierárquicos, possuindo todos os mesmos direitos e responsabilidades. Nenhum usuário, em especial, tem o poder de interceder isoladamente e de forma arbitrária no ambiente ou no espaço de outro usuário. As decisões sobre a organização dos recursos são tomadas coletivamente, com base em sistemas de votação.
- *formal (Participação em cursos)* – utilização dos recursos do ambiente de forma a cumprir as atividades inerentes ao fluxo de um Curso publicado e ofertado. Sob esta perspectiva, é adotada uma hierarquia convencional constituída por apenas dois níveis: “professor” e “aluno”. A participação em um curso publicado é formalizada através da matrícula ou inscrição e pode envolver programas preestabelecidos, funções de acompanhamento, avaliações formais e outros mecanismos tradicionais relacionados à aplicação de cursos e treinamentos.

5.2 – Os protagonistas do INVENTE

Existem três tipos de entidades usuárias no INVENTE: autores, visitantes e administradores, descritos a seguir:

- *Autor* – é o principal usuário do INVENTE, sendo necessária a sua inscrição no ambiente virtual através do registro de *nome de usuário* e *senha*. Possui acesso a todos os recursos não administrativos, tendo o direito de publicar documentos independentemente de qualquer status ou rótulo que possua fora do ambiente virtual, recebendo, para isso, uma quota de espaço em disco. Além de disponibilizar materiais de qualquer tipo no repositório, o autor pode submeter pedidos para criação de cursos e, caso aprovado, ofertá-los no ambiente, assumindo, desta maneira, o papel de *professor* deste curso. Como professor de um Curso, um Autor é responsável também pela autorização dos pedidos de matrícula feitos para o mesmo. Só usuários do tipo Autor podem requerer matrícula em Cursos publicados no INVENTE. Neste caso, o Autor assume o

papel de *aluno* do Curso em que se matriculou. Note que a condição de aluno em um Curso não impede que um usuário exerça também o papel de professor em outro e vice-versa. Os usuários do tipo Autor são responsáveis pela organização do ambiente, que é feita através de *requisições* e *votações*. Além de submeter pedidos para a publicação de um Curso, qualquer Autor pode requerer a criação, a extinção ou a modificação de um Tema ou Subtema. Todas as requisições feitas pelos autores são disponibilizadas para que possam ser votadas pela comunidade de Autores do INVENTE e, conseqüentemente, aprovadas ou rejeitadas. O título “Autor”, dado a este tipo de usuário, carrega a forte conotação de que cada usuário deste tipo é responsável pela construção, pela organização e pela evolução do ambiente virtual.

- *Administrador* – é o usuário que, além dos direitos comuns a um Autor, possui autorização para execução de algumas funções administrativas e gerenciais, tais como manutenção de cadastros, administração de quotas, manutenção do repositório e configuração do sistema.
- *Visitante* – todo usuário da infra-estrutura de rede sob a qual o INVENTE é implantado é um Visitante em potencial. Não sendo considerado um usuário de fato do INVENTE, o Visitante não precisa ser cadastrado no ambiente e tem acesso limitado aos recursos, podendo apenas acessar documentos publicados sob a perspectiva não formal (Temas). Um Visitante também não possui quota em disco para publicar materiais e não pode participar de Cursos ofertados, nem submeter qualquer tipo de requisição ou votar para a criação ou alteração de Cursos, Temas ou Subtemas. O objetivo de permitir este tipo de acesso é a perspectiva de democratização da produção científica e cultural publicada no repositório de materiais, sem comprometer as limitações de processamento e de espaço do servidor do INVENTE.

Do ponto de vista da especificação do ambiente, o Autor é, portanto, o protagonista sobre o qual é depositada a toda a atenção e interesse.

5.3 – Organização do Ambiente

Como dito anteriormente, o usuário do INVENTE pode utilizar o sistema sobre duas perspectivas. Sob a perspectiva *não formal*, o usuário pode navegar e no ambiente através de Temas e Subtemas. Na perspectiva *formal*, o usuário poderá navegar em

Cursos e Disciplinas. Estas perspectivas definem o formato pelo qual os recursos são organizados. Tanto os documentos publicados no INVENTE como as aplicações agregadas ao Núcleo de Gestão são disponibilizados dentro de um contexto próprio que pode ser um *Tema* ou um *Curso*.

5.3.1 – Os Temas e SubTemas

Os Temas são divididos em Subtemas, e estão relacionados à perspectiva não formal. Um Autor ou um Administrador tem acesso livre aos recursos disponibilizados em qualquer Temas ou Subtema. O Visitante tem acesso apenas aos documentos publicados.

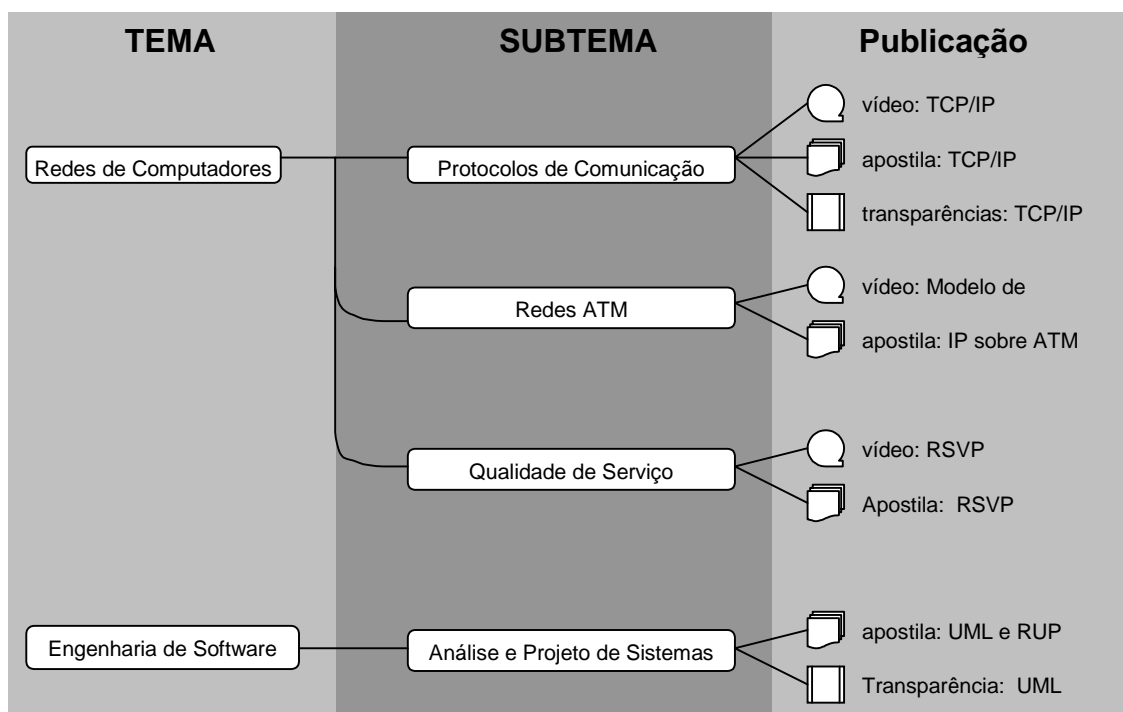


Figura 5-2 - Exemplo da organização de recursos por tema/subtema

Com exemplo, os recursos do INVENTE poderiam estar organizados na perspectiva não formal sob os Temas “Redes de Computadores” e “Engenharia de Software”. O Tema “Redes de Computadores”, poderia conter os Subtemas “Protocolos de Comunicação”, “Redes ATM” e “Qualidade de Serviço”, enquanto o Tema “Engenharia de Software” poderia contar com o Subtema “Análise e Projeto de

Sistemas”. Para fazer a publicação de um documento⁶ no INVENTE, o usuário terá que especificar o Tema e o Subtema sob o qual este documento será disponibilizado. Da mesma forma, para acessar documentos publicados, os usuários precisarão definir previamente o contexto de navegação, através da escolha entre os Temas e Subtemas disponíveis. A Figura 5-2 ilustra os Temas e Subtemas aqui exemplificados, apresentando alguns documentos disponíveis para cada Subtema.

A contextualização não é necessária apenas para a publicação e acesso aos documentos no INVENTE. Os demais serviços e aplicações disponibilizados no ambiente, podem também ser organizadas por Tema e Subtema. Por exemplo, poderiam ser criados um Fórum sobre “Controle de Tráfego” e outro sobre “Classical IP”, no escopo do Subtema “Redes ATM”. Da mesma maneira, uma sala de *chat* poderia ser iniciada para discussões em tempo real entre usuários interessados no assunto “RSVP”, no escopo do Subtema “Qualidade de Serviço”. Os recursos associados aos Temas estão desvinculados de qualquer procedimento formal de acompanhamento ou avaliação imposto pelo ambiente, não sendo atribuído ao usuário quaisquer compromissos com datas de início ou encerramento de atividades.

5.3.2 – Cursos no INVENTE

Os recursos de um Curso publicado no INVENTE são organizados de maneira semelhante aos Temas. Somente Autores e Administradores têm acesso a um Curso.

Um Curso é dividido em Disciplinas e diferencia-se de um Tema nos seguintes pontos:

- Um Curso é criado e publicado por um usuário do tipo Autor ou Administrador⁷, que assume o papel de *professor* do curso criado. O professor estrutura o curso em disciplinas e pode registrar um ou mais professores responsáveis (dentro da comunidade de Autores do ambiente) para cada disciplina.
- Os Cursos possuem uma quota específica para publicação, independente das quotas individuais dos Autores.

⁶ Apostila, transparência, imagem, vídeo, ou outro tipo de documento.

⁷ O usuário Administrador é, na verdade, um Autor que acumula funções especiais de gerência e configuração do ambiente.

- A quota de publicação de um Curso pode ser usada apenas por professores e alunos. Existem dois espaços de publicação em um Curso: um *restrito*, onde só os professores possuem acesso, e outro *público* onde todos, alunos e professores do Curso, podem acessar. O espaço restrito pode ser utilizado para que um aluno submeta, por exemplo, um trabalho para ser avaliado pelos outros professores. Um trabalho publicado desta maneira não poderá ser acessado por outros alunos.
- Os Cursos contam com recursos particulares, que só são oferecidos para alunos e professores. Um exemplo são ferramentas de acompanhamento e de avaliação, desnecessárias nos Temas. Além dessas, podem existir ferramentas de domínio específico (ver Capítulo 4) cuja utilização esteja intimamente ligada ao escopo do Curso ofertado, não cabendo a disponibilização em outros Cursos ou Temas.
- Ao publicar um Curso, o Autor, assumindo o papel de professor, poderá formatar um fluxo ou programa, contendo as atividades a serem cumpridas, além do estabelecimento de prazos para realização de tarefas e marcação de horários relacionados aos eventos síncronos (sessões de chat ou transmissão de vídeo em tempo real, por exemplo).

Além do aspecto interativo, o controle efetuado pelo Núcleo de Gestão sobre as atividades relacionadas ao acompanhamento de um Curso diferem da utilização simples dos recursos de um Tema. Durante a utilização das ferramentas oferecidas para um Curso, o Núcleo de Gestão pode atuar da seguinte maneira:

- Controlar a realização de tarefas em função dos prazos estabelecidos pelo professor;
- Registrar a participação ou a ausência de alunos em eventos síncronos e assíncronos relacionados a atividades formais do programa;
- Registrar a quantidade de vezes que um Aluno utilizou determinada ferramenta;

Do ponto de vista da interface, a diferença entre Cursos e Temas é bastante sutil e está associada apenas à quantidade e aos tipos de recursos que são oferecidos. Além disso, o layout utilizado para controlar a navegação e a operação é basicamente o mesmo para usuários do tipo Autor, Administrador e Visitante. Da mesma maneira, a única diferença está nos recursos oferecidos. O Capítulo 6 apresentará o Painel de

Navegação e detalhará a forma como a interface será configurada para Temas e Cursos e para os diferentes tipos de usuário.

5.3.3 – Criação e publicação de Temas e Cursos

A criação e a oferta de Cursos, Temas e Subtemas no ambiente virtual não é uma tarefa atribuída aos usuários de tipo Administrador. Na verdade, toda a criação de espaços contextuais no ambiente será controlada coletivamente pela comunidade de Autores através de sistemas de eleição. Todo usuário dos tipos Autor e Administrador poderá submeter requisições para a criação de Temas, Subtemas e Cursos (as Disciplinas são sempre submetidas e publicadas em conjunto com o curso, já que fazem parte de um programa formal). Estas submissões serão divulgadas no INVENTE para que os usuários votem indicando seu interesse na criação do contexto requisitado. Alcançando um determinado número de votos (valor configurado no sistema), o contexto é publicado efetivamente, ou seja, torna-se um curso, um tema ou um subtema do ambiente. De maneira semelhante, os Autores podem fazer requisições para:

- Transformar um Curso em um Tema e vice-versa;
- Transformar um Tema em um Subtema de outro tema;
- Transformar um Subtema em um novo Tema;
- Unir dois Subtemas diferentes em um único Subtema;
- Unir dois Temas diferentes em um único Tema;
- Dividir um Subtema em dois ou mais Subtemas;
- Dividir um Tema em dois ou mais Temas;
- Eliminar Cursos, Temas e Subtemas

Desta maneira, a própria comunidade será responsável pelo crescimento e pela forma com que o ambiente irá progredir.

5.4 – O sistema de gestão do INVENTE e as dimensões críticas da ETD

Visando amenizar os impactos culturais proporcionados pela incursão em um ambiente não familiar e introduzir algumas medidas que venham ao encontro dos novos paradigmas educacionais, a especificação do sistema de gestão do INVENTE procura

tratar os aspectos inerentes à dimensão crítica *adaptação cultural* através das seguintes características:

- *Gestão Coletiva* – O INVENTE não define uma hierarquia rígida. A gestão do ambiente é realizada pela própria comunidade de usuários, através de sistemas de eleição. Para tornar isto possível, os usuários típicos do INVENTE receberam o mesmo rótulo (o Autor), os mesmos direitos e as mesmas responsabilidades no que diz respeito à organização do ambiente virtual. A não classificação prévia de um Autor como aluno ou professor descentraliza o controle sobre o ambiente e facilita a sua organização dinâmica, promovendo um funcionamento heterárquico [Maçada98].
- *Abordagem não linear de aprendizado* – a organização do ambiente permite a participação de seus usuários tanto sob a *perspectiva formal* (Cursos) como sob a *perspectiva não formal* (Temas). Esta última, em especial, representa um recurso de aprendizado com característica não linear, sendo possível navegar livremente entre todos os recursos de todos os Temas e Subtemas publicados, sem nenhuma seqüência ou formato predefinidos. No caso de Cursos, o INVENTE não define um modelo a ser seguido, sendo o criador de cada Curso responsável pelo seu planejamento e formato de aplicação.
- *Incentivo ao comportamento colaborativo* – A forma de gestão participativa adotada, onde todos podem submeter ou votar em requisições para a criação e/ou alteração do espaço contextual do ambiente, o acesso a todos os recursos com o mesmo nível de prioridade e a distribuição de quotas idênticas para publicação de documentos, são medidas que pretendem incentivar o comportamento colaborativo do usuário. Cada modificação efetuada sobre a organização do espaço contextual representa um objetivo básico de evolução do ambiente, já que esta modificação foi apreciada e aprovada pela própria comunidade de Autores.
- *Suporte à sustentação do contexto global* – o problema da desorientação e da sobrecarga cognitiva são diminuídos com a necessidade de definição do espaço contextual, isto é, da especificação do Tema/Subtema ou do Curso/Disciplina onde se deseja navegar, o que é feito através da configuração de um Painel de Navegação, que será apresentado no Capítulo 6.

- *Utilização de Interface popular* – Com um sistema de gestão e uma interface de operação e navegação baseados em tecnologia Web, o INVENTE procura tirar proveito da crescente popularidade da Internet. Desta maneira, se o usuário do INVENTE já for um usuário da Internet, este irá se deparar com muitos elementos familiares na interface do sistema.

5.5 – Modelagem do Núcleo de Gestão

Para formalizar o sistema de gestão concebido, duas necessidades se apresentaram desde o início: primeiro, a de utilizar uma ferramenta capaz de capturar as características estruturais do sistema, através de modelagem orientada a objetos; segundo, a de uma ferramenta com ampla capacidade de representar as características comportamentais do ambiente que, adicionalmente, possibilitasse a simulação e análise de alguns cenários.

Com o estabelecimento do paradigma da orientação a objetos, a *Unified Modeling Language – UML* [Booch99][Fowler00] vem sendo tomada como a linguagem padrão para a modelagem de sistemas. No entanto, algumas argumentações, como em [Giese99] e [Guerrero98], mostram que os conceitos e recursos de linguagem da UML para a descrição de aspectos comportamentais são fracos comparados aos seus próprios conceitos para a descrição de aspectos estruturais.

Desta maneira, uma solução híbrida foi adotada:

- A UML foi adotada com maior ênfase na modelagem conteitual e dos aspectos estruturais do sistema. A ferramenta utilizada foi o Rational Rose [www23].
- As redes de Petri Coloridas [Jensen97] foram adotadas para a modelagem da sessão do usuário, buscando maior ênfase nos aspectos comportamentais e de simulação. A ferramenta utilizada foi o *Design/CPN* [CPN99].

Os Anexos B e C apresentam uma breve introdução à UML e às Redes de Petri Coloridas, respectivamente.

As principais interações dos protagonistas do INVENTE com o ambiente de Educação à Distância, com base na especificação do Núcleo de Gestão, são apresentadas a seguir em forma de *casos de uso* [Jacobson92].

5.6 – As principais interações Usuário-INVENTE (Casos de Uso)

A fim de apresentar as principais interações dos usuários do ambiente educacional com o software, sem especificar a tecnologia de implementação, foram utilizados *casos de uso* classificados como essenciais em [Larman00] ou de alto nível em [Fowler00].

Inicialmente, vamos apresentar os casos de uso relacionados com o Autor. Note que os casos de uso relacionados aos visitantes constituem-se em um subconjunto daqueles relacionados ao Autor. Devemos lembrar aqui que um Administrador possui os mesmos direitos e responsabilidades de um Autor, apenas acumulando funções especiais de gerência e administração do sistema.

- **Configurar Contexto** - O usuário especifica o seu contexto de navegação, indicando o Curso/Disciplina ou o Tema/Subtema por onde pretende navegar. Em função do contexto definido e do tipo de usuário, são apresentados as aplicações disponíveis, organizadas em grupos. O usuário deverá, então, definir o grupo que contém a aplicação que pretende acionar.
- **Acionar Aplicação** – O usuário, com sua sessão já configurada para navegação, aciona a aplicação que deseja usar. Como resultado desta operação, o ambiente apresenta as opções para utilização da aplicação acionada dentro do contexto configurado. No caso de aplicações que envolvam a visualização de documentos, o sistema irá apresentar uma lista com os documentos publicados para aquele contexto. O caso de uso “Acionar Aplicação”, portanto, pode ser utilizado para efeito de consulta apenas ou, ainda, como preparação da interface para a execução de outra interação do usuário, como a alocação efetiva de um dos recursos listados ou a publicação de um documento relacionado ao tipo de aplicação acionada (próximos casos de uso).
- **Alocar Recurso** - Este caso de uso corresponde à utilização efetiva de um recurso pelo usuário, após a execução dos passos do caso de uso “Acionar Aplicação”. O resultado desta interação pode ser a carga de um documento em uma janela do browser (*download*) ou de um outro editor ou a execução de uma aplicação externa ao browser. Este caso de uso poderia ser considerado apenas um passo do caso de uso anterior, mas foi destacado porque, a partir da alocação do recurso, cada aplicação apresentará um comportamento totalmente particular.

- **Publicar Material** – Este caso de uso corresponde à publicação de um documento pelo usuário (*upload*). Tal como o caso de uso “Alocar Recuso”, este caso de uso deverá ser executado após os passos do caso de uso “Acionar Aplicação”, visto que todo documento publicado deve ser associado a uma aplicação e a um contexto (Tema/Subtema ou Curso/Disciplina). O documento submetido só será efetivamente publicado se existir quota disponível.
 - *alternativa 1* – se o contexto configurado for um Tema, a quota do usuário será subtraída do espaço ocupado pela publicação efetuada;
 - *alternativa 2* – se o contexto configurado for um Curso, a quota do Curso será subtraída do espaço ocupado pela publicação efetuada.
- **Submeter Pedido de Organização** – O usuário submete uma proposta de um novo tema, subtema ou curso para criação e publicação ou uma proposta de reorganização do ambiente (opções descritas na Subseção 5.3.3) para que possa ser votada pela comunidade virtual.
- **Votar em Pedidos de Reorganização** – O usuário vota a favor ou contra um pedido de criação de contexto ou de reorganização do ambiente. Se um determinado número de votos (parâmetros configurados no ambiente) for alcançado, o pedido será executado e o ambiente, portanto, reorganizado.
- **Solicitar Matrícula** – O usuário submete o pedido de inscrição em um curso publicado.
- **Processar Pedidos de Matrícula** – O professor de um curso analisa, seleciona e efetiva ou rejeita o pedido de inscrição em um curso. Este processo pode ser automático, utilizando o critério de ordem de chegada dos pedidos. Serão aceitas tantas matrículas quantas forem as vagas oferecidas.

Os casos de uso associados estritamente aos usuários do tipo Administrador são apresentados de forma bastante simplificada a seguir:

- **Atualizar Cadastros** – corresponde às atividades de atualização dos cadastros e tabelas do ambiente, tal como a manutenção do cadastro de usuários.
- **Configurar Ambiente** – corresponde às atividades de configuração dos parâmetros do ambiente, tal como a definição da quota máxima de publicação permitida por Autor.

- **Instalar e Configurar Aplicações** – corresponde às atividades de instalação e configuração das aplicações do ambiente acionáveis a partir do Núcleo de Gestão.

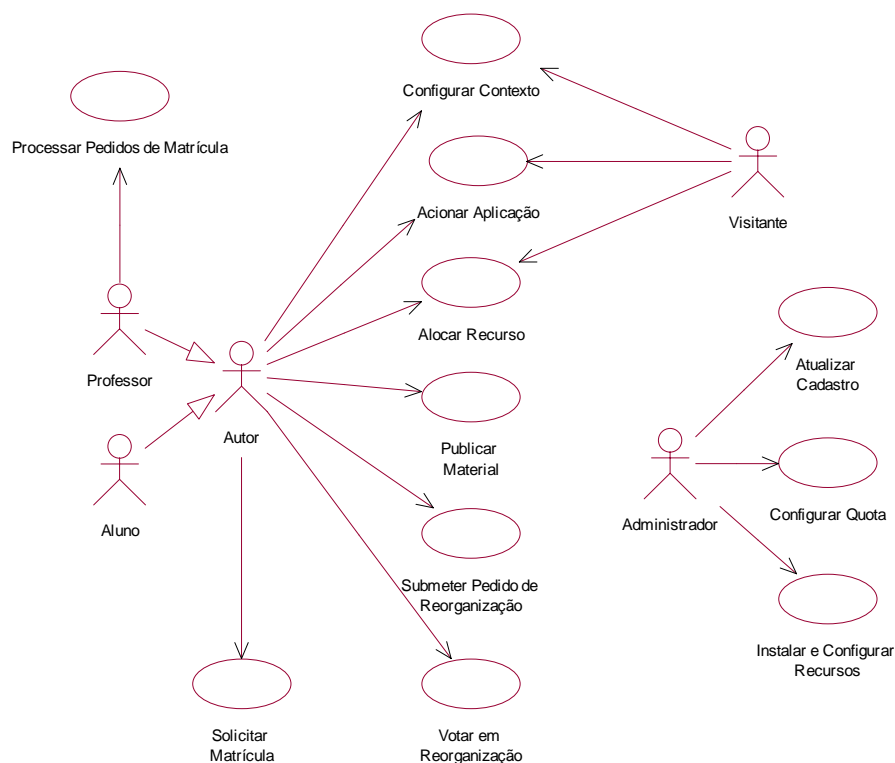


Figura 5-3 - Diagrama de Casos de Uso representando as principais interações de usuários com o INVENTE

O diagrama da Figura 5-3 ilustra os casos de uso apresentados e a relação com os atores do INVENTE. Note que estes casos de uso mostram as interações dos usuários com o ambiente de maneira bastante geral, não envolvendo nenhuma característica relacionada à tecnologia ou implementação.

5.7 – Modelo Conceitual

O diagrama de classes da Figura 5-4 representa o modelo conceitual do INVENTE, com ênfase nas classes utilizadas pelo Núcleo de Gestão. São representadas as principais classes do domínio do problema.

- *Tema e Subtema* – Estas classes representam os Temas e Subtemas do ambiente, definindo um modelo organizacional para a publicação de documentos e utilização de recursos sob uma perspectiva não formal de utilização do ambiente

virtual, como definido na Subseção 5.3.1. Um Tema é composto por um ou mais Subtemas.

- *Curso e Disciplina* – Assim como Temas e Subtemas, define um modelo organizacional para publicações de materiais e utilização de recursos, mas dentro de uma perspectiva formal, como definido na Subseção 5.3.2. Um Curso é composto por uma ou mais Disciplinas.
- *GrupoApl* – Os recursos disponibilizados são organizados em grupos, representados por esta classe. Cada grupo pode agregar uma ou mais aplicações. Note que a associação não é de composição, pois a eliminação de um grupo não provoca a eliminação de uma aplicação, que pode estar associada a mais de um grupo. Um grupo pode estar associado simultaneamente a zero ou mais cursos e a zero ou mais temas.

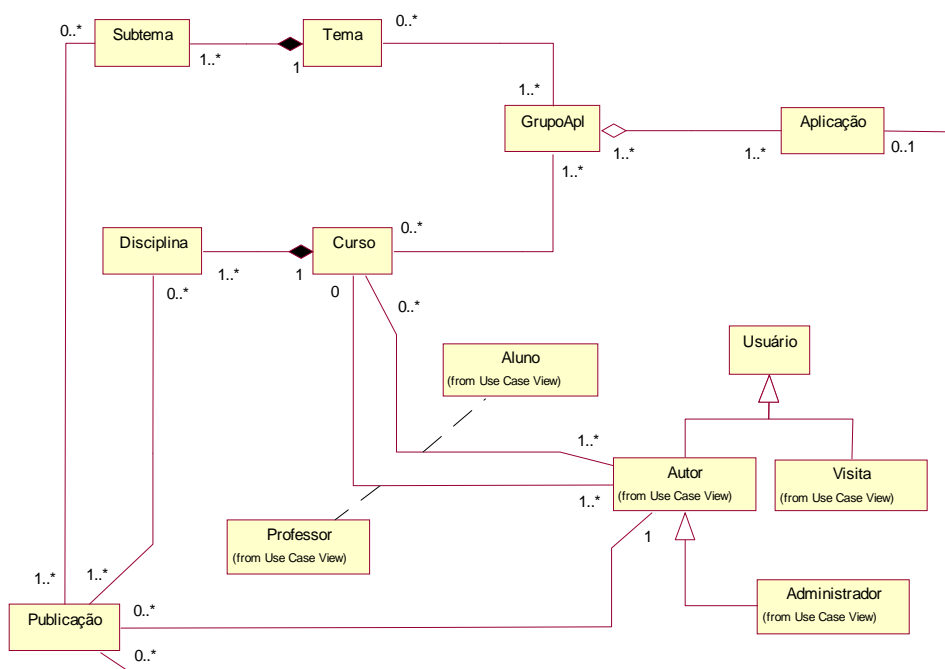


Figura 5-4 – Modelo conceitual

- *Aplicação* – Esta classe representa os recursos de software disponíveis no ambiente e acionáveis através do Núcleo de Gestão. As aplicações precisam ser agregadas a um grupo para que sejam apresentadas ao usuário durante um sessão

de navegação. Uma aplicação pode ser associada a um ou mais grupos e um grupo associa uma ou mais aplicações.

- *Publicação* – Esta classe representa documentos publicados pelos atores. Um documento pode estar associado a um ou mais contextos (Tema/Subtema ou Curso/Disciplina) e tem por responsável um único Autor.
- *Usuário* – Classe que representa a generalização dos tipos de usuários do ambiente.
- *Autor* – Classe que representa a especialização de um usuário Autor. Um usuário do tipo Autor possui uma quota para publicação de documentos, podendo estar associado a zero ou mais publicações.
- *Administrador* – Especialização da classe Autor, já que um administrador é, na verdade, um Autor com algumas características adicionais.
- *Visitante* – Classe que representa a especialização de um usuário visitante. Este não possui direitos de publicação e seu acesso aos recursos é limitado.
- *Aluno* – Classe de associação que representa os usuários do tipo Autor que estão matriculados em Cursos ofertados. Um Autor pode estar matriculado em zero ou mais Cursos. Um Curso pode ter um ou mais Autores matriculados.
- *Professor* – Classe de associação que representa os usuários do tipo Autor que são professores de Cursos ofertados. Um Autor pode ser professor de zero ou mais Cursos. Um Curso tem um ou mais professores.

5.8 – Considerações Finais

Neste Capítulo apresentamos a especificação do Núcleo de Gestão do INVENTE sobre uma perspectiva mais orientada à análise. No Capítulo 6, o Núcleo de Gestão será explorado sobre uma perspectiva mais orientada ao projeto e à implementação.

Capítulo 6

Projeto e Implementação do Núcleo de Gestão

6.1 – Introdução

Embora a utilização de tecnologia Web na arquitetura do sistema proposto já tenha sido citada em Capítulos anteriores, do ponto de vista da Engenharia de Software, o Capítulo 5 apresentou uma visão do Sistema de Gestão do INVENTE mais orientada à análise, sem a preocupação de detalhar soluções ou características específicas de projeto. Na verdade, podemos dizer que a utilização da interface Web no Sistema de Gestão apresentou-se como requisito desde a fase de concepção, dada a familiaridade dos usuários de redes de computadores com o uso de browsers para navegar na Internet.

Sem pretender definir uma ruptura entre as fases de análise e de projeto, já que a divisão entre estas fases é bastante vaga [Larman00], este Capítulo tem como foco principal o sistema de gestão do INVENTE sob uma visão mais orientada a projeto. Informações mais específicas sobre a plataforma de desenvolvimento adotada podem ser encontradas no Apêndice D.

6.2 – Um modelo cliente/servidor de três camadas usando Java

O Núcleo de Gestão do INVENTE foi concebido sobre o modelo convencional cliente/servidor para Web, usando *browsers* como clientes e um servidor Web, que controla a base de dados do ambiente e intermedia o acionamento de outros programas servidores. Como uma aplicação Web, o Núcleo de Gestão do INVENTE utiliza um modelo de três camadas lógicas (*three tiered*), como mostra, de maneira simplificada, a Figura 6-1:

- *primeira camada* ou *camada de apresentação* – é constituída pela interface do usuário. No Núcleo de Gestão do INVENTE, esta camada corresponde às páginas e formulários HTML e *applets Java*, responsáveis pelo controle de navegação e operação do usuário;
- *segunda camada* ou *camada central (middle layer)* - é responsável pela lógica da aplicação. Esta camada é representada no INVENTE por um conjunto de

servlets [Davidson98] que tratam as requisições efetuadas a partir do browser cliente e efetuam acesso a um banco de dados relacional;

- *terceira camada* - contém os mecanismos necessários para o armazenamento de dados. Um banco de dados relacional é responsável pelo armazenamento dos dados relativos às classes persistentes do INVENTE.

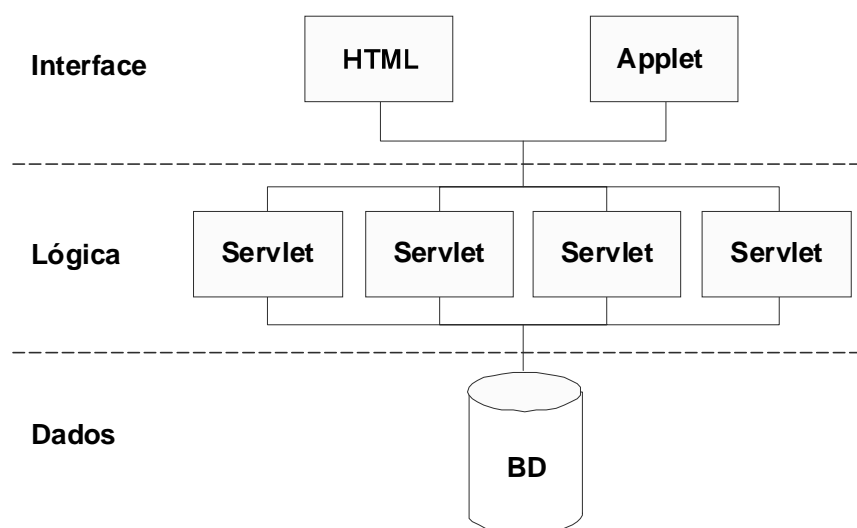


Figura 6-1 – Modelo de três camadas usado pelo Núcleo de Gestão do INVENTE

Note que esta arquitetura apresenta o modelo cliente/servidor em três camadas apenas para o Núcleo de Gestão. O INVENTE, contudo, não está limitado ao modelo de três camadas, já que agrega um conjunto de aplicações que, integradas através das interfaces de seus objetos, podem expandir a camada central, apresentando, assim, um modelo de n camadas (*n-tiered*).

O fato de termos utilizado a plataforma Java para o desenvolvimento do Núcleo de Gestão, não impede a agregação ao INVENTE de aplicações desenvolvidas em outro tipo de tecnologia. A próxima Seção ilustra a forma como os recursos relativos à plataforma de desenvolvimento aqui apresentados estão sendo empregados no Núcleo de Gestão do INVENTE.

6.3 - Arquitetura Interna ao Núcleo de Gestão

O Núcleo de Gestão utiliza como programa cliente um *browser*. A página inicial do INVENTE contém um *applet* que é utilizado em forma de painel de navegação, responsável pelas operações de *login*, pela definição do contexto (definição do

Tema/Subtema ou Curso/Disciplina) e pelo acionamento das ferramentas agregadas ao Núcleo de Gestão (estas atividades serão vistas de maneira mais aprofundada ainda neste Capítulo). No lado servidor, são usados *servlets* para provimento dos serviços principais do Núcleo de Gestão.

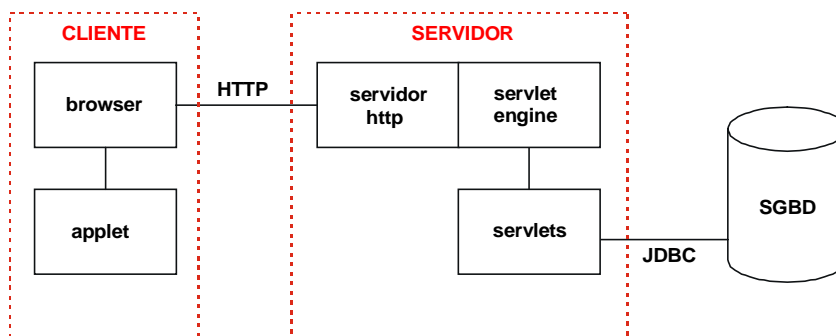


Figura 6-2 – Cliente-Servidor com suporte a utilização de servlets

O acesso ao banco de dados do INVENTE é feito através de métodos JDBC. Os *servlets* podem retornar dados ao *applet* ou gerar páginas HTML dinamicamente no navegador do usuário. A Figura 6-2 apresenta os principais componentes de software envolvidos na arquitetura do Núcleo de Gestão do INVENTE.

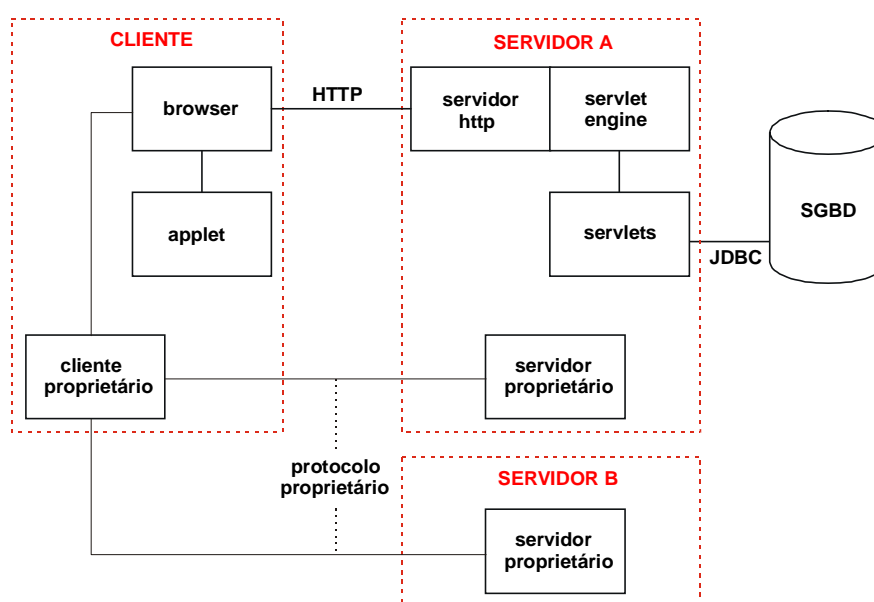


Figura 6-3 – Cliente-Servidor com suporte a utilização de servlets e utilização de aplicações proprietárias

Como dito anteriormente, nem todas as aplicações agregadas ao Núcleo de Gestão precisam estar limitadas à tecnologia Web. Algumas aplicações específicas podem requerer a utilização de clientes e servidores proprietários, como ilustra a Figura 6-3.

6.3.1 – O suporte dos browsers Web para utilização de aplicativos auxiliares

Além de servir de interface para a WWW, os browsers também oferecem interface para outros serviços Internet como o FTP e o Gopher. Ainda assim, se considerarmos a necessidade de desenvolvimento de aplicações mais robustas, que lidam com mídias em formatos diferentes daqueles suportados pelos browsers ou que precisem implementar conceitos que transcendem o suporte do protocolo HTTP, esbarraremos em um limite bem definido.

No projeto de um sistema EAD complexo, vemos aqui um ponto importante para reflexão:

Prescindir da interface Web, simples e bastante difundida, em razão das limitações inerentes ao HTTP ou adaptar os recursos não Web necessários para que possamos tirar vantagem da cultura já estabelecida pela Internet?

Embora a resposta a esta questão não seja simples e possa depender de diversos fatores, em nosso projeto consideramos a alternativa da adaptação de clientes externos ao browser, motivados pela dimensão crítica “cultura”, apresentada no Capítulo 3.

A solução adotada é baseada na utilização de programas clientes conhecidos como *aplicativos auxiliares*, *visualizadores externos* ou *plugins*. Estes programas são usados freqüentemente para execução de mídias de vídeo e áudio ou para tratar algum tipo de documento não suportado pelo browser.

O mecanismo utilizado para iniciar a execução destes aplicativos auxiliares é baseado em informações obtidas no cabeçalho da mensagem recebida pelo browser do servidor HTTP sobre o tipo MIME (*Multi-Purpose Mail Extensions* – RFCs 822, 1522 e 1523) do documento que está sendo enviado.

A configuração do servidor HTTP e do browser para tratar tipos MIME especiais é, portanto, a solução para que um ambiente composto por aplicações de natureza heterogêneas seja construído sob uma interface Web. Um exemplo de aplicativo auxiliar é o *RealPlayer* [www24].

6.4 – A Navegação e a Operação no ambiente Virtual

O sistema de navegação do INVENTE é baseado na utilização de *applets* e *servlets* que comunicam-se através do protocolo HTTP [Soares99], como mostra a Figura 6-4.

O usuário conecta-se no ambiente através de um *browser* Web usando a URL da página principal do INVENTE. A página de navegação é constituída por dois *frames* principais: o *frame* “barra”, que contém o painel de navegação com o qual o usuário interage com o ambiente, e o *frame* “conteúdo”, no qual o usuário recebe o resultado de consultas em forma de tabelas com *hyperlinks*. Ao entrar na página principal do INVENTE, um *applet* é carregado, solicitando um *nome de usuário* e uma *senha*. Uma vez autorizado, o usuário tem acesso ao painel que contém as opções de navegação e de operação no ambiente virtual.

Os *servlets* que executam as funções do Núcleo de Gestão são acionados através de métodos Java a partir do *applet* que implementa o painel e são divididos em dois grupos: os **servlets de controle**, responsáveis pela manutenção do contexto de navegação e pela comunicação *applet-servlet*, e os **servlets de operação**, responsáveis pela execução das consultas à base de dados do INVENTE e pela geração de páginas HTML dinâmicas com resultado de consultas ao ambiente.

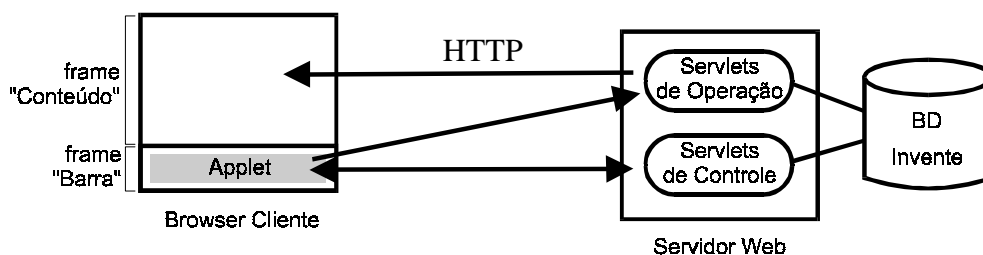


Figura 6-4 – Navegação e Operação baseada em applets e servlets

As opções disponibilizadas no painel de navegação variam em função do tipo (Administrador, Autor ou Visitante) e do papel do usuário perante um Curso (aluno matriculado, professor ou nenhum). As regras que estabelecem o formato do Painel de Navegação são apresentadas na próxima Subseção.

6.4.1 - O Painel de Navegação

O Painel de Navegação do INVENTE, cujo *layout* é apresentado na Figura 6-5, contém todas as opções de contextualização e de operação que são disponibilizadas em função do tipo de usuário e de sua relação com os Cursos publicados.

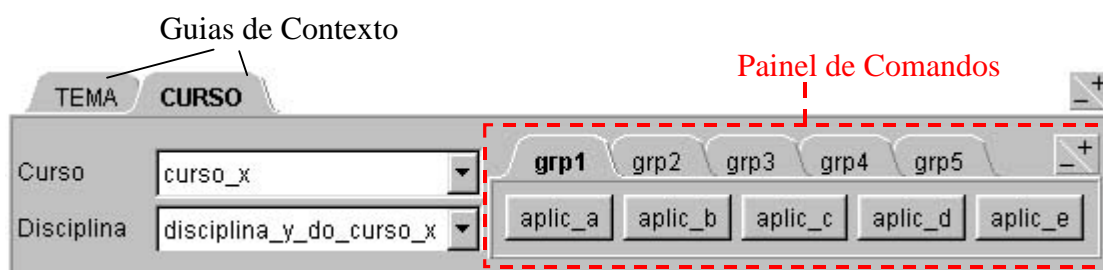


Figura 6-5 – Layout do Painel de Navegação do INVENTE

O Painel de Navegação é composto de diversos componentes, apresentados a seguir:

- *Guias de Contexto* – responsável pela definição do contexto de navegação sobre o qual o usuário vai atuar, que pode ser um Curso ou um Tema;
 - *guia CURSO* – apresenta duas listas suspensas para que o usuário possa escolher entre os Cursos publicados e suas respectivas Disciplinas;
 - *guia TEMA* – assim como o guia CURSO, apresenta duas listas suspensas: uma para escolher o Tema e a outra para os respectivos Subtemas. A Figura 6-6 apresenta o painel comando com a guia TEMA;

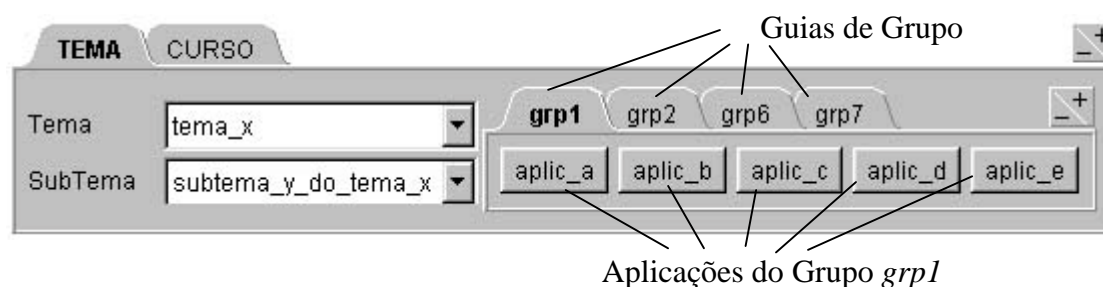


Figura 6-6 – Layout do Painel de Navegação do INVENTE apresentando a guia TEMA

- *Painel de Comandos* - No interior das Guias TEMA e CURSO, além das listas suspensas para definição do contexto (Tema ou Curso) e do subcontexto (Subtema ou Disciplina), um *Painel de Comandos* (Figura 6-5) apresenta as aplicações disponíveis para o Curso ou Tema escolhido. Os elementos do Painel de Comando são as *Guias de Grupo* e as *Aplicações* (Figura 6-6), que variam em função do Tema ou do Curso escolhido.

- *Guias de Grupo* – Para cada Tema e para cada Curso publicados no ambiente, serão relacionados um ou mais Grupos. Cada Grupo será apresentado no Painel de Comando por uma guia.
- *Aplicações* – As aplicações representam as opções de operação, disponíveis em forma de botões, para um Grupo. As aplicações disponíveis para um determinado contexto (Tema ou Curso) são aquelas que compõe os Grupos associados a este contexto.

O diagrama de classes apresentado na Figura 6-7 mostra como os Grupos (classe GrupoApl) são associados aos Temas, aos Cursos e às Aplicações.

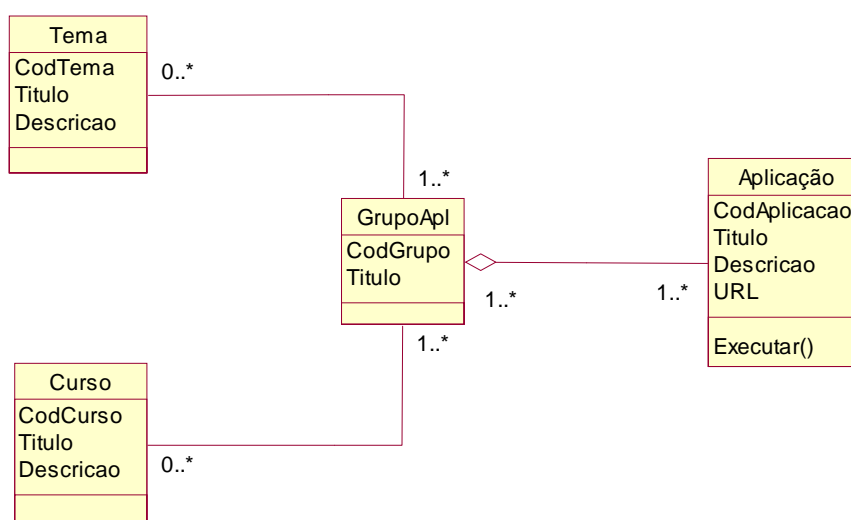


Figura 6-7 – Classes persistentes envolvidas na configuração do Painel de Navegação

Note que um Grupo agrega várias aplicações, podendo uma mesma aplicação estar associada a um ou mais Grupos. Os Temas e Cursos, por sua vez, são associados a diversos Grupos, podendo um mesmo Grupo estar associado a mais de um Tema e/ou a mais de um Curso. Exemplificando, podemos ver nas Figuras 6-5 e 6-6 os mesmos Grupos *grp1* e *grp2* sendo apresentados no Painel de Navegação, tanto para o Curso identificado como *curso_x* como para o Tema identificado como *tema_y*, embora o conjunto de guias seja diferente. Consequentemente, as mesmas aplicações disponíveis para os Grupos *grp1* e *grp2* no Curso denominado *curso_x* são disponibilizadas para o Tema denominado *tema_x*, já que as aplicações são associadas diretamente a um Grupo.

Alguns Grupos podem ser associados ao tipo de usuário e não com um contexto de utilização específico, sendo apresentados independentemente do contexto configurado no Painel de Navegação. É o caso das funções relativas a aspectos

administrativos do ambiente. Por exemplo, um Autor pode precisar acionar um recurso que o informe a quantidade de quota em disco que possui para fazer publicações. Esta função não estaria relacionada a nenhum Curso ou Tema específico. Da mesma maneira, um usuário do tipo Administrador possui inúmeras funções de configuração do ambiente que não são associadas especificamente a um Curso ou a um Tema.

A Navegação do INVENTE, como dito anteriormente, é efetuada através de um *applet*. Embora as classes apresentadas na Figura 6-7 sejam persistentes e seus dados, todos primitivos, sejam armazenados em um banco de dados relacional no lado servidor da aplicação, o programa cliente apresenta uma estrutura de classes transientes montada a partir da configuração de navegação efetuada no painel, isto é, em função do tipo de usuário e do contexto definido. As classes são instanciadas a partir dos dados obtidos em respostas à requisições HTTP executadas pelo *applet*. A Figura 6-8 mostra algumas classes envolvidas na montagem do contexto de navegação.

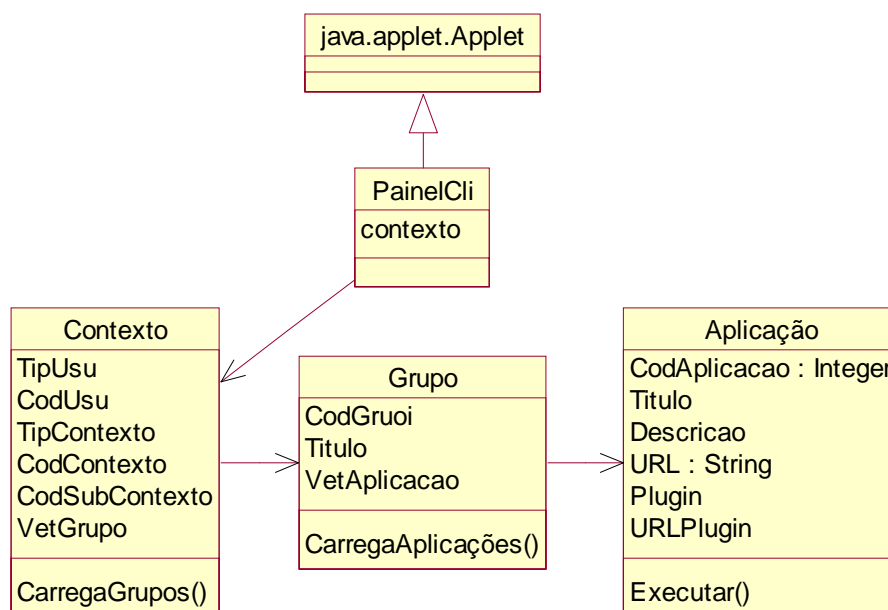


Figura 6-8 – Classes transientes envolvidas na configuração do Painel de Navegação

O *applet* é representado pela classe *PainelCli* e instancia um objeto da classe *Contexto*. Este objeto mantém os dados relacionados à configuração do painel e carrega um vetor de objetos da classe *GrupoApl* (*VetGrupo*), a partir dos dados sobre Grupos cadastrados no banco de dados da aplicação. Cada objeto do vetor *VetGrupo* representa um Grupo de aplicações associado ao contexto (Tema ou Curso) configurado no painel. De maneira semelhante, cada objeto da classe *Grupo* mantém um vetor de objetos da

classe Aplicação (VetAplicacao), correspondentes aos recursos do INVENTE que estão associados ao Grupo instanciado.

6.5 – Modelagem da Sessão Típica de um usuário do INVENTE

A sessão típica de um usuário do INVENTE foi modelada por Redes de Petri Coloridas (RPC) através da ferramenta Design/CPN. Com a utilização de um modelo hierárquico, foi possível simular e analisar o comportamento da sessão em função do tipo de usuário e das principais interações deste com o sistema. A Figura 6-9 apresenta a hierarquia do modelo.

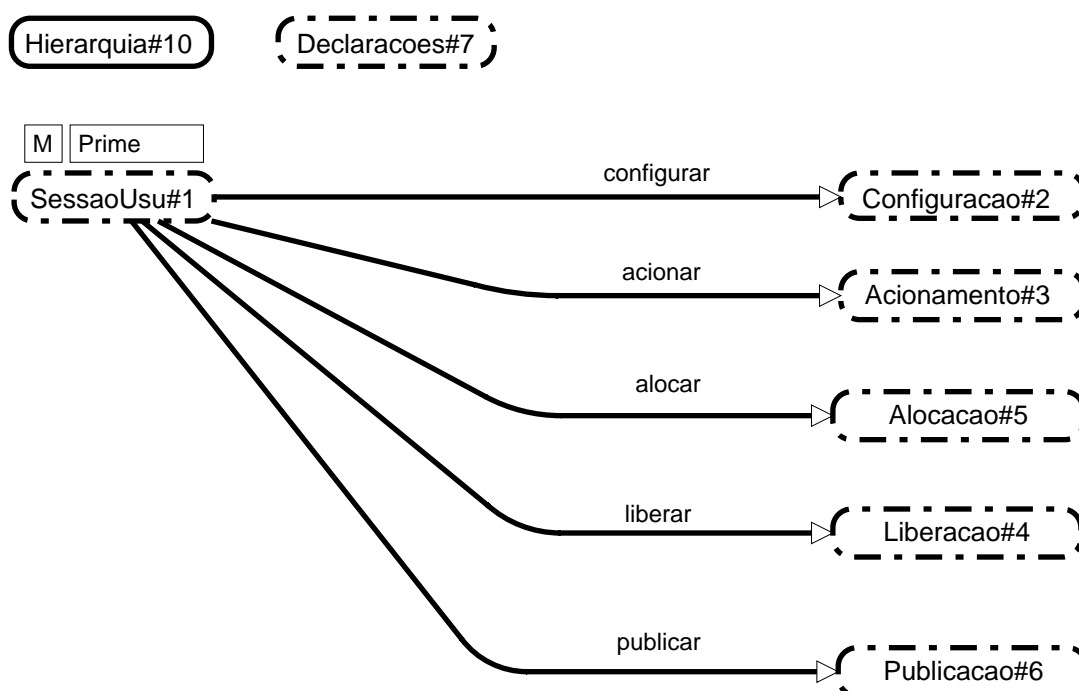


Figura 6-9 - Hierarquia do Modelo da Sessão do Usuário

No *Design/CPN*, um documento é estruturado em páginas. Cada página pode conter uma rede, um conjunto de declarações ou de outros elementos gráficos. Os retângulos com os vértices arredondados na Figura 6-9 representam as páginas do modelo. As páginas ligadas por arcos direcionados indicam a relação de hierarquia. A página na origem de um arco é chamada superpágina e no destino é chamada subpágina. Uma subpágina contém o detalhamento de uma transição existente na superpágina. Isto significa que o modelo representado na superpágina se abstrai dos detalhes relativos ao disparo desta transição. No *Design/CPN* o detalhamento de uma transição é realizado pela “substituição da transição” e, neste caso, a transição é marcada na superpágina com as iniciais HS (*Hierarchy + Substitution*), como pode ser visto na rede da Figura 6-10.

Na Figura 6-9, a página identificada como “Hierarquia” corresponde ao próprio documento que apresenta a hierarquia de páginas do modelo, ou seja, a própria Figura 6-9. A página identificada como “Declarações” contém as declarações dos conjuntos de cores associados aos lugares e das variáveis utilizadas nas inscrições dos arcos e nas guardas das redes do modelo. Estas declarações são apresentadas na Figura 6-10.

```

color TipUsu = with ADM | VIS | AUT;
color CodUsu = int;
color Quota = int;
color Usu = product TipUsu * CodUsu * Quota;
color TipCont = with TEMA | CURSO;
color CodCont = int;
color CodSubCont = int;
color CodGrupo = int;
color CodApl = int;
color CodRec = int;
color NumRec = int;
color NumMax = int;
color Grupo = product CodGrupo * TipCont * CodCont;
color Aplicacao = product CodApl * CodGrupo;
color TipRec = with DOWN | CONN;
color Contexto = product TipCont * CodCont * CodSubCont;
color Recurso = product CodRec * TipRec * NumMax * CodApl * Contexto;
color Dados = product CodGrupo * CodApl * NumRec;
color Config = product Usu * Contexto * Dados;
color Tema = CodCont;
color SubTema = product Tema * CodSubCont;
color Curso = product CodCont * Quota;

color Disciplina = product CodCont * CodSubCont;
color RecAloc = product CodRec * CodUsu;

color DocNaoPub = CodRec;

var conf : Config;
var cont : Contexto;
var dados : Dados;
var usu : Usu;
var xTipUsu : TipUsu;
var xCodUsu : CodUsu;
var xQuota : Quota;
var yQuota : Quota;

var xTipCont,yTipCont : TipCont;
var xCodRec,yCodRec : CodRec;

var xCodApl,yCodApl : CodApl;
var xCodGrupo,yCodGrupo : CodGrupo;
var xCodTema,yCodTema : CodCont;
var xCodCont,yCodCont : CodCont;
var xCodSubCont,yCodSubCont : CodSubCont;
var xNumRec,yNumRec : NumRec;
var xNumMax,yNumMax : NumMax;
var xTipRec,yTipRec : TipRec;

```

Figura 6-10 - Declarações de cores e variáveis utilizados no modelo da sessão do usuário

A superpágina “SessãoUsu” da Figura 6-9 representa em mais alto nível os procedimentos possíveis ao usuário. A rede relativa a esta página da hierarquia é apresentada na Figura 6-11. Note que as transições marcadas com as iniciais HS nesta

rede representam as subpáginas “Configuração”, “Acionamento”, “Alocação”, “Liberação”, e “Publicação”, correspondentes às subpáginas da Figura 6-9.

6.5.1 – A abertura de uma sessão

Uma sessão é aberta quando um usuário solicita a sua entrada no sistema, através de um processo simples de autorização (fornecimento do *nome do usuário* e da *senha*) e permanece viva até a saída do mesmo (*logout*). Uma vez autorizado, o usuário estará apto a fazer um conjunto de interações com o ambiente.

A Rede de Petri Colorida da Figura 6-11 representa a sessão de um usuário em alto nível. Esta rede possui apenas dois lugares apresentados a seguir:

- “usuário pronto”, que contém as fichas que representam os usuários aptos a abrir uma sessão no INVENTE. A ficha colorida deste lugar, representada pela cor *Usu*, contém a estrutura (*TipUsu*, *CodUsu*, *Quota*), onde os campos representam:
 - *TipUsu* - valor que identifica o tipo de usuário: AUT = autor, VIS = visitante e ADM = administrador;
 - *CodUsu* - valor inteiro que identifica unicamente o usuário.
 - *Quota* - valor inteiro que representa a quota em disco para publicação em Temas a que o usuário tem direito. Esta quota só tem efeito para o usuário do tipo Autor, visto que um Visitante não tem direito a publicação e um Administrador tem quota livre.
- “sessão aberta”, que contém fichas representando sessões abertas pelos usuários. A ficha colorida deste lugar contém a estrutura (*Usu*, *Contexto*, *Dados*), onde:
 - *Usu* - possui a subestrutura (*TipUsu*, *CodUsu*, *Quota*), idêntica à estrutura de “usuário pronto”;
 - *Contexto* – possui a subestrutura (*TipCont*, *CodCont*, *CodSubCont*), que indica o contexto de navegação configurado pelo usuário no painel de navegação. Nesta subestrutura, temos:
 - *TipCont* - indica o tipo de contexto, que pode ser TEMA ou CURSO;
 - *CodCont* - valor inteiro que indica o código do contexto;

- *CodSubCont* - valor inteiro que indica o código do subcontexto (Subtema ou Disciplina);
- *Dados* – possui a subestrutura (*CodGrupo, NumRec*), que reúne alguns outros dados a respeito da sessão, onde:
 - *CodGrupo* – valor inteiro que indica o Grupo de aplicações corrente no painel de navegação;
 - *CodApl* – valor inteiro que indica a última aplicação acionada no Grupo corrente configurado no painel de navegação;
 - *NumRec* - valor inteiro que registra o número de recursos alocados na sessão;

O processo de autorização do usuário é representado de maneira simplificada pela transição “iniciar sessão”. Esta transição estará habilitada sempre que existirem fichas no lugar “usuário pronto”. Com o disparo da transição “iniciar sessão”, uma ficha é removida do lugar “usuário pronto” e uma ficha, correspondente ao mesmo usuário, é depositada no lugar “sessão aberta”. Inicialmente, o tipo de contexto (*TipCont*) é predefinido como TEMA, mas os códigos do contexto (*CodCont*) e do subcontexto (*CodSubCont*) são definidos com o valor zero. Isto restringirá, como veremos mais adiante, as transições habilitadas em outras subredes, pois, para navegar no INVENTE, é obrigatório que o usuário defina previamente o contexto de navegação. Da mesma maneira, o código do Grupo (*CodGrupo*) e o número de recursos alocados (*NumRec*) recebem, inicialmente, o valor zero.

Ainda na Figura 6-11, podemos observar as cinco transições de substituição (marcadas com HS) concentradas no lado direito da rede. Estas transições correspondem às interações que um usuário pode efetuar durante a sessão:

- “configurar” – substitui a subrede “Configuração”, onde o contexto de navegação e o Grupo de aplicações podem ser definidos e redefinidos;
- “acionar aplicação” – substitui a subrede “Acionamento”, onde uma aplicação pode ser acionada para o contexto e Grupo configurados;
- “alocar recurso” – substitui a subrede “Alocação”, onde um recurso diretamente associado à aplicação acionada correntemente pode ser alocado;

- “liberar recurso” – substitui a subrede “Liberação”, onde os recursos previamente alocados podem ser liberados;
- “publicar documento” – substitui a subrede “Publicação”, onde são feitas as publicações (*upload*) de documentos para o contexto configurado.

Note que as interações correspondem a alguns dos casos de uso associados ao Autor apresentados no diagrama da Figura 5-3, no Capítulo 5.

Ainda na rede da Figura 6-11, podemos notar a transição “terminar”, correspondente ao encerramento da sessão. A guarda desta transição ($[xNumRec = 0]$) indica que uma sessão só pode ser encerrada se não houver recursos alocados (a alocação de recursos será apresentada mais à frente).

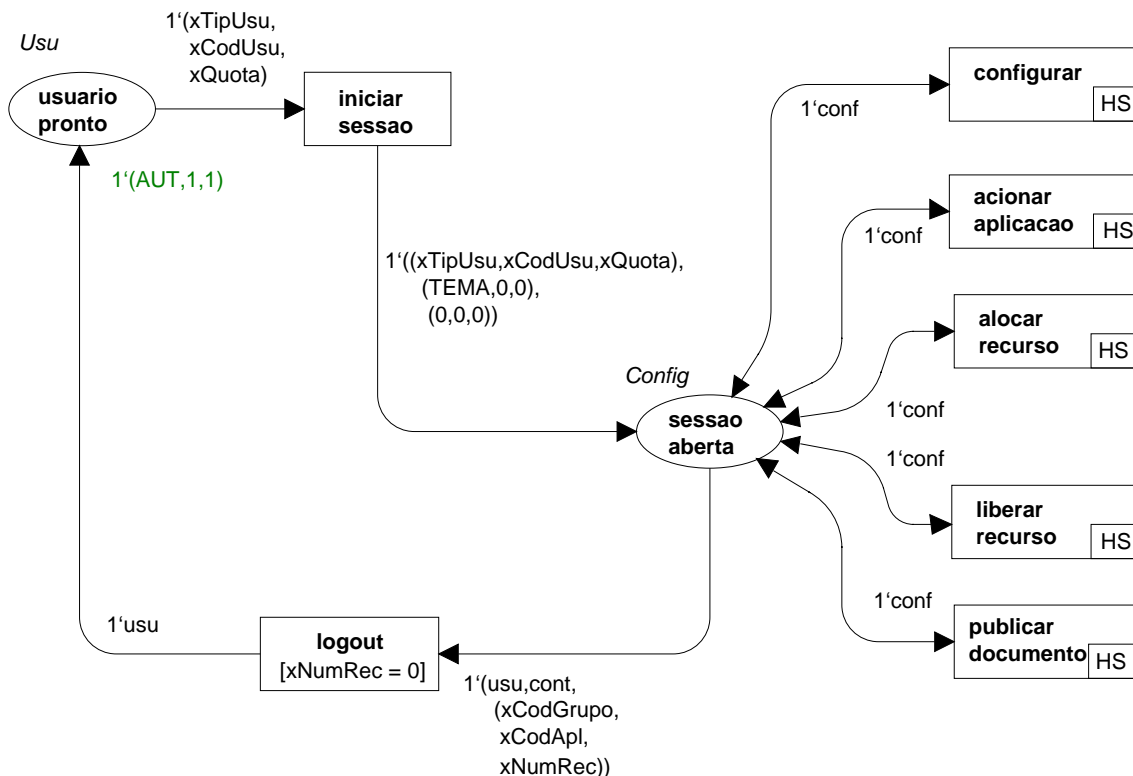


Figura 6-11 - Sessão do usuário representada em alto nível

Cada uma destas subredes relativas às transições de substituição na rede da Figura 6-11 será apresentada em seguida.

6.5.2 – Definição do Contexto

A maioria das interações que um usuário pode fazer no INVENTE é dependente do contexto configurado no painel de navegação. Definir o contexto significa escolher

entre um Tema e seus respectivos Subtemas ou um Curso e suas Disciplinas. Além disso, para cada contexto são associados Grupos de aplicações. Somente um Grupo pode ser configurado por vez no Painel de Navegação (ver Subseção 6.4.1).

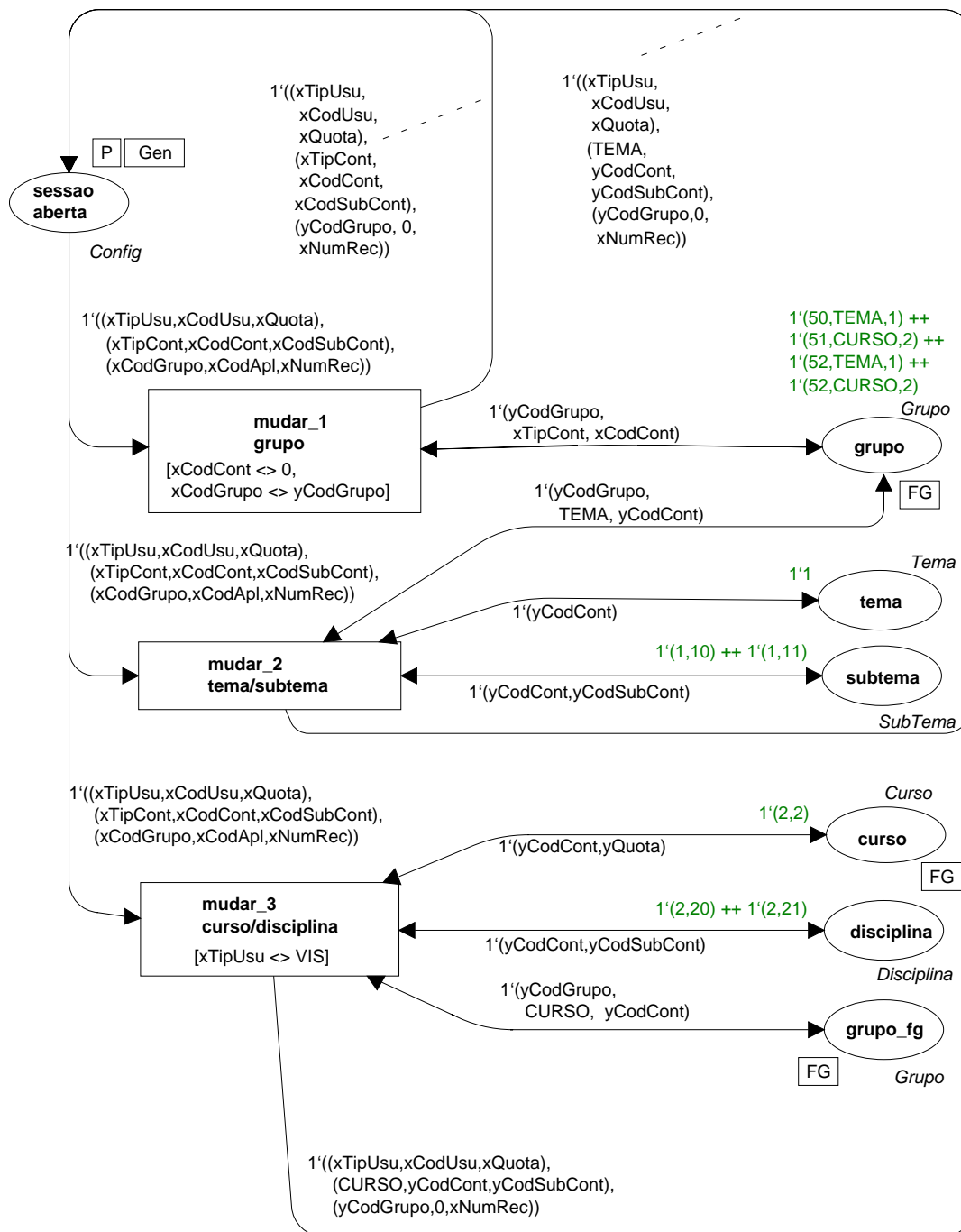


Figura 6-12 - Definição do contexto de navegação e operação

A subrede "Configuração", apresentada na Figura 6-12, modela a definição do contexto de operação e navegação. Esta rede é formada por sete lugares e três transições. Definiremos, primeiramente, os lugares:

- “sessão aberta” - corresponde à porta (*port*) da subrede substituta e é correspondente ao lugar de mesmo nome na rede da superpágina (Figura 6-11);
- “grupo” – corresponde aos Grupos de aplicações, definidos na Subseção 6.4.1. A ficha colorida deste lugar possui a estrutura (*CodGrupo,TipCont,CodCont*), que indicam, respectivamente, o código que identifica o Grupo, o tipo do contexto (TEMA ou CURSO) e o código do contexto.

Observação:

Assim como no caso do “grupo”, o conceito de Tema, Subtema, Curso e Disciplina, que serão usados na definição dos lugares em seguida, podem ser encontrados na Subseção 6.4.1 (Painel de Navegação).

- “tema” – corresponde aos Temas disponíveis. A estrutura da ficha colorida deste lugar é (*CodCont*) que indica apenas o código do Tema;
- “subtema” – corresponde aos Subtemas disponíveis por Tema. A ficha colorida deste lugar possui a estrutura (*CodCont,CodSubCont*) indicando, respectivamente, o código do Tema e o código do Subtema;
- “curso” – corresponde aos Cursos disponíveis. A ficha colorida deste lugar possui a estrutura (*CodCont,Quota*) indicando, respectivamente, o código do Curso e a quota para publicação de documentos relativos ao Curso.
- “disciplina” – corresponde às Disciplinas disponíveis por Curso. A ficha colorida deste lugar tem a mesma estrutura da ficha em Subtema, sendo os campos relacionados, respectivamente, ao código do Curso e ao código da Disciplina.
- “grupo_fg” – este lugar utiliza a *fusão global* (marcação “FG”) e corresponde ao mesmo que o lugar “grupo”. Sua existência é motivada apenas por questões estéticas, evitando o cruzamento de arcos no diagrama.

A *fusão global* de alguns dos lugares desta rede, além de “grupo_fg”, é justificada pela utilização dos mesmos em outras subredes que ainda serão apresentadas.

Os lugares concentrados à direita da subrede da Figura 6-12 estão relacionados a objetos persistentes do sistema modelado, armazenados no banco de dados do INVENTE. A ocorrência de qualquer uma das transições desta subrede não altera o

estado destes lugares. Isto pode ser confirmado pela observação dos arcos bidirecionais que ligam estes lugares às transições, indicando que, para qualquer ficha removida, outra com os mesmos valores será retornada. Apenas os valores dos campos das fichas existentes no lugar “sessão aberta” podem ser alterados através da definição ou redefinição dos valores dos campos relativos ao contexto (*TipCont*, *CodCont* e *CodSubCont*) ou ao Grupo (*CodGrupo*). Isto pode ocorrer com o disparo de uma das transições apresentadas a seguir:

- “mudar_1 grupo” - transição que atua sobre o campo *CodGrupo* da ficha colorida de “sessão aberta”. O disparo desta transição modifica o valor deste campo através da substituição do valor $x_{CodGrupo}$ da ficha removida do lugar “sessão aberta” pelo valor $y_{CodGrupo}$ da ficha removida do lugar “grupo”, como pode ser observado na inscrição do arco que deixa esta transição e retorna ao lugar “sessão aberta”. Para uma sessão que acabou de ser iniciada (transição “iniciar sessão”, na rede da Figura 6-11), esta sessão não estará habilitada pois a ficha colorida não possuirá um contexto definido ($CodCont = 0$ e $CodSubCont = 0$). Isto é garantido pela guarda definida para esta transição;
- “mudar_2 tema/subtema” – esta transição atua sobre o contexto, isto é, sobre os campos *TipCont*, *CodCont* e *CodSubCont*. O disparo desta transição modifica estes campos através da substituição dos valores $x_{TipCont}$, $x_{CodCont}$ e $x_{CodSubCont}$ da ficha removida do lugar “sessão aberta” pelos valores *TEMA*, $y_{CodCont}$, $y_{CodSubCont}$, respectivamente, onde estes dois últimos valores são relativos às fichas retiradas dos lugares “tema” e “subtema” durante o disparo da transição. Da mesma maneira, isto pode ser observado pela inscrição do arco que deixa esta transição e retorna ao lugar “sessão aberta”. Para que a configuração das sessões, isto é, os valores dos campos das fichas em “sessão aberta”, mantenham um estado coerente, é necessária também a redefinição do Grupo (*CodGrupo*), já que o Grupo corrente deve estar, obrigatoriamente, relacionado ao contexto configurado (Tema ou Curso), como definido na Subseção 6.4.1.
- “mudar_3 curso/disciplina” - esta transição tem o funcionamento análogo ao da transição “mudar_2 tema/subtema”, atuando sobre os mesmos campos. A diferença está na definição do valor *CURSO* para *TipCont*, na utilização do lugar “curso” ao invés de “tema” e no lugar “disciplina” ao invés de “subtema”. O lugar “grupo_fg”, como dito anteriormente, representa o mesmo lugar “grupo”.

Note que, toda vez que o Grupo é alterado, o campo da ficha colorida de “sessão aberta” que indica a última aplicação acionada no Grupo (*CodApl*) é anulado (assume o valor zero). Portanto, na ocorrência de qualquer uma das três transições, o código da última aplicação será removido da configuração.

6.5.3 – Acionamento de aplicação

Para utilizar uma aplicação, é necessário que o usuário acione um dos botões disponibilizados no Grupo corrente (aquele que está visível) do Painel de Navegação (ver Subseção 6.4.1). Esta ação executa um *passo intermediário* que apresenta uma página contendo uma lista com os documentos que podem abertos pela aplicação acionada ou um conjunto de opções específicas para a execução efetiva da aplicação. Este passo intermediário leva em conta o contexto configurado no Painel de Navegação. Exemplificando, o acionamento de um botão da aplicação com o título “vídeo” em um Grupo chamado “aulas” poderia gerar uma lista de títulos disponíveis para uma configuração Tema/Subtema em “Modelagem de Sistemas”/“Redes de Petri Coloridas”. Cada item desta lista é apresentado em forma de hyperlink e o acionamento de um item corresponde à alocação do recurso, que será apresentada na próxima Subseção.

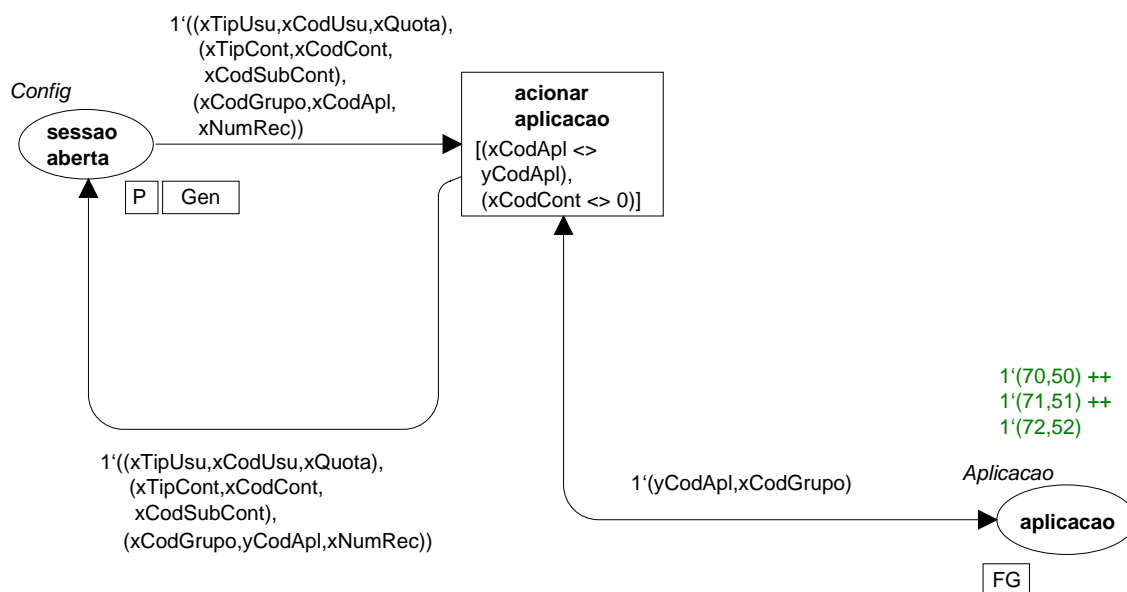


Figura 6-13 - Acionamento de aplicação

A subrede “Acionamento”, apresentada na Figura 6-13, representa a configuração da sessão do usuário para definição da aplicação a ser utilizada.

No modelo, o Grupo de aplicações corrente da sessão é indicado pelo campo *CodGrupo* da ficha colorida do lugar “sessão aberta”, que havia sido configurado na subrede da Figura 6-12.

Além do lugar “sessão aberta”, que contém as fichas possivelmente configuradas para acionamento de uma aplicação, a rede da Figura 6-13 contém o lugar “aplicação”. Este lugar representa as aplicações disponíveis no INVENTE. A estrutura da ficha colorida deste lugar é (*CodApl, CodGrupo*), onde *CodApl* indica o código do recurso e *CodGrupo* indica o código do Grupo ao qual a aplicação está associada.

Além dos lugares apresentados, esta rede possui apenas uma transição chamada “acionar aplicação”. Para que esta transição esteja habilitada, é necessário que exista pelo menos uma ficha em “sessão aberta” configurada para um determinado Grupo (*xCodGrupo*) e, ao mesmo tempo, pelo menos uma ficha em “aplicação” com o mesmo código de Grupo. Após a ocorrência desta transição, a ficha colorida em “sessão aberta” tem o código da aplicação alterado (*CodApl*). Note que esta transição só estará habilitada caso necessário, isto é, se, além das restrições apresentadas anteriormente, o código da aplicação, definido na configuração corrente (*xCodApl*), for diferente do código da aplicação da ficha encontrada (*yCodApl*), o que é verificado na guarda da transição.

6.5.4 – Alocação de Recurso

A alocação de um recurso pode estar associada à carga (*download*) de um documento ou a abertura de uma conexão com um recurso qualquer (por exemplo, a conexão a uma sala de *chat*) e é feita em função da aplicação corrente, definida nas fichas existentes no lugar “sessão aberta”, o que é feito no passo intermediário, representado pela rede da Figura 6-13. A rede da Figura 6-14 representa a alocação de um recurso, que, além do lugar “sessão aberta”, possui os seguintes lugares:

- “recurso” – representa os recursos disponíveis para uma aplicação no INVENTE. Os recursos podem ser, por exemplo, documentos publicados em diversas mídias e disponibilizados para download no servidor ou recursos tais como salas de chat abertas ou listas de discussões operacionais em contextos específicos. A estrutura da ficha colorida utilizada no lugar recurso é (*CodRec, TipRec, NumMax, CodApl, (TipCont, CodCont, CodSubCont)*), onde *CodRec* indica o código do recurso, *TipRec* indica o tipo de recurso (*DOWN* –

material publicado para *download* ou *CONN* – recurso que recebe conexões), *NumMax* indica o número máximo de conexões aceitas, no caso do recurso ser do tipo *CONN*, *CodApl* indica o código da aplicação ao qual o recurso está associado e, por último, *(TipCont,CodCont,CodSubCont)* indica o contexto ao qual o recurso está associado. Para este último caso, o último campo da estrutura (*NumMax*) indicará o número máximo de conexões simultâneas aceitas.

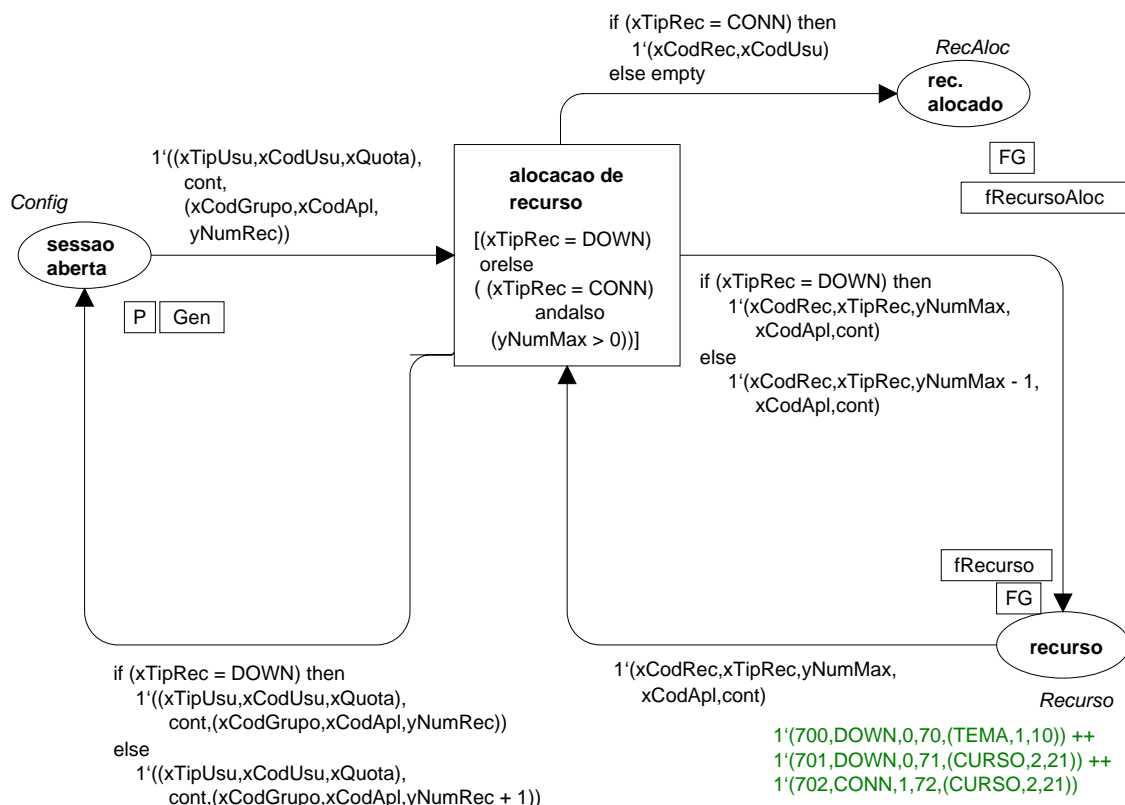


Figura 6-14 - Alocação de um recurso

- “rec.ocado”- representa os recursos (do tipo conexão – CONN) alocados por todas as sessões abertas. A ficha colorida tem a estrutura *(CodRec,CodUsu)*, onde *CodRec* indica o código do recurso alocado e *CodUsu* indica o código do usuário que alocou o recurso.

A subrede da Figura 6-14 possui apenas a transição “alocação de recurso”. Esta transição estará habilitada quando houver pelo menos uma ficha no lugar “sessão aberta” configurada para uma determinada aplicação (*xCodApl*) e pelo menos uma ficha no lugar recurso com o mesmo código de aplicação. Para um recurso do tipo DOWN, o estado da rede não é alterado com o disparo dessa transição. Isto porque, na prática, o download de um documento não irá alterar, de maneira geral, o estado do sistema. No

caso de um documento do tipo CONN, ao disparar a transição “alocação de recurso”, uma ficha será depositada no lugar “rec. alocado” e, além disso, o campo NumMax da ficha correspondente ao recurso será decrementado. Note que, no caso de um recurso do tipo CONN, o campo *NumMax* deve ser maior do que zero, como requer a guarda da transição “alocação de recurso”.

6.5.5 – Liberação de Recurso

Os recursos alocados por um usuário durante uma sessão devem ser liberados (por exemplo, a desconexão a uma sala de chat). Isto é feito automaticamente pelo sistema quando o usuário encerrar explicitamente a sua sessão ou, “manualmente”, visto que o usuário pode encerrar uma aplicação simplesmente fechando uma janela.

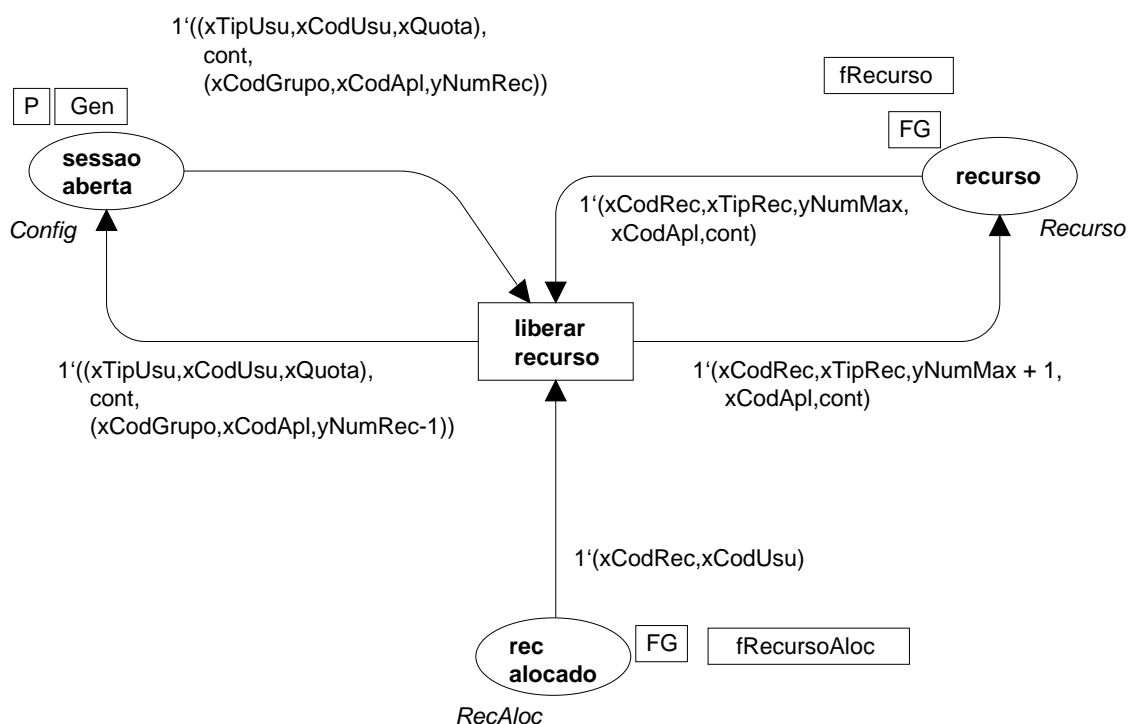


Figura 6-15 - Liberação de Recurso

A subrede “Liberacao”, apresentada na Figura 6-15, representa a liberação de um recurso alocado. Os lugares utilizados nesta subrede são exatamente os mesmos utilizados na rede “Alocação”, apresentada na Figura 6-14. A transição “liberar recurso”, de maneira inversa à transição “alocação de recurso” da subrede da página “Alocação”, remove fichas do lugar “rec. alocado”, subtrai, para cada ficha removida, uma unidade no campo *NumRec* da ficha relativa ao usuário que alocou o recurso no lugar “sessão aberta” e adiciona uma unidade no campo *NumMax* da ficha

correspondente em “recurso”. Esta subrede modela apenas a desalocação do recurso, sem associar esta à atividade de saída do sistema. A garantia de que um usuário termine a sessão sem deixar nenhum recurso alocado é modelada apenas através da guarda da transição “terminar” na rede da página “SessãoUsu” (Figura 6-11).

6.5.6 – Publicação de documentos

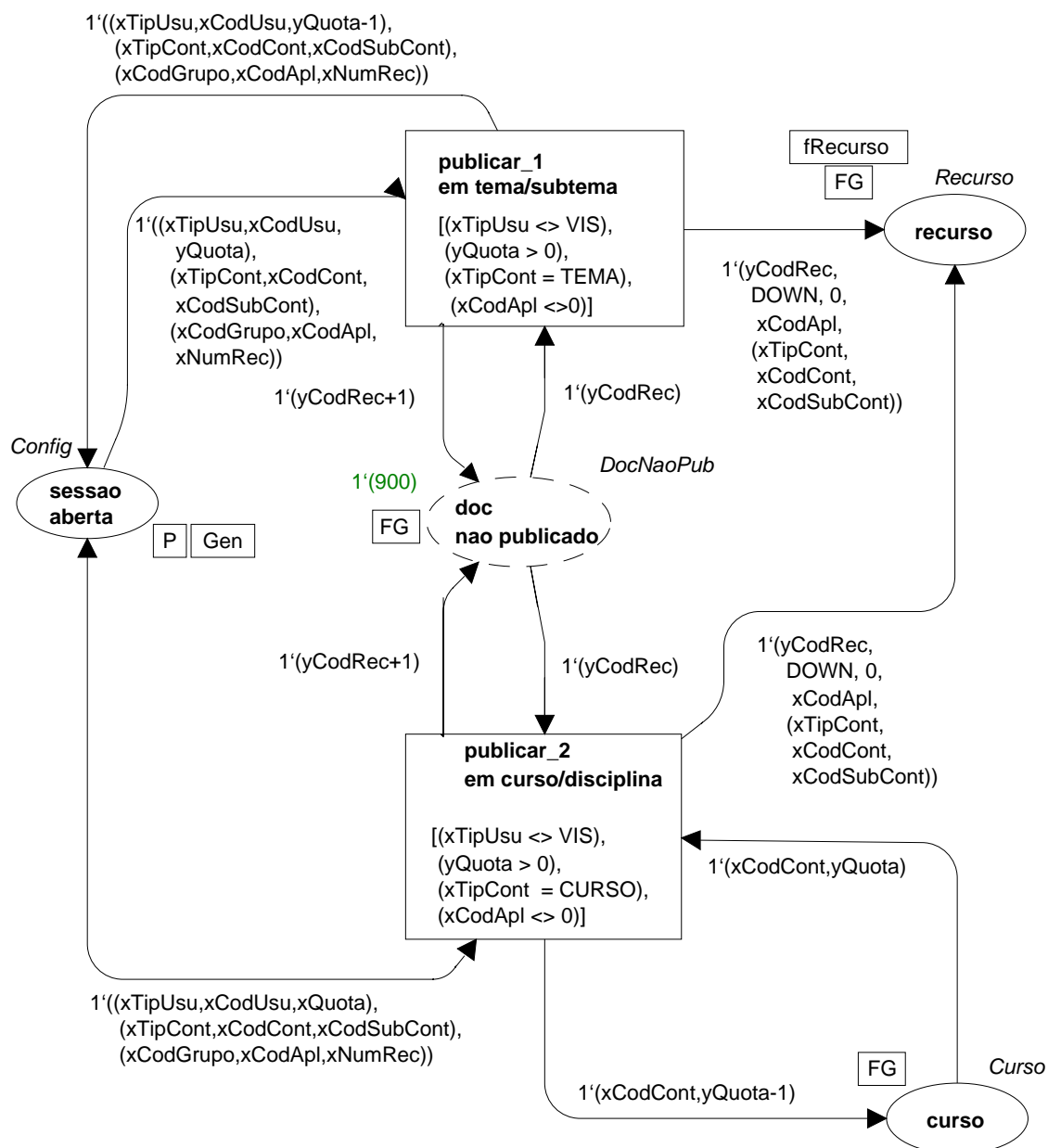


Figura 6-16 - publicação de documentos

Somente usuários do tipo Autor ou Administrador podem publicar documentos no INVENTE. Toda publicação consome algum tipo de quota e é feita dentro de um contexto específico. Quando a sessão está configurada para um Tema/Subtema, a quota

consumida é a do usuário. No caso de Curso/Disciplina, é utilizada a quota coletiva do Curso, ficando intacta a quota do usuário.

A subrede da página “Publicação”, apresentada na Figura 6-16, representa a atividade de publicação. Esta rede é formada pelos lugares “sessão aberta”, “recurso” e “curso”, já apresentados nas Subsessões anteriores, um lugar especial que guarda o código numérico (*Doc. Não Publicado*) que irá identificar o próximo recurso (*CodRec*) e duas transições, apresentadas a seguir:

- “publicar_1 em tema/subtema” – esta transição representa a publicação de um documento sob um contexto Tema/Subtema configurado em uma ficha colorida no lugar “sessão aberta”. Para uma ficha em “sessão aberta”, esta transição estará habilitada quando o contexto estiver definido para TEMA ($xCodCont \neq 0$ e $xTipCont = TEMA$), se o usuário não for visitante ($xTipUsu \neq VIS$) e se o usuário possuir quota para publicação ($yQuota > 0$, relativo ao lugar “sessão aberta”). Quando esta transição ocorre, o campo Quota do usuário (ficha colorida de “sessão usu”) é decrementado simbolicamente em uma unidade (no sistema real, o decremento será feito em função do tamanho do arquivo e a quota é definida em bytes). Isto pode ser observado na inscrição do arco de saída desta transição para o lugar “sessão aberta”;
- “publicar_2 em curso/disciplina” - esta transição também representa a publicação de um documento, mas sob o contexto Curso/Disciplina configurado em uma ficha colorida no lugar “sessão aberta”. Para uma ficha em “sessão aberta”, esta transição estará habilitada quando o contexto estiver definido para CURSO ($xTipCont = CURSO$), o usuário não for visitante ($xTipUsu \neq VIS$) e o curso possuir quota para publicação ($yQuota > 0$, relativo ao lugar “curso”). Neste caso, quando esta transição ocorre, o campo Quota do CURSO (ficha colorida de “curso”) é decrementado em uma unidade, como mostra a inscrição do arco de saída desta transição para o lugar “curso”.

6.6 – Simulação

A rede de Petri colorida hierárquica, apresentada na Seção anterior, foi utilizada para simular situações (estados) possíveis durante uma sessão do usuário do INVENTE. As simulações foram realizadas com a utilização do simulador do Design/CPN. Durante

uma Simulação é possível analisar o estado da rede em um determinado momento. Isto é feito através das seguintes convenções:

- A marcação corrente dos lugares das redes é apresentada em vermelho, mostrando o número de fichas coloridas em um pequeno círculo próximo ao lugar em questão e as próprias fichas dentro de um retângulo, também próximo ao lugar e ao círculo que indica a quantidade de fichas.
- As transições habilitadas para disparo são destacadas com um contorno verde. As transições desabilitadas são apresentadas sem qualquer destaque.

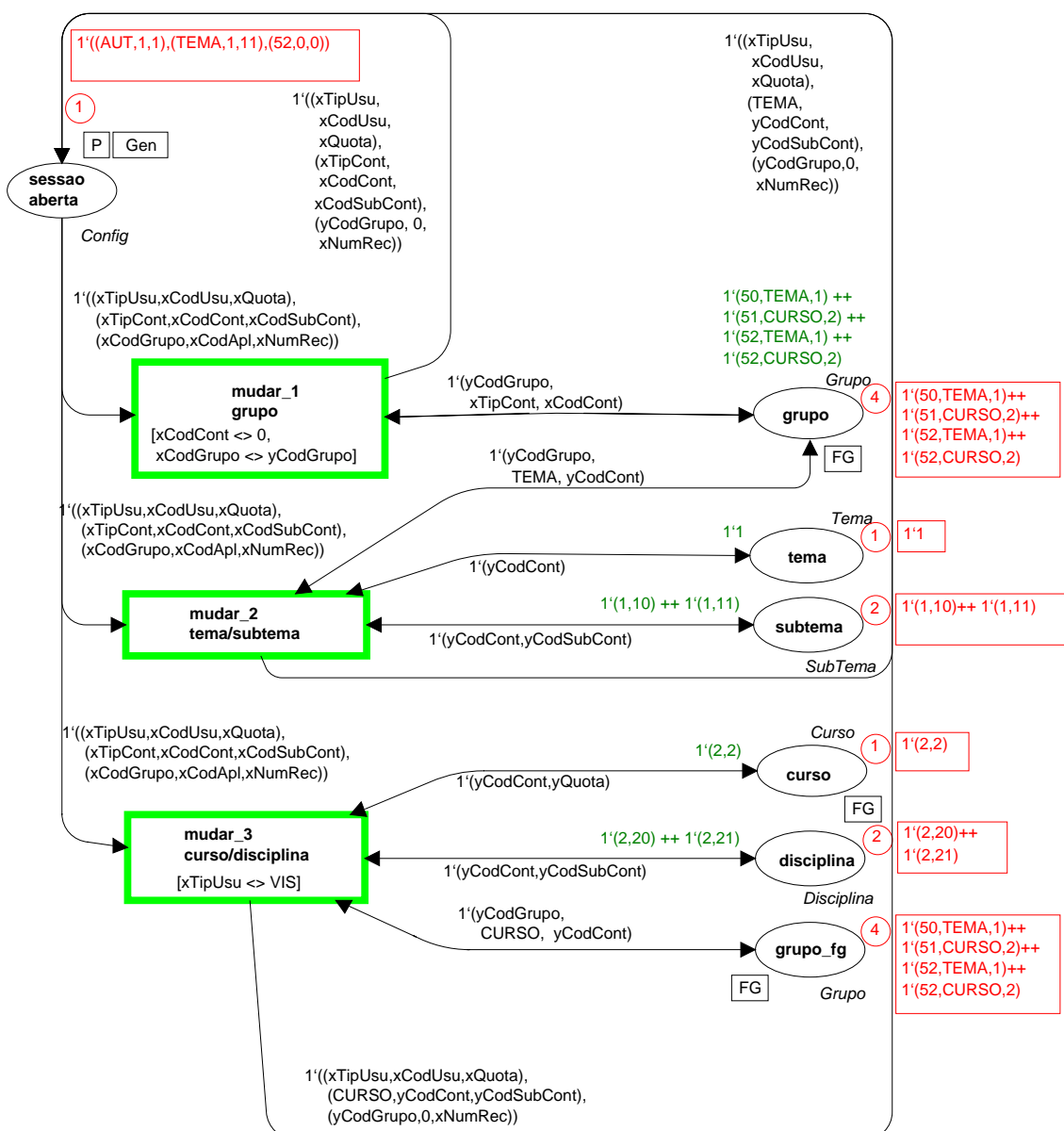


Figura 6-17 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor, habilitando todas as opções de configuração

Embora não seja possível identificar as cores nas Figuras relacionadas à simulação, podemos identificar as marcações e as transições habilitadas pela diferença da tonalidade (mais claro) destes elementos na rede. Além disso, as transições habilitadas são apresentadas com uma borda mais larga.

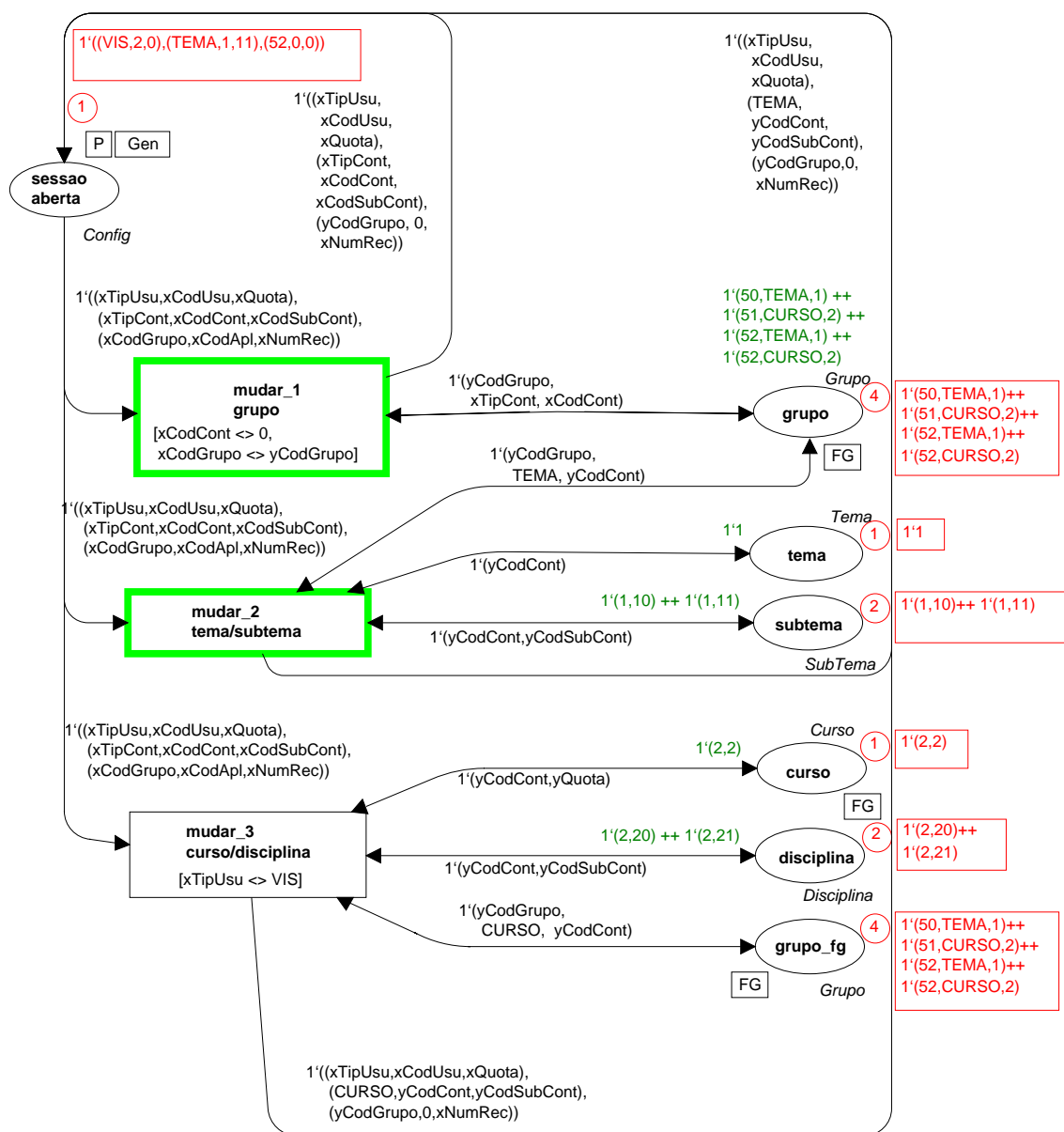


Figura 6-18 – Sessão aberta para um usuário do tipo Visitante, não habilitando a transição responsável pela definição de um Curso como contexto de navegação

A dinâmica da simulação pode ser controlada manualmente, indicando-se uma transição habilitada para disparo, ou automaticamente, deixando a escolha da ordem de disparo a cargo do simulador. O disparo das transições é responsável pela modificação do estado da rede.

A Figura 6-18 apresenta, também, uma única ficha em “sessão aberta”, $[(VIS,1,0),(TEMA,1,11),(52,0,0)]$, desta vez para um usuário do tipo visitante. Por se tratar de um Visitante, a transição “mudar_3 curso/disciplina”, situada na parte inferior da subrede, encontra-se desabilitada. Isto indica que um Visitante não está autorizado a definir um Curso como contexto.

A Figura 6-19 mostra a marcação resultante do disparo da transição “mudar_3 curso/disciplina” na rede apresentada na Figura 6-17. Note que o contexto da sessão do Autor mudou de $(TEMA,1,11)$ para $(CURSO,2,20)$.

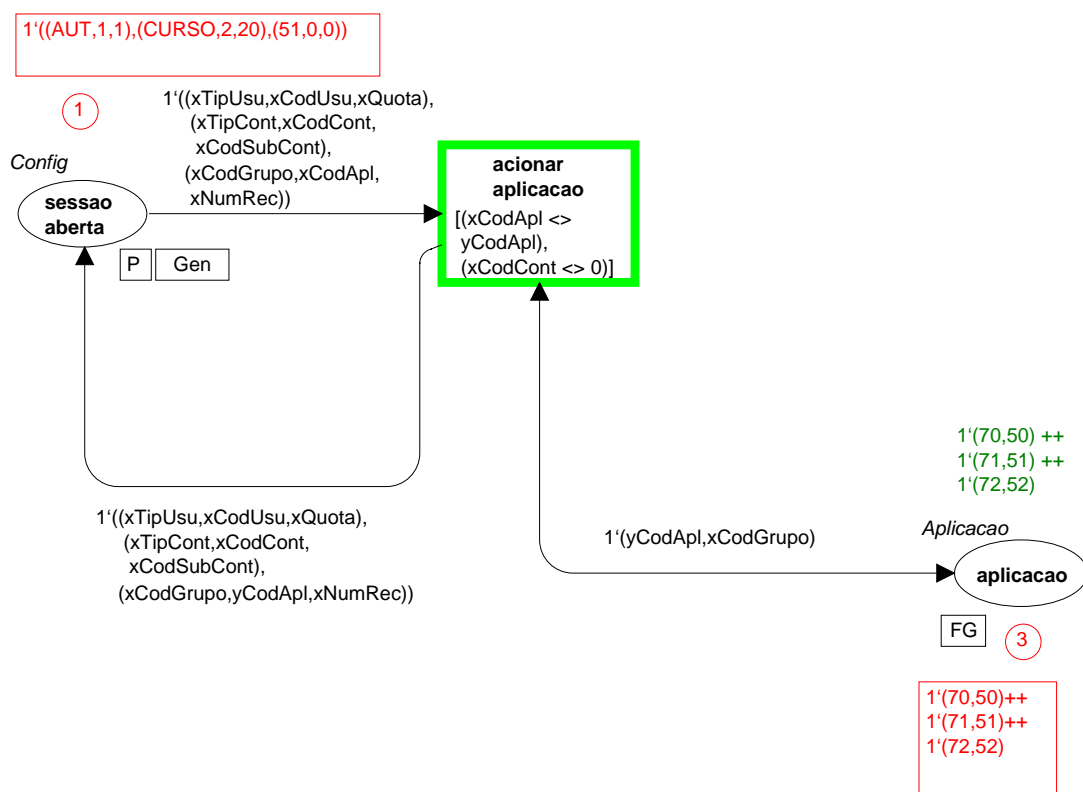


Figura 6-20 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para acionamento de aplicação

- **Acionamento de aplicação** – As Figuras 6-20 e 6-21 representam o acionamento de uma aplicação. Na Figura 6-20, a transição “acionar aplicação” está habilitada para uma sessão de um usuário do tipo Autor configurada para o CURSO número 2, Disciplina 20 e Grupo 51. Note que, no lugar “aplicação”, apenas a ficha colorida relativa à aplicação 71 habilita esta transição. A Figura 6-21 apresenta a marcação resultante após o disparo transição “acionar aplicação” apresentada na Figura 6-20. Note que, como resultado do disparo, a aplicação

acionada foi registrada na sessão do usuário (penúltimo campo da ficha colorida em “sessão aberta”).

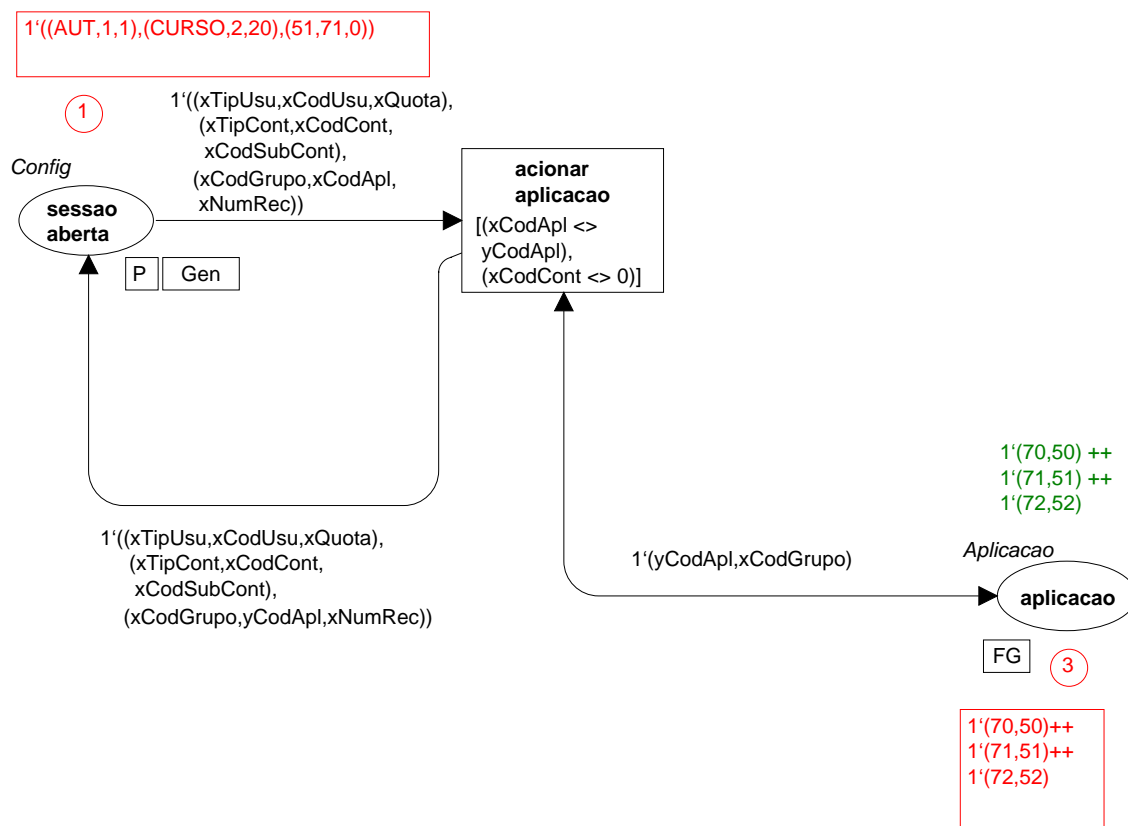


Figura 6-21 – Resultado do disparo da transição “acionar aplicação” a partir da marcação apresentada na Figura 6-20

- **Alocação de Recurso** – As Figuras 6-22 e 6-23 representam a alocação de um recurso. Na Figura 6-22, temos a transição “alocação de recurso” habilitada em função da existência de uma ficha colorida configurada para a aplicação 72 em “sessão aberta” e uma ficha colorida em “recurso” para esta aplicação (código 702). Este recurso é do tipo CONN (ver Subseção 6.5.4), portanto, a conexão só é possível porque o campo relativo ao número de conexões (terceiro campo da ficha colorida) é maior do que zero. Na Figura 6-23, temos o resultado do disparo da transição habilitada na Figura 6-22. O estado da rede sofreu as seguintes modificações:

- Na ficha colorida de “sessão aberta”, o campo relativo ao número de conexões abertas (último campo), foi incrementado em uma unidade;

- Uma ficha colorida foi inserida no lugar “rec. alocado”, indicando que o recurso 702 foi alocado pelo usuário 1;
- A ficha colorida relativa ao recurso 702 (no lugar “recurso”) teve o terceiro campo, relativo ao numero de conexões ainda possíveis, decrementado de uma unidade. Como o valor anterior era 1, este recurso não poderá mais ser alocado, a menos que seja liberado por um dos usuários que o tenha sob alocação. A liberação restitui a quantidade de alocações possíveis (ver Subseção 6.5.5).

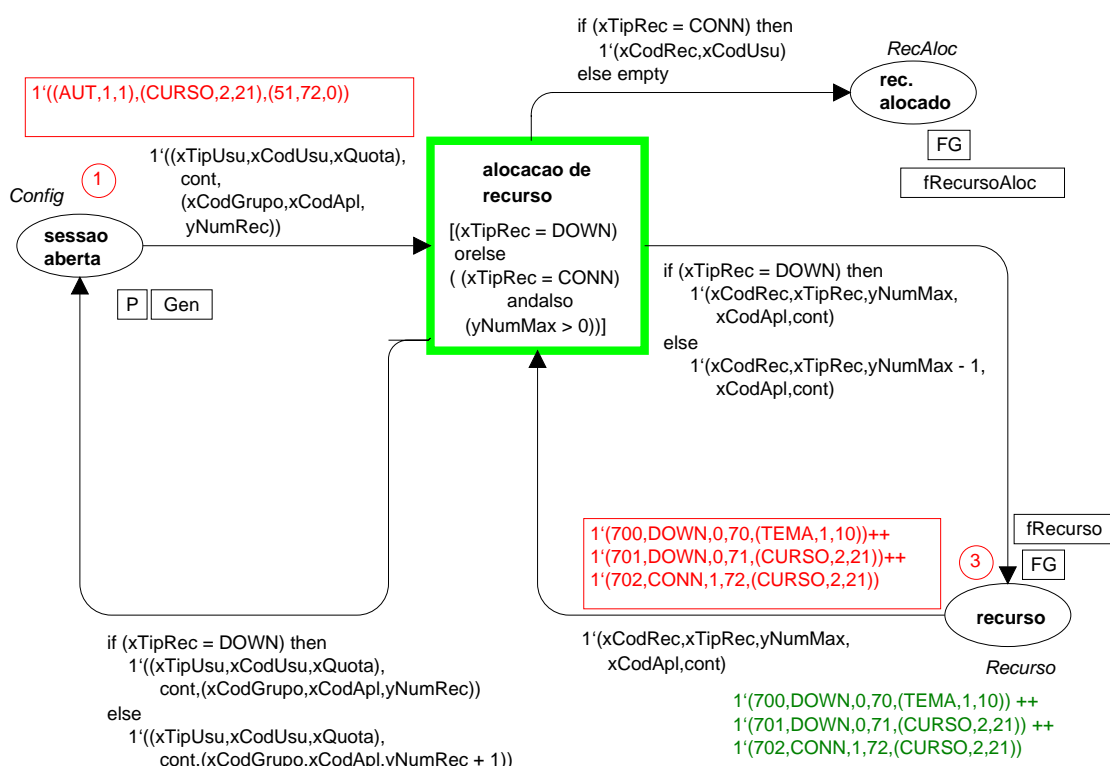


Figura 6-22 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para alocação de recurso

Note que, como não há mais possibilidades de conexão com o recurso 702, a transição “alocação de recurso” não está mais habilitada para o usuário representado pela ficha única em “sessão aberta”.

Note que, na Figura 6-25, o transição “publicar_2 em curso/disciplina” continua habilitada, já que ainda existe quota no Curso 2 para publicação.

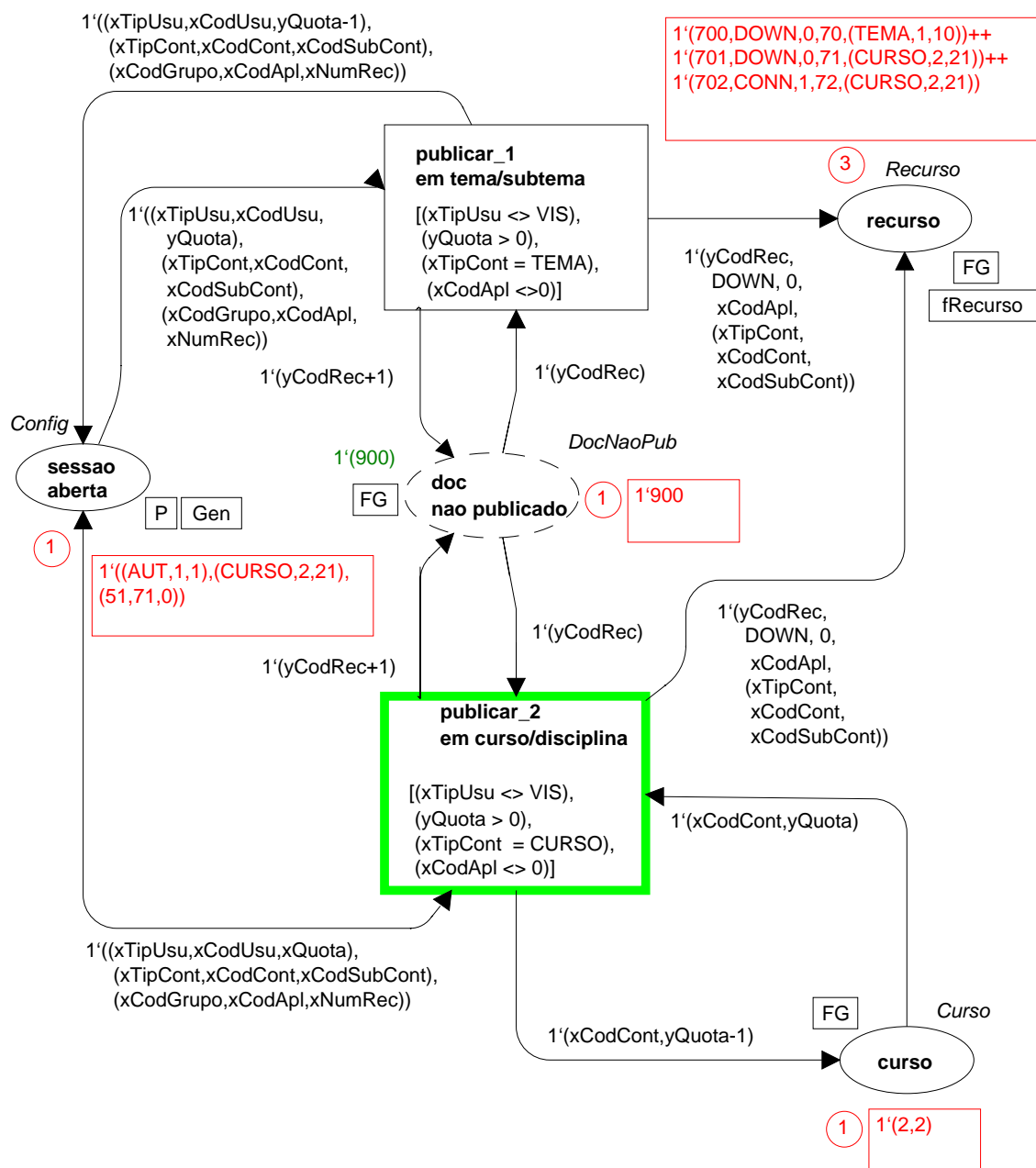


Figura 6-24 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para publicação de um documento em um Curso

- Um documento com de código 900 foi publicado, conforme representa a inserção de uma nova ficha colorida no lugar “recurso”. O contexto deste novo documento é o Curso 2, Disciplina 21;

- O lugar “doc. não publicado” tem o valor de sua única ficha incrementado em uma unidade, indicando o código que será recebido pela próxima publicação.

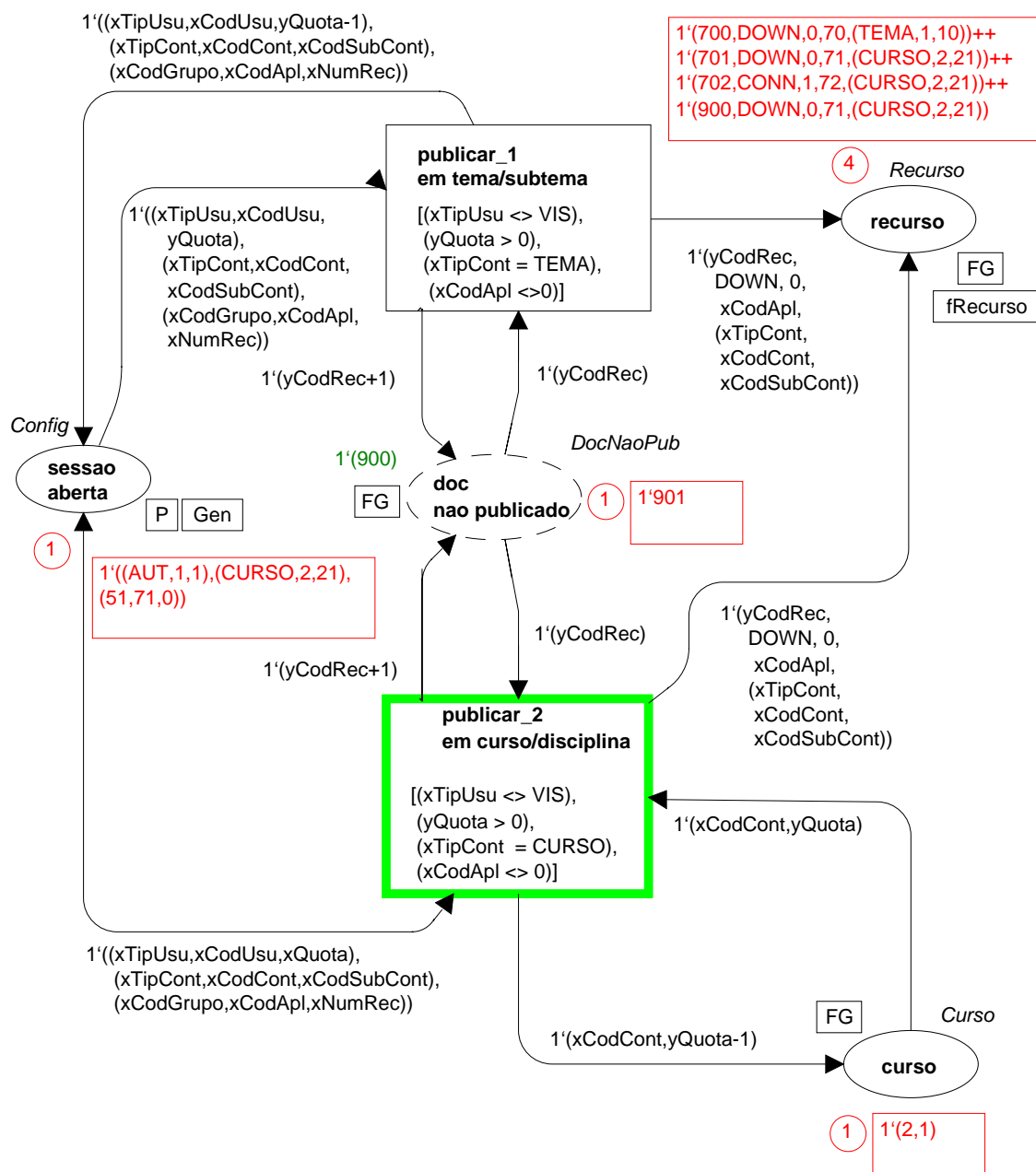


Figura 6-25 – Resultado do disparo da transição “publicar documento em curso” a partir da marcação apresentada na Figura 6-24

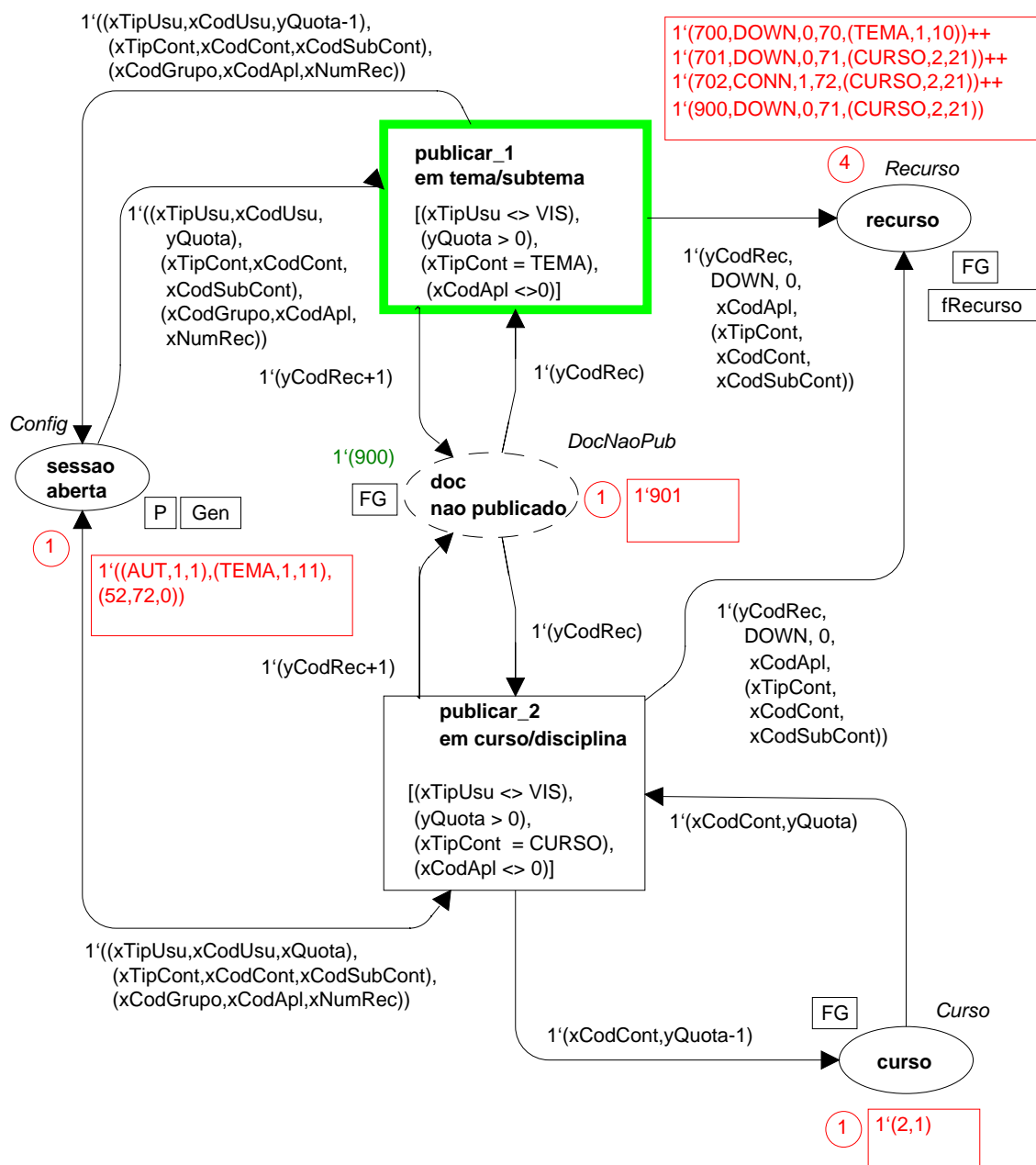


Figura 6-26 – Sessão aberta para um usuário do tipo Autor com transição habilitada para publicação de um documento em um Tema

- **Publicação de documento em um Tema** – As Figuras 6-26 e 6-27 representam a publicação de um documento em um Tema. Na Figura 6-26, temos a transição “publicar_1 em tema/subtema” habilitada para um usuário do tipo Autor representado por uma ficha colorida no lugar “sessão aberta”. A sessão está configurada para o Tema 1 e a Disciplina 11. A habilitação da transição “publicar_1 em tema/subtema” está sendo garantida pela presença da ficha

correspondente a um Tema e pela quota do usuário com o valor 1 (terceiro campo da ficha colorida em “sessão aberta”). Com esta marcação, a transição “publicar em curso/disciplina” não está habilitada, pois, desta vez, o único usuário representado no lugar “sessão aberta” não está configurado para um Curso, mas para um Tema. Após o disparo da transição habilitada na rede da Figura 6-26, a rede assume o estado apresentado na Figura 6-27. Nesta rede, as seguintes alterações podem ser verificadas:

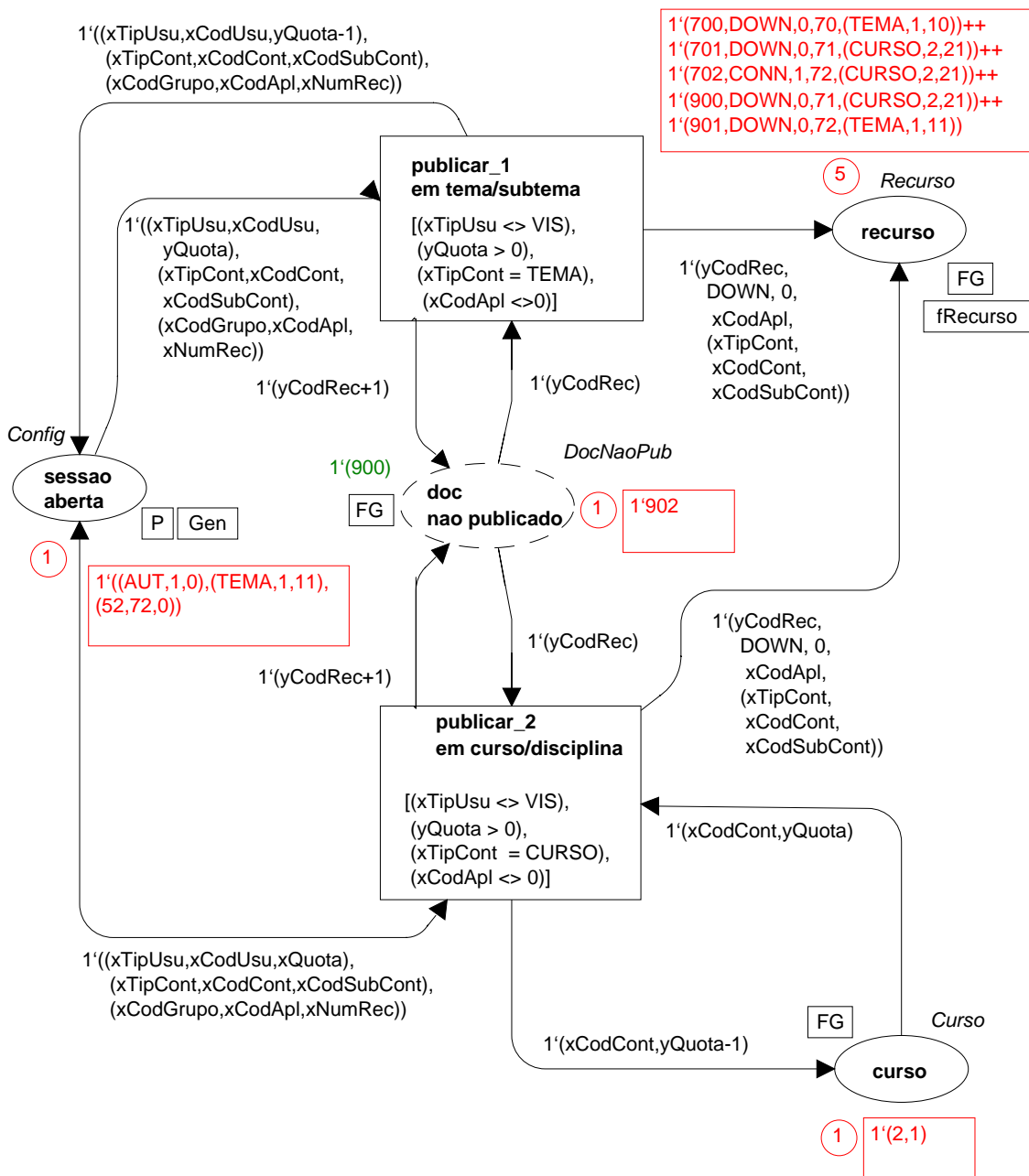


Figura 6-27 – Resultado do disparo da transição “publicar documento em tema” a partir da marcação apresentada na Figura 6-26

- A quota do usuário disponível para a publicação em Temas foi diminuída em uma unidade;
- Um documento com de código 901 foi publicado, conforme representa a inserção de uma nova ficha colorida no lugar “recurso”. O contexto deste novo documento é o Tema 1, Subtema 11;
- O lugar “doc. não publicado” tem o valor de sua única ficha incrementado em uma unidade, indicando o código que será recebido pela próxima publicação.

Na Figura 6-27, vemos que a transição “publicar em tema/subtema” não está mais habilitada, já que a quota do usuário ficou com o valor zero.

6.7 – Análise do modelo pela geração do grafo de ocorrência

Um outro recurso para análise formal muito importante nas redes de Petri coloridas é a geração do grafo de ocorrência, que permite encontrar algumas propriedades da rede modelada, dentre elas, o seu conjunto de marcações alcançáveis. O *Design/CPN* fornece uma ferramenta específica para tal propósito. Grafos de ocorrência foram gerados para análise da rede hierárquica modela neste Capítulo, com a marcação inicial apresentada na Tabela 6-1.

Os lugares não citados na tabela 6-1 iniciam com a marcação zero (nenhuma ficha). Foram gerados grafos de ocorrência considerando dois tipos de usuários diferentes. Isto foi feito para que pudéssemos analisar o comportamento da rede para um Autor e para um Visitante. Para isso, somente a marcação do lugar “usuário pronto” foi modificada.

- Marcação I – um usuário do tipo Autor (código1) com quota de uma unidade, representado pela ficha colorida $I'(AUT, 1, 1)$ em “usuário pronto”.
O grafo de ocorrência para esta marcação foi gerado em 780 segundos, apresentando no relatório gerado as seguintes estatísticas:

Número de Nós: 8466
Número de Arcos: 85520
Status: completo

Um nó representa uma marcação alcançável, isto é, um estado que a rede pode assumir, e cada arco representa a ocorrência de uma transição, mudando a rede

de um estado para outro. O status completo significa que o grafo de ocorrência foi gerado completamente, apresentando todas as marcações alcançáveis a partir da marcação inicial definida.

Lugar	Marcação Inicial
usuário pronto	Esta marcação foi modificada para cada grafo de ocorrência gerado.
tema	um Tema com o código 1 $I'(1)$
subtema	Subtemas 10 e 11 para o Tema 1 $I'(1,10) ++ I'(1,11)$
curso	Curso 2 com a quota de 2 unidades $I'(2,2)$
disciplina	Disciplinas 20 e 21 do Curso 2 $I'(2,20) ++ I'(2,21)$
grupo	Grupo 50 para o Tema 1, Grupo 51 para o Curso 2 e Grupo 52 para o Tema 1 e Curso 2. $I'(50,TEMA,1) ++ I'(51,CURSO,2) ++ I'(52,TEMA,1) ++ I'(52,CURSO,2)$
aplicação	aplicação 70 para o Grupo50, aplicação 71 para o Grupo 51 e aplicação 72 para o Grupo 52. $I'(70,50) ++ I'(71,51) ++ I'(72,52)$
recurso	recurso 700 do tipo documento da aplicação70 para o tema 1, subtema 10; recurso 701 do tipo documento da aplicação 71 para o Curso 2, Disciplina 21 e; recurso 702 do tipo conexão da a aplicação 72 para o Curso 2, Disciplina 21. $I'(700,DOWN,0,70,(TEMA,1,10)) ++ I'(701,DOWN,0,71,(CURSO,2,21)) ++ I'(702,CONN,1,72,(CURSO,2,21))$
doc não publicado	uma ficha com o código 900 para a próxima publicação $I'(900)$

Tabela 6-1 – Marcação inicial usada para as simulações e para a geração dos grafos de ocorrência

Analisando o relatório do grafo de ocorrência para a marcação I, podemos observar que:

1. não existem marcações mortas, ou seja, a rede não apresenta bloqueios;
 2. todas as transições da rede foram disparadas pelo menos uma vez, significando que o usuário teve acesso a todos os recursos;
 3. como só um usuário foi considerado para a geração do grafo, o lugar “sessão aberta” apresentou 1 como marcação máxima e zero como marcação mínima (*boundedness properties*). Apesar disso, a única ficha colorida em “sessão aberta” apresentou 66 estados diferentes, mostrando o número de configurações que o usuário pode alcançar, apesar de uma marcação inicial pequena, com poucos contextos (1 Curso, 2 Disciplinas, 1 Tema e 2 Subtemas), 3 aplicações e 3 recursos;
 4. o lugar “recurso” apresentou como marcação mínima 3 fichas (a marcação inicial) e máxima 6. Esta marcação máxima explica-se pela utilização da cota do usuário para publicação (uma unidade) e da quota do Curso 2 (duas unidades). Como um documento pode ser publicado para qualquer combinação contexto/subcontexto, as fichas depositadas neste lugar podem assumir até 28 estados diferentes;
 5. O lugar “rec. alocado” apresentou como marcação máxima 1, já que na marcação inicial definida, um único recurso aceitava uma única conexão;
 6. Os lugares “grupo”, “curso”, “disciplina”, “tema”, “subtema” apresentaram marcações mínimas e máximas iguais, já que a rede não modela a publicação de contexto. A marcação destes lugares, portanto, nunca mudou, exceto para o lugar “curso”, onde a quota para publicação foi consumida.
- Marcação II – um usuário do tipo Visitante (código 2) e, portanto, sem quota, representado pela ficha $I'(VIS, 2, 0)$ em “usuário pronto”.

O grafo de ocorrência para esta marcação foi gerado em apenas 1 segundo, apresentando as seguintes estatísticas:

Número de Nós: 10
 Número de Arcos: 59
 Status: completo

A diferença dos números foi bastante elevada com relação aos apresentados pela marcação I, apesar da única diferença entre as duas marcações ser o tipo de usuário. Isto mostra que as possibilidades de interação de um usuário do tipo Visitante são bastante limitadas no ambiente.

Analisando o relatório do grafo de ocorrência para a marcação II, podemos observar que:

1. com relação às propriedades de vivacidade (*liveness properties*), o relatório do grafo de ocorrência mostrou que, para esta marcação, a rede apresentou as seguintes transições mortas:
 - “mudar curso/disciplina” na subrede “Configuração”. Isto mostra que um Visitante não tem acesso a Cursos, podendo navegar apenas em Temas;
 - “liberar recurso” na subrede “Liberação”. Isto ocorreu porque o único recurso definido na marcação inicial que aceita conexões (tipo CONN) foi disponibilizado para o Curso 2. Como Visitantes não têm acesso a Cursos, este recurso não pode ser alocado e, portanto, a transição referente a liberação de recursos nunca ocorrerá para esta marcação;
 - “publicar_1 em tema/subtema” e “publicar_2 em curso/disciplina” na subrede “Publicação”. Visitantes não podem fazer qualquer tipo de publicação.
2. como só um usuário foi considerado para a geração do grafo, da mesma maneira que na marcação I, o lugar “sessão aberta” apresentou também 1 como marcação máxima e zero como marcação mínima (*boundedness properties*). A ficha colorida em “sessão aberta”, para esta marcação, apresentou apenas 9 estados diferentes, apesar de terem sido utilizados os mesmos contextos, aplicações e recursos apresentados na marcação I;
3. o lugar “recurso” apresentou marcações mínima e máxima iguais a 3 fichas (a marcação inicial), mostrando que um Visitante não faz publicações;
4. O lugar “rec. alocado” apresentou como marcação máxima 0 (ver justificativa no item 2);

6.8 – Considerações Finais

Além das simulações e análises apresentadas neste Capítulo, foram feitas outras simulações a partir de outras marcações iniciais, considerando-se a existência de vários usuários. Nas diversas situações, o modelo sempre apresentou o comportamento esperado.

Baseado neste modelo, nas especificações estabelecidas e em discussões com os grupos de pesquisa ligados ao projeto INVENTE no CEFET-CE e ao projeto VDL (*Virtual Distance Learning*) na Universidade Federal do Ceará – UFC, foi desenvolvido um protótipo do Núcleo de Gestão com algumas aplicações agregadas. O Capítulo 7 aborda a arquitetura de agregação de aplicações ao Núcleo de Gestão e apresenta algumas aplicações adicionadas ao protótipo.

Capítulo 7

Agregando Ferramentas ao INVENTE

7.1 – Introdução

Conforme discutido nos Capítulos anteriores, as aplicações agregadas ao ambiente de Educação à Distância proporcionado pelo INVENTE podem ser concebidas, modeladas e implementadas de forma independente, atendendo aos critérios de agregação estabelecidos pelo Núcleo de Gestão. Este Capítulo trata da arquitetura de agregação de aplicações ao INVENTE. São apresentadas as aplicações fundamentais, essenciais para o funcionamento mínimo do sistema e, também, algumas aplicações desenvolvidas especialmente para este ambiente, formando um conjunto básico de ferramentas agregadas ao protótipo do Núcleo de Gestão.

7.2 – Arquitetura de Agregação

O Núcleo de Gestão do INVENTE é baseado em tecnologia Web e, portanto, a infra-estrutura de rede para este ambiente deve prover suporte ao TCP/IP (ver arquitetura do INVENTE – Figura 4-2, Capítulo 4). Apesar disso, o INVENTE não se limita às aplicações Internet, podendo fornecer, através da interface Web, acesso a aplicações externas que podem utilizar outras tecnologias. Isto é possível através da configuração de tipos MIME especiais na tabela do servidor e do browser Web. A arquitetura de agregação de aplicações ao INVENTE pode ser vista na Figura 7-1.

Em princípio, qualquer aplicação cliente/servidor pode ser acionada através do Painel de Navegação do INVENTE. Para isso, é necessário que:

1. O servidor da aplicação que será agregada esteja instalado em algum nó da rede;
2. Os documentos relativos à aplicação, os *applets Java* ou outro tipo de arquivo necessário ao funcionamento da aplicação estejam disponibilizados para distribuição (*download*) no servidor Web do INVENTE;
3. O browser cliente esteja configurado, quando necessário, para executar os *aplicativos auxiliares* (tipo MIME - ver Subseção 6.3.1) relativos às aplicações do INVENTE;

4. O servidor Web esteja configurado para os tipos MIME especiais que devem ser tratados pelos aplicativos auxiliares referenciados no item 3;
5. A aplicação esteja registrada no banco de dados do INVENTE, guardando os atributos necessários à criação de uma instância da *classe aplicação* (ver Figura 6-7, Capítulo 6). Esta aplicação deve estar associada a pelo menos um grupo de aplicações, para que possa ser apresentada no Painel de Navegação do INVENTE;
6. Na *tupla* relativa a esta aplicação, armazenada na Tabela de Aplicações no banco de dados do INVENTE, esteja registrada a URL que será utilizada no estabelecimento da requisição HTTP para o programa servidor intermediário da aplicação (geralmente um *servlet*).

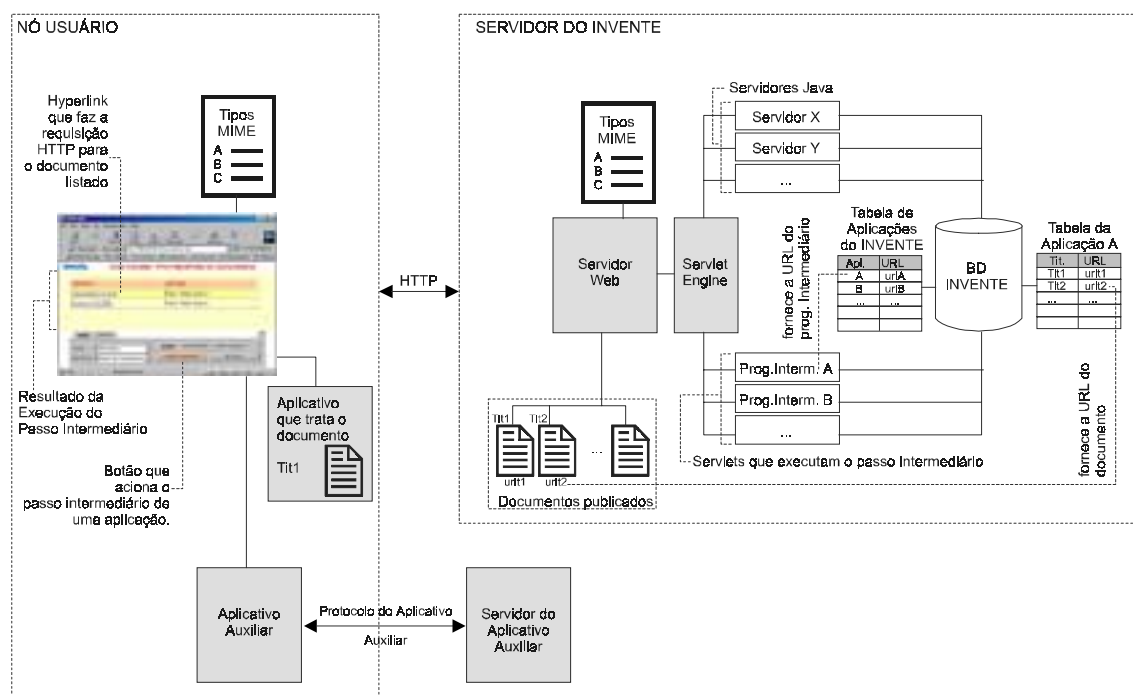


Figura 7-1 – Arquitetura de agregação de aplicações ao INVENTE

A Figura 7-1 mostra como as aplicações são agregadas ao modelo cliente/servidor Web utilizado pelo INVENTE. Embora o Java não seja uma condição necessária para a agregação de uma nova aplicação ao INVENTE, sendo a plataforma de desenvolvimento do Núcleo de Gestão (Anexo D) baseada nesta tecnologia, a

adaptação de programas servidores desenvolvidos nesta linguagem será bastante facilitada.

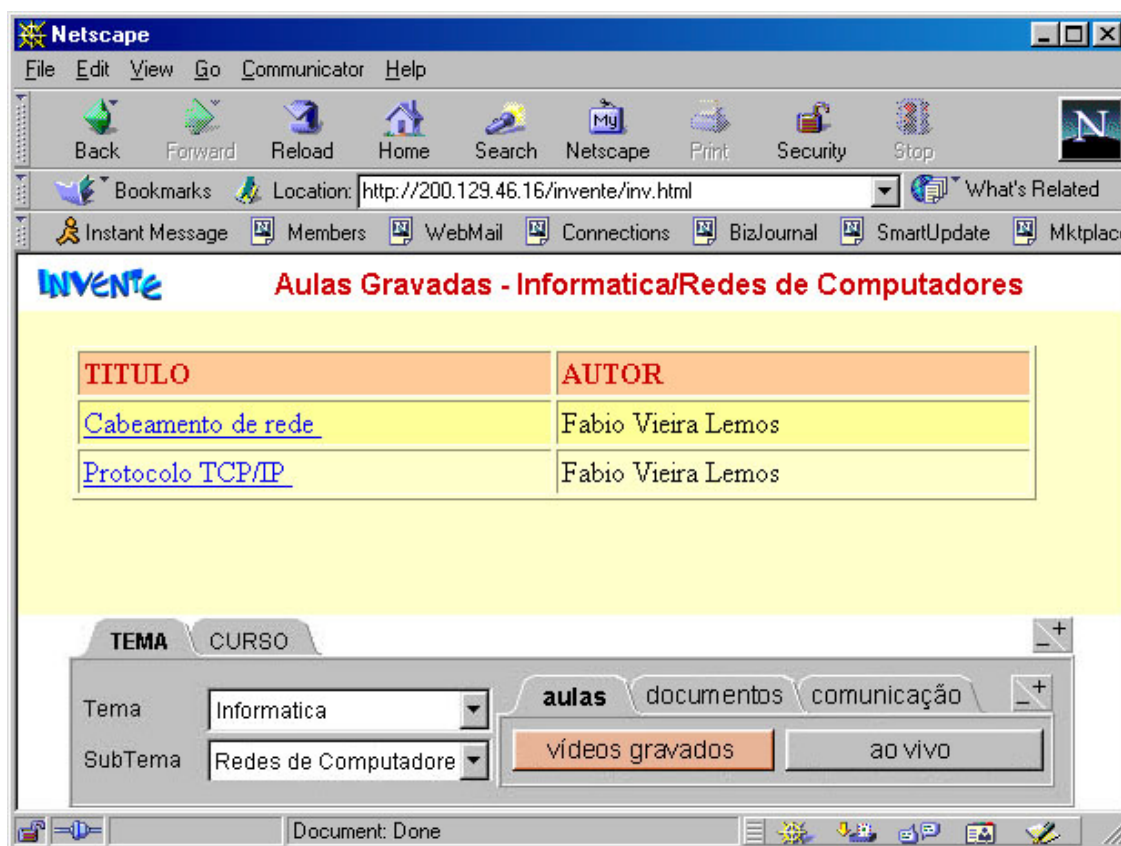


Figura 7-2 – Execução do passo intermediário para a aplicação “vídeos gravados”

Na Figura 7-1, podemos ver os servlets que efetuam o *passo intermediário* de uma aplicação. O passo intermediário corresponde ao *acionamento da aplicação*, modelado na Subseção 6.5.3, que é executado quando um botão do Painel de Navegação é pressionado. A idéia fundamental é que os documentos tratados pelas aplicações sejam organizados dentro do espaço de contextualização do INVENTE (Temas/Subtemas ou Cursos/Disciplinas). Estes programas intermediários possuem a função de selecionar os documentos publicados para o contexto configurado no Painel de Navegação que estão associados à aplicação acionada. A Figura 7-2 apresenta o resultado da execução do passo intermediário para a aplicação denominada “vídeos gravados”, disponibilizada no Painel de Navegação através do Grupo “aulas”. Foram apresentados os títulos disponíveis e associados à aplicação “vídeos gravados” para o contexto configurado no Painel de Navegação, isto é, para o Tema “Informática” e subtema “Redes de Computadores”. A aplicação é efetivamente executada através do

acionamento dos *hyperlinks* apresentados no *browser* do usuário como resultado do passo intermediário, provocando a abertura de uma nova janela ou a execução de um *aplicativo auxiliar*. Esta operação corresponde à *alocação de recurso*, modelada na Subseção 6.5.4. A Figura 7-3 mostra a janela aberta para o vídeo “Protocolo TCP/IP”, após o acionamento do *hyperlink* respectivo no browser do usuário.

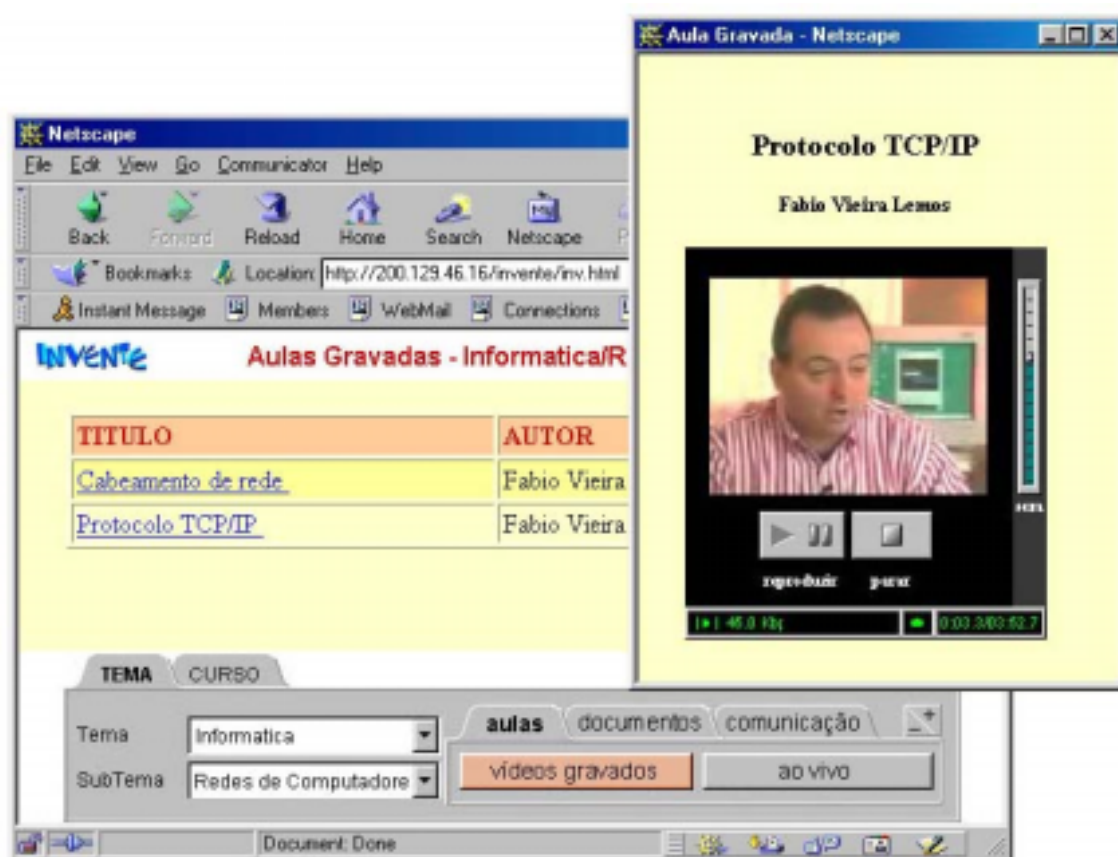


Figura 7-3 – Execução do vídeo gravado com o título “Protocolo TCP/IP”

Algumas aplicações podem não tratar documentos, como é o caso de um serviço de *chat*. Ainda assim, é possível e desejável que estes tipos de aplicações beneficiem-se do espaço contextual proporcionado pelo ambiente. Aplicações deste tipo são apresentadas na Seção 7.5.

A arquitetura do INVENTE não impede que sejam agregadas aplicações que não utilizem o *passo intermediário*. Neste caso, o acionamento da aplicação no Painel de Navegação teria como resultado a abertura direta de um programa cliente. Ainda assim, como o Núcleo de Gestão é baseado em tecnologia Web, uma requisição HTTP será responsável pela criação da janela deste programa. No caso de *aplicativos*

auxiliares, é necessária a existência de algum tipo de documento ou arquivo gravado no servidor Web para que se possa fazer a identificação do tipo MIME no cabeçalho da resposta e, conseqüentemente, seja acionada a aplicação. Após aberto o *aplicativo auxiliar*, uma conexão independente pode ser estabelecida entre o este aplicativo e um servidor diferente do servidor do INVENTE, como mostra a Figura 7-1.

Servidores construídos em JAVA são facilmente adaptáveis a *servlets*, como ilustrado na Figura 7-1, e podem ser iniciados durante a carga do *servlet engine*, executando de forma persistente na máquina servidora do INVENTE.

7.3 - Estrutura de armazenamento das publicações

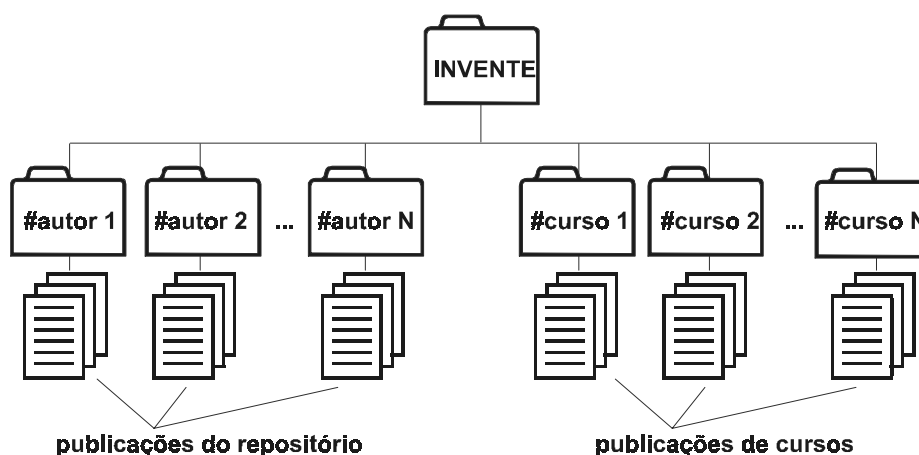


Figura 7-4 - Estrutura de Diretórios usada no servidor do INVENTE

O banco de dados do INVENTE foi projetado para armazenar as URLs e não as próprias mídias publicadas. Isto possibilita um gerenciamento mais simples e uma menor dependência de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) específico. A estrutura de física (diretórios) utilizada para organizar os documentos no INVENTE independe da estrutura lógica, baseada em Temas/Subtemas e Cursos/Disciplinas. A Figura 7-2 apresenta o esquema de hierarquia de diretórios utilizado. A raiz da estrutura de diretórios, chamada INVENTE, deve ser localizada abaixo do diretório de raiz usado pelo servidor Web. Para cada Autor registrado, um subdiretório (ou pasta) do diretório INVENTE é criado. A identificação desse subdiretório é o código do usuário, usado como chave primária da tabela respectiva no banco de dados. As publicações dos Autores serão, então, armazenadas em seus próprios diretórios, facilitando a

administração de quotas e recursos publicados pelo Autor, sem comprometer a organização lógica do repositório de materiais.

Como possuem quotas específicas (ver modelagem na Subseção 6.5.6), os cursos publicados também contam com seu próprio espaço na estrutura de diretórios, como pode ser visto na Figura 7-4.

7.4 – Serviços Fundamentais do INVENTE

São considerados serviços fundamentais aqueles que permitem a organização do espaço contextual do ambiente, bem como a publicação e o acesso aos documentos do INVENTE. O *serviço de publicação de contexto*, o *serviço de publicação de documentos* e o *serviço básico de acesso aos documentos publicados* fornecem o mínimo indispensável para o funcionamento do INVENTE.

7.4.1 – Serviço de Publicação de Contexto

Como discutido no Capítulo 5, a fim de prover a organização e reorganização dinâmica do ambiente [Maçada98], promovendo a participação dos usuários no processo de tomada de decisões, a criação e a oferta de Cursos, Temas e Subtemas no INVENTE não é uma tarefa atribuída aos Administradores, já que isso imputaria ao ambiente uma forma hierárquica rígida. A Figura 7-5 apresenta o diagrama com as classes envolvidas no sistema de votação para publicação de contexto. As classes apresentadas no diagrama da Figura 7-5 são descritas em seguida. O diagrama apresenta apenas os atributos e operações mais significativos.

- *Autor* – classe que representa as instâncias relativas aos Autores do INVENTE. Os Autores possuem permissão para submeter requisições com propostas de alteração para a estrutura organizacional do ambiente, bem como para votar em uma proposta submetida;
- *ContextoSub* – classe abstrata que representa de maneira genérica a submissão de uma requisição. As classes *TemaSub*, *SubTemaSub* e *CursoSub* representam a especialização desta classe, representando efetivamente o tipo de requisição submetida. O método publicar é abstrato e deve ser implementado pelas classes herdeiras.

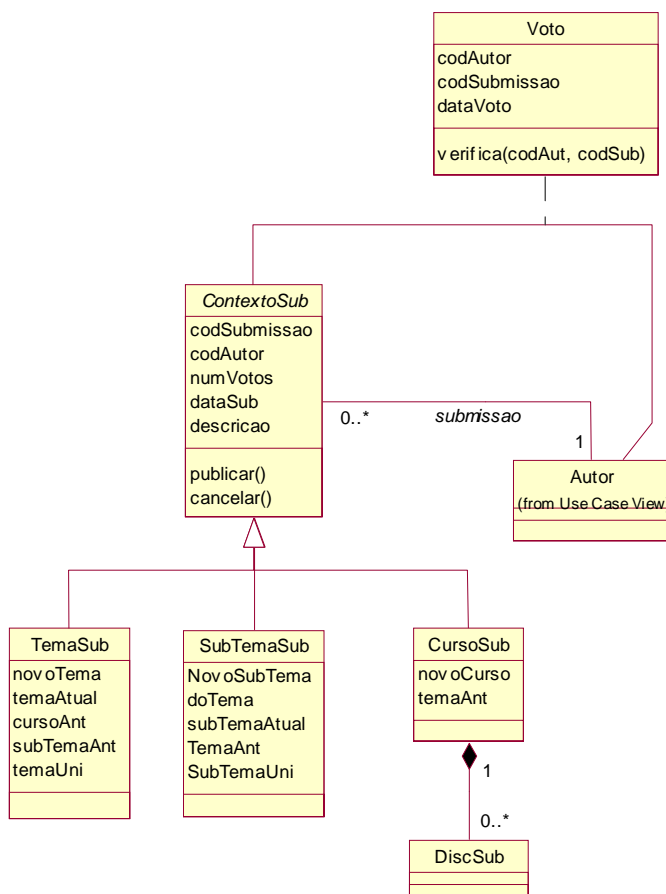


Figura 7-5 – Classes envolvidas na publicação de contexto

- *TemaSub* – classe que representa as seguintes submissões relativas a criação ou atualização de Temas:
 - Criar um novo Tema (*novoTema*);
 - Transformar um Curso (*cursoAnt*) em um Tema (*novoTema*);
 - Transformar um Subtema anterior (*subTemaAnt*) em um novo Tema (*novoTema*);
 - Unir um Tema (*temaAtual*) a um outro Tema existente (*temaUni*).
- *SubTemaSub* – classe que representa as seguintes submissões relativas à criação ou atualização de Subtemas:
 - Criar um novo Subtema (*novoSubTema*) de um Tema existente (*doTema*);
 - Transformar um Tema (*temaAnt*) em um Subtema de um Tema existente (*doTema*);

- Unir um Subtema (*subTemaUni*) a um outro Subtema existente (*subTemaAtual*).
- *CursoSub* – classe que representa as seguintes submissões relativas à criação ou atualização de Cursos:
 - Criar um novo Curso (*novoCurso*);
 - Transformar um Tema (*temaAnt*) em um novo Curso (*novoCurso*).
- *DiscSub* – classe que representa as Disciplinas propostas para um novo Curso. Se o novo Curso associado foi submetido como pedido de transformação de um Tema em Curso, os Subtemas serão considerados como as Disciplinas para este novo Curso.
- Voto – classe de associação que registra os votos efetuados pelos Autores. Os votos são mantidos de forma persistente para que um Autor não vote mais de uma vez na mesma submissão. Um voto será mantido até que a submissão ao qual está associado seja publicada ou cancelada.

A quantidade de votos necessários para que uma requisição seja realizada é baseado em um parâmetro registrado em um arquivo de configuração, mantido no servidor do INVENTE (*invente.config*). Um *servlet* (*servContexto*) verifica diariamente a quantidade de votos recebidos para uma requisição. Alcançada a quantidade necessária, a requisição é efetivada. As requisições possuem um prazo de validade. Esta informação é também obtida no arquivo de configuração. Passado o período de validade, a requisição é cancelada.

7.4.2 – Serviço de Publicação de Documentos

O serviço de publicação de documentos no INVENTE (*upload*) é realizado por um *servlet*. Este *servlet* recebe, além do arquivo a ser armazenado, alguns dados relativos à configuração da sessão do usuário. Estas informações são utilizadas para definir o local onde o documento será efetivamente gravado (ver Seção 7.3) e a qual aplicação do ambiente o documento será associado. É possível ao Autor enviar arquivos compactados (com a extensão *.zip*) e pedir que estes sejam descompactados no servidor. Desta maneira, é fácil publicar, por exemplo, um sítio composto por várias páginas HTML que utilizem diversas figuras no formato GIF ou JPG, sem que seja necessário enviar um arquivo de cada vez.

Os documentos publicados no INVENTE podem ser associados a algum tipo de aplicação, representada por um botão no Painel de Navegação (ver Subseção 6.4.1) ou podem ser publicados somente para o contexto, sem levar em conta um tipo específico de aplicação. Todas as aplicações que manipulam algum tipo de documento publicado no INVENTE efetuam o *passo intermediário*, discutido na Seção 7.1. O acionamento do serviço de publicação de documentos para uma aplicação é efetuado através de um *hyperlink* inserido na página HTML, gerada no *passo intermediário*. Acionando este *hyperlink*, um formulário HTML é apresentado ao usuário em uma nova janela do browser para que sejam dadas as informações específicas da publicação a ser efetuada. As informações relativas ao contexto (Tema/Subtema ou Curso/Disciplina), sob o qual o documento será publicado, não são fornecidas pelo usuário, mas obtidas diretamente da configuração da sessão do usuário (ver *publicação de documentos* na Subseção 6.5.6 e a simulação da publicação na Seção 6.6).

O diagrama da Figura 7-6 apresenta as classes envolvidas na publicação de documentos. Apenas alguns atributos mais significativos foram apresentados.

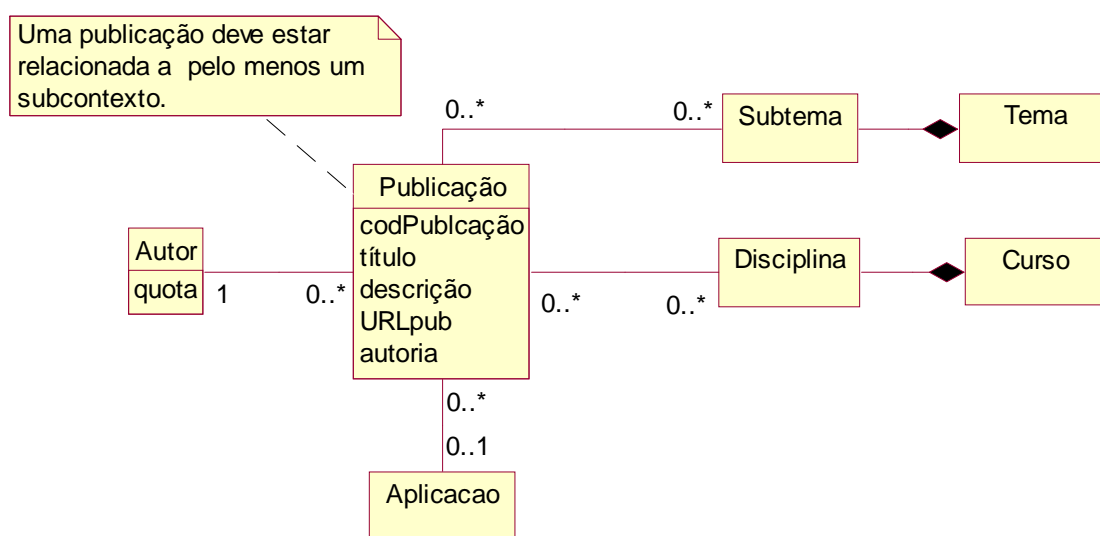


Figura 7-6 – Classes envolvidas na publicação de documento

A classe *Publicação* representa os documentos publicados no INVENTE. Cada instância desta classe contém informações sobre o documento publicado, incluindo a URL usada para acesso à mídia que fica armazenada no servidor. Toda publicação deve estar associada a, no mínimo, um contexto. Note que, a associação entre as classes *Autor* e *Publicação* representa apenas a responsabilidade pela publicação. A autoria de

um documento é indicada, de fato, no atributo *autoria* (da classe Publicação), visto que um Autor pode publicar documentos com outros co-autores ou, ainda, de autoria de terceiros.

As classes Aplicação, Autor, Subtema, Tema, Curso e Disciplina foram apresentadas no modelo conceitual, apresentado na Seção 5.7.

7.4.3 – Serviço Básico de Acesso aos Documentos Publicados

O INVENTE conta com um serviço básico que tem por função listar todas as publicações efetuadas para um determinado contexto, sem considerar as aplicações para as quais estas publicações foram efetuadas (ver Subseção 7.4.2). Quando um usuário aciona este serviço, uma requisição HTTP é feita para um *servlet*. Este *servlet* recebe as informações relativas à configuração do Painel de Navegação e seleciona todos os documentos registrados para o contexto configurado. A lista com os documentos selecionados é formatada e apresentada no *browser* do usuário (*passo intermediário*, discutido na Seção 7.1). Não há nenhuma informação prévia sobre o tipo de mídia dos documentos relacionados nesta lista. Ainda assim, estes documentos são formatados em uma tabela como *hyperlinks*, apontando para a URL do arquivo gravado no servidor do INVENTE (ver Seção 7.3). Ao final desta lista, é apresentado outro *hyperlink* que permite ao usuário acionar o *serviço de publicação de documentos*, apresentado na Subseção 7.4.2.

O *serviço genérico de publicação de documentos*, que acessa todos os documentos registrados para o contexto configurado no Painel de Navegação, independentemente do tipo de aplicação, pode ser especializado. Podemos conceber uma nova aplicação para tratamento de um determinado tipo de mídia e agregá-la ao Núcleo de Gestão do INVENTE. Isto pode ser feito através da especialização dos *servlets* envolvidos no *serviço básico de acesso aos documentos publicados*. Este novo *servlet*, quando acionado, selecionará apenas os documentos publicados para a nova aplicação e, da mesma maneira, proporcionará a publicação de documentos exclusivamente para esta aplicação. Para que esta aplicação seja apresentada no Painel de Navegação, uma nova instância da classe *Aplicação* será criada (ver modelo conceitual na Figura 5-4) e associada a um grupo de aplicações (classe *GrupoApl*). Um exemplo desta especialização será apresentado na Subseção 7.5.4.

É possível efetuar especializações que não sejam relacionadas a um tipo de mídia. Uma nova aplicação pode ser especializada para relacionar publicações, no *passo intermediário*, pela funcionalidade (por exemplo, provas, apostilas ou lições). Neste caso, esta aplicação não dependeriam especificamente do tipo de arquivo ou do aplicativo necessário para tratar este documento. Outras variantes deste serviço básico podem ser especializadas, ainda, para listar documentos independentemente do contexto. Por exemplo, um Autor pode desejar listar todos os documentos publicados sob sua responsabilidade ou sob a responsabilidade de outro Autor.

É importante frisar que o documento é sempre associado à aplicação através da qual o *serviço de publicação* foi acionado. Portanto, se um documento for publicado através da página gerada pelo *passo intermediário* do *serviço básico de acesso aos documentos*, não será possível vê-lo através do *passo intermediário* de qualquer outra aplicação agregada ao Núcleo de Gestão. Entretanto, um documento publicado através do *passo intermediário* de qualquer outra aplicação poderá sempre ser visto através do *serviço básico de acesso aos documentos*, já que este apresenta todos os documentos publicados para um contexto, independentemente da aplicação.

7.5 – Outras Aplicações Agregadas ao Protótipo

Algumas aplicações vem sendo agregadas ao INVENTE de forma a construir um conjunto básico de ferramentas. Estas aplicações são apresentadas a seguir dando-se ênfase à integração de cada uma ao Núcleo de Gestão e não às suas respectivas arquiteturas internas.

7.5.1 – Serviço de Listas

Um Serviço de Listas foi desenvolvido especialmente para o INVENTE, de forma a explorar e tirar proveito do modelo organizacional do ambiente. Nesta aplicação, as Listas podem ser gerenciadas e construídas através de páginas dinamicamente geradas, com base no estado da sessão do usuário, configurada no Painel de Navegação. As Listas podem ser criadas para um contexto (Temas ou Cursos), para subcontexto (Subtemas ou Disciplinas) ou, de maneira geral, para o INVENTE. O *passo intermediário* (ver Seção 7.2) para esta aplicação é executado por um *servlet* que apresenta, em tabelas separadas, todas as Listas criadas para o Tema (ou Curso) configurado, para o Subtema (ou Disciplina) e para o INVENTE. A justificativa para este último tipo de Lista é a possibilidade de discussão de aspectos gerais no ambiente

virtual como, sem vínculo com um contexto publicado no ambiente. A página HTML formatada por este *servlet* no *browser* do usuário provê mecanismos para:

- criar uma nova Lista;
- efetuar a inscrição em uma Lista existente;
- efetuar o cancelamento de uma inscrição em uma Lista e ;
- enviar uma mensagem para uma Lista.

A grande diferença deste servidor de Lista para os convencionais é que todas as operações são sempre executadas dentro do contexto configurado no Painel de Navegação. Nestas Listas, um Autor é inscrito através do seu nome de usuário (*username*) e não através de um endereço eletrônico. Os endereços eletrônicos dos usuários inscritos nas Listas são obtidos através do banco de dados do INVENTE. Outra facilidade do Serviço de Listas do INVENTE é que as Listas criadas para um curso consideram previamente inscritos todos os Autores associados a este curso, não havendo necessidade de pedidos de inscrição.

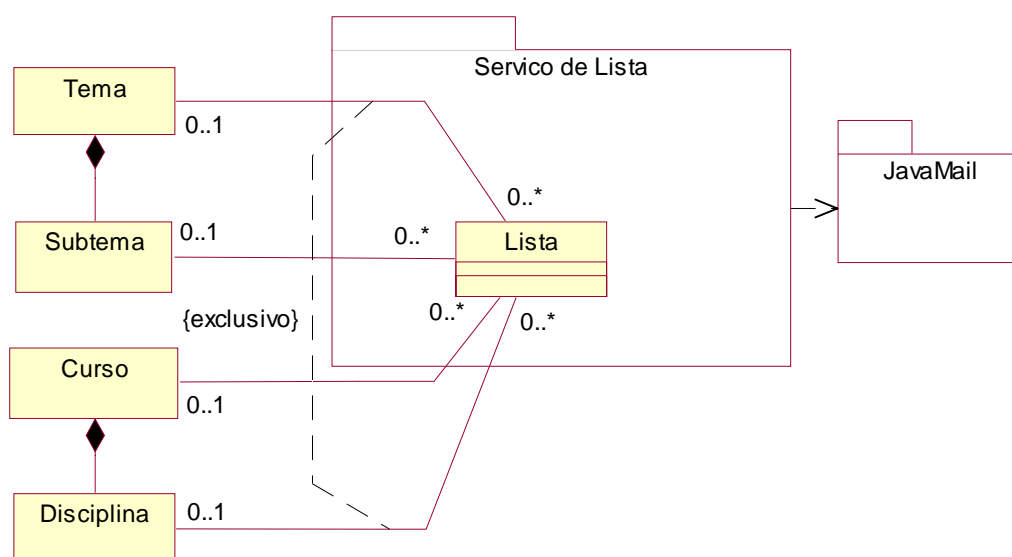


Figura 7-7 – Relacionamento entre o pacote do serviço de listas e os contextos do INVENTE

Além do programa intermediário, acionado a partir do Painel de Navegação, o Serviço de Listas conta com um servidor, responsável pela distribuição das mensagens recebidas pela Lista aos usuários da mesma. Este programa é também um *servlet*, mas

não precisa ser acionado através de uma requisição HTTP, já que é ativado automaticamente durante a carga do *servlet engine*, juntamente com o servidor Web. A recuperação e distribuição de mensagens feita por este servidor foram implementadas com a utilização da API *JavaMail* [Jmail99]. A Figura 7-7 ilustra a relação entre o pacote do serviço de listas e os temas e cursos do INVENTE.

O Diagrama da Figura 7-7 mostra a dependência entre o Serviço de Listas e o pacote que representa a API do JavaMail. Note que uma Lista é relacionada de forma exclusiva a um Tema, Subtema, Curso ou Disciplina e pode estar relacionada a zero ou, no máximo, um destes. A justificativa para o mínimo zero na multiplicidade é a possibilidade de existirem listas gerais (denominadas Listas do INVENTE) não relacionadas a nenhum contexto específico.

7.5.2 – Serviço de IRC

Nos mesmos moldes do Serviço de Listas, um Serviço de IRC (*Internet Relay Chat*) foi adaptado ao modelo de organização do INVENTE. O Serviço de IRC é baseado, também, na plataforma Java, utilizando dois *servlets*: um que funciona como *programa intermediário* e outro como servidor. Este serviço foi baseado em uma aplicação de *chat* implementada por Cristian Bogdan [Bogdan99], do *Royal Institute of Thechnology*, Suécia. Esta aplicação foi adaptada ao INVENTE através das seguintes alterações:

- As salas de *chat* são agrupadas em função do contexto, sendo utilizadas portas⁸ diferenciadas. No INVENTE, as salas são divididas por Subtemas, Tema, Cursos, Disciplinas e salas gerais do INVENTE, sendo esta última divisão independente do contexto. São alocadas portas para cada contexto, cada subcontexto e uma para as salas gerais do INVENTE.
- Foi criado o *passo intermediário* para o serviço de chat que formata uma página HTML contendo as seguintes informações:
 - as salas abertas para o contexto configurado (Tema ou Curso);
 - as salas abertas para o subcontexto configurado (Subtema ou Disciplina);

⁸ A porta é parte de um SAP (*Service Access Point*) de transporte, cujo formato é “endereço IP + porta”. Exemplo: “200.129.46.16:8080” - Endereço IP da estação 200.129.46.16, porta 8080.

- as salas gerais do INVENTE abertas.

Além disso, para cada um destes três grupos, existe a possibilidade de criação de uma nova sala.

- O programa cliente da aplicação original foi adaptado ao Núcleo de Gestão, não sendo necessário o fornecimento explícito do *nickname*, substituído pelo próprio nome do usuário (*username*). A escolha da sala, antes feita através do cliente da aplicação, é feita, agora, através da página HTML gerada pelo *passo intermediário*.
- O servidor da aplicação original, desenvolvido em Java, foi transformado em um *servlet*, podendo obter informações da base de dados do INVENTE através de métodos JDBC [Siple98]. Além disso, para cada grupo de salas, é instanciada um objeto da classe que gerencia as conexões e o *broadcast* para os usuários conectados em uma sala.

A Figura 7-8 ilustra a relação entre o pacote do serviço de IRC e os Temas e Cursos do INVENTE.

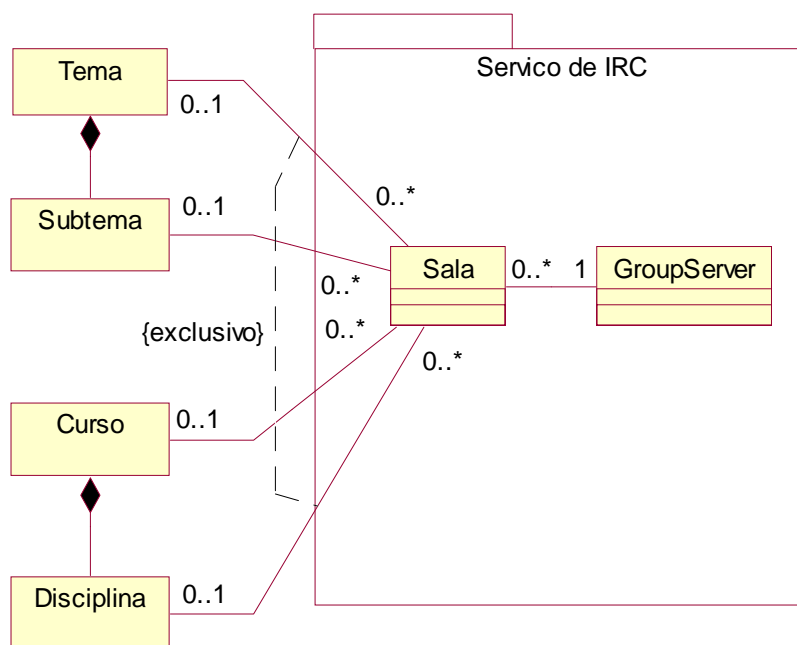


Figura 7-8 – Relacionamento entre o pacote do serviço de IRC e os contextos do INVENTE

No Diagrama da Figura 7-8, vemos que uma sala de *chat* é relacionada de forma exclusiva a um Tema, Subtema, Curso ou Disciplina. Uma sala pode estar relacionada a

zero ou, no máximo, um contexto ou subcontexto. O mínimo zero na multiplicidade é, como no serviço de Lista, justificado pela possibilidade de existir uma sala geral do INVENTE não associada a um contexto específico. Cada sala de *chat* é gerida por uma instância da classe *GroupServer* que, por sua vez, administra as salas associadas a uma porta particular. Para cada contexto do INVENTE, é instanciada uma classe de *GroupServer* que usa uma porta no servidor. Uma única instância de *GroupServer* administra as salas gerais do INVENTE.

7.5.3 – Serviço de Fórum

Novamente, nos moldes do Serviço de Listas, um Serviço de Fórum foi desenvolvido para o INVENTE. Um Fórum pode ser criado para um contexto (Tema ou Curso) ou subcontexto (Subtema ou Disciplina) publicado no ambiente. O *passo intermediário* (ver Seção 7.2) para o Serviço de Fórum é executado por um *servlet* que apresenta todos os Fóruns criados para o contexto e para o subcontexto configurado no Painel de Navegação do usuário. A página HTML formatada por este *servlet* no *browser* do usuário provê mecanismos para:

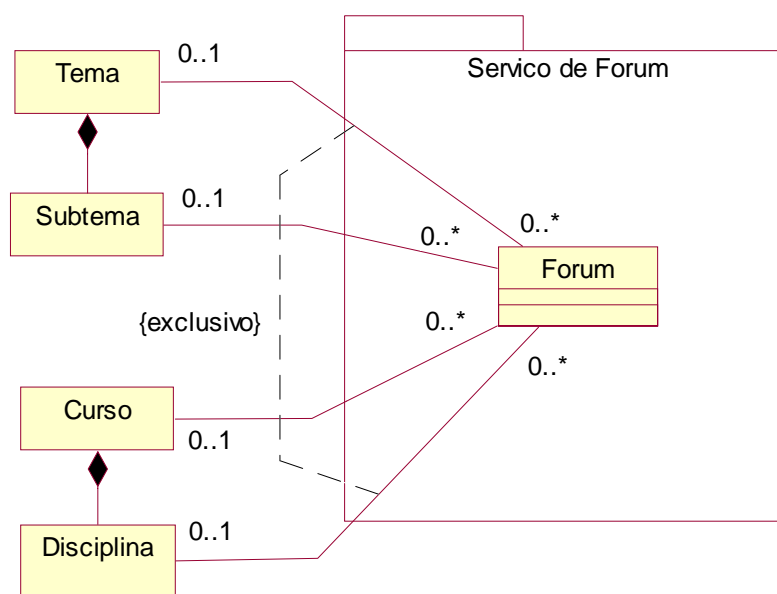


Figura 7-9 – Relacionamento entre o pacote do serviço de fórum e os contextos do INVENTE

- criar um novo Fórum;

- Submeter um artigo⁹ para registro em um Fórum aberto. Esta submissão pode estar vinculada ou não a um outro artigo registrado no Fórum;
- Gerar uma lista hierárquica dos artigos registrados em um Fórum;
- Consultar os artigos registrados no Fórum;

Todos os usuários possuem o direito de participar dos Fóruns aos quais tenha acesso. Desta forma, os Fóruns registrados para um Curso ou Disciplina só poderão ser utilizados por Autores que estejam matriculados ou sejam professores do Curso. Por outro lado, todos os Autores poderão participar de todos os Fóruns registrados para um Tema ou Subtema.

A Figura 7-9 ilustra a relação entre o pacote do serviço de fórum e os temas e cursos do INVENTE.

7.5.4 – Vídeos Gravados e Transmissão Ao Vivo

Foram agregadas ao Núcleo de Gestão duas aplicações envolvendo mídias de áudio e vídeo, ambas usando a tecnologia Real (*RealPlayer*, *RealServer* e *RealEncoder*).

A primeira aplicação, faz a distribuição simples de vídeos gravados, ficando os arquivos relativos às mídias armazenados no servidor do INVENTE. O *passo intermediário* apresenta as mídias publicadas especificamente para esta aplicação e para o contexto configurado no Painel de Navegação do usuário. A Figura 7-2, no início deste Capítulo, mostra um exemplo da execução do *passo intermediário* para esta aplicação. O *hyperlink* que ativa a o *player* para exibir um dos vídeos listados não utiliza diretamente a URL da mídia gravada no servidor. Na verdade, a URL utilizada para cada título listado no *passo intermediário* desta aplicação é única, mudando-se apenas os parâmetros, que são passados na requisição HTTP através do método GET, como no exemplo abaixo:

```
http://200.129.46.16/servlet/AulaGrv?CodOperacao=2&
Video=http://200.129.46.16/invente/metaf/metaf2.rpm&
titulo=Cabeamento+de+rede&autor=Fabio+Vieira+Lemos
```

⁹ Denominamos “artigo” qualquer forma de documento ou texto registrado por um Autor em um fórum aberto no INVENTE.

Os parâmetros passados nesta requisição são utilizados para formatação da página HTML, onde o *RealPlayer* é embutido e a mídia pode ser exibida. O segundo parâmetro desta URL (o parâmetro *Video*) é a URL do *metaarquivo*¹⁰, relativo ao título do *hyperlink* acionado. Após a requisição, uma nova janela do *browser* é aberta para que a mídia possa ser reproduzida (veja o exemplo na Figura 7-3). Note que, para que esta aplicação funcione, é necessário que o *browser* disponha do *plugin* para o *RealPlayer*. Além disso, é necessário que o *RealServer* esteja ativo no servidor indicado pela URL da mídia incluída no metaarquivo.

A segunda aplicação é a Transmissão ao Vivo, que faz a distribuição de vídeo em tempo real. O passo intermediário é semelhante ao da aplicação de distribuição de vídeo sob demanda. A diferença está apenas na URL incluída no metaarquivo, que aponta para um *stream* de tempo real (*live media stream*).

7.6 – Ambiente de Prototipação

A primeira versão do protótipo foi desenvolvida e instalada em um servidor Windows NT no LAR/CEFET-CE. Como servidor Web, inicialmente foi utilizado o IIS4.0 da Microsoft, que foi substituído, em função da instabilidade apresentada, pelo Apache Server, da Apache Software Foundation. Os *Servlet Engines* utilizados foram, inicialmente o *ServletExpress* da IBM, substituído pelo *JRun* da Livesoftware. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados utilizado na primeira versão foi o *SQL/Server* da Microsoft. O driver *JDBC-ODBC* foi utilizado para acesso ao banco de dados. Nesta primeira versão, o ambiente era organizado somente em Cursos e Disciplinas. O Painel de Navegação era fixo e para promover qualquer tipo de alteração era necessária a intervenção direta no código.

A segunda versão do protótipo, já com o Painel de Navegação configurável e com a possibilidade de organização dinâmica do ambiente, como visto no Capítulo 6, encontra-se instalada também no Windows NT, mas algumas alterações na plataforma foram promovidas, tal como a mudança do *JRun* pelo *Jserv*, da Apache Software

¹⁰ Um metaarquivo é um documento utilizado na arquitetura Real e não contém a mídia relativa ao título selecionado e sim uma ou mais URLs relativas aos arquivos que contém a mídia propriamente dita.

Foundation, e a substituição do SQL/Server pelo MySQL. Como o Núcleo de Gestão foi construído sobre a plataforma Java, o que atribui ao software uma característica multiplataforma, o servidor do INVENTE está sendo portado para o ambiente Linux.

A este protótipo foram agregados, além dos Serviços Fundamentais, os Serviços de IRC, de Listas, de Fórum e de Distribuição de Vídeo apresentados neste Capítulo.

Capítulo 8

Conclusão

A percepção de que a Educação Tecnológica à Distância merece abordagem diferenciada da Educação Convencional à Distância foi motivada por diversos fatores observados na prática do ensino tecnológico em ambientes presenciais, dentre estes, destaca-se a intensa utilização de laboratórios para atividades práticas. No ensino tecnológico, as habilidades sensoriais são exploradas mais intensamente, por exemplo, através da manipulação de instrumentos e máquinas ou da identificação visual de componentes e peças. O emprego de novas tecnologias tem sido capaz de agregar valores, como instrumento de apoio, tanto ao processo ensino-aprendizagem convencional como ao tecnológico. No entanto, as atividades de ensino e aprendizagem executadas à distância precisam lidar com alguns elementos restritivos, como a dificuldade da exploração plena dos cinco sentidos. O projeto INVENTE nasceu da necessidade de investigação das características do ensino tecnológico, com objetivo de estabelecer os parâmetros que o diferenciam de abordagens generalistas e propor soluções para superar ou amenizar as limitações impostas pela distância. Os primeiros passos foram dados em [Moura99], com a elaboração de cinco pressupostos que tem por objetivo destacar as peculiaridades do ensino tecnológico e servir como base para concepção de ferramentas voltadas para a Educação Tecnológica à Distância. Os pressupostos encontrados em [Moura99] e a discussão dos diferentes conceitos envolvidos no contexto da Educação à Distância [Hazemi98] permitiram a definição das *dimensões críticas* da Educação Tecnológica à Distância, apresentadas como contribuição deste trabalho de dissertação no final do Capítulo 3. A análise destas dimensões críticas deu suporte à definição da nova arquitetura do INVENTE (Capítulo 4) e à especificação de um sistema de gestão para ambientes de Educação à Distância (Capítulo 5) com requintes voltados às idiosincrasias da Educação Tecnológica. O grande diferencial entre a versão proposta neste trabalho (orientada a dimensões críticas) e a versão inicial do INVENTE (orientada à tecnologia) está na compreensão do papel que uma *dimensão crítica* pode assumir na especificação da arquitetura de uma ferramenta.

Uma outra contribuição importante deste trabalho, do ponto de vista filosófico das *dimensões críticas*, diz respeito aos aspectos culturais e à estrutura de poder dos protagonistas do ambiente. Todas as ferramentas EAD definem os papéis de seus usuários baseados numa metáfora que imita ou, no mínimo, se assemelha ao modelo presencial tradicional, trazendo para o ambiente virtual aspectos do mundo real cujos valores dentro do novo ambiente são questionáveis e podem interferir na sua dinâmica. Através desta percepção, o INVENTE adotou um modelo de *gestão coletiva*, onde os usuários são co-responsáveis pela organização do ambiente (ver Capítulo 5). Estes usuários, denominados *Autores*, possuem os mesmos direitos e deveres no ambiente virtual, independentemente de suas características particulares ou posições no mundo real.

8.1 – Artigos e Projetos

Ao longo do desenvolvimento desta dissertação, os artigos relacionados abaixo foram submetidos e aprovados em eventos científicos nacionais e internacionais:

Artigos:

- “*Um Framework para Educacao Tecnologica a Distancia baseada em Applets e Servlets*”, **Soares, J. Marques**; Moura, César O.; Carneiro, F. Alves; Oliveira, A. Mauro, *Seminario de Software e Hardware - SEMISH/SBC, Julho/1999, Rio de Janeiro/RJ*
- “*Um sistema IBW para Educacao Tecnologica a Distancia*”, Moura, César O; Oliveira, A. Mauro; Carneiro, F. Alves; **Soares, J. Marques** - *III Jornada de Educación a Distancia, Novembro/1999, Osorno/Chile*
- “*A Web-Based Instruction System Modeled with Coloured Petri Nets*”, **Soares, J. Marques**; Barroso, Giovanni C.; Souza, J. Neuman; Oliveira, A. Mauro - *The Fifth Biennal World Conference on Integrated Design & Process Technology – IDPT 2000, Junho/2000, North Dallas/Texas*
- “*Modeling Applications over the HTTP Request-response Paradigm with Coloured Petri Nets*”, **Soares, J. Marques**; Barroso, Giovanni C.; Souza, J. Neuman; Oliveira, A. Mauro - *The 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics - SCI2000, Julho/2000, Orlando/Flórida*

- “*O Problema da Qualidade de Serviço na Perspectiva de Sistemas de Educação à Distância*”, **Soares, J. Marques**; Rodrigues, Marcus A., Oliveira, A. Mauro, *Simposio Brasileiro de Informatica na Educacao – SBIE2000, Novembro/2000, Maceió/Alagoas.*

Pôster:

- “*Um sistema IBW para Educacao Tecnologica à Distancia*”, Moura, César O; Oliveira, A. Mauro; Carneiro, F. Alves; Soares, J. Marques, *Simposio Brasileiro de Informatica na Educacao – SBIE1999, Novembro/1999, Curitiba/Brasil*

O projeto desta dissertação foi aprovado junto a CAPES/SEED, no Programa de Apoio a Pesquisas em Educação à Distância – PAPED, recebendo ajuda de custo no valor de R\$3.500,00 para aquisição de livros e periódicos, despesas com passagens e estadias em congressos e outras despesas necessárias ao melhor desenvolvimento do trabalho.

O projeto INVENTE foi formalmente relacionado a dois outros projetos financiados pelo ProTem/CNPq: o RMAV-FOR (Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Fortaleza), onde as instituições consorciadas são o CEFET-CE, a UFC, a FUNCEME, a TELEMAR, o CENAPAD-NE e a SECITECE, e o VDL (*Virtual Distance Learning*), onde as instituições consorciadas são o CEFET-CE, a UFC e o Colégio GEO.

8.2 – Trabalhos Futuros

Do ponto de vista conceitual, muito há a ser feito no refinamento e discussão das *dimensões críticas* da ETD aqui iniciados, sendo desejável um estudo mais aprofundado, certamente através de um trabalho de pesquisa na área de Educação.

Do ponto de vista técnico, podemos relacionar como trabalhos futuros:

- a especificação e implementação do Bloco de Convergência, responsável pela intermediação de requisitos de qualidade de serviço (QoS) entre as aplicações e o sistema de comunicação (ver arquitetura do INVENTE, Figura 4-2);
- a concepção e implementação de aplicações de domínio específico que dêem suporte à Educação Tecnológica à Distância, tais como laboratórios virtuais de química ou de eletrônica.

- a concepção e implementação de ferramentas de autoria que dêem suporte à elaboração de conteúdo para publicação de documentos e oferta de cursos no ambiente;
- a especificação e implementação de um serviço que possibilite a integração entre o bancos de dados e os serviços de duas ou mais instituições que possuam servidores do INVENTE.

8.3 – Considerações Finais

Por diversas vezes, durante o desenvolvimento deste trabalho, veio à tona a dúvida quanto à real existência de diferença entre as perspectivas tecnológica e generalista no processo ensino-aprendizagem. Se por um lado, esta dúvida causava angústia, por outro, dava maior consistência ao trabalho de investigação. Esta questão não se esgota aqui, concluindo-se que é necessário um trabalho aprofundado, do ponto de vista pedagógico, para definir a real dimensão desta diferença. Entretanto, espera-se que este trabalho pedagógico seja sobremaneira facilitado a partir da análise dos resultados promovidos pelo uso de uma ferramenta EAD concebida para atender às características intrínsecas ao ensino praticado nas Escolas Técnicas e nos Centros Federais de Ensino Tecnológico.

Apêndice A

A LDB e a Educação Profissional

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei. 9.394-96) descreve a Educação Profissional como a integração das diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduzindo ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva. A Educação Tecnológica é, portanto, enquadrada no contexto da Educação Profissional, que compreende três níveis:

- *Básico* – destinado à qualificação, requalificação e reprofissionalização, independentemente de prévia escolaridade, em vários níveis.
- *Técnico* – destinado a oferecer habilitação profissional a alunos matriculados ou egressos do ensino médio.
- *Tecnológico* – destinado a egressos do ensino médio e técnico, correspondente a cursos de nível superior na área tecnológica.

O texto em seguida refere-se ao Capítulo III da LDB, Lei número 9.394, de dezembro de 1996.

CAPÍTULO III

Da Educação Profissional

Art. 39. A educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva.

Parágrafo único. O aluno matriculado ou egresso do ensino fundamental, médio e superior, bem como o trabalhador em geral, jovem ou adulto, contará com a possibilidade de acesso à educação profissional.

Art. 40. A educação profissional será desenvolvida em articulação com o ensino regular ou por diferentes estratégias de educação continuada, em instituições especializadas ou no ambiente de trabalho.

Art. 41. O conhecimento adquirido na educação profissional, inclusive no trabalho, poderá ser objeto de avaliação, reconhecimento e certificação para prosseguimento ou conclusão de estudos.

Parágrafo único. Os diplomas de cursos de educação profissional de nível médio, quando registrados, terão validade nacional.

Art. 42. As escolas técnicas e profissionais, além dos seus cursos regulares, oferecerão cursos especiais, abertos à comunidade, condicionada a matrícula à capacidade de aproveitamento e não necessariamente ao nível de escolaridade.

Apêndice B

Unified Modeling Language

B.1 – Introdução

A UML (*Unified Modeling Language*) [Booch99] é uma linguagem usada para especificar, visualizar e documentar os artefatos de um sistema orientado a objetos em desenvolvimento. A UML representa a unificação das notações de Booch, OMT e Objectory, bem como as melhores idéias de um número de outras metodologias. Unificando as notações usadas por esses métodos orientados a objetos.

UML provê uma combinação de semântica, sintaxe, notações e um meta-modelo para o projeto de sistemas orientados a objeto. Esta linguagem prevê a utilização de múltiplas, diferentes e concorrentes visualizações para a arquitetura de um sistema, cada uma delas se concentrando em uma abstração específica.

Os diagramas de *casos de uso* e de classes utilizados nesta dissertação fazem parte da UML. A fim de facilitar a leitura da dissertação, estes diagramas são aqui brevemente apresentados.

B.2 – Diagrama de Casos de Uso

Os casos de uso [Jacobson92] se tornaram um elemento primário no desenvolvimento e no planejamento de um projeto. Um *caso de uso* é a descrição de um conjunto de cenários, relativos a seqüências de passos que descrevem interações entre usuários e o sistema, amarrados por um objetivo comum [Fowler00]. A UML contém um diagrama para modelagem de casos de uso. Nos diagramas de caso de uso, um usuário desempenhando um determinado papel é representado por um *ator* e os casos de uso são representadas por elipses. A Figura B-1 ilustra um diagrama de caso de uso com um ator (o Gerente) e um caso de uso (Estabelecer Limites de Crédito).



Figura B-1 – Diagrama de Caso de Uso

Um ator é um papel desempenhado por um usuário do sistema em um determinado momento. É possível que um mesmo usuário do sistema que está sendo projetado desempenhe mais de um papel em um modelo de casos de uso. Um ator pode representar, ainda, um sistema externo que interage de alguma maneira com o sistema modelado.

Os casos de uso são utilizados como ferramentas de particular importância na captura de requisitos e no planejamento de um projeto interativo. Frequentemente, são utilizados para organizar e planejar as fases de construção de um ciclo de desenvolvimento interativo de sistemas.

B.3 – Diagrama de classes

Diagramas de classes descrevem classes, suas estruturas internas e seus relacionamentos com outras classes. A Figura B-2 mostra a notação UML para classes abstratas e concretas. Um *classe* é denotada por um retângulo dividido em três compartimentos, o primeiro com o nome da classe localizado na parte superior do mesmo. Os *atributos* da classe aparecem no compartimento logo abaixo do nome da classe e os *métodos* aparecem no compartimento abaixo dos atributos. Na notação da UML 1.3, podem existir outros compartimentos. Apenas o primeiro compartimento é obrigatório em todas as situações. Os tipos dos atributos, bem como dos argumentos e valores de retorno dos métodos, são opcionais. Na notação UML, o nome do tipo aparece sempre após o nome do método (no caso de valores de retorno), atributo ou argumento. Classes e métodos *abstratos* são grafados em itálico.

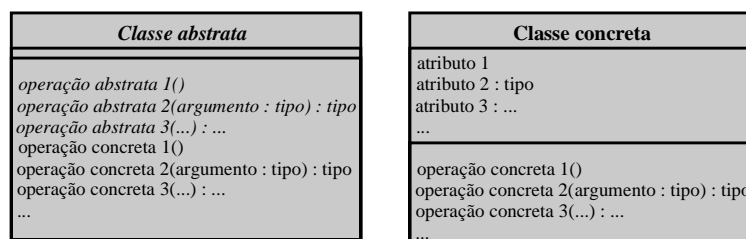


Figura B-2 - Classes UML

A Figura B-3 mostra os vários tipos de relacionamentos entre classes. A herança entre classes (*relacionamento de especialização*) é denotada por uma seta com a ponta em triângulo, conectando a subclasse à classe pai. Uma linha simples é utilizada para representar um *relacionamento de associação* entre classes. O relacionamento de associação é usado para indicar que as instâncias das classes associadas podem possuir referências umas às outras, o que permite a troca de mensagens entre as instâncias dessas classes. Um *relacionamento de agregação* (também conhecido como “*parte-todo*”) é representado por uma linha com um losango próximo à classe agregadora. Um caso especial do relacionamento de agregação é o relacionamento de composição, onde o objeto “parte” pode pertencer a somente um “todo” e espera-se que as partes vivam ou morram com o “todo”. A notação para composição difere apenas pelo preenchimento do

losango junto ao objeto “todo”. A distinção semântica entre os relacionamentos de agregação e de associação é, por vezes, muito tênue. Já nos relacionamentos de associação, múltiplas instâncias de uma classe podem referenciar uma mesma instância da outra classe do relacionamento. Casos particulares de relacionamentos de associação e agregação são os *relacionamento recursivos*, que envolvem instâncias de uma mesma classe. Outro relacionamento de interesse é o *relacionamento de dependência*, representado por uma linha tracejada, com uma seta simples apontando para a classe provedora, da qual a outra classe do relacionamento depende para prover certos serviços. Tais serviços incluem, por exemplo, a criação de instâncias da classe provedora, ou o uso da classe provedora como tipo de um argumento ou valor de retorno de um método da classe dependente.

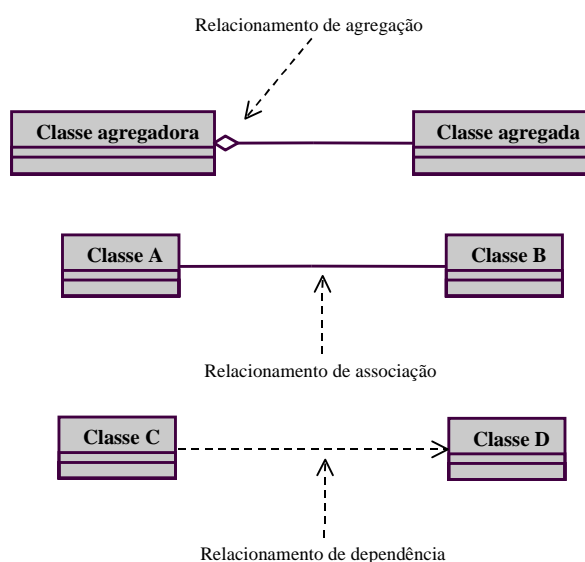


Figura B-3 - Relacionamentos UML

Os relacionamentos de associação e agregação podem ser definidos de forma mais precisa, através do uso de *adornos*. O adorno de *cardinalidade* especifica quantas instâncias de uma classe podem estar relacionadas com uma única instância de uma outra classe. Este adorno, como mostra a Figura B-4, fica sempre próximo à classe da qual se quer especificar a cardinalidade. Alguns exemplos de adornos de cardinalidade são:

- 1 Exatamente um
- 0..* Zero ou mais
- 1..* Um ou mais
- 0..1 Zero ou um

- 1..* Um ou mais
- 5..8 Intervalo específico (5, 6, 7 ou 8)
- 4..7,9 Combinação (4, 5, 6, 7, ou 9)

Outro adorno bastante utilizado neste trabalho é o de *navegabilidade*, ilustrado na Figura B-4. Um adorno de navegabilidade indica a direção de um relacionamento, e é representado por uma seta simples junto ao mesmo. Este adorno fica sempre próximo à classe cujas instâncias são referenciadas pelas instâncias da outra classe do relacionamento. A ausência de adornos de navegabilidade indica que o relacionamento é recíproco, ou seja, instâncias de ambas as classes podem se referenciar mutuamente.

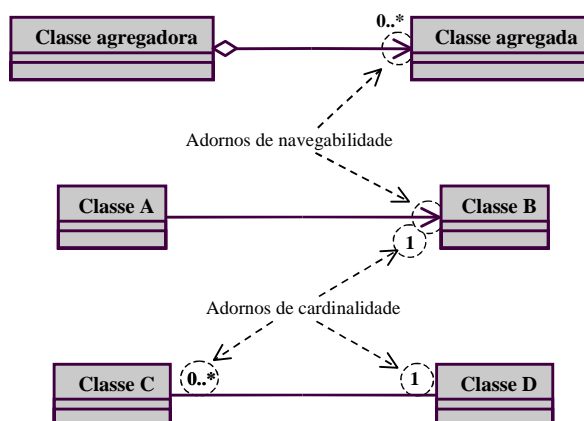


Figura B-4: Adornos UML

Apêndice C

Redes de Petri Coloridas

C.1 – A Modelagem por Redes de Petri

As Redes de Petri provêem alta capacidade para descrição e estudo de sistemas concorrentes, assíncronos, distribuídos, paralelos, não determinísticos e/ou estocásticos. Alguns benefícios da modelagem de sistemas por redes de Petri são relacionados em [Desrochers95]:

- As redes de Petri capturam as relações de precedência e interações estruturais de eventos estocásticos, concorrentes e assíncronos. Adicionalmente, sua natureza gráfica ajuda a visualizar tais sistemas complexos.
- Conflitos e tamanho de *buffers* podem ser modelados fácil e eficientemente.
- É possível a detecção de bloqueios (*deadlocks*) através de mecanismos de análise da rede.
- As redes de Petri representam uma ferramenta de modelagem hierárquica com fundamentos matemáticos e práticos bem desenvolvidos.
- Várias extensões das redes de Petri, tais como as redes de Petri temporais, redes de Petri estocásticas, redes de Petri coloridas e as redes predicado/transição permitem a análise quantitativa e qualitativa de utilização de recursos, efeito de falhas e taxa de vazão, entre outras possibilidades.
- Redes de Petri oferecem uma plataforma estruturada que permitem uma análise sistemática de sistemas complexos. Vários programas têm sido desenvolvidos com esta finalidade.
- Finalmente, as redes de Petri podem ser usadas para implementação e controle de sistemas em tempo real.

C.2 – Definição Formal das Redes de Petri Lugar/Transição

Uma rede de Petri é um quintupla, $PN = (P, T, F, W, M_0)$, onde P é um conjunto finito de lugares, representados graficamente por círculos ou elipses; T é um conjunto finito de transições, representados por barras ou retângulos; F é um conjunto de arcos direcionados, cada um relacionando um lugar a uma transição ou vice-versa; e M_0 é a representação do estado ou marcação inicial do sistema. Usando o conceito de condições e eventos, lugares representam condições e transições representam eventos. Uma transição possui um certo número de entradas e saídas representando, respectivamente, as condições anteriores e posteriores à ocorrência do evento. A presença de k fichas em um lugar significa que k itens de dados ou recursos estão

disponíveis. O comportamento dinâmico de um sistema é simulado através da alteração do estado ou marcação de acordo com algumas regras de disparo de transições. Uma transição t é dita habilitada se cada lugar P_{ent} de t está marcado com pelo menos w fichas, onde w representa o peso do arco de P_{ent} para t . O disparo da transição t remove as w fichas de cada lugar de entrada P_{ent} de t e coloca y fichas em cada lugar P_{sai} de saída de t , onde y é o peso do arco de t para P_{sai} .

C.3 – Extensões das Redes de Petri Lugar/Transição

Os modelos não hierárquicos das Redes de Petri, podem alcançar grandes dimensões, tornando difícil a compreensão dos sistemas modelados. Em função disso, algumas extensões às redes de Petri, que receberam a denominação de “redes de Petri de alto nível”, surgiram para elevar o poder computacional das redes concebidas anteriormente, denominadas “redes de Petri de baixo nível”, possibilitando uma modelagem mais compacta e estruturada de sistemas. Nas redes de Petri de baixo nível existe apenas um tipo de ficha e o estado de um lugar é, normalmente, descrito por um número inteiro. Em redes de alto nível, cada ficha pode representar informações com estruturas mais complexas.

Além das redes coloridas, que serão abordadas no tópico seguinte, alguns outros exemplos de extensões, tais como as redes com arco inibidor, as redes hierárquicas e as redes temporizadas determinísticas e estocásticas, podem ser vistas em [Maciel96].

C.4 – As Redes de Petri Coloridas

As redes de Petri coloridas têm por principal objetivo a redução do tamanho do modelo, permitindo a individualização de fichas de um mesmo conjunto, originalmente representadas por cores ou padrões (*token colour*). Estas fichas podem representar estruturas mais complexas, sendo distinguíveis entre si. Estas estruturas, associadas aos lugares, são chamadas de “cor” (*colour*). Além da possibilidade de acumular diferentes tipos de fichas de um mesmo conjunto em um mesmo lugar da rede, os arcos das redes coloridas são rotulados (inscrições), identificando precisamente a quantidade e a ficha que será removida do lugar de entrada ou inserida no lugar de saída. As transições podem conter regras mais específicas relacionadas às fichas de entrada, restringindo sua habilitação aos casos em que estas regras são atendidas. Estas regras de restrição são chamadas de “guarda”. Desta maneira, uma transição, para ser habilitada ao disparo nas redes coloridas, passa a depender não só da marcação dos lugares de entrada, mas

também das características quantitativas e qualitativas indicadas nas inscrições dos arcos e na guarda das transições.

C.5 – A Ferramenta para Modelagem, Simulação e Análise

As redes que modelam o projeto INVENTE estão sendo construídas com a ferramenta *Design/CPN* 4.0 [CPN99]. É importante ressaltar que uma rede de Petri colorida (CP-net) não é só um modelo gráfico. Uma CP-net é, na verdade, um programa expresso em uma linguagem híbrida – textual e gráfica – que possui uma sintaxe apropriada para assegurar a definição completa e não ambígua da rede. Portanto, além da representação gráfica, o CPN utiliza uma Meta Linguagem estendida chamada CPN ML. Como qualquer outro tipo de programa, uma CP-net pode ser executada. Desta maneira, além da modelagem estrutural do sistema feita com os recursos gráficos do editor do *Design/CPN*, podemos utilizar as redes de Petri modeladas para efetuar simulações, com base em marcações iniciais definidas para os lugares das redes. O *Design/CPN* possui um simulador, onde as transições habilitadas podem ser disparadas e as marcações dos lugares podem ser modificadas, alterando o estado da rede. É possível efetuar simulações de três maneiras diferentes:

1. *passo a passo*, definindo manualmente a seqüência de disparos de transições habilitadas,
2. *interativa*, onde a ferramenta escolhe a próxima transição a ser habilitada e a dispara, exibindo a mudança de estado da rede na janela do aplicativo;
3. *automática*, onde a ferramenta escolhe através de métodos aleatórios a transição que será disparada a cada momento, sem efetuar a animação interativa.

Desta forma, temos uma ferramenta de depuração para o projeto, semelhante aos depuradores conhecidos de algumas ferramentas de programação (*debugs*), o que nos auxilia a avaliar, encontrar erros e validar os processos definidos na fase de análise.

C.6 – Demonstração dos Elementos de uma CP-net e de uma simulação

A Figura C-1 apresenta uma pequena Rede de Petri Colorida capturada durante uma simulação.

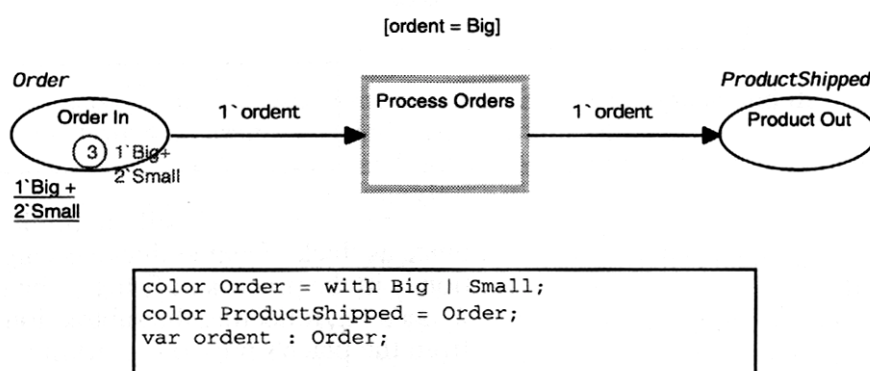


Figura C-1 – Rede de Petri Colorida com dois lugares e uma transição

A rede da Figura C-1 possui dois lugares representados por elipses, denominados *Order In* (à esquerda) e *Product Out* (à direita), e uma única transição representada por um retângulo situado entre os dois lugares, denominada *Process Orders*.

A caixa de texto situada na parte inferior da Figura contém as declarações do conjunto de cores e da variável utilizados na rede. A cor *Order* foi atribuída ao lugar *Order In* e a cor *ProductShipped* foi atribuída ao lugar *Product Out*. A única variável declarada, *ordent*, é usada nas inscrições dos dois arcos: o primeiro arco liga o lugar *Order In* à transição *Process Orders* com a inscrição *1'ordent*, indicando que, caso a transição ocorra, uma ficha com a estrutura declarada para a variável *ordent* será removida do lugar de origem, ou seja, de *Order In*; o segundo arco liga a transição *Process Orders* ao lugar *Product Out* também com a inscrição *1'ordent*, indicando que, caso a transição ocorra, uma ficha será depositada no lugar *Product Out* com o valor indicado pelo conteúdo da variável *ordent*. A variável *ordent* é ainda utilizada na guarda da transição *Process Orders* (*[ordent = Big]*), indicando que, para que esta transição ocorra, é necessário que o conteúdo da variável *ordent*, correspondente a uma ficha colorida no lugar *Order In*, seja obrigatoriamente *Big*.

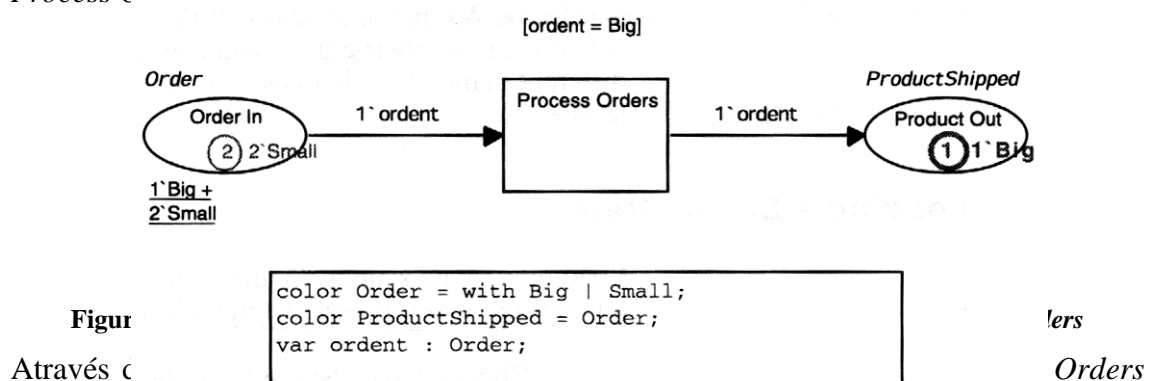
Abaixo do lugar *Order In*, vemos o texto *1'Big + 2'Small*. Este texto indica a marcação inicial que será dada ao lugar *Order In* no caso de uma simulação. Note que o lugar *Product Out* não possui marcação inicial, portanto, no caso de uma simulação, sua marcação inicial será zero.

Todos os elementos da rede de Petri colorida da Figura C-1 descritos até aqui fazem parte da estrutura da rede e foram definidos durante a sua edição. Os elementos e características particulares apresentados a seguir dizem respeito aos aspectos inerentes à simulação a partir desta rede.

Durante uma simulação, o estado da rede é representado pelas marcações de seus lugares. Isto é feito pela indicação gráfica do número de fichas e das próprias fichas que estão presentes em cada lugar. Na Figura C-1, que foi capturada durante uma simulação, vemos que o lugar *Order In* possui três fichas, indicadas graficamente pelo número três em um pequeno círculo dentro do lugar *Order In*. Ao lado deste pequeno círculo, são apresentados os valores das três fichas, *1'Big + 2'Small*.

Quando uma transição está habilitada, o simulador destaca esta transição através da cor e da largura da linha de contorno da transição. Pelo estado da rede da Figura C-1, vemos que a transição *Process Orders* está habilitado, pois, existe no lugar *Order In* a quantidade de fichas indicadas pela inscrição do arco de entrada na transição e, além disso, a condição expressa na guarda de *Process Orders* pode ser atendida.

A Figura C-2 apresenta a mesma rede da Figura C-1, após o disparo da transição *Process Orders*.



removeu uma ficha colorida do lugar *Order In*. A ficha removida foi aquela que continha o valor *Big*, pois a guarda da transição devia ser atendida para que o disparo fosse possível. Em seguida, uma ficha colorida foi depositada no lugar *Product Out*, conforme indicado pela inscrição do arco de saída. Como a inscrição do arco que sai da transição *Process Orders* e entra no lugar *Product Out* utiliza a variável *ordent*, também usada na inscrição do arco de entrada na transição *Process Orders*, a ficha depositada em *Product Out* recebeu o mesmo conteúdo que a ficha removida do lugar *Order In*.

No novo estado da rede (Figura C-2), vemos que a transição *Process Orders* não encontra-se mais habilitada ao disparo. Isto é justificado pela ausência, neste novo estado, de fichas coloridas com o valor *Big* no lugar *Order In*. Desta maneira, o simulador fez com que a largura da borda da transição *Process Orders* voltasse ao normal. Esta pequena rede alcançou o seu estado final, já que não há mais transições habilitadas e, portanto, o seu estado não pode ser mais alterado.

Observação:

As Figuras apresentadas neste anexo foram retiradas da documentação do Design/CPN, referência [CPN99], onde podem ser obtidas maiores informações sobre a ferramenta.

Apêndice D

Plataforma de Desenvolvimento do Núcleo de Gestão do INVENTE

O objetivo deste apêndice é apresentar a plataforma adotada no desenvolvimento do Núcleo de Gestão do INVENTE, que foi concebido sobre o modelo convencional cliente/servidor para Web, usando *browsers* como clientes e um servidor HTTP. Para definir a tecnologia básica de desenvolvimento, considerou-se o fato de que o acesso ao ambiente educacional poderia ser efetuado a partir de *browsers* convencionais e que estes poderiam residir em diferentes plataformas de hardware/software. A perspectiva de execução em ambientes heterogêneos foi estendida, também, para o lado servidor, a fim de atribuir maior portabilidade ao sistema. Com base nestes requisitos, optou-se pela plataforma Java.

D.1 – Por que usar Java?

O interpretador do Java – *Java Virtual Machine* ou JVM – possui implementações para diferentes plataformas, que vêm sendo embutidas nos *browsers* mais conhecidos tais como o Netscape e o Explorer. A esta característica soma-se a facilidade de distribuição de programas através de applets (*download* do *bytecode*) inseridos em páginas HTML, o que permite atualizações de versões para milhares de clientes através da manutenção do código em um único servidor Web.

Além da característica multiplataforma e dos aspectos envolvidos na distribuição, o Java é também uma linguagem de programação orientada a objetos bastante completa, o que a torna uma arma poderosa para o desenvolvimento de aplicações voltadas para a Internet. A plataforma Java tem crescido substancialmente nos últimos anos através de um grande suporte da indústria de software. Este suporte tem se manifestado, freqüentemente, em forma de novas APIs, ou novas versões, acompanhando de perto a evolução de diversos produtos existentes. Por estas razões, as aplicações desenvolvidas sobre esta plataforma possuem boa perspectiva de extensibilidade e portabilidade, permitindo a integração das aplicações desenvolvidas à novas tecnologias.

D.2 - O Java no lado Servidor

Além dos applets, utilizados como clientes em muitas aplicações, a extensibilidade e portabilidade da plataforma Java pode ser aproveitada em soluções para programas servidores chamados *servlets* [Davidson98].

A principal diferença entre um applet e um servlet é que este último é executado dentro da própria máquina onde se encontra o servidor HTTP, enquanto o primeiro é executado, após uma transferência para o cliente (*download*), pela JVM do browser

cliente. Um servlet, tal como um programa CGI, não possui interface gráfica e é acionado através de requisições HTTP. Para que os *servlets* possam ser executados no servidor, é necessário o redirecionamento das requisições feitas ao servidor HTTP para outro programa servidor, conhecido como *servlet container* ou *servlet engine*. Este servidor fornece a JVM necessária a execução dos *servlets*¹. A implementação do *container* pode variar de um programa para outro, mas a interface entre o *container* e os *servlets* é especificada pela Servlet API. As classes e interfaces fornecidas pela Servlet API, através do *Java Servlet Development Kit – JSDK*, formam dois pacotes Java:

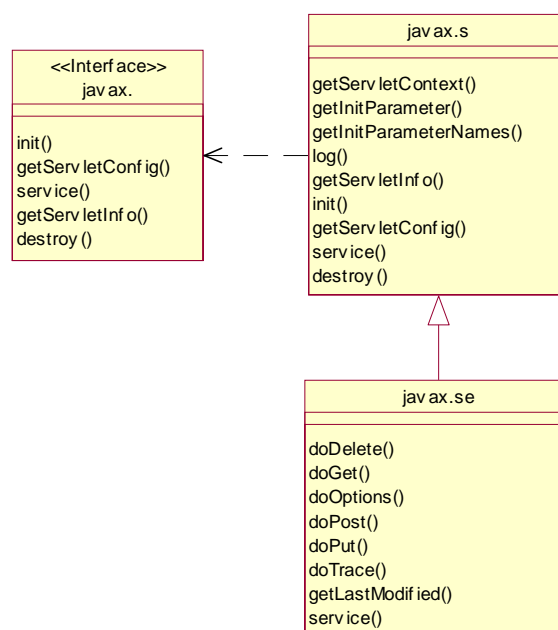


Figura 6-1 – Classes e interface da Servlet API

javax.servlet – provê a interface básica entre o *container* e os servlets;

javax.servlet.http – contém classes derivadas da interface genérica e provê mecanismos especializados para tratar requisições HTTP. Os servlets possuem recursos para receber e interpretar as requisições, bem como para respondê-las de maneira adequada, sendo particularmente úteis para a geração de páginas HTML dinamicamente. O diagrama de classes da Figura 6-1 apresenta as principais classes e interface da *Servlet API*, que são brevemente descritas a seguir:

Interface javax.servlet.Servlet – provê a interface que deve ser implementada por todos os servlets;

¹ Alguns servidores HTTP, como o Java Web Server, dão suporte completo para a execução de servlets, não sendo necessária a adaptação de um *Servlet Container* externo.

Classe abstrata `javax.servlet.GenericServlet` – provê a implementação básica da interface `Servlet`. O método `service()` é abstrato e deve, portanto, ser implementado pelos *servlets* que estenderem esta classe;

Classe `javax.servlet.HttpServlet` – Estende a classe `GenericServlet` e provê uma implementação mais específica com relação ao protocolo HTTP. Quando uma requisição é feita, o método `service()` irá determinar o tipo da requisição (GET, POST, HEAD, etc) e acionar o método específico (`doGet()`, `doPost()`, `doHead()`, etc.).

O ciclo de vida de um *servlet* é definido pela interface `javax.servlet.Servlet`. Um *servlet* implementa esta interface direta ou indiretamente. Na maioria das vezes, esta interface será implementada indiretamente através da extensão das classes `javax.servlet.GenericServlet` ou `javax.servlet.http.HttpServlet`. O ciclo de vida de um *servlet* possui, basicamente, as seguintes fases:

servlet container cria uma instância do *servlet*. Isto pode acontecer durante o processo de carga do *container*, estando este *servlet* previamente configurado para pré-carga, ou em função de uma requisição efetuada pela primeira vez para este *servlet*;

container chama o método de inicialização do *servlet*, chamado `init()`;

Quando efetuada uma requisição para o *servlet*, o *container* chama um método apropriado para tratamento desta requisição, chamado `service()`;

Antes de destruir a instância do *servlet*, o *container* chama o método `destroy()`.

A instância é destruída e marcada para a coleta de lixo (*garbage collection*). O *container* é quem decide quanto tempo um *servlet* deve permanecer na memória ou quando ele deve ser destruído, o que pode ser determinado por um certo período de inatividade (ausência de requisições) ou pelo desligamento (*shutdown*) do *container*.

A utilização de *servlets* possui algumas vantagens em relação aos scripts CGIs e outros mecanismos utilizados em servidores [Crawford98] e [Ayers00]:

Os *servlets*, como API do JAVA, são independentes de plataforma, podendo ser transpostos para qualquer uma, sem a necessidade de serem reescritos;

Os *servlets* podem ser configurados para que sejam carregados apenas uma vez (persistência). Já os programas CGI, normalmente, necessitam ser carregados a cada requisição. Este nível de eficiência se sobrepõe ao fato de que um programa Java é, via de regra, mais lento do que um programa compilado para o código objeto nativo da plataforma.

Os *servlets* possuem a extensibilidade da plataforma Java, que é uma linguagem robusta, bem projetada e completamente orientada a objetos. Bibliotecas

especializadas em Java, ferramentas de desenvolvimento e drivers de banco de dados vêm sendo disponibilizados continuamente para esta plataforma.

As requisições são manipuladas através de processos leves (threads), tornando as soluções baseadas em servlets bastante eficientes.

Outra grande funcionalidade em um servlet é sua capacidade de atuar como um proxy para um applet, que possui restrições de segurança. É possível, por exemplo, que um servlet acionado por um applet acesse um banco de dados localizado em um servidor diferente do servidor Web e retorne o resultado da consulta para o applet [MageLang98]. Várias requisições podem ser feitas concorrentemente por diversos clientes e coordenadas pelos servlets.

D.3 - Usando *JDBC API* com *Servlets*

Como um programa Java, um servlet pode acessar uma grande variedade de recursos através de diversas APIs. Uma API muito utilizada é a *Java Database Connectivity*, ou simplesmente JDBC, que provê um meio para estabelecer comunicação com bancos de dados relacionais.

Referências Bibliográficas

- [Barros94] Barros, L. A. “*Suporte a Ambientes Distribuídos para Aprendizagem Cooperativa*” - Tese de Doutorado, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), UFRJ, 1994
- [Bates95] Bates, A. Toni “*Technology, Open Learning and Distance Education*”. Routledge, 1995
- [Bogdan99] Bogdan, Cristian “*Cristian’s homepage*”, Aplicação de Chat baseada em Java, Royal Institute of Technology, www.nada.kth.se/~cristi, 1999
- [Booch99] Booch, G., Rumbaugh J; Jacobson, I. “*UML - The Unified Language for Object Oriented Development, Documentation*”, Rational Software Corporation, 1999
- [Casas98] Casas, L. A. A.; Fialho, F. A. P.; Maia, L. F. J. “*Modelagem de um ambiente inteligente para a educação baseado em realidade virtual*”, IV RBIE, Brasília, 1998
- [Cecílio97] Cecílio, E.; Colcher, S.; Soares, L. F. “*Serviço Genérico e Adaptável com Garantia de QoS para Comunicação de Grupo*” – PUC-Rio – Depto. de Informática – Relatório Interno, 1997.
- [Chaves00] Chaves, E., “*Tecnologia da Educação e Ensino à Distância: Conceitos Básicos*”, <http://www.edutecnet.com.br>, 2000
- [Cowan98] Cowan, D. – “*An Object-Oriented Framework for LiveBOOKs*”, Technical Report, CS-98, University of Waterloo, Canada, 1998
- [CPN99] “*Design/CPN 4.0 documentation*”, Computer Science Department, Aarhus University, <http://www.daimi.au.dk/designCPN>, 1999
- [Crespo98] Crespo, S.; Fontoura, M; Lucena, C., “*Um Modelo Conceitual Compatível com a Plataforma EDUCOM/IMS para Comparação de Ambientes de Educação na WEB*”, Simpósio Brasileiro de Informática Educativa – SBIE, 1998
- [Cruz00] Cruz, J.V., Diniz A.L.B.B., Rodrigues, M.A.A., “*Aspectos Básicos de Qualidade de Serviço*”, Relatório Técnico LAR, CEFET-CE, Julho de 2000.

- [Cruz93] Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., and DeFanti, T.A., “*Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE.*”, Proceedings of ACM SIGGRAPH, 1993
- [Desrochers95] Desrochers, Alan A and Al-Jaar, Robert Y., “*Applications of Petri Nets in Manufacturing Systems – Modeling, Control and Performance Analysis*”, IEEE Press, 1995
- [Eber99] Eberspächer, H. F.; Jamur, J. H.; Vasconcelos, C. D.; Eleuterio, M. A., “*Eureka: um ambiente de aprendizagem cooperativa baseado na Web para Educação à Distância*”, PUC-PR, 1999
- [Fowler00] Fowler, M.; Scott, K, “*UML Essencial: Um breve guia para a linguagem-padrão de modelagem de objetos*”, Bookman, 2000
- [Giese99] Giese, H.; Graf, J.; Wirtz, G, “*Closing the Gap Between Object-Oriented Modeling of Structure and Behavior*”, Institut für Informatik, Westfälische Wilhelms-Universität, 1999
- [Gomes99] Gomes, A.T., Colcher, S., Soares, L.F.G., “*Um Framework para Provisão de QoS em Ambientes Genéricos de Processamento e Comunicação*”, 17º SBRC -Salvador, Maio de 1999.
- [Goulart99] Goulart, C.C., Nogueira, J.M.S. “*Alocação de Recursos e qualidade de Serviço para Aplicações Multimídia Distribuídas*”. 17º SBRC - Salvador, Maio de 1999.
- [Guerrero98] Guerrero, D. – “*Orientação a Objetos e Modelos de Redes de Petri*” – Relatório Interno, DEE, Universidade Federal da Paraíba – Campus II, Campina Grande, 1998
- [Hazemi98] Hazemi, R.; Hailes, S.; Wilbur, S., “*The Digital University - Reinventing the Academy*”, Springer-Verlag London Limited - 2nd printing, 1999
- [ISO96] JTC1/SC21/WG1. ISO/IEC DIS 13236. “*Qualite of Service Framework*” – Outline, February, 1996.
- [Jacobson92] Jacobson, I.; Christerson, M; Jonsson, P.; Övergaard, G., “*Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Aproach*”, Addison-Wesley, 1992

- [Jensen97] Jensen, K., “*Coloured Petri Nets - Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use*” - Vols. 1, 2 and 3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1997
- [Jmail99] “*JavaMail API Design Specification*”, Sun Microsystems, 1999
- [Johansen 91] Johansen, R. ; Sibbet D.; Benson, S.; Martin, A.; Mittman, R.; Saffo, P., “*Leading Business Teams: How Teams Can Use Technology and Group Process Tools to Enhance Performance*”, Prentice Hall, 1991
- [Johnson98] Johnson, A.E.; Roussos,M.; Leigh, J.; Vasilakis,C.A.; Barnes,C.R.; Moher,T.G., “*The NICE project: Learning together in a virtual world*”, VRAIS98 Proceedings, 1998
- [Larman00] Larman, Craig, “*Utilizando UML e Padrões*”, Bookman, 2000
- [Laufer98] Laufer, C; Fuks, H.; Lucena, C., “*Rio Internet TV – AulaNet – Videoconferência em Web-Based Learning*”, Simpósio Brasileiro de Informática Educativa – SBIE, 1998
- [Lima98] Lima, L. O., “*Por que Piaget? – A educação pela inteligência*”, Editora Vozes, 1998
- [Loyolla98] Loyolla, W; Prates, M., “*Educação à Distância Mediada por Computador (EDMC): Diretrizes de Projeto para Pós-Graduação*”, RIBIE, 1998
- [Lucena98] Lucena. C. J. P., Fuks, H., “*AulaNet – An Environment for the Development and Maintenance of Courses on the Web*”, ICEE – International Conference on Engineering Education, 1998
- [Maçada98] Maçada, Débora; Tijiboy, Ana V., “*Aprendizagem Cooperativa em Ambientes Telemáticos*”, RBIE98, Brasília, 1998
- [Maciel96] Maciel, P.;Lins, R.; Cunha, P., “*Introdução às Redes de Petri e Aplicações*”, 10ª Escola de Computação – Unicamp, 1996
- [Martin-Flatin99] Martin-Flatin, J. P. , “*Push vs. Pull in Web-based Network Management Swiss Federal Institute of Technology*”, Lausanne (EPFL), 1999

- [Martins99] Martins, J., “*Qualidade de Serviço (QoS) em Redes IP – Princípios Básicos, Parâmetros e Mecanismos*”, JSMNet Networkings Review – Vol. 1, N^o. 1, 1999
- [McIsaac94] McIsaac, M. S.; Gunawardena, C. N., “*Distance Education – Arizona State University*”,
<http://earthvision.asu.edu/~laurie/mcisaac/distance.htm>, 1994
- [Menezes98] Menezes, R.; Fuks, H.; Garcia, A. C., “*Utilizando Agentes no Suporte à Avaliação Informal no Ambiente de Instrução Baseada na Web – AulaNet*”, Simpósio Brasileiro de Informática Educativa – SBIE, 1998
- [Moura98] Moura, C. O., Oliveira, A. M., “*Videoconferência em Educação a Distância*”, Editora CEFET-CE, 1988
- [Moura99] Moura, C. O., “*Concepção e Especificação de um Sistema IBW para Educação a Distância*”, Dissertação de Mestrado, DEE-UFC, 1999
- [Nunes98] Nunes, C. C. R.; Ribeiro, J.; Ferraz, C., “*Investigando Educação a Distância e o Projeto Virtus na UFPE*”, SBIE98, Forlaleza, 1998
- [Oliveira98] Oliveira, A. M., “*Internet por Dentro e Para Todos*”,
Editora Verdes Mares, 1998
- [Pacheco98] Pacheco, E. J.; Marco, G. A.; Eberspächer, H. F., “*WCC – Web Course Creator: Um framework para a criação de ambientes de aprendizado para a Web*”, PUC-PR, 1998
- [Pain85] Pain, S., “*Diagnóstico e Tratamento dos Problemas de Aprendizagem*”, Ed. Artes Médicas, 1985
- [Papert86] Papert, S., “*Constructionism: a new opportunity for elementary science education*”, Massachusetts Institute of Technology, Epistemology and Learning Group. Proposta para a The National Science Foundation, 1986
- [Pessoa96] Pessoa, J. M.; Tavares, O. L.; Menezes, C. S., “*QSABE – Disponibilizando Conhecimentos em um Ambiente Groupware através de Agentes Inteligentes*”, Workshop de Engenharia de Software e Sistemas Baseado em Conhecimento, 1996

- [Pinto95] Pinto, S. C. C. S., "*M-Assistente: Um Meta-Assistente Adaptativo para Suporte à Navegação em Documentos Hipermídia*", Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 1995
- [Roberts96] Roberts, J. M., "*The Story of Distance Education: A Practitioner's Perspective*", Journal of the American Society for Information Science, 1996
- [Rodrig93] Rodrigues, N., "*Lições do Príncipe e Outras Lições – o intelectual – a política – a educação*", Cortez Editora, 1993
- [Santoro98] Santoro, F.; Borges, M. R.; Santos, N., "*Um framework para estudo de ambientes de suporte à aprendizagem cooperativa*", SBIE98, Brasil 1998
- [Santos99] Santos, N., "*Estado da Arte em Espaços Virtuais de Ensino e Aprendizagem*", Revista Brasileira de Informática na Educação n. 4, abril de 1999
- [Schrum97] Schrum, L., "*Creating Collaborative Learning Environment: The Challenge for Distance Learners*", ED-MEDIA 97, World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia, Alberta, Canada, 1997
- [Soares00] Soares, J. M.; Rodrigues, M. A. A.; Oliveira, A. M., "*O Problema da Qualidade de Serviço na Perspectiva de Sistemas de Educação à Distância*", Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE2000, Brasil, novembro de 2000
- [Soares95] Soares, L. F., Lemos, G.; Colcher, S., "*Redes de Computadores - Das Lans, Mans e Wans às Redes ATM*", Editora Campus, 1995
- [Soares99] Soares, J. Marques, "*Um Framework para Educação a Distância Baseado na Web Usando Applets e Servlets*", Seminário de Software e Hardware – SEMISH/SBC, 1999
- [Vogel95] Vogel, A.; Kerhervé, B.; Bocchmann, G.; Gecsei, J., "*Distributed Multimedia and QoS: A Survey*", IEEE Multimedia, 1995

- [Wan94] Wan, D.; Johnson, P. M., “*Computer Supported Collaborative Learning Using CLARE: the Approach and Experimental Findings*”, ACM Conference on CSCW, October 1994

Endereços Eletrônicos

- [www01] JavaScript World
<http://www.jsworld.com/>
- [www02] Microsoft Windows Script Technologies – VBScript
<http://msdn.microsoft.com/scripting/default.htm>
- [www03] Extensible Markup Language (XML)
<http://www.w3.org/XML/>
- [www04] Using ActiveX - Online tutorial
<http://www.astentech.com/tutorials/ActiveX.html>
- [www05] The Source for Java Technology - Applets
<http://www.java.sun.com/applets>
- [www06] LearningSpace
<http://www.lotus.com/home/nfs/welcome/learnspace>
- [www07] Virtual-U – Simon Fraser University
<http://virtual-u.cs.sfu.ca/vuweb>
- [www08] WebCT – University of British Columbia
<http://homebrew.cs.ubc.ca/webct/>
- [www09] WCB – Virginia Commonwealth University
<http://views.vcu.edu/wcb/intro/wcbintro.html>
- [www10] Habbanero - National Center for Supercomputing Applications
<http://www.ncsa.uiuc.edu/SGD/Software/Habbanero/Tools>
- [www11] Promondia
<http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Projects/promondia.www6>
- [www12] NICE - Narrative, Immersive, Constructionist/Collaborative Environments
<http://www.ev1.uic.edu/tile/NICE/NICE/intro.html>

- [www13] “What is Construcionism”, disponível em
<http://lynx.neu.edu/k/krudwall/constructionism.htm>
- [www14] CSILE - Computer-Supported Intentional Learning Environments
<http://csile.oise.on.ca/demo.html>
- [www15] Collaboratory Notebook
<http://typhoon.covis.nwu.edu/tech-support/nb.html>
- [www16] CaMILLE
<http://www.cc.gatech.edu/gvu/edtech/CaMILLE.html>
- [www17] Belvedere
<http://advlearn.lrdc.pitt.edu/belvedere/>
- [www18] HM-Card
<http://www.iicm.edu/hmcard/>
- [www19] Top Class
<http://www.wbsystems.com>
- [www20] Classe Virtual
<http://www.cos.ufrj.br/~washi/classevv1.0/>
- [www21] WebSaber
<http://beatles.les.inf.puc-rio.br/websaber>
- [www22] IMS Global Learning Consortium, Inc.
<http://www.imsproject.org>
- [www23] Rational Rose
<http://www.rational.com/rose>
- [www24] RealNetworks, Inc.
<http://www.real.com>