

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

Marcos Feier Fróes

**Sistema para construção de
ambientes de aprendizagem
com instrução centrada em modelos**

Porto Alegre

2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

Marcos Feier Fróes

**Sistema para construção de
ambientes de aprendizagem
com instrução centrada em modelos**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ribas Santos

Porto Alegre

2007

AGRADECIMENTOS

Em primeiríssimo lugar agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Eduardo Ribas Santos, por todo auxílio, orientação e paciência durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Meu muito obrigado aos professores Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone, Prof. Dr. Denis Borenstein e Prof. Dr. João Luiz Becker por aceitarem o convite para participarem da banca examinadora desta pesquisa, o que muito me honra.

Agradeço também ao Prof. Dr. Antônio Carlos Gastaud Maçada, a Prof. Dra. Ângela Freitag Brodbeck, ao Prof. Dr. Norberto Hoppen e a todos os professores do PPGA que sempre procuraram, durante as disciplinas, nos apontar os caminhos de forma comprometida e qualificada.

Agradeço também aos colegas de PPGA pela amizade e companheirismo. Entre eles, é preciso agradecer especialmente ao amigo Tatiano Pianezzola, pela parceria não só durante as aulas e trabalhos das disciplinas, mas também nos desafios que juntos enfrentamos durante o desenvolvimento do sistema E-BIACS, dimensão principal desta pesquisa.

Obrigado aos colegas de trabalho da Procuradoria-Geral do Estado, pela compreensão e suporte durante todo o período do mestrado, especialmente ao Renato Cardoso Vasques pelo incentivo e apoio constantes.

Em qualquer agradecimento nunca deixarei de reverenciar meus pais, Izaac Ribeiro Fróes e Claudete Maria Feier Fróes, pela excelente formação que me proporcionaram e por todo amor e carinho deles e das minhas irmãs, Graciela Feier Fróes e Susana Feier Fróes, todos sempre compreensivos pelas ausências que toda jornada desta envergadura acaba impondo. Da mesma forma, aos velhos e fiéis amigos, forçados a ouvir diversas recusas. Entre todos, quase um co-orientador, Antônio Marcos Endler. Mestre Antônio, muito obrigado por toda energia, conselhos e ensinamentos.

Não poderia faltar um agradecimento especial para a Gabriela da Silva Radaieski, a minha Gabi, por toda compreensão nos momentos de stress e apoio em todas as horas.

A estes e a todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Diversos autores vêm observando o crescimento das iniciativas de construção de ambientes de aprendizagem suportados pela tecnologia, mas, apesar de haver muitos exemplos positivos, não há sucesso consistente por não serem empregados princípios de projeto adequados. Em um ambiente construtivista, o domínio dos conhecimentos deve ser modelado em termos de situações. Esta forma de abordar o conhecimento encontra-se definida nos chamados ambientes de aprendizagem com instrução centrada em modelos. Nestes programas instrucionais, os exemplos que esclarecem os conceitos são precedidos por modelos conceituais relacionados. Propõe-se o desenvolvimento de um sistema onde seja possível construir ambientes de aprendizagem com instrução centrada em modelos, em conformidade com os padrões e princípios de projeto definidos pela comunidade internacional do campo de desenvolvimento de sistemas instrucionais.

ABSTRACT

The initiatives to develop teaching-learning environments have been growing lately, but we didn't find any consistent success because the frameworks and standards lack of adoption. In a constructivist environment, the knowledge domain should be modeled in terms of situations. This knowledge representation approach is presented in model centered instruction teaching-learning environment. In these instructional systems, the meanings of the concepts are predicted by related conceptual models. We propose a system to create model centered instruction teaching-learning environments, compliant to the international community standards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo para a representação estruturada dos conteúdos objeto de aprendizagem	16
Figura 2 – Camadas de abstração da LTSA	20
Figura 3 – LTSA System Components	21
Figura 4 – O modelo em camadas	25
Figura 5 – Um Diagrama de Pacote UML do IAF	25
Figura 6 – Abstração de serviço	26
Figura 7 – Um modelo funcional de uso de material de aprendizagem	28
Figura 8 – O modelo funcional individual	29
Figura 9 – Relacionamento entre modelo de referência, estilo de arquitetura e arquitetura de referência	30
Figura 10 - Resumo do processo de desenvolvimento da pesquisa	31
Figura 11 – Modelo de referência da pesquisa.....	33
Figura 12 Representação e definição dos conhecimentos.....	34
Figura 13 - Diagnóstico e simulação	35
Figura 14 – (Pianezzola et al., 2006).....	36
Figura 15 – As camadas de serviços para o sistema proposto	38
Figura 16 -Diagrama de classes de interface do sistema.....	40
Figura 17 - Diagrama de sequência do sistema: troca de mensagens entre as classes.....	42
Figura 18 - Modelo funcional sob a perspectiva do gerenciamento de conteúdo.....	44

Figura 19 – Módulos do sistema.....	45
Figura 20 - Construção do modelo.....	49
Figura 21 - Configuração do contexto instrucional.....	49
Figura 22 - Apresentação da situação – problema.....	50
Figura 23 – Cenário “temperatura do lubrificante”.....	51
Figura 24 – Um cenário do contexto instrucional “compressor acionado”.....	52
Figura 25 – Um cenário do contexto instrucional “compressor acionado” – continuação	53
Figura 26 – Cenários do contexto instrucional “partida a frio”	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. QUESTÃO DE PESQUISA	11
1.2. OBJETIVOS	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1. ASPECTOS RELEVANTES PARA O DESIGN DE AMBIENTES COMPLEXOS DE APRENDIZAGEM	12
2.2 REPRESENTAÇÃO DO DOMÍNIO DE CONTEÚDO EM AMBIENTES COMPLEXOS DE APRENDIZAGEM	15
2.3 ARQUITETURA DE SISTEMAS INSTRUCCIONAIS: CONCEITOS, NORMAS E PADRÕES ESTABELECIDOS	18
2.3.1 LTSA (Learning Technology Systems Architecture - IEEE P1484.1)..	19
2.3.2. IAF (IMS Abstract Framework)	23
3. MÉTODO DA PESQUISA	30
4. ARQUITETURA PROPOSTA.....	32
4.1. O MODELO DE REFERÊNCIA.....	32
4.2. A ARQUITETURA DE REFERÊNCIA.....	37
4.2.1 O Modelo em Camadas.....	37
4.2.2 O Modelo de serviços.....	39
4.2.3 O Modelo Funcional.....	43
5. SISTEMA PROPOSTO PARA A CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES DE APRENDIZAGEM	45
5.1. PROTÓTIPO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM	47
6. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6.1. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	54
6.2. TRABALHOS FUTUROS	54
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

Diversos autores vêm observando o crescimento das iniciativas de utilização de ambientes de ensino e aprendizagem suportados por computador para treinamentos empresariais e no ensino superior em Administração (AGOSTINHO et al, 2005; WEE et al., 2003; ACHTENHAGEN, 2001; FREEMAN e CAPPER, 2000). Winn (2002) destaca a quarta era do campo da tecnologia educacional: a era do foco em ambientes de aprendizagem. Spector e Davidsen (1998) apontam que, apesar de haver muitos exemplos positivos do uso de ambientes para ensino em domínios complexos, não há sucesso consistente pelo fato de, até então, não serem empregados princípios de projeto adequados.

Especificações como a LTSA (Learning Technology System Architecture) do IEEE (IEEE, 2003) e o IAF (IMS Abstract Framework) do IMS (Intelligent Manufacturing Systems) (IMS, 2003) foram recentemente produzidas pela comunidade internacional, preocupada com questões práticas para o desenvolvimento computacional dos ambientes. Estas normas buscam promover interoperabilidade e padronização, constituindo-se em importantes iniciativas para estabelecer modelos abstratos úteis para embasar novos projetos de ambientes de ensino-aprendizagem suportados pela tecnologia. Os trabalhos apresentados por Paris et. al. (2001), O'Droma et. al. (2003), Wisuttikul e Boonmee (2004) e Canales et. al. (2007) constituem exemplos de iniciativas que fazem uso destes padrões.

As habilidades que precisam ser desenvolvidas nestes ambientes para capacitar os estudantes de Administração nos domínios de conhecimento necessários são de grande número e complexas. Além disso, nos treinamento empresariais, o foco é sempre no entorno de questões práticas e problemas autênticos. Por isso se intensificam as discussões sobre as ferramentas e metodologias de ensino utilizadas nos cursos superiores de Administração e crescem as iniciativas de construção de ambientes instrucionais com princípios construtivistas. Esses ambientes de ensino-aprendizagem, centrados no estudante e suportados por computador, buscam utilizar novas abordagens de ensino baseadas no construtivismo – *situated cognition* (BROWN et al., 1989), *anchored instruction* (COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT, 1990), *problem-based learning* (SAVERY e DUFFY, 1995) e aprendizagem vivencial (KOLB e KOLB, 2005). Procuram simular aspectos do ambiente natural, para que o aprendizado ocorra de maneira “autêntica”, envolvendo os

estudantes em atividades que tenham conexão com o “mundo real” (MONDADORI e SANTOS, 2006; WINN, 2002). O ensino passa a ser visto não como uma transmissão de conhecimentos, mas como a “provocação” de uma mudança no entendimento dos estudantes (FREEMAN e CAPPER, 2000). Nesta pesquisa chamaremos de *ambientes complexos de aprendizagem* (MONDADORI e SANTOS, 2006; PELLEGRINO, 2004; ACHTENHAGEN, 2001) as aplicações suportadas pela tecnologia compatíveis com os princípios construtivistas de aprendizagem.

Em um ambiente construtivista, o domínio dos conhecimentos deve ser modelado em termos de situações assim como a avaliação da aprendizagem deve focar no processo instrucional e as oportunidades de aprendizagem devem emergir de situações vivenciadas. Esta forma de abordar o conhecimento encontra-se definida nos chamados ambientes de aprendizagem com instrução centrada em modelos (PIANEZZOLA et. al., 2006). Nestes programas instrucionais os exemplos que esclarecem os conceitos são precedidos por modelos conceituais relacionados. O paradigma da instrução centrada em modelos relaciona-se ao progresso dos modelos mentais, progresso este que deve se dar no decorrer do processo de aprendizagem. Mais especificamente, a instrução centrada em modelos é definida a partir de um processo que inclui uma espécie de transição entre pré-conceitos (por exemplo, os estados presentes no início do processo de aprendizagem) e explicações causais (por exemplo, os estados finais desejados, decorrentes do processo de aprendizagem) (SEEL e DIJKSTRA, 2004). Através de uma abordagem centrada em modelos não é a representação do raciocínio que está em questão, mas sim a estruturação do conhecimento sob o ponto de vista do domínio do conteúdo e das situações em que o domínio se insere, conforme salientam Akhras e Self (2002).

Propõe-se o desenvolvimento de um sistema onde seja possível construir ambientes complexos de aprendizagem com instrução centrada em modelos, como forma de verificar na prática a viabilidade da utilização da abordagem instrucional centrada de modelos para sistemas de aprendizagem em domínios complexos. Este sistema deve ser desenvolvido em conformidade com os padrões e princípios de projeto definidos pela comunidade internacional do campo de desenvolvimento de sistemas instrucionais. Para isso serão reunidos, através de investigação bibliográfica, padrões e normas adequadas para projetos desta natureza com representações capazes de simplificar a compreensão sobre aspectos estruturais deste tipo de sistema.

Este trabalho é parte de um esforço conjunto buscando a aplicação efetiva da tecnologia no ensino superior em Administração e foi desenvolvido de forma paralela e, ao mesmo tempo, complementar ao trabalho “Representação de conhecimentos para instrução centrada em modelos em ambientes complexos de aprendizagem”, do colega Tatiano Pianezzola.

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma: No primeiro capítulo consta a introdução, a questão de pesquisa e os objetivos. No segundo capítulo é apresentada a fundamentação teórica, abrangendo aspectos relevantes para o design de ambientes complexos de aprendizagem, princípios para a instrução centrada em modelos e as normas internacionais já estabelecidas para a construção de sistemas instrucionais. No terceiro capítulo é descrito o método e o desenho de pesquisa, detalhando suas etapas. O quarto capítulo apresenta o desenvolvimento da arquitetura do sistema. O quinto capítulo descreve o sistema desenvolvido. O sexto capítulo relata os resultados e considerações finais.

1.1. QUESTÃO DE PESQUISA

Como definir uma arquitetura de sistema que inclua a orientação construtivista, e que agilize a construção de ambientes de aprendizagem suportados pela tecnologia?

1.2. OBJETIVOS

O principal objetivo desta pesquisa é propor um sistema para construção de ambientes complexos de aprendizagem com instrução centrada em modelos. Este sistema deve ser desenvolvido em conformidade com os padrões e normas estabelecidos pela comunidade internacional para a construção de sistemas instrucionais.

Para atingir esta conformidade será necessário, previamente, detalhar arquiteturas abstratas já estabelecidas como padrões no campo dos ambientes de aprendizagem suportados pela tecnologia.

A partir da investigação prévia e com base nos padrões identificados, será elaborada a arquitetura do sistema. Essa arquitetura será a fundamentação para o desenvolvimento do sistema.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica desta pesquisa explora três principais dimensões que servirão de fundamento para a proposição do sistema. Em primeiro lugar, os aspectos considerados mais relevantes no design de ambientes complexos de aprendizagem pelos autores da área. Mondadori e Santos (2006) reuniram as características de ambientes complexos de aprendizagem considerados efetivos. Esta tabulação será de especial utilidade nas observações sobre os resultados atingidos. Em seguida, emerge a questão da representação do domínio de conteúdo em ambientes complexos de aprendizagem. Pianezzola et. al. (2006) propôs um modelo para a representação estruturada dos conteúdos, e este modelo será utilizado como referência para a definição da estrutura da “base de conhecimento” dos ambientes. E, finalmente, uma revisão sobre padrões e normas estabelecidos pela comunidade internacional para a construção de sistemas instrucionais. A partir deste levantamento entende-se que o sistema será concebido a partir de princípios de projeto adequados.

2.1. ASPECTOS RELEVANTES PARA O DESIGN DE AMBIENTES COMPLEXOS DE APRENDIZAGEM

O termo *ambientes complexos de aprendizagem* é derivado de Pellegrino (2004) e Achtenhagen (2001) para designar as aplicações suportadas pela tecnologia compatíveis com os princípios construtivistas de aprendizagem (MONDADORI e SANTOS, 2006). Em ambientes construtivistas, a instrução deve ser centrada no estudante e não no professor. Assume-se que os alunos aprendem melhor quando, ao invés de serem instruídos, atribuem significação a conceitos por si mesmos. Assume-se também que o controle do ritmo da aprendizagem deve ser atribuído ao aluno. O papel de professor deve ser o de mediador, fornecendo recursos para que os alunos construam suas próprias visões da realidade.

Os ambientes complexos de aprendizagem têm suas origens nos campos da psicologia cognitiva e do design instrucional. Estes ambientes têm em comum a organização de temas de aprendizado inter-relacionados através de um problema a ser resolvido ou meta a ser atingida, o emprego de tecnologia multimídia e o foco no estudante, que, por sua vez, deve

assumir um papel ativo no aprendizado (PELLEGRINO, 2004; ACHTENHAGEN, 2001). Nestes sistemas instrucionais, procura-se simular aspectos do ambiente natural, para que o aprendizado ocorra de maneira “autêntica”, envolvendo os estudantes em atividades que tenham conexão com o “mundo real” (MONDADORI e SANTOS, 2006). Nesta abordagem, o ensino passa a ser visto não como uma transmissão de conhecimentos, mas como a “provocação” de uma mudança no entendimento dos estudantes (FREEMAN e CAPPER, 2000).

Segundo Achtenhagen (2001), duas das principais etapas para a construção de ambientes complexos de aprendizagem apresentam especial dificuldade. Primeiramente, a autenticidade do ambiente de aprendizagem depende de dois elementos fundamentais: a construção do modelo da realidade onde os aspectos de interesse são representados, e a construção de um segundo modelo onde as perspectivas didáticas são consideradas. Em seguida, a operacionalização destes dois modelos depende diretamente do esforço de elaboração de um conjunto de procedimentos (informatizados). Sobre esta plataforma é que se dará o aprendizado, ou seja, a experimentação pelo estudante das tarefas de exploração do ambiente previstas na concepção do sistema. As tarefas de exploração referem-se ao processo de navegação que o estudante deve vivenciar na busca da resolução de um problema complexo, coletando e estruturando os dados necessários.

Em uma recente revisão de trabalhos sobre aprendizagem, Pellegrino (2004) indica as quatro dimensões centrais no design de ambientes complexos de aprendizagem: o **conhecimento**, o **aluno**, a **avaliação** e a **comunidade**. Mondadori e Santos (2006), em uma significativa pesquisa bibliográfica sobre o tema, identificam as características de ambientes complexos de aprendizagem efetivos baseados nos princípios para design dos ambientes e em sua operacionalização encontrados em publicações relacionadas. Um dos resultados do estudo é apresentado no Quadro 1.

Os aspectos identificados no Quadro 1 constituem importante referência para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem e, no âmbito do presente trabalho, constituem a base que se tomou como primeira referência para a definição de uma arquitetura de sistema apropriada para o desenvolvimento sistemático de ambientes de aprendizagem.

Quadro 1 – Requisitos para design de ambientes complexos de aprendizagem

Características de ambientes complexos de aprendizagem	Princípios associados	Manifestações em ambientes de aprendizagem em Administração com orientação construtivista
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ambientes de aprendizagem efetivos são centrados no conhecimento 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrução deve ser organizada através de problemas com significado e objetivos apropriados ○ Proporcione contextos autênticos ○ Proporcione atividades autênticas ○ Vincule todas as atividades de aprendizagem a uma tarefa ou problema central 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ambiente simulando infra-estrutura física e recursos de empresas reais ○ Acesso a dados reais de empresas ○ Vídeos com imagens reais de processos e profissionais de uma empresa ○ Utilização da internet como fonte de informação real, com dados pouco estruturados e não como material adaptado para uso educacional ○ Ambiente com forte linha narrativa ○ Interface com <i>ecological approach</i> ○ Atividades simulando processos reais das empresas ○ Uso de tarefas de exploração que guiam a navegação no ambiente
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ambientes de aprendizagem efetivos são centrados no aluno 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrução deve fornecer apoio para resolução de problemas e para o aprendizado com entendimento ○ Proporcione acesso ao desempenho de especialistas ○ Proporcione diferentes perspectivas sobre o problema ○ Objetos de aprendizagem devem ser acessíveis e abertos à experimentação por parte dos estudantes ○ Proporcione oportunidades de elaboração sobre conhecimento prévio dos estudantes ○ Faça com que o estudante “assuma” a tarefa 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ambiente fornece relatórios elaborados por profissionais ○ Ambiente disponibiliza soluções elaboradas por profissionais ○ Disponibilização de ajuda a qualquer momento indicando passos que devem ser tomados ○ Acesso a diferentes visões, por membros de diferentes áreas e escalões da empresa ○ Navegação não-linear no ambiente ○ Trabalho em grupo para aumentar motivação e comprometimento ○ Estudantes definem seus papéis
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ambientes de aprendizagem efetivos são centrados na avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrução deve fornecer oportunidades para prática com <i>feedback</i>, revisão e reflexão ○ Estimule reflexão por parte dos alunos ○ Forneça assessoria pelo professor ○ Proporcione avaliação autêntica ○ Estimule auto-avaliação ○ Proporcione múltiplas formas de avaliação 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilização pelo aluno de diários de registro sobre o processo de aprendizagem ○ Indução a que o estudante cometa erros no ambiente. Tarefas que exijam relacionar empresas reais com a experiência no ambiente ○ Presença do professor como apoio durante a simulação. Professor assume um papel na simulação ○ Avaliação é baseada no relatório produzido pelo estudante após a interação no ○ Avaliação é realizada de múltiplas formas, através de teste, análise de modelos mentais e produção de ensaios
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ambientes de aprendizagem efetivos são centrados na comunidade 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Instrução deve proporcionar arranjos sociais que promovam colaboração e expertise distribuída, assim como aprendizagem independente ○ Estimule construção colaborativa do conhecimento ○ Estimule articulação por parte dos alunos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Atividades em pares ou pequenos grupos ○ Discussão entre alunos

Fonte: MONDADORI e SANTOS (2006).

2.2 REPRESENTAÇÃO DO DOMÍNIO DE CONTEÚDO EM AMBIENTES COMPLEXOS DE APRENDIZAGEM

O tradicional método expositivo de ensino tem origem na visão objetivista de como ocorre a aprendizagem. Assume-se que existe uma realidade objetiva, que é entendida por todos os indivíduos através dos mesmos processos cognitivos. A mente funciona como um espelho da realidade e não como intérprete. O objetivo do ensino é transferir conhecimento de um especialista – o professor – ao aluno. O instrutor deve organizar a realidade em representações abstratas ou generalizadas que possam ser transferidas e, posteriormente, recuperadas pelos alunos. O professor deve deter o controle do material e do ritmo de aprendizagem e avaliar, através de questões, se a transferência do conhecimento ocorreu.

A visão que se contrapõe ao objetivismo é o construtivismo e suas derivações (LEIDNER e JARVENPAA, 1995). Nestes, a existência de uma realidade externa e independente do indivíduo é negada, considerando-se que o conhecimento é criado ou construído por cada pessoa. As realidades diferem de alguma maneira, de indivíduo para indivíduo, baseadas em suas experiências e vieses. A aprendizagem é, portanto, a formação de conceitos abstratos para representar a realidade, focando na descoberta de relações conceituais, explorando múltiplas perspectivas ou representações de um tema.

Piaget, em sua conhecida obra *A Linguagem e o Pensamento da Criança* (PIAGET, 1999), identifica dois tipos de raciocínio nas crianças que, segundo ele, são aqueles que nos guiam no resto de nossas vidas em intensidades que variam. Um deles refere-se àquele que empregamos a partir de nossas “teorias” pessoais, raciocínios que são livres, que independem de validação externa, e que chama de pensamento pré-causal. É a partir destas teorias que o pensamento, que Piaget designa como “lógico” ou “socializado”, se forma no decorrer dos anos, especialmente a partir dos cinco anos de idade. Procuramos elaborar raciocínios que sejam aceitos pelos outros, que nos permitam uma inserção social satisfatória. Pelo fato de serem aceitos, são comunicáveis, e assim podem ser formulados de maneira explícita.

É possível, assim, partir-se da premissa de que a imaginação do aluno, quando se encontra em situações onde a relação entre os fatos lhe instiga a busca de uma explicação plausível para a elucidação do problema, constitui o elemento propulsor do processo de aprendizagem. O processo se dá através do emprego pelo aluno de teorias pré-causais

(individuais) para o tratamento de situações falhas, vivenciadas no seu cotidiano. Idéia semelhante é apresentada por Schank (1999).

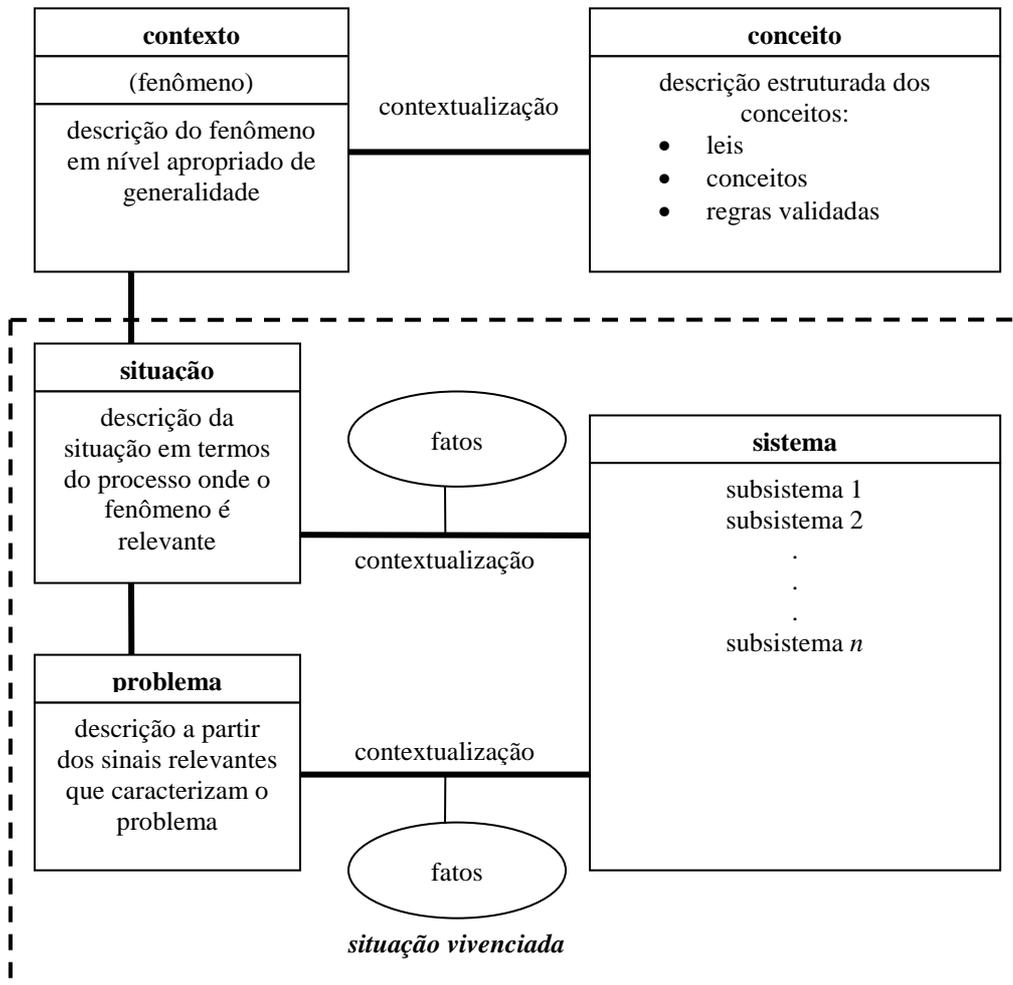


Figura 1 –. Modelo para a representação estruturada dos conteúdos objeto de aprendizagem (PIANEZZOLA et. al., 2006).

Um modelo para a representação estruturada dos conteúdos objeto de aprendizagem é proposto por Pianezzola et. al. (2006). Tomando por base a abordagem de Achtenhagen (2001) e de Akhras e Self (2002), o modelo proposto constitui-se de três entidades, necessárias para a representação do domínio do conteúdo e das situações em que o domínio se insere no processo de aprendizagem: *situação*, *problema* e *modelo do sistema*. Estas entidades assumem um significado sob o ponto de vista pedagógico quando associadas a mais duas: *contexto* e *conceito* (Figura 1). Parte-se do princípio de que, de maneira geral, a instrução formal visa capacitar o aluno a descrever contextos problemáticos a partir de conceitos socialmente validados. Por exemplo (extraído da Wikipedia):

Como os sistemas respondem a mudanças no ambiente que os circunda a partir das leis da termodinâmica e seus conceitos decorrentes, o que inclui um amplo espectro de fenômenos, tais como fenômenos de transição de fase, reações químicas, fenômenos de transporte, e até buracos negros?

A pergunta apenas destaca a relação entre as leis da termodinâmica (conceitos) e os fenômenos aos quais se aplica (contextos), inseridos em um domínio muito amplo, o das reações dos sistemas a mudanças no ambiente que os circunda. Assim, a fim de que significados possam ser atribuídos a contextos (ou, mais simplesmente, fenômenos) formalmente definidos e, indiretamente, aos conceitos que os embasam, uma representação do processo onde o fenômeno tem relevância é necessária. Por exemplo, ainda na Wikipedia, o conceito “termodinâmica” é (historicamente) justificado pelo esforço em aumentar a eficiência das primeiras máquinas a vapor.

Por outro lado, “aumentar a eficiência das primeiras máquinas a vapor” elucida um problema, aliás, um conjunto de problemas relacionados a uma insuficiente eficiência das máquinas a vapor, considerada na época. À ineficiência das máquinas a vapor, um conjunto de sinais relevantes, e que a evidenciam, estão associados (inclusive os sinais a serem considerados na representação para definir e avaliar eficiência). Sem tais sinais não seria possível atribuir, de forma explícita, um significado ao aumento da eficiência. A estes conjuntos de sinais, um conjunto de aspectos do processo objeto do conhecimento deve ser associado. No exemplo, referem-se aos elementos e às suas interações que compõem (a concepção de) uma máquina a vapor.

Conforme Pianezzola et. al. (2006), em um ambiente complexo de aprendizagem o domínio de conteúdo pode ser mapeado a partir das entidades *situação* e *problema*. É importante notar que a idéia de “falha” é circunstancial e dependente do avanço nos conhecimentos formais. Na verdade, vê-se uma falha onde há uma lacuna de conhecimento, sem a qual a falha não ocorreria. Tal lacuna, se preenchida, leva ao aperfeiçoamento do modelo do sistema e conseqüentemente, a uma expansão dos conhecimentos. As entidades *situação* e *problema*, portanto, indexam a lacuna e, portanto, todo um domínio de conteúdo. Continuando no exemplo, “falhas” nas máquinas a vapor levaram ao desenvolvimento da termodinâmica que, por sua vez, contribuiu para o desenvolvimento das máquinas térmicas. Graças à termodinâmica é que também outras máquinas, tais como as turbinas a vapor, foram desenvolvidas. O que há em comum entre máquinas alternativas a vapor (aquelas das locomotivas a vapor do tipo Maria Fumaça) e turbinas é a natureza dos fenômenos e, conseqüentemente, dos subsistemas que as compõem. Neste caso, os subsistemas abstraem

situações análogas em problemas de mesma natureza. Na Seção 4.1 Modelo de referência, retomaremos estes conceitos para a concepção do *modelo de referência* do sistema proposto. Antes, no Capítulo 3 Método da pesquisa, abordaremos o conceito de *modelo de referência*.

2.3 ARQUITETURA DE SISTEMAS INSTRUCIONAIS: CONCEITOS, NORMAS E PADRÕES ESTABELECIDOS

Por arquitetura de um sistema de informação, entende-se o modelo que representa a maneira na qual os componentes são organizados e integrados (IEEE, 1990; LLOYD e GALAMBOS, 1999). Quatro objetivos principais são atribuídos ao uso de modelos no desenvolvimento de sistemas: 1) visualizar o sistema como ele é ou como desejamos que seja; 2) permitir especificar a estrutura ou o comportamento do sistema; 3) servir de ponto de partida para a construção de um sistema e 4) documentar as decisões tomadas (BOOCH et. al., 1998).

A formalização da arquitetura como uma disciplina de engenharia para o desenvolvimento de software começou com Mary Shaw e David Garlan com a publicação, em 1996, do livro “Software Architecture. Perspectives on an Emerging Discipline” (SHAW, 1996). A necessidade de vários níveis de abstração para a modelagem dos requisitos já era percebida sem, entretanto, dispor-se de formalismos para sua representação explícita. Para Shaw, uma arquitetura de software define o que é o sistema em termos de seus componentes computacionais e dos relacionamentos entre estes componentes.

Bass et al. (1998) afirma que arquitetura de software é uma abstração do sistema, constituída de componentes, suas propriedades externas e dos relacionamentos entre eles e cita como principais vantagens de uso de modelos arquiteturais:

1. Comunicação entre os participantes. Cada participante da construção do sistema se preocupa com características específicas e que são afetadas pela arquitetura. Portanto, a arquitetura deve ser claramente representada e documentada em uma notação que todos os participantes possam entender com facilidade. A arquitetura representa uma abstração em alto nível de um sistema que deve ser base para o entendimento mútuo entre os participantes do projeto.
2. Antecipação de decisões de projeto. A arquitetura passa a ser, também, um ponto de referência comum para o desenvolvimento das atividades posteriores à sua definição.

Isto significa que a arquitetura é a manifestação antecipada das decisões de projeto, preocupando-se com a definição das restrições para o desenvolvimento e com a estrutura organizacional, enfatizando os atributos de qualidade que o sistema requer.

3. Reuso. O nível de reutilização é uma importante dimensão no que diz respeito a tempo e custo no desenvolvimento de sistemas. Consideram-se diversos níveis de reuso, tais como o reuso de idéias arquitetônicas, o reuso de estilos e de padrões de arquitetura, o reuso de componentes de software, etc. Na verdade, o objetivo primordial na definição de uma arquitetura é a promoção da reutilização.

Normalmente, a adoção de estratégias previamente validadas em projetos de software é necessária em novos projetos (BASS, 1998). Tais estratégias que dão certo se tornam princípios e padrões que acabam sendo formalizados devido à maturidade obtida através da prática. Com isso, a definição da arquitetura de um sistema não precisa e nem deve partir do zero. Cada vez mais a aderência a *frameworks*, padrões e normas se torna primordial para se obter uma arquitetura que facilita o entendimento e comunicação entre os participantes do projeto e, ao mesmo tempo, contribui com maior robustez e qualidade para o resultado.

Em se tratando de ambientes de ensino-aprendizagem distribuídos, encontramos iniciativas recentes no sentido de se estabelecer modelos de alto nível para servirem de referência aos projetos de sistemas deste tipo. Nas próximas seções veremos as especificações da norma LTSA - Learning Technology Systems Architecture (IEEE, 2003) e do IMS Abstract Framework (IMS, 2003). Estas especificações buscam promover interoperabilidade e padronização no campo de ambientes de aprendizagem com tecnologia distribuída e serão utilizadas como referência para a definição da arquitetura do sistema proposto.

2.3.1 LTSA (Learning Technology Systems Architecture - IEEE P1484.1) (IEEE, 2003)

O IEEE é uma sociedade técnico-profissional internacional criada em 1884 nos EUA e dedicada ao avanço da teoria e prática da engenharia nos campos da eletricidade, eletrônica e computação. A LTSA foi desenvolvida no “IEEE 1484.1 Grupo de Trabalho de Arquitetura e Modelo de Referência” do Comitê de Padrões de Tecnologia de Aprendizagem do IEEE (IEEE, 2003).

Esta norma do IEEE especifica um modelo de referência (ver capítulo 3) para arquiteturas de sistemas instrucionais, tendo aplicação em um vasto conjunto de sistemas

comumente conhecidos como tecnologia de aprendizagem (*learning technology*), tecnologia de treinamento e educação (*education and training technology*), treinamento auxiliado por computador (*computer-based training*), instrução assistida por computador (*computer assisted instruction*), tutoria inteligente (*intelligent tutoring*), etc. A norma LTSA foi definida para ser pedagogicamente e culturalmente neutra, e independente de conteúdo de aprendizagem e de plataforma computacional. Procura definir um *framework* para a compreensão dos sistemas existentes e dos sistemas futuros; busca identificar as interfaces mais críticas do sistema para, através disso, promover interoperabilidade e portabilidade.

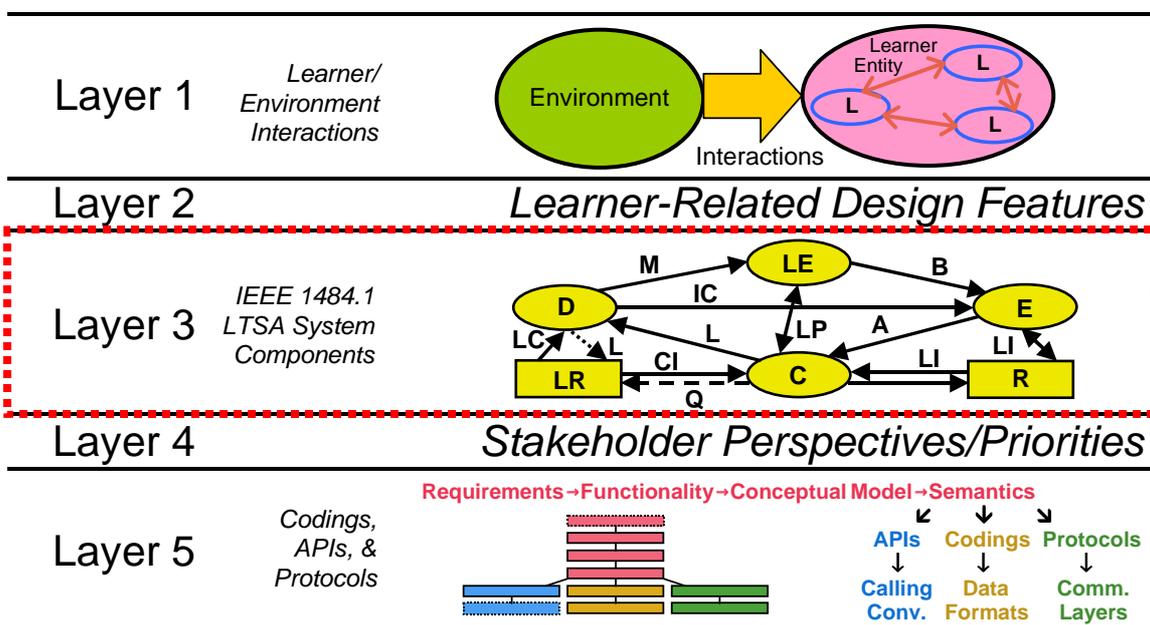


Figura 2 – Camadas de abstração da LTSA (IEEE, 2003).

Cinco camadas são especificadas, mas apenas a camada 3 (LTSA System Components) é normativa (Figura 2). Cada camada descreve um sistema em um diferente nível. As camadas são definidas do nível mais alto para o mais baixo da seguinte maneira:

1. **Interações do aluno e do ambiente.** Preocupa-se com as aquisições do aluno, transferência, troca, formulação, descoberta, etc. de conhecimento e/ou informação, através de interações com o ambiente.
2. **Características de design relacionadas ao aluno.** Preocupa-se com os efeitos no projeto do sistema de aprendizagem a partir da consideração do tipo de aluno, de suas necessidades e preferências. O design das camadas inferiores da arquitetura é afetado

pelas necessidades dos estudantes e, em particular, pela natureza do aprendizado humano (em contraste com a máquina).

3. **Componentes do sistema** (Learning Technology Systems Architecture – LTSA propriamente dita). Apresenta um modelo de referência para os componentes de um sistema de aprendizagem, e constitui a norma IEEE P1484.1 propriamente dita.
4. **Desenvolvimento de perspectivas e prioridades do sistema.** Refere-se a perspectiva, visão ou subconjunto relevante para um dado sistema de aprendizagem.
5. **Componentes Operacionais e Interoperabilidade – especificações, API's, protocolos.** Identifica, através de diversas notações genericamente descritas como especificações, APIs e protocolos, os componentes e suas interações no sistema.

Estas cinco camadas identificam prioridades de design. Parte-se do princípio que características humanas no sistema (camada 2) têm um efeito mais amplo no design do sistema do que, por exemplo, um formato multimídia específico (camada 5).

Por outro lado, as cinco camadas representam cinco escopos independentes. Por exemplo, é possível especificar um processo no nível de abstração da camada 3 (LTSA System Components) independentemente de sua implementação (especificações, API's e protocolos de uma implementação real - camada 5). Em outras palavras, mesmo que a camada 3 contenha componentes como, por exemplo, *evaluation* e *coach*, estes componentes são puramente conceituais, não havendo nenhuma exigência de se encontrar no código fonte do sistema estes elementos de forma identificável e/ou separável.

Detalhamento da camada 3 – Componentes do sistema

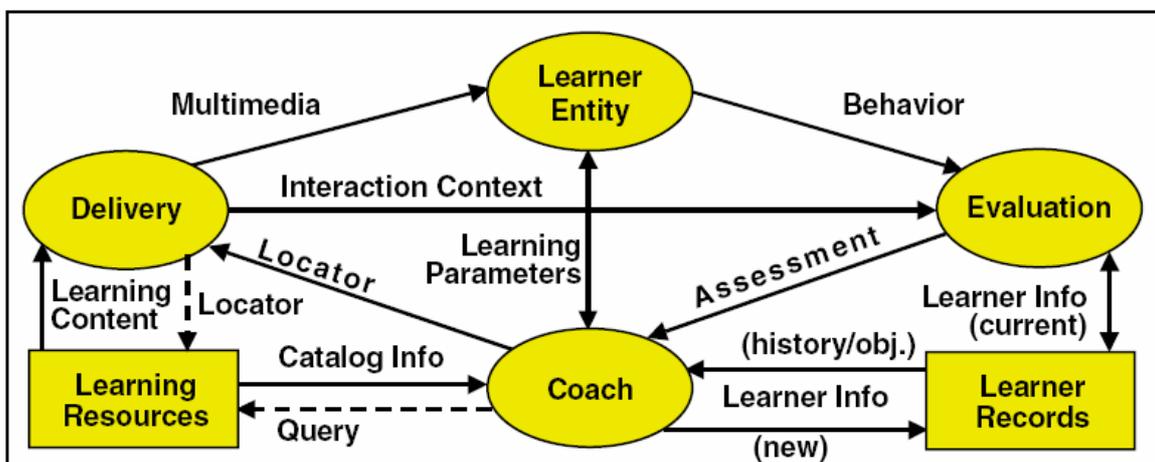


Figura 3 – LTSA System Components (camada 3) (IEEE, 2003).

Conforme a norma IEEE P1484.1, um sistema de aprendizagem é composto por quatro processos básicos computacionais, dois serviços de armazenamento de dados, e treze fluxos de informação.

Os quatro processos computacionais compreendem:

- um processo onde todas as interações do aprendiz com o sistema são consideradas (processo Learner Entity);
- um processo onde todos os comportamentos do aprendiz considerados em um sistema são avaliados (processo Evaluation);
- um processo onde todas as atividades atribuídas usualmente ao professor são desempenhadas (processo Coach);
- um processo que, em função da demanda pedagógica, reúne e entrega o material de aprendizagem (processo Delivery).

Para a realização destes quatro processos, dois armazenamentos de dados são previstos:

- uma base para armazenamento dos registros do aluno (armazenamento Learner Records);
- uma base para o armazenamento do material instrucional (armazenamento Learning Resources).

Neste contexto, um conjunto de fenômenos, relacionados ao processo de aprendizado, são descritos e representados através de fluxos de dados. Informações sobre o resultado das atividades e ações do aprendiz (Behavior) são encaminhadas pelo processo Learner Entity ao processo Evaluation. Desta maneira, o comportamento do aprendiz pode ser avaliado pelo processo Evaluation (que fará medições e armazenará os resultados no histórico do aprendiz – armazenamento Learner Records).

O processo Evaluation encaminha as informações sobre o “estado corrente do aprendiz” (Assessment) para ser apreciado pelo processo Coach a partir, tanto das informações armazenadas no Learner Records (informações relacionadas ao aprendiz: atividades, graus, registros, objetivos, desempenho, preferências, avaliações, tarefas pendentes, interesses, etc), como em função de um conjunto de parâmetros (fluxo Learning Parameters) que caracterizam o aprendiz em termos de suas limitações e potencialidades

(adaptação cultural, requisitos de acessibilidade, limitações físicas tais como problemas visuais, surdez ou limitações cognitivas).

É possível, então, ao processo Coach, pesquisar junto ao armazenamento Learning Resources, dentre os materiais instrucionais disponíveis (apresentações, tutoriais, ferramentas, modelos, experimentos e outros), aqueles que se ajustam à situação em que se encontra o processo instrucional do aprendiz, e que proporcionarão as experiências de aprendizagem mais adequadas. As referências para os materiais selecionados pelo processo Coach são encaminhadas ao processo Delivery para que, neste, o material, assim como seus atributos instrucionais, sejam recuperados junto ao armazenamento Learning Resources. Uma vez em mãos, os atributos instrucionais que definem o contexto da interação do aprendiz com o sistema (fluxo Interaction Context) são encaminhados ao processo Evaluation, e os materiais instrucionais são disponibilizados ao processo Learner Entity, reiniciando um ciclo de interação do aprendiz com o sistema.

Na próxima seção abordaremos as recomendações do IMS Global Learning Consortium para arquiteturas de sistemas instrucionais distribuídos.

2.3.2. IAF (IMS Abstract Framework) (IMS, 2003)

A IMS (Intelligent Manufacturing Systems) é uma organização internacional dedicada ao desenvolvimento de tecnologias e padrões de construção das novas gerações de sistemas computacionais. O IMS Global Learning Consortium é um consórcio que desenvolve e promove a adoção de especificações técnicas abertas para tecnologias de aprendizagem. Entre os colaboradores do consórcio se encontram: ADL (Advanced Distributed Learning Initiative), ALIC (Advanced Learning Infrastructure Consortium), ARIADNE (projeto da União Européia com o foco no desenvolvimento de ferramentas e metodologias para a produção, gerenciamento e reuso de elementos pedagógicos baseados em tecnologia), AICC (Aviation Industry CBT Committee), CNI (Coalition for Networked Information), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), IEEE/LTSC – Learning Technology Standards Committee, CEN/ISSS (European Committee for Standardization/ Information Society Standardization System), OCLC (Online Computer Library Center), SIF (Schools Interoperability Framework) e W3C (World Wide Web Consortium).

O IMS Abstract Framework (IAF) foi produzido com o intuito de ser referência para o desenvolvimento de sistemas instrucionais distribuídos e adota a UML (Unified Modelling

Language) como *framework* de representação. A UML é o resultado da unificação de diversas abordagens em especificação de sistemas OO (*Object Oriented*) para estabelecer uma linguagem padrão de modelagem de sistemas concorrentes e distribuídos. Essa unificação se deu através da compilação das "melhores práticas de engenharia" que provaram ter sucesso em projetos de sistemas grandes e complexos. Segundo Siau et. al. (2005), a UML é a linguagem de modelagem apropriada para projeto de sistemas orientados a objeto.

Os princípios básicos do IMS Abstract Framework são:

Interoperabilidade. As especificações procuram simplificar o intercâmbio de informações entre sistemas.

Orientado a serviço. O intercâmbio entre os sistemas deve ser definido em termos de fornecimento de serviços.

Baseado em componentes. O conjunto de serviços será fornecido como um “mar de componentes” que pode ser misturado ou combinado para formar um serviço particular. Um único componente pode prover um serviço ou um subconjunto de um serviço, mas nunca mais de um serviço.

Camadas: O conjunto total de serviços necessários para fazer um sistema instrucional distribuído será modelado como um conjunto de camadas, onde cada camada provê um conjunto claramente definido de serviços. Uma camada particular fará uso dos serviços da camada abaixo e proverá serviços para a camada acima.

O Modelo em Camadas

O IMS Abstract *Framework* pode ser representado como um modelo em camadas. Na Figura 4 podemos identificar as seguintes camadas:

- **Application layer.** Ferramentas, sistemas, agentes, etc, que gerenciam a interface com o usuário.
- **Application Services Layer.** Conjunto de serviços que fornecem as funcionalidades para as aplicações.
- **Common Services Layer.** Conjunto de serviços que são disponibilizados para os serviços de aplicação;

- **Infrastructure Layer.** Serviços básicos que permitem o intercâmbio de estruturas de dados em termos de comunicação física, mensagens e necessidades correspondentes de transações.

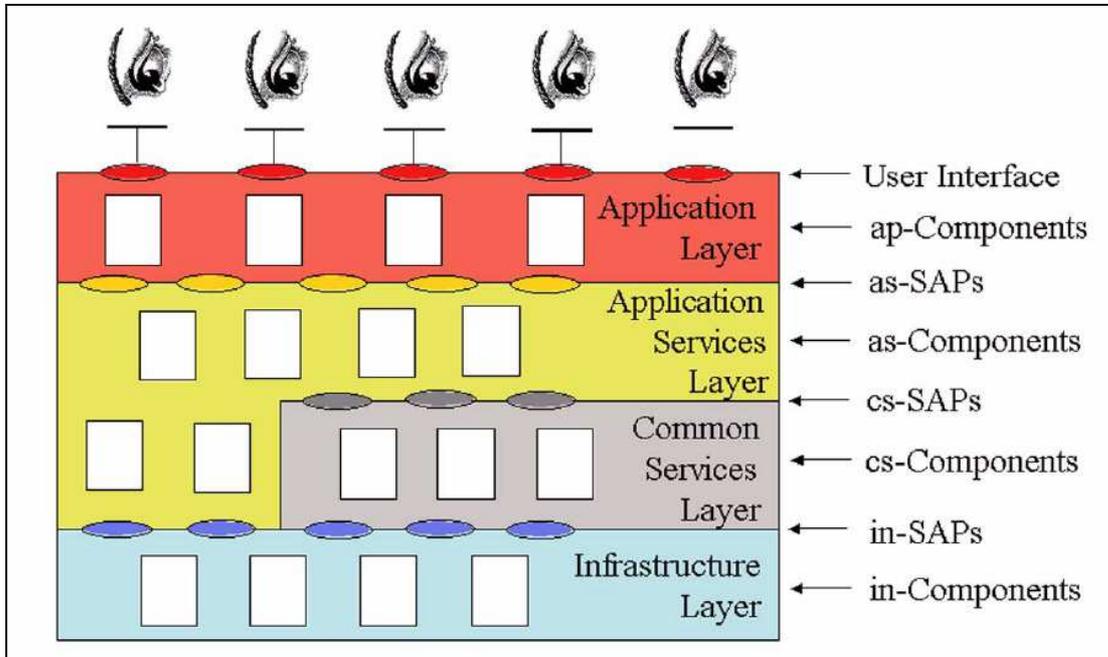


Figura 4 – O modelo em camadas (IMS, 2003).

A representação em camadas mostrada para o IAF na Figura 4 pode ser redesenhada em UML como mostra a Figura 5. A representação orientada a objetos na figura 5 mostra as dependências entre as diferentes camadas ou serviços.

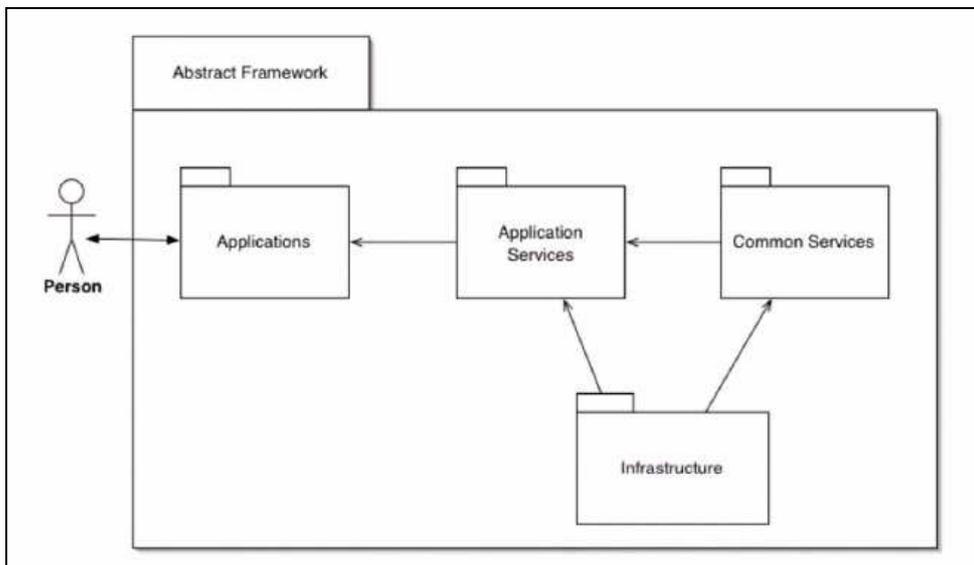


Figura 5 – Um Diagrama de Pacote UML do IAF (IMS, 2003).

A abstração de Serviço

Um dos princípios de *design* para o IAF é a adoção da abstração do serviço, visando descrever as funcionalidades apropriadas para os sistemas instrucionais distribuídos. Cada serviço possui um SAP (Service Access Point) e somente pode ser acessado através deste SAP. A Figura 6 apresenta uma representação esquemática de um serviço.

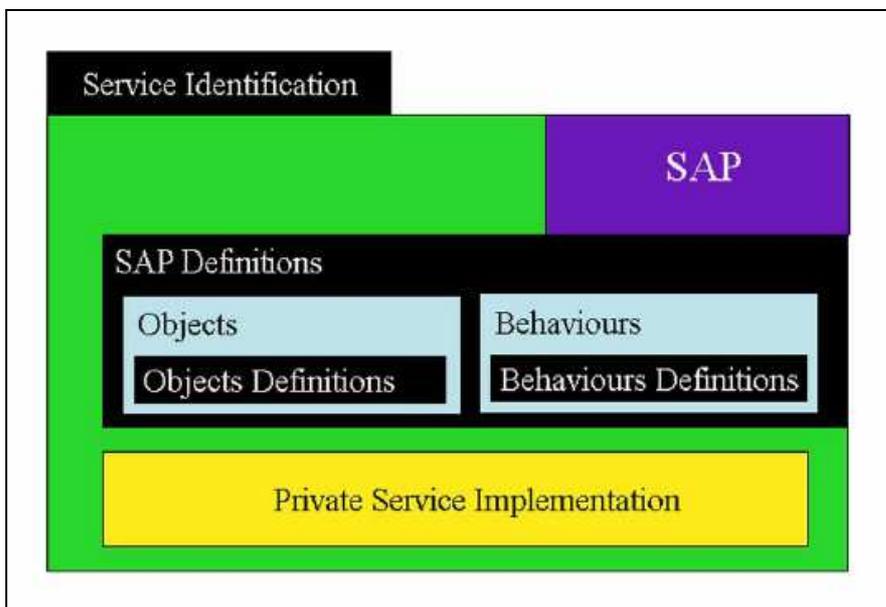


Figura 6 – Abstração de serviço (IMS, 2003).

Cada serviço tem um único Service Access Point claramente definido. O SAP é definido em termos de seus objetos constituintes e comportamentos. Cada objeto, em geral, vai ter mais de um operador. Esses operadores descrevem como o estado dos atributos pode ser alterado e o conjunto de comportamentos possíveis para cada classe. Estas definições comportamentais garantem que qualquer instância da classe forneça o mesmo comportamento previsto para o mesmo evento gatilho. As classes e seus comportamentos são definidos em uma maneira que independe do seu desenvolvimento em linguagem computacional. Esta abordagem exige que todo serviço seja definido usando esta forma de abstração, uma vez que, em muitos casos, os serviços interagem com outros. Esta interação é refletida por um serviço invocando o SAP de outro serviço.

Como a UML é utilizada como *framework* de representação do IAF, cada serviço deve ser definido por:

- Um único pacote de classe cujo nome reflete o nome do serviço. As capacidades funcionais deste pacote de classe são baseadas na agregação e herança de outras classes. O SAP real é representado por classes de interface. O relacionamento entre as classes deve ser representado utilizando um diagrama de classes.
- Cada classe de interface tem um conjunto de operadores os quais constituem a definição do SAP, isto é, o SAP é apenas uma definição lógica de um ou mais operadores.
- As estruturas de dados para os objetos são definidas usando os atributos das classes.
- Sempre que possível os comportamentos serão definidos usando diagramas/tabelas de estado.
- A interação entre as classes será definida usando diagramas de seqüência.

O Modelo Funcional

Existem diversas perspectivas funcionais possíveis para um sistema instrucional distribuído. As duas perspectivas que são introduzidas aqui, e que são as perspectivas que dominam as atividades de especificação da IMS, são:

- **Conteúdo** – descreve como o conteúdo e informações relacionadas fluem e são gerenciados dentro de um sistema instrucional distribuído.
- **Indivíduo** – descreve como informações sobre um indivíduo fluem e são gerenciadas dentro de um sistema instrucional distribuído.

Essas perspectivas funcionais identificam onde estão os pontos de interoperabilidade dentro de um sistema instrucional distribuído, ou seja, onde as flechas são usadas na Figura 7 e na Figura 8. Uma vez que estes pontos de intercâmbio são definidos como pontos de comunicação externa entre diferentes sistemas, uma especificação de interoperabilidade se faz necessária.

Uma representação funcional do fluxo e do gerenciamento de conteúdo e informações relacionadas dentro de um sistema instrucional distribuído é mostrada na Figura 7.

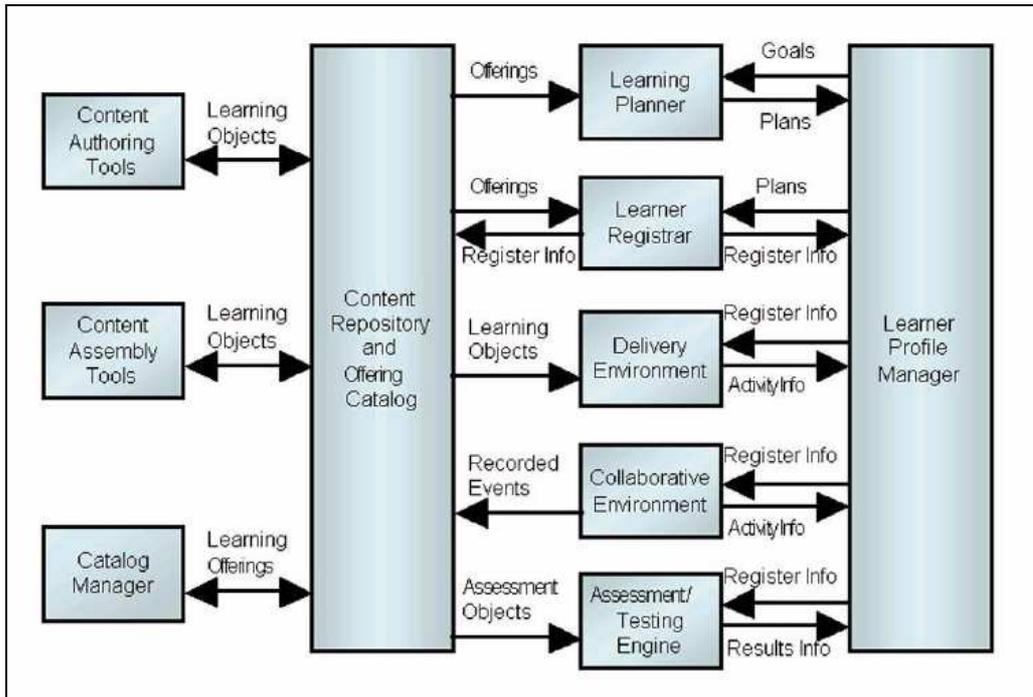


Figura 7 – Um modelo funcional de uso de material de aprendizagem (IMS, 2003).

Observamos neste modelo (Figura 7), como um dos temas funcionais chave, o armazenamento de materiais instrucionais e suas descrições e classificações (Content Repository and Offering Catalogue). Em sua esquerda, vê-se o conjunto de ferramentas que gerenciam a criação e modificação do conteúdo instrucional (Content Authoring Tools, Content Assembly Tools e Catalog Manager). Do outro lado situa-se o sistema de armazenamento de informações sobre os alunos (Learner Profile Manager). Interagindo com os armazenamentos de conteúdos e de dados relacionados aos alunos, estão as atividades centrais que geram mudanças no perfil do aprendiz, como resultado da aprendizagem realizada (Learning Planner, Learner Registrar, Delivery Environment, Collaborative Environment, Assessment/Testing Engine).

Já a representação funcional do fluxo e gerenciamento de informações dos indivíduos dentro de um sistema instrucional distribuído é mostrada na Figura 8. Um dos temas funcionais chave neste modelo refere-se ao repositório de informações dos aprendizes (Personal Profile Repository). À esquerda, aparece o conjunto de ferramentas e fontes que geram informação sobre o aprendiz ou a partir dele (Document Authoring Tools, QCL Authorities e Referees). Do outro lado aparece o repositório de ferramentas e materiais instrucionais (Human Resources Repository) e, entre eles, as atividades centrais que geram

mudanças no perfil do aprendiz, como o resultado de um aprendizado realizado (Training Planner, Learning Delivery, Work Activity e Assessment/Testing engine).

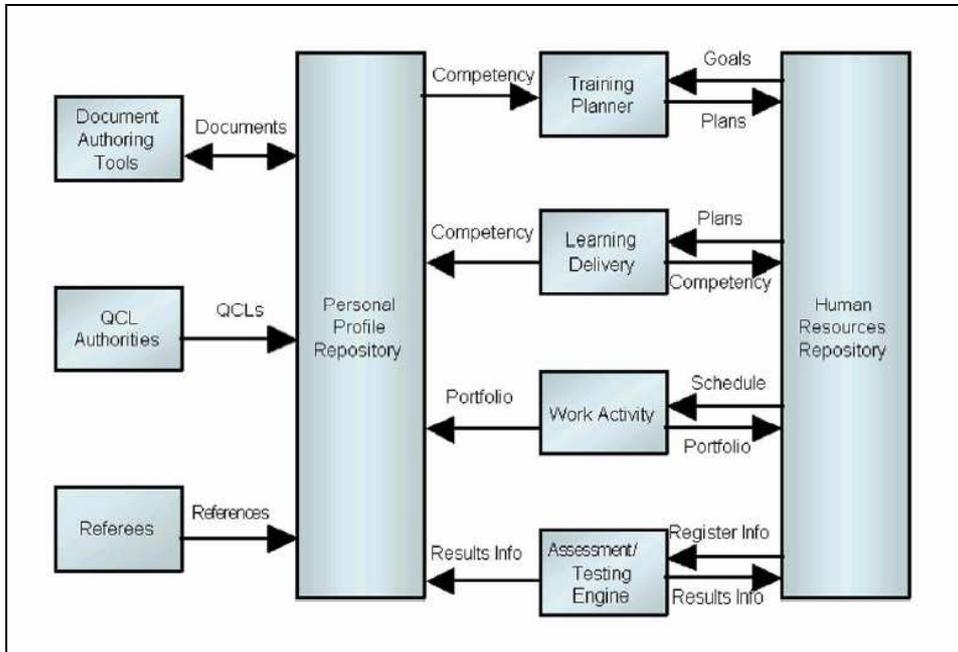


Figura 8 – O modelo funcional individual (IMS, 2003).

No próximo capítulo abordaremos como utilizar esses princípios teóricos para a proposição do sistema.

3. MÉTODO DA PESQUISA

Um modelo de referência consiste na decomposição padronizada de um problema em partes conhecidas que cooperam entre si em prol de uma solução (BASS, 1998). Conforme Bass (1998) o modelo de referência para um conjunto de processos relacionados a um determinado domínio surge durante o amadurecimento da solução, em função da necessidade de representações mais abstratas que caracterizam o domínio. Por outro lado, um “estilo” de arquitetura refere-se à organização estrutural de um sistema. Um “estilo” de arquitetura compreende, portanto, a descrição de tipos de componentes, dos padrões que guiam a interação entre eles e de suas restrições. Uma arquitetura de referência consiste, por sua vez, em uma representação dos componentes de software e dos seus relacionamentos, construída a partir das funcionalidades atribuídas aos processos considerados no modelo de referência. Portanto, o modelo de referência descreve soluções aos problemas do ponto de vista do negócio, e a arquitetura de referência apresenta as soluções do ponto de vista técnico, baseadas nas soluções de negócio. Estilos de arquitetura são usados juntamente com o modelo de referência para a definição da arquitetura de referência.

Será utilizado como base metodológica para esta pesquisa o diagrama proposto por Bass (1998) (Figura 9) que demonstra as relações entre modelos de referência, “estilos” de arquitetura e arquitetura de referência para a definição da arquitetura de um sistema.

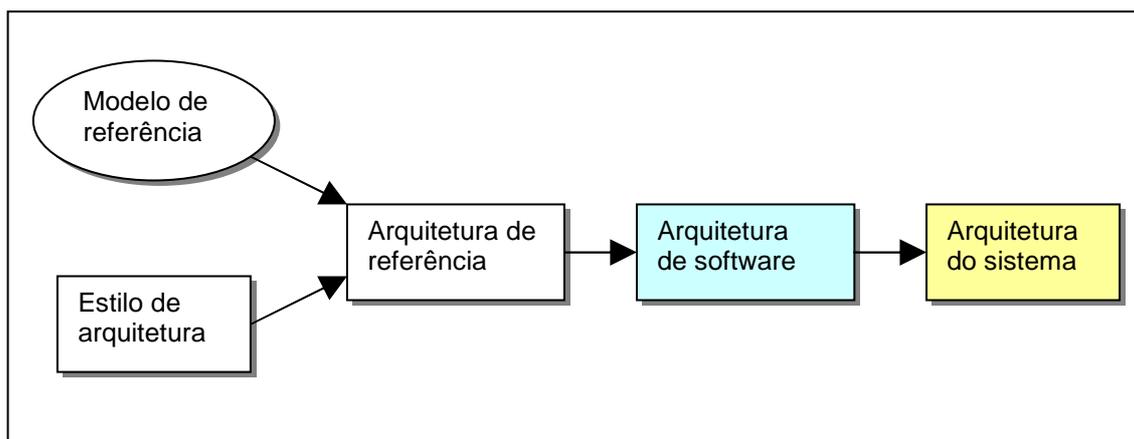


Figura 9 – Relacionamento entre modelo de referência, estilo de arquitetura e arquitetura de referência (Bass, 1998).

Assim, o primeiro passo desta pesquisa compreendeu a seleção, na literatura especializada, de material bibliográfico para a definição de um modelo de referência que se

adequasse aos princípios e propósitos da pesquisa. Em seguida, buscaram-se estilos de arquitetura internacionalmente reconhecidos, para partir-se de princípios de projeto adequados no desenvolvimento do sistema.

A partir desta investigação prévia, definiu-se a arquitetura de referência para o sistema proposto. A partir da arquitetura de referência desenvolveu-se a arquitetura de software e a arquitetura do sistema, isto é, o sistema propriamente dito. A pesquisa concluiu-se com a elaboração de um protótipo de ambiente de aprendizagem utilizando o sistema proposto. A Figura 10 apresenta o desenvolvimento da pesquisa.

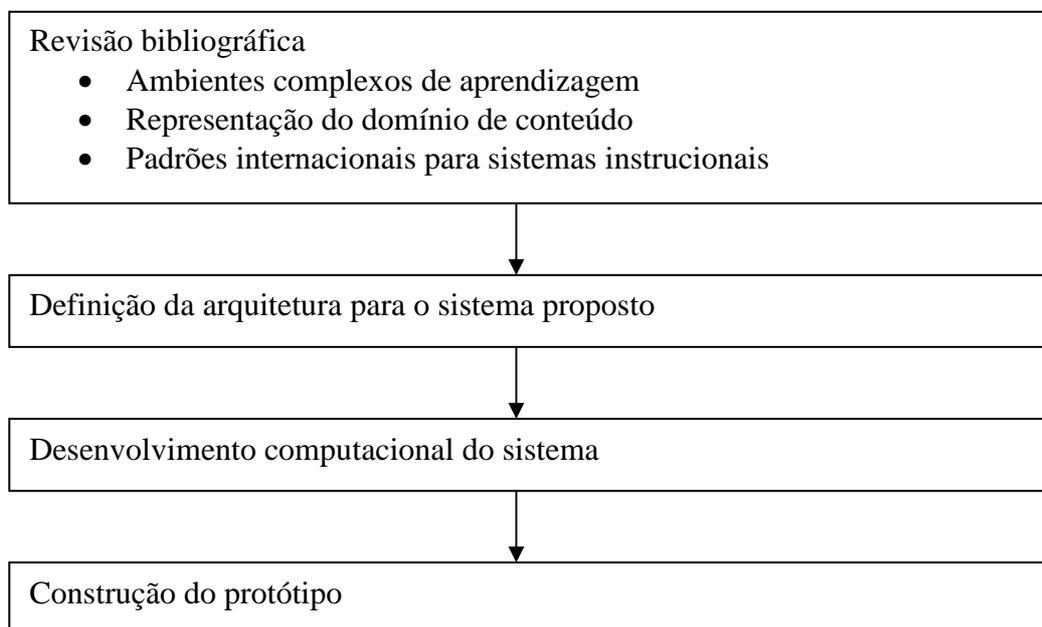


Figura 10 - Resumo do processo de desenvolvimento da pesquisa.

4. ARQUITETURA PROPOSTA

Como base para a definição do modelo de referência para a arquitetura do sistema proposto, adotou-se a norma LTSA do IEEE, uma vez que esta norma contém uma definição abrangente do processo instrucional de um sistema de ensino-aprendizagem. Além disso, para definir-se a estrutura do sistema proposto, três estilos contidos no IAF foram utilizados na definição da arquitetura de referência do sistema proposto: o modelo de camadas, o modelo de serviços e o modelo funcional. O modelo de camadas apresenta a organização dos processos em camadas de serviços. O modelo de serviços estabelece as interfaces disponíveis para a comunicação entre os serviços e visões da estrutura de relacionamentos entre objetos e da dinâmica da troca de mensagens entre eles. O modelo funcional descreve as funções contempladas e os pontos de interoperabilidade entre os elementos funcionais. Um conjunto de diagramas (diagrama de classe, diagrama de seqüência e diagrama de função) definem a arquitetura proposta.

4.1. O MODELO DE REFERÊNCIA

A Figura 11 apresenta o modelo de referência para a arquitetura proposta para o sistema. À camada 3 da LTSA (System Components), acrescenta-se uma entidade *modelo* que contém a representação dos conhecimentos relacionados ao domínio dos conteúdos a serem abordados no ambiente de aprendizagem. Este modelo de conhecimentos é criado com base no sistema BIACS – Base Inteligente para Aquisição de Conhecimentos de Sistemas (SANTOS e BECKER, 1988). O elemento principal do modelo refere-se à representação do sistema (ou dos sistemas) que, no ambiente de aprendizagem, é usado como suporte ao processo de aprendizagem.

No âmbito desta pesquisa, o modelo busca proporcionar ao aprendiz uma vivência de situações problemáticas, às quais conhecimentos teóricos estão associados. A idéia é levar o aprendiz à busca destes conhecimentos para, contrapondo com os seus, chegar à elucidação do problema. A fim de que os conhecimentos teóricos possam ser devidamente contextualizados em uma situação prática, o sistema modelado é descrito a partir de duas

situações: em funcionamento visto pelo modelador como “normal”, e em funcionamento “anormal”.

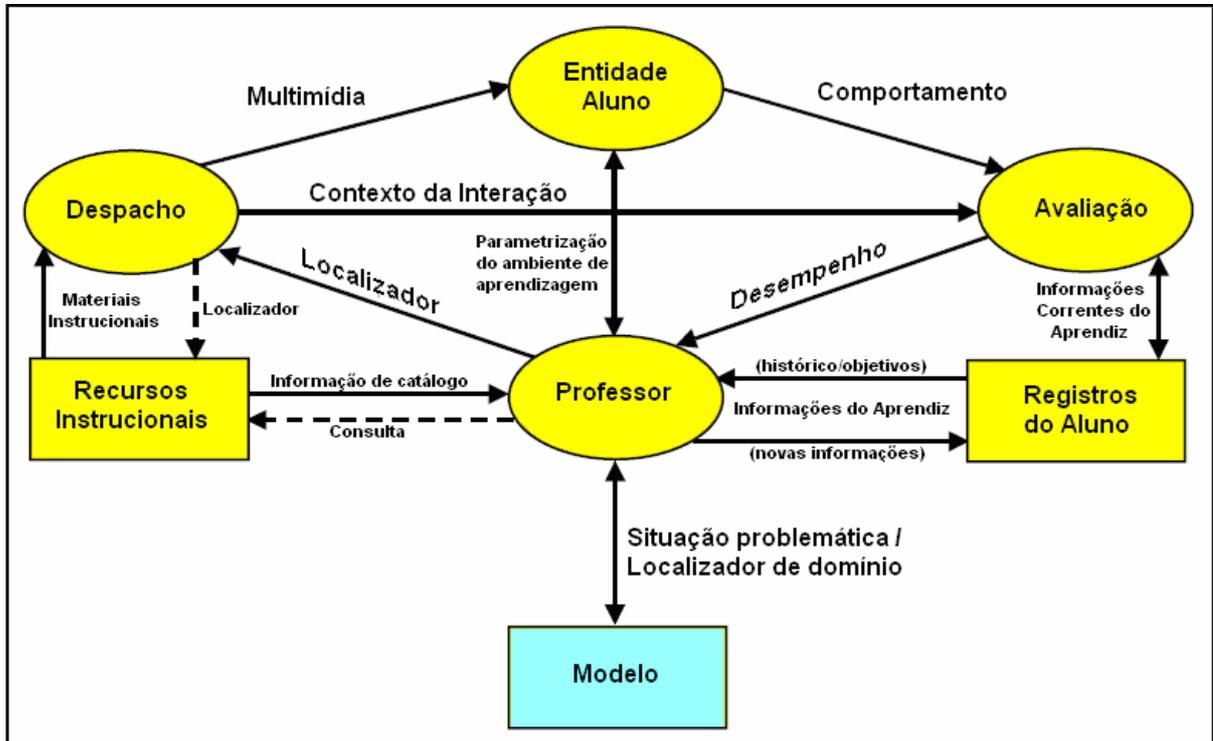


Figura 11 – Modelo de referência da pesquisa.

O processo para a modelagem dos conhecimentos compreende as seguintes etapas (Figura 12):

1. Uma representação hierárquica do sistema. Nesta, cada subsistema constitui um nível de abstração do problema, visto como um *dispositivo*.
2. A representação das características de cada subsistema em estado “normal”. Cada subsistema é caracterizado através de suas variáveis de estado, descrevendo *comportamentos normais*. Também são representados *sinais* através dos quais um estado do sistema pode ser avaliado.
3. A representação da deterioração de um estado do sistema, descrevendo *desvios de comportamento*. Também são representados *sintomas*, através dos quais a deterioração de um estado do sistema pode ser avaliada.
4. Associações entre desvios de comportamento e entre desvios de comportamento e sintomas, que descrevem o problema em níveis de abstração.

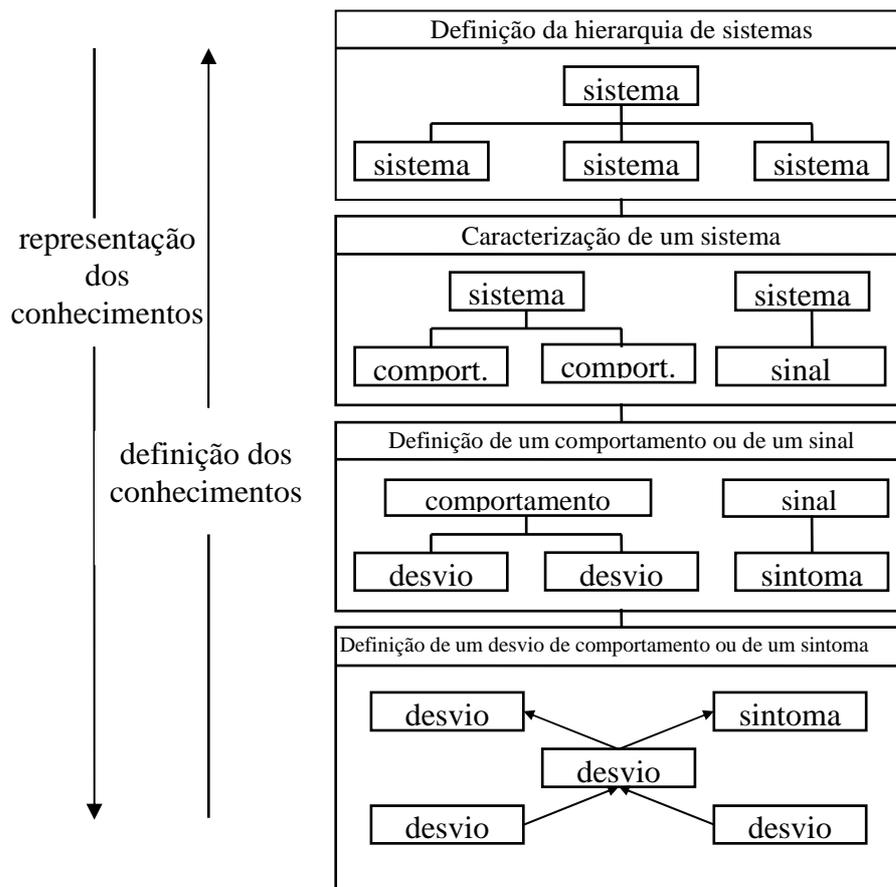


Figura 12 - Representação e definição dos conhecimentos.

O processo de modelagem é realizado em dois sentidos (Figura 12). Em um sentido representam-se e, em outro, identificam-se subsistemas. A identificação de (novos) subsistemas dá-se em função da resolução de falhas elucidadas, e da sua associação com funcionalidades já representadas no modelo.

Por outro lado, o processo de modelagem é auxiliado por dois mecanismos para a exploração contextualizada dos conhecimentos (Figura 13). Um mecanismo para diagnóstico (Figura 13a) leva o usuário, a partir de um conjunto de sintomas (ou mesmo a partir de um desvio de comportamento), à validação de hipóteses constituídas por falhas representadas no modelo. Um mecanismo para a visualização das instâncias de uma falha (Figura 13b), em todos os níveis de abstração representados, oferece ao usuário uma maneira de atribuir uma significação ao problema. No contexto definido por uma falha é que se relacionam os conteúdos de um domínio do conhecimento, tais como os fenômenos e leis gerais. Ao contexto definido no modelo por uma falha também se associam os conhecimentos sobre a natureza e a constituição do sistema modelado.

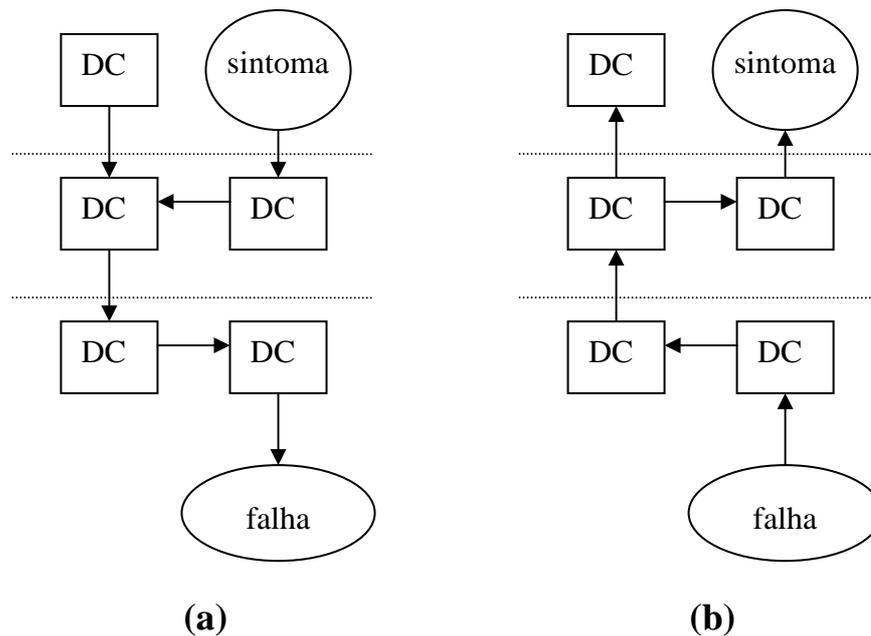


Figura 13 - Diagnóstico e simulação.

Assim, duas entidades têm especial importância para a representação estruturada dos conteúdos objeto de aprendizagem (Seção 2.2, Figura 1). A *condição de operação*, que constitui um dos atributos de um comportamento normal, define a situação problemática. Mais especificamente, através da condição de operação pode-se estabelecer um contexto cognitivo, no qual os conhecimentos que podem se associar ao problema são indexados, em níveis de abrangência. A condição de operação permite, por exemplo, definir uma situação onde um mesmo problema é apresentado de forma menos detalhada do que em outra situação. Este aspecto é interessante para o processo de aprendizagem, onde o aprendiz pode ser levado a interpretações diversas do problema, e onde níveis diversos de aprofundamento nos conhecimentos podem ser considerados. O *comportamento normal*, por outro lado, permite que domínios de conteúdo sejam pré-definidos no ambiente de aprendizagem (Figura 14)

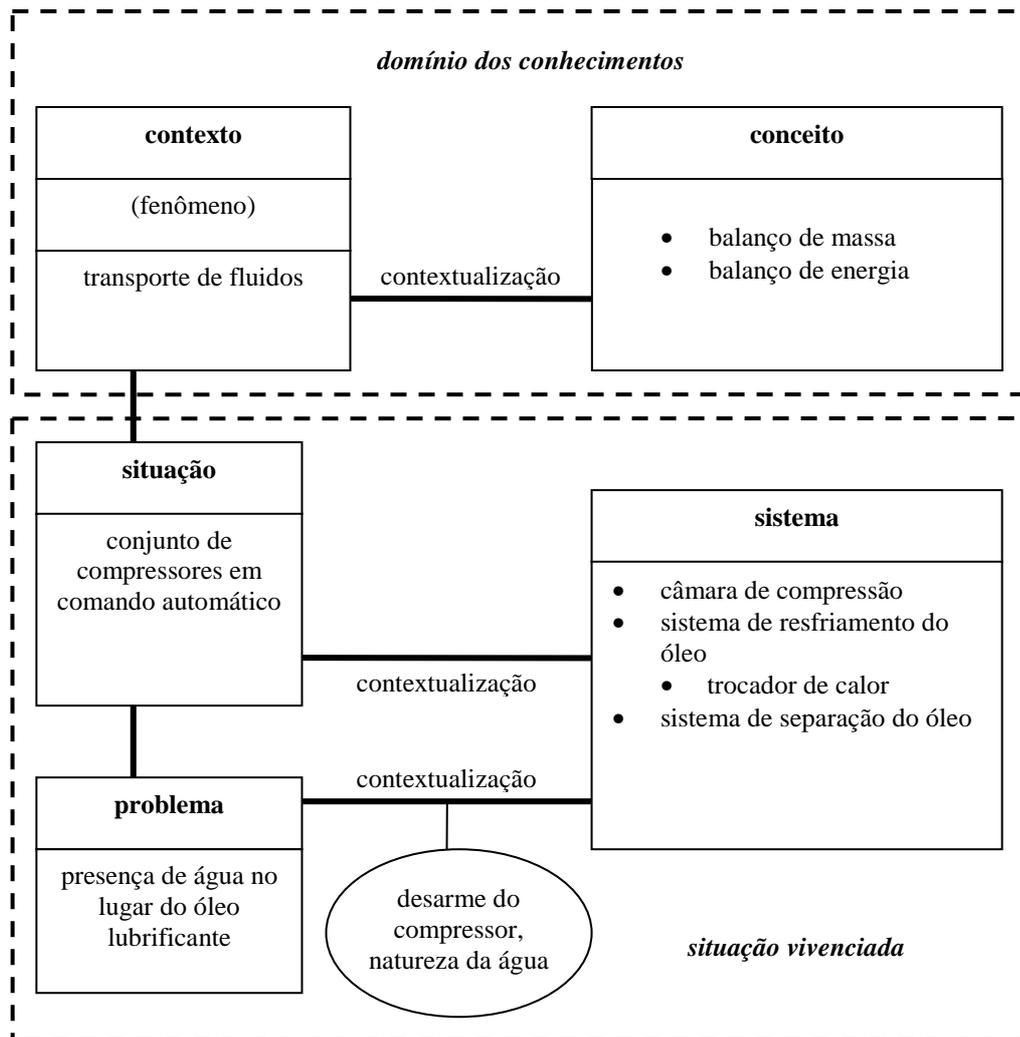


Figura 14 – (Pianezzola et al., 2006).

Desta forma, o componente “modelo”, acrescentado ao modelo da LTSA, liga-se a este último através da *situação problemática*, definida por uma condição de operação e por um *localizador de domínio*, definido por um conjunto de comportamentos normais e desvios de comportamento. O localizador de domínio é utilizado para que, durante a construção de um ambiente de aprendizagem, uma situação problemática seja definida previamente pelo usuário (por exemplo, pelo professor elaborador da disciplina). Por outro lado, a situação problemática é utilizada durante a operação do ambiente de aprendizagem, de maneira a definir o domínio de conteúdo do material instrucional.

A situação problemática constitui o material de base para a definição de um *contexto instrucional*. Por contexto instrucional entende-se o conjunto de materiais instrucionais e de procedimentos para a lidar com este material, disponibilizados em uma etapa no processo de aprendizagem. Um contexto instrucional inclui, portanto, um domínio de conhecimentos a ser

explorado pelo aluno em uma situação problemática. A passagem de um domínio a outro acontece em função da exploração pelo aprendiz dos conhecimentos representados no modelo.

4.2. A ARQUITETURA DE REFERÊNCIA

No padrão IAF, os “estilos” de arquitetura considerados pelo consórcio IMS para sistemas instrucionais distribuídos são estabelecidos. O padrão IAF adota como as três principais dimensões para a definição da arquitetura de um sistema:

- uma abordagem em camadas,
- uma abordagem por serviços.
- uma abordagem funcional.

Assim, a arquitetura de referência do sistema proposto está definida através de três modelos:

- um modelo em camadas,
- um modelo dos serviços, e
- um modelo funcional.

A seguir, os três modelos são apresentados.

4.2.1 O Modelo em Camadas

O modelo em camadas contém as quatro camadas de serviços definidas pelo IAF. Em cada camada, processos e/ou armazenamentos contidos no modelo de referência são considerados (Figura 15). A idéia de camadas define restrições de acesso entre os serviços. Cada serviço pode ser utilizado somente por serviços da camada imediatamente superior ou por serviços da mesma camada. Um serviço da camada de infra-estrutura, por exemplo, não pode acessar um serviço da camada de Aplicação. Pela mesma regra, o inverso também é

verdadeiro. Esta orientação é determinante para a distribuição dos serviços nas camadas. Desta maneira, a camada de Aplicação contém o serviço Entidade Aluno, que, no modelo de referência, gerencia a interface com o aprendiz. Os serviços Avaliação, Professor e Despacho (do modelo de referência) são disponibilizados na camada de Serviços de Aplicação, uma vez que constituem funcionalidades das quais se serve o serviço Entidade Aluno. Na Camada de Serviços Comuns os serviços Recursos Instrucionais e Registros do Aluno, são disponibilizados aos serviços Avaliação, Professor e Despacho. Finalmente, um serviço responsável exclusivamente pelos modelos é previsto na camada de Infra-estrutura, uma vez que é através do serviço Modelos que os Recursos Instrucionais são disponibilizados. Também, é através do serviço Modelos que o serviço Registros do Aluno apropria os dados da interação do aprendiz com o ambiente de aprendizagem. Ainda, é também através do serviço Modelos que o aprendiz é avaliado, os recursos multimídia são contextualizados pelo serviço Professor e disponibilizados pelo serviço Despacho.

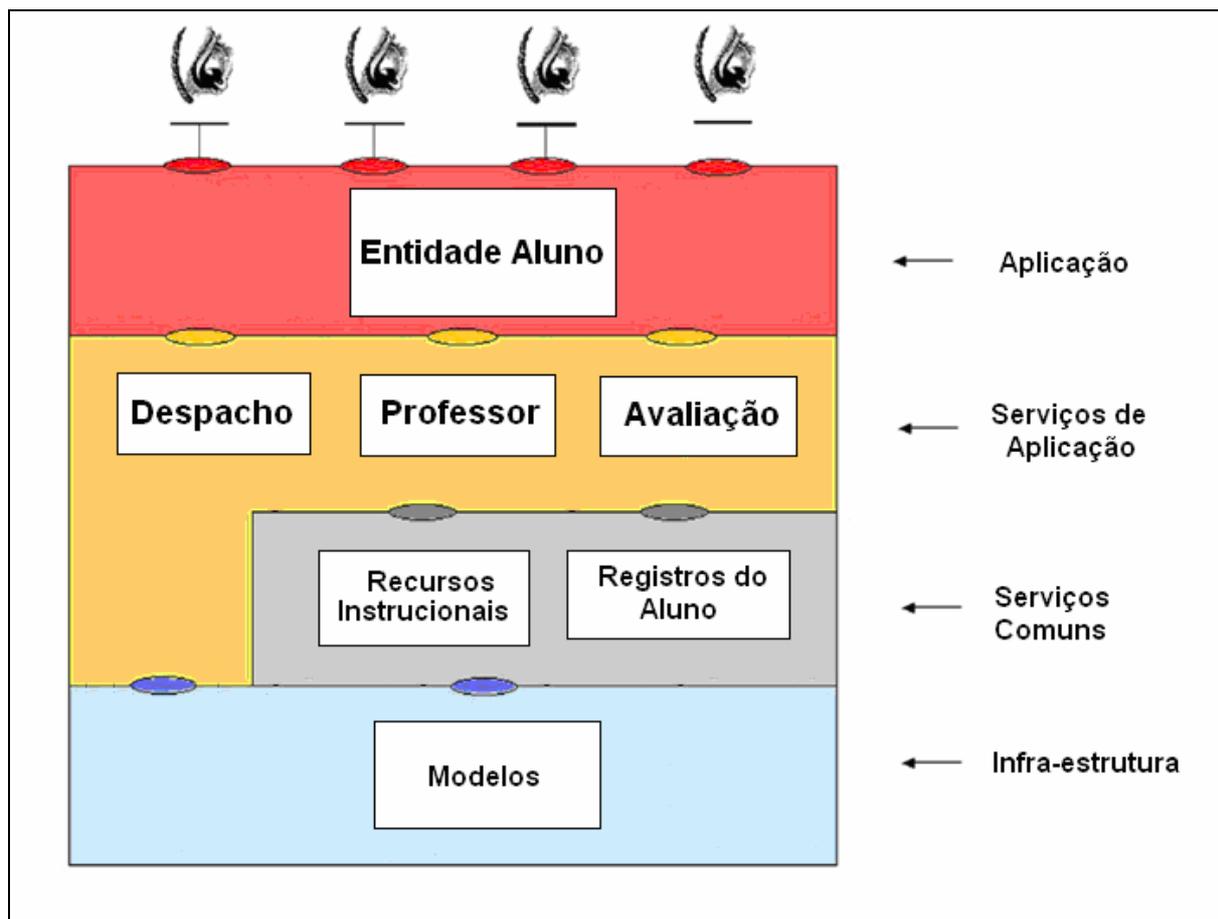


Figura 15 – As camadas de serviços para o sistema proposto.

Os serviços necessários para o funcionamento completo do sistema não estão limitados a estes propostos. Questões como, por exemplo, autenticação dos usuários, podem ser encapsuladas em serviços e disponibilizadas em uma das camadas de abstração. Estas dimensões não são abordadas aqui por estarem fora do escopo desta pesquisa.

Servindo-se de uma abordagem em camadas de serviços, a exploração das possibilidades de comunicação entre os serviços torna-se flexível, bastando acrescentar ao SAP de um serviço novas operações. Automaticamente as funcionalidades estarão disponíveis aos serviços das camadas superiores. Isto simplifica a evolução dos sistemas inspirados neste paradigma.

Segundo o IAF, os SAPs dos serviços devem ser representados por classes de interface. O relacionamento entre as classes deve ser representado em um diagrama de classes e as interações entre as classes devem ser definidas em diagramas de seqüência. Na próxima seção serão apresentados o diagrama de classes e o diagrama de seqüência que descrevem a estrutura dos serviços propostos na arquitetura de referência.

4.2.2 O Modelo de serviços

A abordagem orientada a objetos tem-se apresentado como a mais adequada para a construção de sistemas de todo tipo de domínio, nível, tamanho e complexidade de problema (BOOCH et. al., 1998). A linguagem UML é considerada a mais apropriada para projeto de sistemas orientados a objeto (SIAU et. al., 2005) e será utilizada para a modelagem dos serviços. O modelo dos serviços inclui a representação dos serviços e suas relações. Um diagrama de classes é utilizado para a representação dos serviços e um diagrama de seqüência é utilizado para a representação das comunicações entre os serviços.

Diagrama de Classes

O diagrama de classes auxilia na representação lógica do sistema, descrevendo como as funcionalidades serão desenvolvidas. Descreve e especifica a estrutura estática do sistema através de classes, objetos, e relacionamentos. Na Figura 16 é apresentado o diagrama de classes para o sistema proposto.

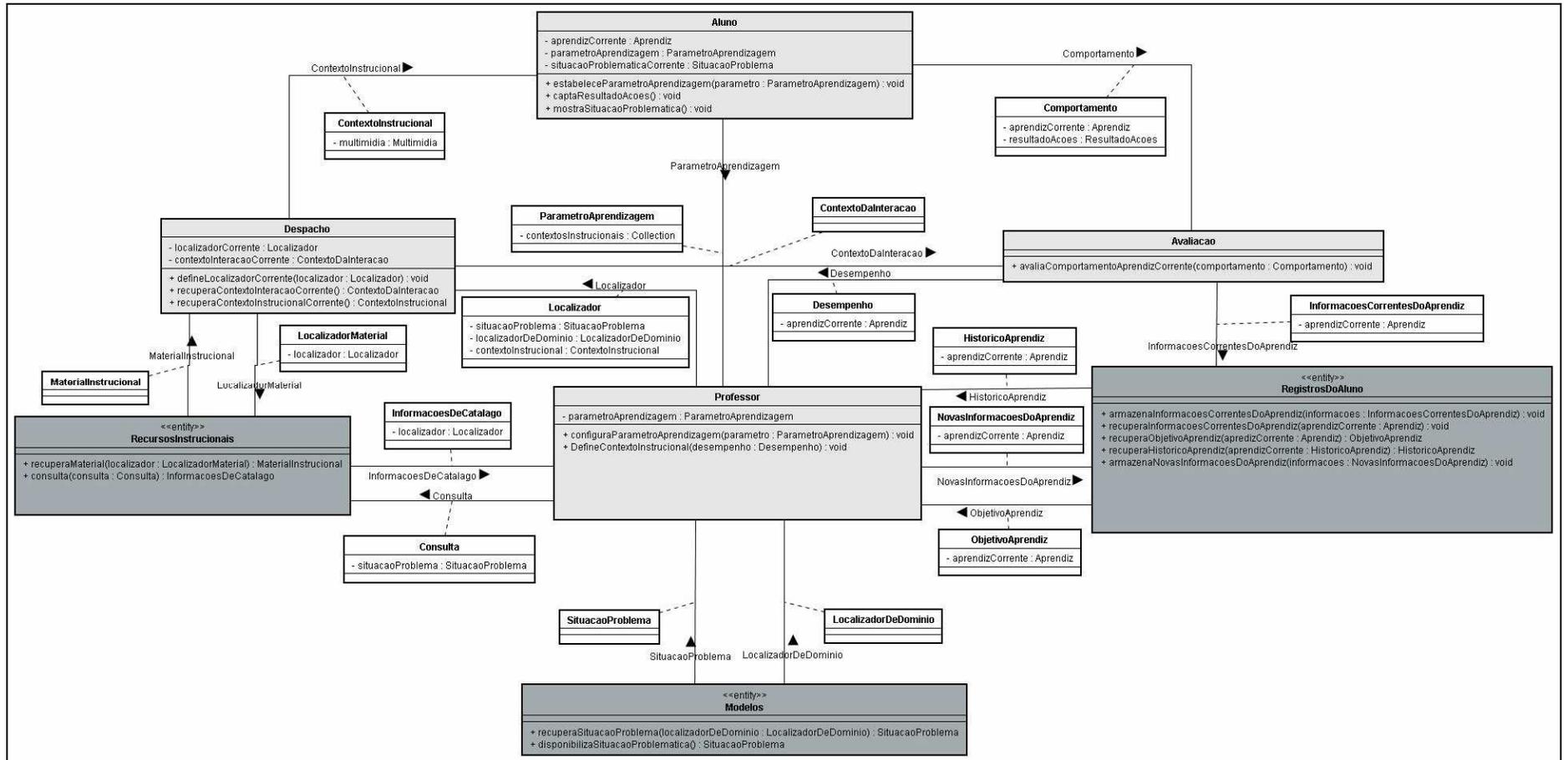


Figura 16 - Diagrama de classes de interface do sistema.

A classe Aluno contém os procedimentos para o gerenciamento da interface do ambiente de aprendizagem com o aprendiz. Esta interface com o aprendiz inclui um dispositivo para a definição da documentação que apresenta a situação problemática. Inclui também um dispositivo para a captação do resultado das ações do aprendiz e um mecanismo para o acesso aos materiais relacionados ao contexto envolvido na situação-problema.

A classe Avaliação contém os procedimentos para, em função do contexto instrucional, avaliar o resultado de cada interação do aprendiz com o ambiente de aprendizagem. As respostas do aprendiz, em um contexto instrucional, são registradas para fins de histórico e avaliadas. Estas avaliações são necessárias para que o contexto instrucional dentro do processo de aprendizagem possa ser apreciado. Através destas avaliações é que o aprendiz é autorizado ou não a avançar. Um mecanismo para a habilitação do aprendiz em cada estágio do processo de aprendizagem é, portanto, definido.

A classe RegistrosDoAluno contém os procedimentos para o armazenamento dos resultados das ações do aprendiz em cada contexto instrucional. Os procedimentos incluem também o registro dos contextos instrucionais percorridos pelo aprendiz.

Os procedimentos da classe Professor definem a escolha do contexto instrucional. A escolha de um contexto instrucional é realizada a partir dos resultados das avaliações das ações do aprendiz em um dado contexto instrucional.

Na classe Modelos, a situação problemática, relacionada a um contexto instrucional, é disponibilizada.

A classe RecursosInstrucionais contém os procedimentos necessários para o armazenamento e recuperação dos materiais instrucionais que serão utilizados em um contexto instrucional durante as interações do aprendiz com o ambiente de aprendizagem.

A classe Despacho contém os procedimentos para que, em função do próximo contexto instrucional definido a partir dos procedimentos da classe Professor, os respectivos materiais instrucionais sejam recuperados, preparados e despachados para a classe Aluno.

Diagrama de seqüência

A Figura 17 apresenta as principais transações entre as classes, decorrentes do tratamento das ações do aprendiz em um contexto instrucional.

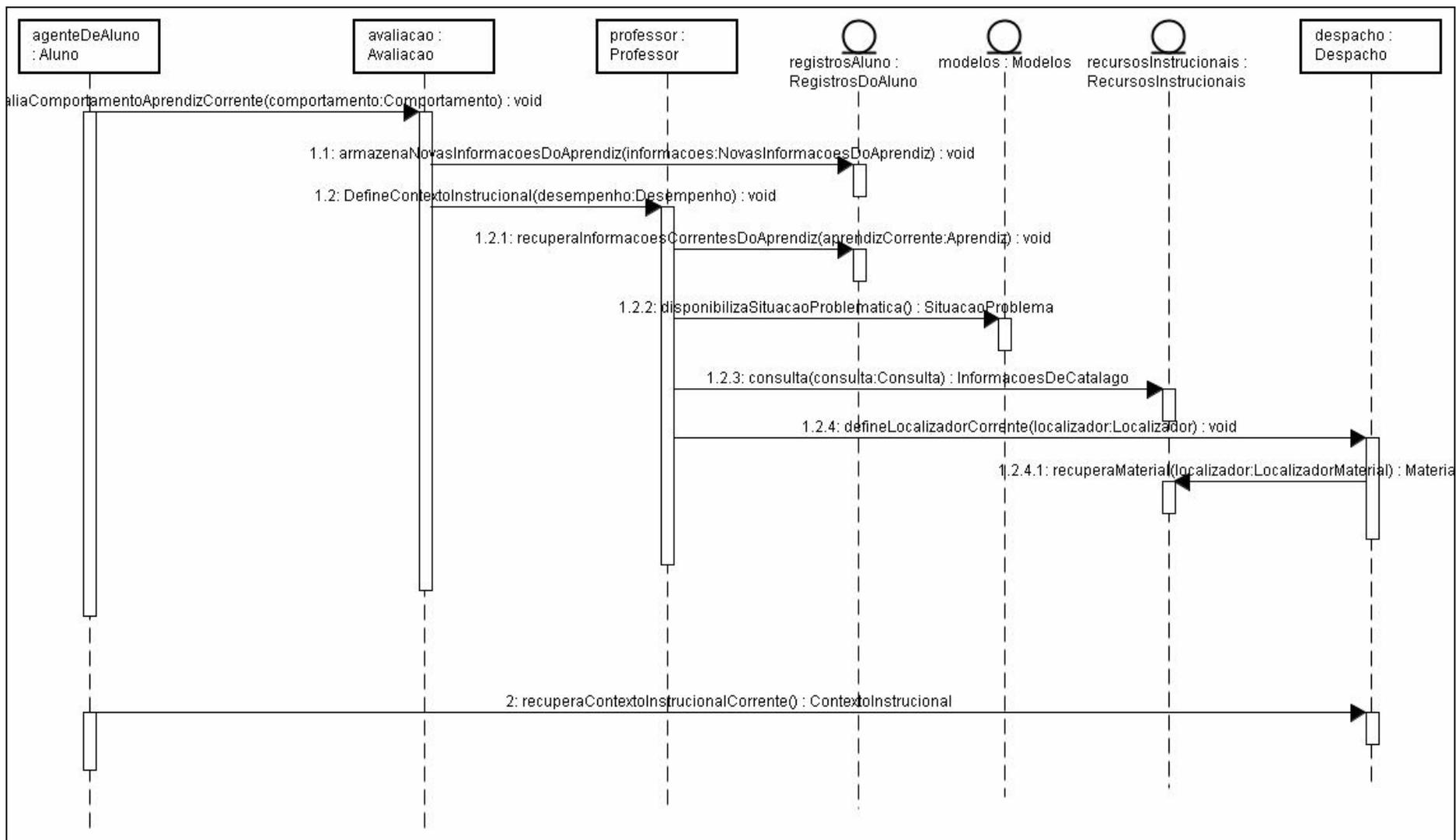


Figura 17 - Diagrama de seqüência do sistema: troca de mensagens entre as classes.

4.2.3 O Modelo Funcional

Uma representação funcional para o gerenciamento do conteúdo instrucional e das respectivas informações no sistema proposto, conforme ao modelo funcional de uso de material de aprendizagem (Figura 7) proposto pelo padrão IAF, é apresentada na Figura 18.

No modelo funcional (Figura 18), as funções principais do sistema proposto são representadas. Duas bases para armazenamento dos dados são definidas: um repositório de conteúdos e repertório de ofertas e um gerenciador do histórico do aprendiz. Estas duas bases de dados são alimentadas por dois conjuntos de funções. O repositório de conteúdos e repertório de ofertas é alimentado por funções para a lide com o modelo dos conhecimentos e com os materiais instrucionais. Tanto o repositório de conteúdos e repertório de ofertas quanto o gerenciador do histórico do aprendiz, são alimentados por funções que operacionalizam o processo de aprendizagem. No repositório de conteúdos e repertório de ofertas estão armazenados o modelo dos conhecimentos, os contextos instrucionais e os materiais de apoio para o ambiente de aprendizagem. No gerenciador do histórico do aprendiz estão armazenadas as informações sobre o aprendiz e suas ações no ambiente.

Uma função para autoria do domínio de conteúdo, onde os modelos são construídos e mantidos, deve ser operacionalizada pelo sistema. Por outro lado, os materiais de apoio instrucional são cadastrados no repertório de materiais instrucionais e, através da função para composição do conteúdo de aprendizagem, são configurados os contextos instrucionais.

Um planejador do processo de aprendizagem, a partir das metas pedagógicas definidas e dos contextos instrucionais disponíveis, estabelece contextos instrucionais viáveis. A partir de uma apreciação do histórico do aprendiz, a função habilitador do aprendiz libera o mesmo, ou não, para avançar para outros contextos instrucionais. A função ambiente de aprendizagem gera registros no histórico do aprendiz sobre as ações do aprendiz nas interações com o ambiente. Com base nestes registros, a função mecanismos de avaliação, através de diagnósticos e simulações, armazena os resultados do diagnóstico ou da simulação no gerenciador do histórico do aprendiz.

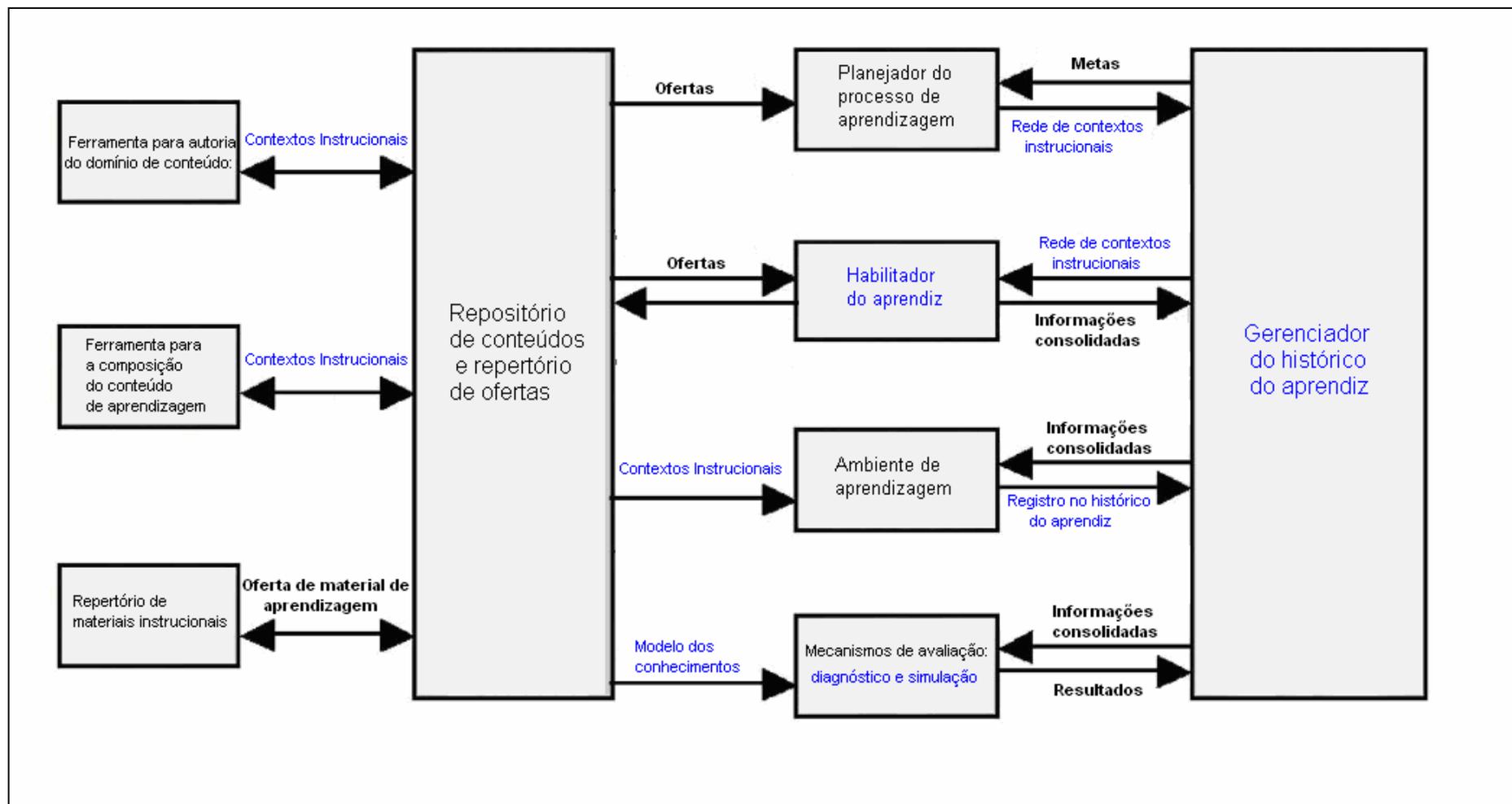


Figura 18 - Modelo funcional sob a perspectiva do gerenciamento de conteúdo.

5. SISTEMA PROPOSTO PARA A CONSTRUÇÃO DE AMBIENTES DE APRENDIZAGEM

O sistema para a construção de ambientes de aprendizagem proposto, denominado E-BIACS, foi desenvolvido em linguagem Java. A interface com os usuários foi construída em JSP (Java Server Pages). O banco de dados Postgres SQL foi escolhido para o armazenamento dos modelos e demais informações do sistema. Utilizou-se para o projeto da arquitetura a ferramenta *case* Jude UML e, para a codificação dos programas, a plataforma Eclipse. Todas as ferramentas, softwares e componentes utilizados para o desenvolvimento do sistema encontram-se disponíveis na Internet, isentos de licença.

O sistema foi organizado em módulos (Figura 19), com as seguintes finalidades:

- criação do repertório de materiais instrucionais,
- autoria do domínio de conteúdo,
- construção dos contextos instrucionais,
- exploração do ambiente de aprendizagem.

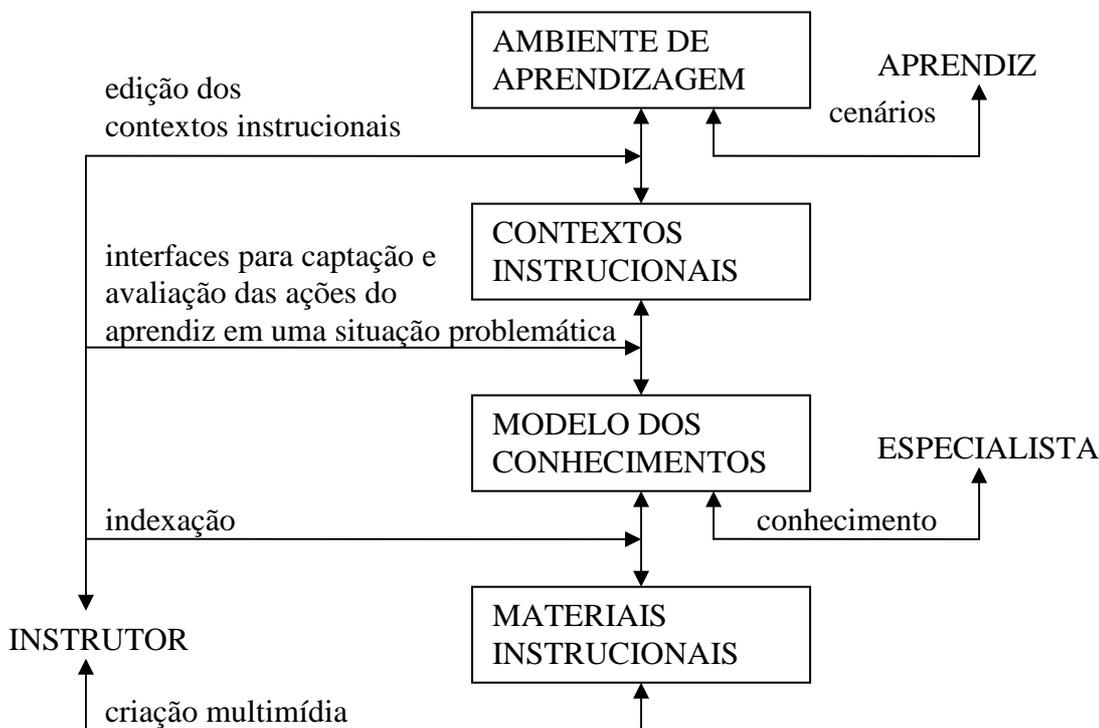


Figura 19 – Módulos do sistema.

Além destes, foi desenvolvido um módulo administrativo, constituído de interfaces para o cadastramento de alunos, especialistas e professores, com a possibilidade da atribuição de permissões especiais dependendo do perfil do usuário.

O módulo para criação do repertório de materiais instrucionais (módulo Materiais) permite o cadastramento de materiais instrucionais de apoio como, por exemplo, vídeos, animações, documentos impressos, textos, páginas da internet, etc. A construção dos modelos de conhecimentos deve ser realizada, no módulo Modelos, por um especialista no domínio de que trata o modelo. A construção de um contexto instrucional (módulo Contextos) compreende, inicialmente, a definição da situação problemática. Uma situação problemática é definida a partir da seleção da parte do modelo dos conhecimentos que caracteriza o domínio de conteúdo a ser tratado no contexto instrucional. O segundo passo compreende, para cada entidade do modelo dos conhecimentos, a definição do material instrucional relacionado. Este material pode referir-se a conhecimentos teóricos, ilustrações contextualizadas da situação problemática ou, ainda, a definição de interfaces para a captação das ações do aprendiz no ambiente de aprendizagem. O terceiro passo compreende a definição dos mecanismos de inferência a serem utilizados para a avaliação das ações do aprendiz, assim como a determinação dos mecanismos de navegação no ambiente a serem disponibilizados no contexto instrucional. A construção dos contextos instrucionais deve ser realizada pelo instrutor, que definirá, em função de um conjunto de metas, a maneira como o domínio dos conhecimentos será vivenciado pelo aprendiz. Da mesma forma, este módulo permite a edição dos contextos instrucionais no ambiente de aprendizagem.

A exploração do ambiente de aprendizagem (módulo Ambiente) inclui operações pré-definidas que disponibilizam material para a apresentação do contexto instrucional (história de abertura). Além destas, inclui operações para a apresentação de material instrucional destinado à captação das ações do aprendiz, assim como para a apresentação do material que ilustra a situação problemática. A apresentação deste material é realizada em função dos mecanismos para navegação pré-estabelecidos durante a construção do contexto instrucional. Ainda neste módulo é realizada a avaliação das ações do aprendiz através dos métodos de inferência previamente definidos. Os mecanismos de inferência avaliam as ações do aprendiz a partir de proposições lógicas associadas ao material para captação das ações do aprendiz. Cada proposição corresponde, por sua vez, a uma hipótese representada por uma entidade no modelo dos conhecimentos, tais como comportamentos normais, desvios de comportamento, parâmetros de projeto e falhas.

5.1. PROTÓTIPO DE UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM

A fim de ilustrar a aplicação do sistema E-BIACS para a construção de ambientes de aprendizagem, desenvolveu-se um protótipo de ambiente que tem como objetivo levar o aprendiz a vivenciar aspectos técnicos e organizacionais presentes na operação de um equipamento complexo. As situações problemáticas referem-se à modelagem de um caso ocorrido em uma plataforma de perfuração marítima, e que incluem o funcionamento da central de ar comprimido da plataforma. No ambiente de aprendizagem, pretende-se levar o aluno à elucidação de uma falha de projeto no sistema dos compressores. Pretende-se também que o aluno, uma vez que tenha elucidado a falha, proponha uma solução.

Em uma plataforma marítima de petróleo, após alguns meses de operação, o sistema de compressores começou a apresentar problemas mecânicos relacionados ao atrito dos elementos compressores com sua carcaça de metal. Face a este tipo de avaria, dois fatos (sintomas) foram verificados: um dos compressores encontrava-se “desarmado” com o eixo acionador preso, e o vaso separador de óleo lubrificante encontrava-se cheio d’água. Uma hipótese (falha) foi imediatamente estabelecida: falta de óleo lubrificante, que levaria a avarias nos mancais e, conseqüentemente, a outras avarias internas. O fato de que o vaso separador estava cheio d’água foi desprezado, uma vez que a água foi provada e verificada salgada. Conseqüentemente, a substituição do trocador de calor do óleo (arrefecido com água do mar) resolveria este problema.

O compressor foi reparado e posto em operação. Em pouco tempo ocorreram novamente as mesmas avarias, porém também em mais outro compressor (eram três compressores atuando automaticamente em paralelo, em função da demanda de ar comprimido). Neste decurso, entretanto, antes que o compressor travasse novamente, verificou-se que, ao drenar a água do vaso separador de óleo, uma grande quantidade de água era retirada. Esta operação era realizada pelo pessoal da manutenção rotineiramente e, sem que estivessem informados, destinava-se a extrair uma eventual porção de condensado presente no circuito de lubrificação do compressor. Esta, por repetir-se, passou a constituir uma informação relevante, uma vez que evidenciava uma anomalia. Uma nova explicação evidenciou-se: água salgada (paradoxalmente), de alguma maneira, entrava no circuito de óleo e, enchendo o vaso separador, evitava a separação do óleo. O compressor, sem óleo, trancava. Os trocadores de calor foram novamente substituídos, junto com os novos elementos compressores. Os compressores trancaram novamente.

Após inúmeras investidas procurando problemas nos subsistemas, descobriu-se que no manual de operação dos compressores havia uma recomendação para que, na partida dos compressores, o fluxo de água para o arrefecimento do óleo lubrificante fosse gradualmente aumentado, de maneira a que a temperatura do ar comprimido no bocal de saída de cada compressor não fosse nunca inferior a um determinado valor. Descobriu-se também que, para lubrificar os parafusos de compressão, óleo lubrificante era pulverizado na câmara de compressão, misturando-se ao ar. A função do vaso separador de óleo era, portanto, a de separar o óleo do ar, de maneira a manter o óleo dentro do circuito. Caso contrário, o óleo gradualmente (rapidamente) seria perdido para a rede de ar comprimido. Conhecimentos de termodinâmica elucidam o problema: a temperatura deve permanecer acima de um patamar de maneira a evitar-se a condensação da umidade do ar provocada por uma elevação do ponto de orvalho que, por sua vez, deve-se à elevação da pressão do ar. O óleo (misturado ao ar) em temperatura abaixo do ponto de orvalho, leva à condensação da umidade presente no ar durante o processo de compressão.

Enquanto não se fez uma análise do teor de sólidos da água presente no óleo, não se elucidou o problema. Uma vez verificado que a água era proveniente do ar e não do mar, com a qual eram refrigerados os compressores, o problema foi resolvido com a inclusão de um dispositivo automático para a regulação do resfriamento do óleo durante a partida dos compressores. Um novo subsistema foi integrado ao existente.

Para a construção do protótipo, o primeiro passo foi o cadastramento dos materiais instrucionais relacionados ao domínio dos conhecimentos envolvidos no caso e dos relatos e documentos dos fatos constatados sobre o problema (módulo Materiais).

Em seguida, no módulo Modelos, foi realizada a construção do modelo do compressor por um especialista (Figura 20).

Dois contextos instrucionais foram previstos. O primeiro, indexado pela situação problemática “compressor acionado” e os segundo pela situação problemática “partida a frio”. A construção dos contextos instrucionais no módulo Contextos definiu cada situação problemática, a relação dos materiais instrucionais com as propriedades do sistema - que permitem a recuperação contextualizada destes materiais - e as interfaces para a captação das ações do aprendiz (Figura 21).

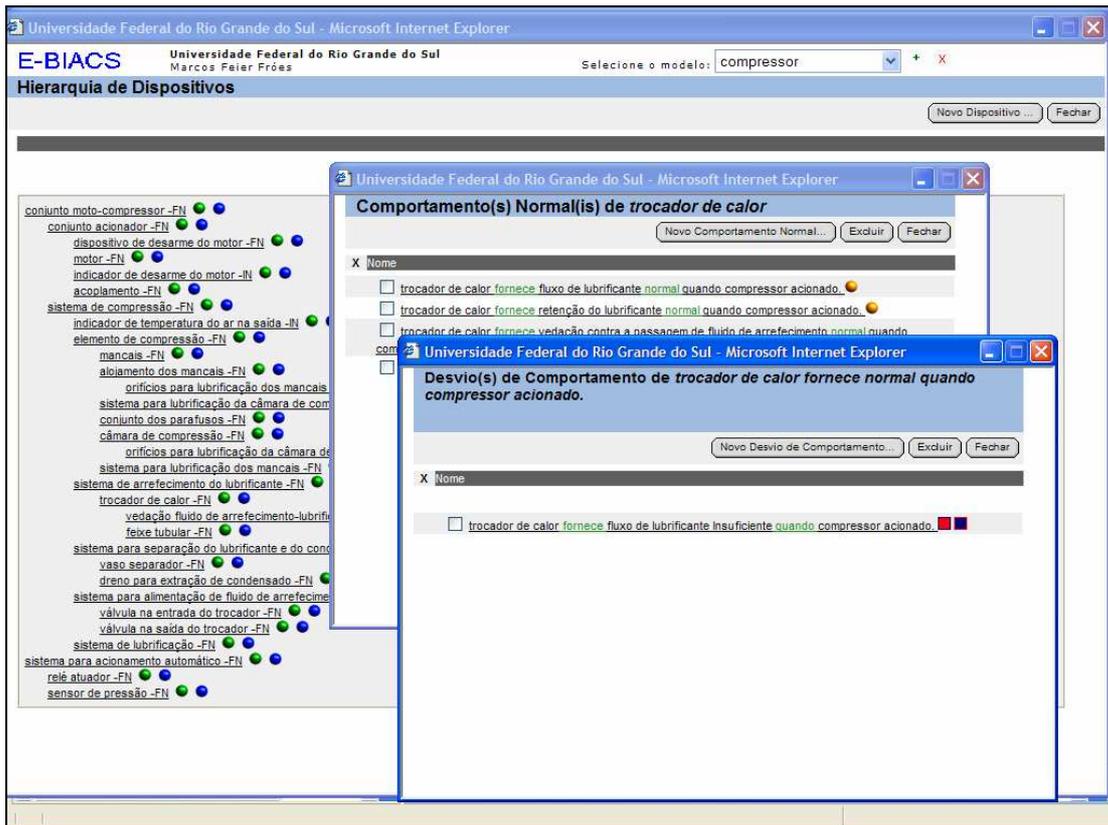


Figura 20 - Construção do modelo.

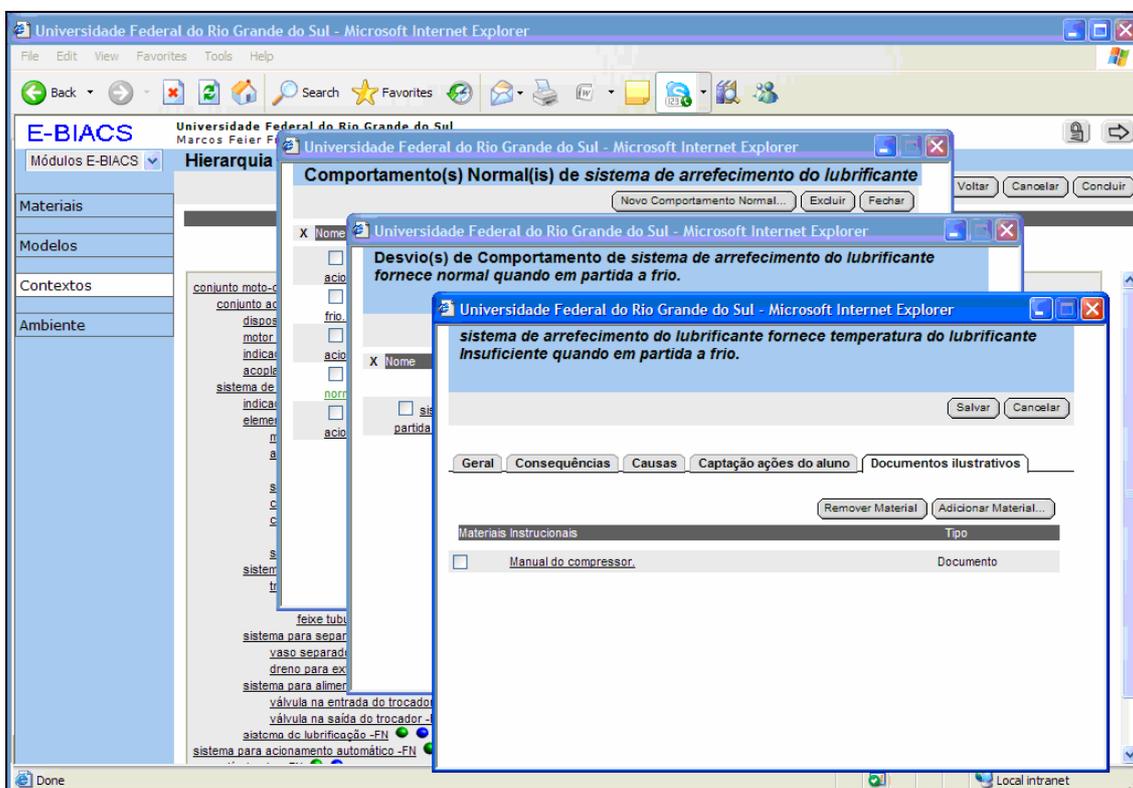


Figura 21 - Configuração do contexto instrucional.

Na exploração do ambiente de aprendizagem (módulo Ambiente), primeiramente é introduzida uma história de abertura, onde o cenário do problema é ilustrado. A Figura 22 apresenta a tela inicial do módulo Ambiente.

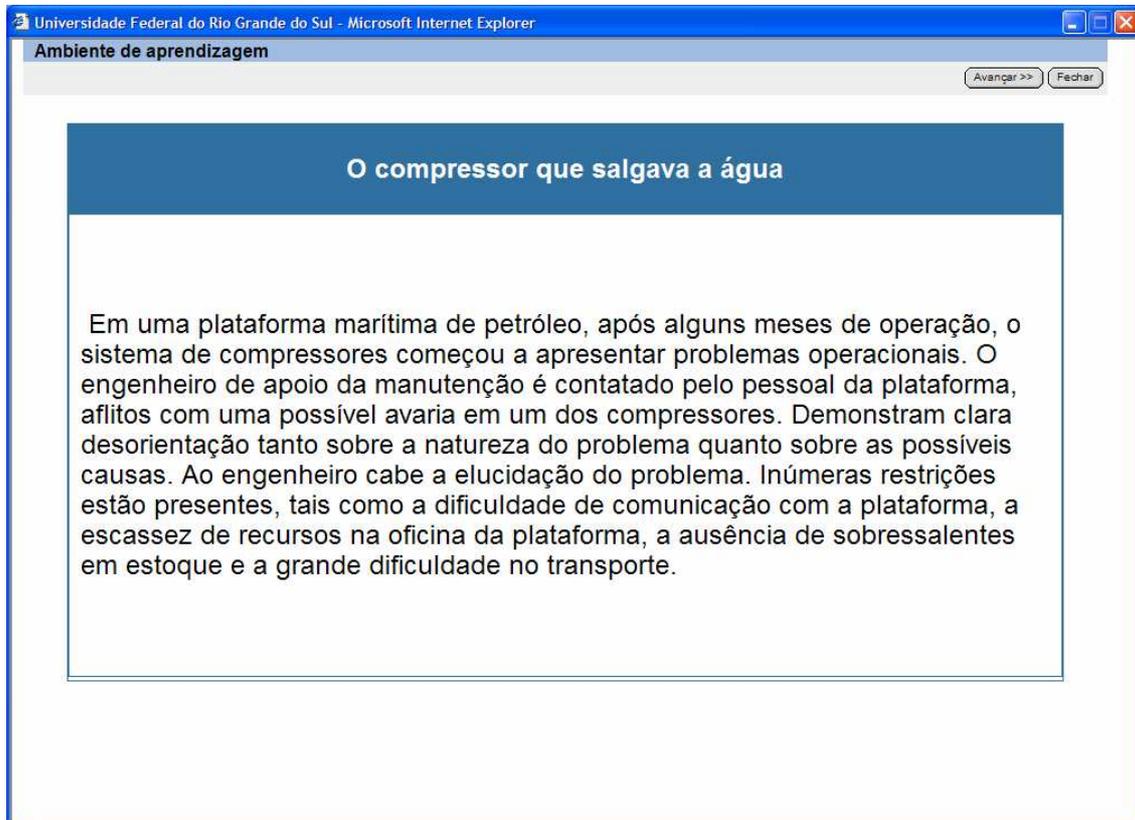


Figura 22 - Apresentação da situação – problema.

O primeiro contexto instrucional é indexado pela situação problemática “compressor acionado” e apresenta um conjunto de materiais instrucionais que, em princípio, não leva o aluno à elucidação do verdadeiro problema. Por outro lado, estes materiais permitem que o aluno entre em contato com os princípios e a tecnologia que regem o funcionamento do compressor, assim como dos agentes de gestão envolvidos na situação, tais como a prestadora de assistência técnica do fabricante, a equipe de manutenção da plataforma e o corpo de engenharia da plataforma e do fabricante. O aluno é também introduzido à complexidade do problema. A avaliação das ações do aluno neste contexto instrucional inclui, primeiramente, um diagnóstico da situação problemática. Neste, um conjunto de problemas é abordado progressivamente, em cenários, pelo aluno. Em função do resultado do diagnóstico, o aluno é habilitado para avançar para o segundo contexto instrucional ou a permanecer neste primeiro.

O primeiro contexto instrucional

O primeiro contexto instrucional (compressor acionado) é vivenciado pelo aluno a partir de três cenários: temperatura do lubrificante, contaminação com água, e falta de lubrificante. Hipóteses relacionadas aos três cenários são lançadas conjuntamente pelo sistema que, em função das respostas do aluno verifica, interativamente, a consistência de cada cenário. As hipóteses referem-se à representação do problema em vários níveis de abstração. A medida que cada cenário é elucidado pelo aluno, o sistema apresenta materiais instrucionais onde o cenário elucidado é demonstrado como inadequado para a solução. Esta estratégia reflete o andamento real dos fatos tal como ocorreram na plataforma de petróleo: a elucidação de cada um destes três cenários de falha, fundamentada pelas informações coletadas e o conhecimento relacionado, invalidou-se com a consideração de novos fatos, evidenciados com a entrada em operação dos aparelhos após os sucessivos reparos.

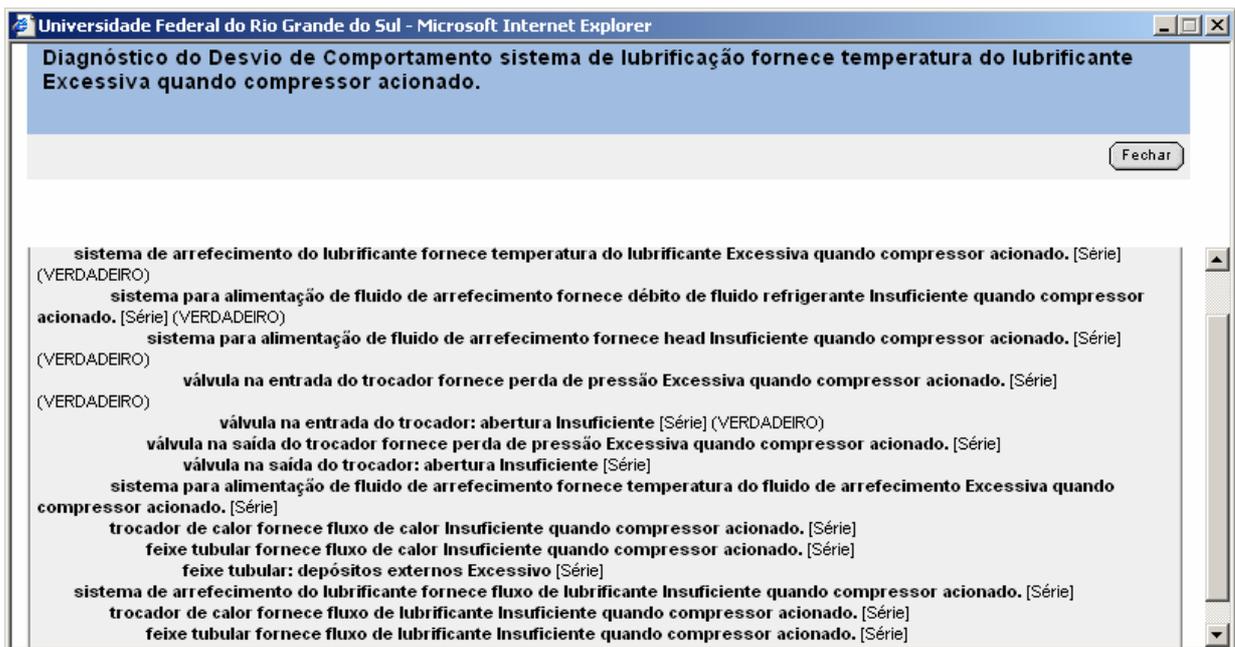


Figura 23 – Cenário “temperatura do lubrificante”.

A Figura 23 apresenta parte do modelo de conhecimentos do cenário “temperatura do lubrificante”. Neste, hipóteses relacionadas a problemas no trocador de calor e sua operação, a problemas no sistema de água para arrefecimento da plataforma, ao desarme do motor e a danos nos mancais e nos parafusos devem ser apropriadas pelo aluno de forma a conformar um cenário caracterizado pelo desarme do motor e por eventuais danos nos mancais e no conjunto dos parafusos.

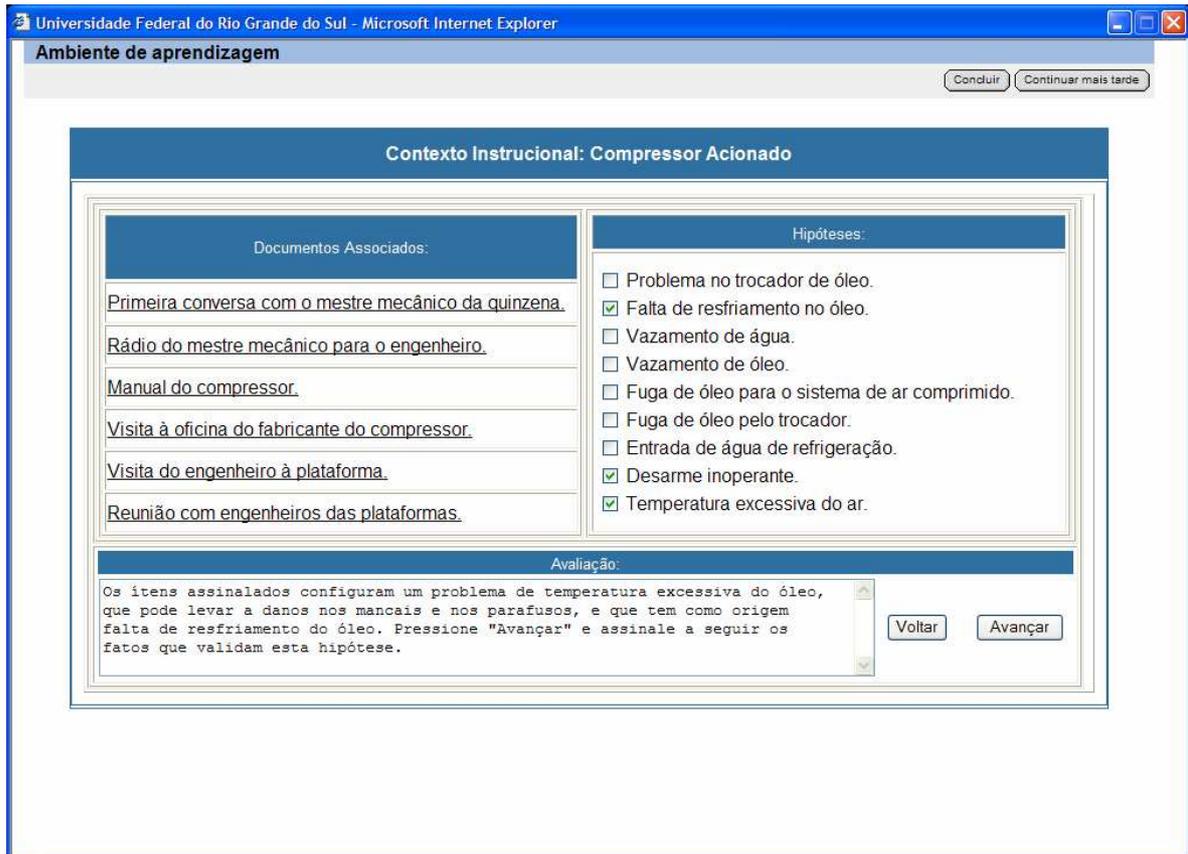


Figura 24 – Um cenário do contexto instrucional “compressor acionado”.

A Figura 24 apresenta parte do processo para a elucidação deste cenário no ambiente de aprendizagem. A Figura 25 apresenta a continuação. Uma vez que os três cenários tenham sido elucidados pelo aluno, o mesmo é habilitado a passar para o segundo contexto instrucional.

O segundo contexto instrucional

A Figura 26 apresenta o modelo de conhecimentos no E-BIACS que descreve os cenários compreendidos pelo contexto instrucional “partida a frio”. Neste contexto o aluno é levado a elucidar a verdadeira causa das falhas. Materiais instrucionais relacionados permitem que o aluno pesquise sobre os conhecimentos teóricos que levam tanto à validação da hipótese de condensação de água contida no ar como à concepção de um dispositivo automático de regulação da temperatura do óleo.

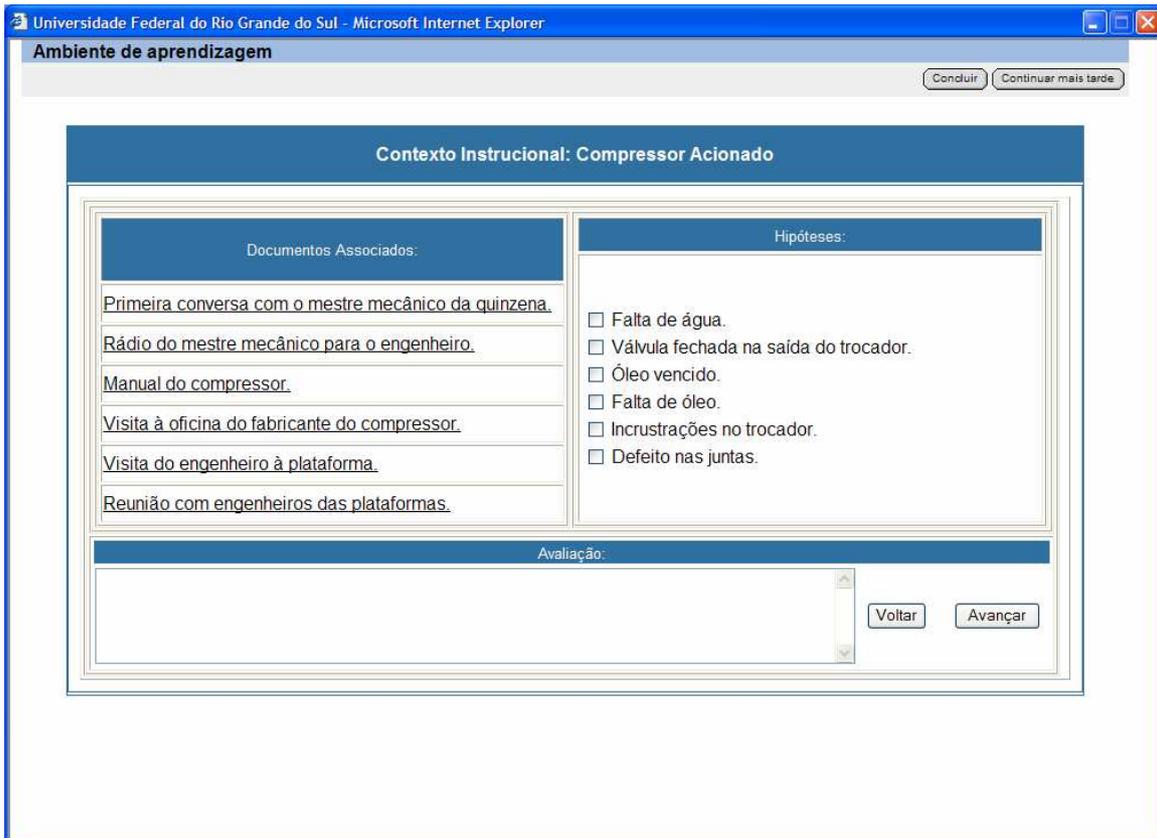


Figura 25 – Um cenário do contexto instrucional “compressor acionado” - continuação.

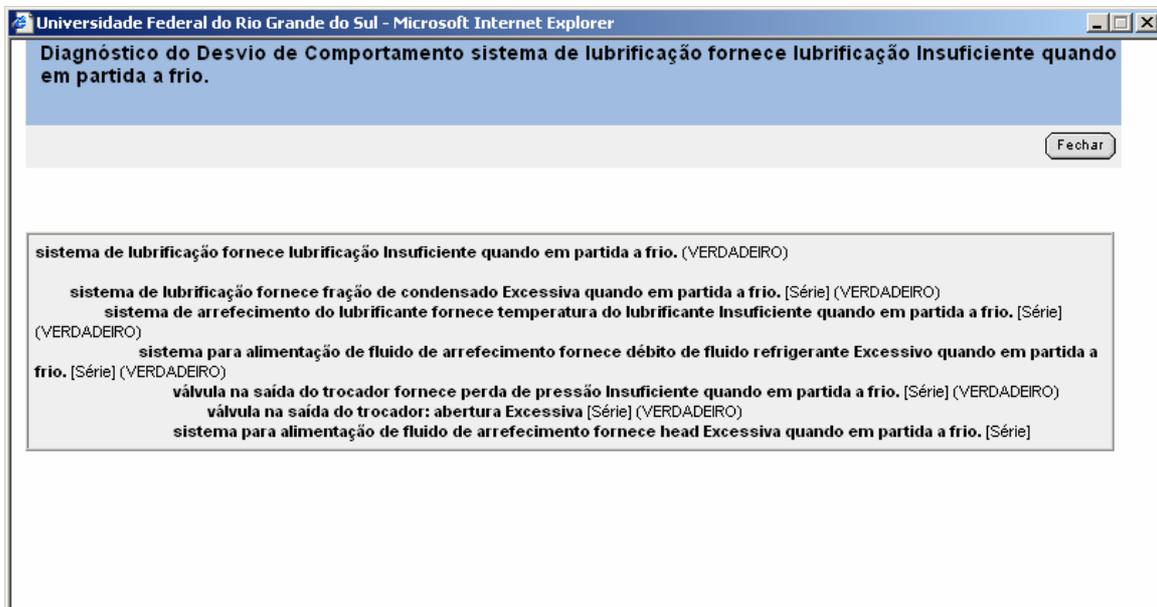


Figura 26 – Cenários do contexto instrucional “partida a frio”.

6. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa apresentada encontra-se inserida em um projeto desafiador: desenvolver ferramentas metodológicas e operacionais para a prática pedagógica auxiliada por ambientes de aprendizagem suportados por tecnologia de informação com orientação construtivista. No âmbito deste trabalho, acreditamos que a identificação e interpretação dos padrões e normas de referência internacionais para o desenvolvimento de ambientes instrucionais apresenta uma contribuição primordial. Verificou-se não apenas a aderência das normas ao escopo do projeto proposto como também o seu potencial como instrumento para a obtenção de um alto grau de portabilidade. Desta maneira, a discussão sobre aspectos técnicos de engenharia de software para ambientes complexos de aprendizagem é facilitada. Estes aspectos favoreceram igualmente a definição de uma arquitetura que atende aos requisitos estabelecidos. Dentre estes, destacam-se o atendimento às quatro principais características de ambientes complexos de aprendizagem efetivos: centrados no conhecimento, no aluno, na avaliação e na comunidade.

Por outro lado, acreditamos que no sistema E-BIACS atendemos a pretendida orientação construtivista. O sistema oferece recursos para que o aluno, durante sua interação com o ambiente, desenvolva os conceitos em níveis de abstração. Os conceitos, entretanto, não lhe são apresentados, e é o próprio aluno quem os elucida. A tecnologia proposta favorece ainda o atendimento às críticas dos sistemas tutores inteligentes usuais, onde um suposto estado de conhecimento do aluno é avaliado durante sua interação com o ambiente. O sistema proposto oferece recursos suficientes para um design onde o aluno exerce o controle do processo de aprendizagem, limitando-se o sistema a abrir-lhe espaços para a vivência de situações.

6.2. TRABALHOS FUTUROS

Um próximo passo em relação a esta pesquisa poderia ser a extensão/refinamento do ambiente apresentado como protótipo, assim como o desenvolvimento de outros ambientes, com domínios de natureza diversa. Verificou-se, durante o desenvolvimento dos trabalhos,

que as possibilidades de interação do ambiente com o aluno são dependentes do domínio. Assim, por exemplo, um ambiente para aprendizagem em empreendedorismo, onde o aluno deve familiarizar-se com os processos decisórios, deve apresentar mecanismos para interação com o aluno diferentes daqueles do ambiente apresentado como protótipo.

A norma LOM (Learning Object Meta-Data) do IEEE define um conjunto de elementos de metadados que podem ser utilizados para descrever recursos de aprendizagem. A norma contempla nomes, definições e tipos de dados dos elementos. A especificação também define uma estrutura conceitual para os metadados. Esta dimensão está intimamente ligada ao catálogo de materiais instrucionais, ou seja, ao serviço Recursos Instrucionais. Uma futura pesquisa poderia expandir as funções do serviço Recursos Instrucionais. Esta pesquisa poderia explorar também outras formas de “empacotamento” como o SCORM (Sharable Content Object Reference Model), que consiste em um conjunto unificado de padrões e especificações para conteúdo, tecnologias e serviços para sistemas instrucionais distribuídos. O principal argumento para utilização do SCORM no desenvolvimento de conteúdo para sistemas instrucionais distribuídos pode ser resumido no acrônimo “RAID”, ou seja, reusabilidade, acessibilidade, interoperabilidade e durabilidade. Um dos objetivos do SCORM é propiciar a independência de plataforma na qual os objetos serão utilizados, assim como facilitar a migração de cursos entre diferentes ambientes de gerenciamento de aprendizagem que sejam compatíveis com esse padrão.

Já no âmbito do gerenciamento da interface com o aprendiz, a linguagem VRML (Virtual Reality Modeling Language) oferece características bastante poderosas para a criação de ambientes virtuais e modelagens tridimensionais de objetos. A VRML foi definida para ser independente de plataforma, extensível, trabalhar bem em redes de pouca velocidade, descrever objetos de forma simples através de polígonos e permitir a aplicação de transformações geométricas simples nos objetos.

Enfim, muito ainda há por fazer para explorarmos de forma mais profunda as potencialidades que o atual desenvolvimento da tecnologia de sistemas nos disponibiliza. Da mesma forma, em relação à aplicação da abordagem instrucional centrada em modelos nos ambientes complexos de aprendizagem, a discussão não se encerra. Fica o desafio para que outras pesquisas avancem ainda mais na aplicação da tecnologia nos processos instrucionais, quiçá de forma cada vez mais efetiva.

REFERÊNCIAS

ACHTENHAGEN, F. Criteria for the development of complex teaching-learning environments. **Instructional Science**, v. 29, p. 361-380, 2001.

AGOSTINHO, MEEK e HERRINGTON. Design methodology for the implementation and evaluation of scenario-based online learning environment. **Journal of Interactive Learning Research**, v. 16(3), 229-242, 2005.

AKHRAS, FN; SELF, J.A. Beyond intelligent tutoring systems: Situations, interactions, processes and affordances. **Instructional Science**, v. 30, p. 1-30, 2002.

BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R.; Software Architecture in Practice, **Addison Wesley**, 1998.

BOOCH G., RUMBAUGH J., JACOBSON I. The Unified Modeling User Guide. Publisher: **Addison Wesley**. First Edition October 20 1998, ISBN: 0-201-57168-4, 512 pages.

BROWN, J.; COLLINS, A.; DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. **Educational Researcher**, v. 18, n. 1, p. 32-42, 1989.

CANALES A, et al. Adaptive and intelligent web based education system: Toward an integral architecture and framework. **Expert Systems with Applications** n 33 p. 1076 - 1089, 2007

COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT. Anchored instruction and its relationship to situated cognition. **Educational Researcher**, v. 19, n. 5, p. 2-10, 1990.

FREEMAN, MA; CAPPER, JM - Obstacles and opportunities for technological innovation in business teaching and learning **The International Journal of Management Education**, 2000 - business.ltsn.ac.uk

IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers Standard Glossary of Software Engineering Terminology (as approved by the IEEE Standards Board), **IEEE**, 1990

IEEE Learning Technology Standards Committee. IEEE Computer Society. Standard for Learning Technology – Learning Technology Systems Architecture (LTSA) – **IEEE Std. 1484.1-2003**

IMS Global Learning Consortium. IMS Abstract Framework: White Paper, **IMS**, July 2003

KOLB e KOLB. Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing experiential learning in higher education, 2005.

LEIDNER, E.; JARVENPAA, S. The Use of IT to enhance Management School Education: A Theoretical View. **MIS Quarterly**, v. 19, n.3, p 265-291, 1995.

LLOYD PTL, GALAMBOS GM. Technical Reference Architecture. **IBM System Journal** 38(1): 51-75, 1999.

MONDADORI, M. G. ; SANTOS, E. R. . Uma proposta de princípios para a construção de ambientes de aprendizagem com orientação construtivista para o ensino em administração. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 4, p. 1, 2006.

O'DROMA M.; GANCHEV I.; MCDONNELL F.; Architectural and functional design and evaluation of e-learning VUIS based on the proposed IEEE LTSA reference model. **Internet and Higher Education** n. 6 p. 263 – 276, 2003

PARIS A. et al. Developing an Architecture for the Software Subsystem of a Learning Technology System – an Engineering Approach. **0-7695-1013-2 IEEE**, 2001

PELLEGRINO, J. Complex learning environments: Connecting learning theory, Instructional Design, and Technology. In: SEEL, N.; DIJKSTRA, S. Curriculum, Plans, and Process in Instructional Design – International Perspectives. **Lawrence Erlbaum Associates**, p. 25-49, 2004.

PIAGET, J. A linguagem e o Pensamento da Criança. **Martins Fontes**, 1999.

PIANEZZOLA, T.; MONDADORI, M. G.; FROES, M. F.; SANTOS, E. R. Representação de Conhecimentos Centrada em Modelos para o Uso em Ambientes Complexos de Aprendizagem. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 4, p. 1-11, 2006.

SANTOS, E. R.; BECKER, J. L. A knowledge-based maintenance system. **II Congrès International de Génie Industriel**, 1988, Nancy, v. 1. p. 33-40.

SAVERY, JR; DUFFY, TM, I Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework - **Educational Technology**, 1995 - uakron.edu

SCHANK, R. Dynamic Memory Revisited. **Cambridge University Press**, 1999.

SEEL, N.; DIJKSTRA, S. (Eds.). Curriculum, Plans, and Processes in Instructional Design. International Perspectives, **Lawrence Erlbaum Associates**, London, 385 p, 2004.

SHAW, M.; GARLAN, D.; Software Architecture. Perspectives on an Emerging Discipline, **Prentice Hall**, 1996.

SIAU K., ERICKSON J, YUNN L. Theoretical vs. Practical Complexity: The Case of UML. **Journal of Database Management**. Hershey: Jul-Sep 2005. Vol.16, Num. 3; pg. 40, 18 pgs

SPECTOR, J.; DAVIDSEN, P. Constructing learning environments using System Dynamics. **Journal of Courseware Engineering**, v. 1, p. 5-11, 1998.

WEE, L; KEK, M; KELLEY, C. Transforming the marketing curriculum using problem-based learning: a case study. **Journal of Marketing Education**, v. 25, n. 2, p. 150-162, 2003.

WINN, W. Current trends in educational technology research: the study of learning environments. **Educational Psychology Review**, v. 14, n. 2, p. 331-251, 2002.

WISUTTIKUL, T.; BOONMEE C.; A study of coaching assisted system using learning object value model, **0-7803-8560-8. IEEE**, 2004.