



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**UM FRAMEWORK PARA REPRESENTAÇÃO DE
ARQUITETURAS PEDAGÓGICAS**

ANDRÉ LUIZ DO VALE SOARES

ORIENTADOR: PROF. DR. ALBERTO NOGUEIRA DE CASTRO JR.

Manaus - AM
Agosto/2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**UM FRAMEWORK PARA REPRESENTAÇÃO DE
ARQUITETURAS PEDAGÓGICAS**

ANDRÉ LUIZ DO VALE SOARES

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Informática, área de concentração: Inteligência Artificial.

Orientador: Prof. Dr. Alberto N. de Castro Jr.

Manaus - AM
Agosto/2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S676f Soares, André Luiz do Vale
Um Framework para Representação de Arquiteturas Pedagógicas
/ André Luiz do Vale Soares . 2020
146 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Alberto Nogueira de Castro Júnior
Tese (Doutorado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas.

1. portfólios de aprendizagem. 2. arquiteturas pedagógicas. 3. representação do conhecimento. 4. construção do conhecimento. I. Castro Júnior, Alberto Nogueira de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

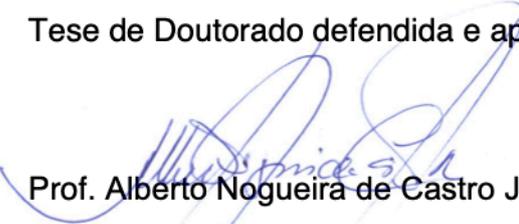


FOLHA DE APROVAÇÃO

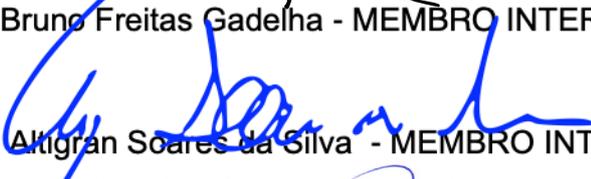
"UM FRAMEWORK PARA REPRESENTAÇÃO DE ARQUITETURAS PEDAGÓGICAS"

ANDRÉ LUIZ DO VALE SOARES

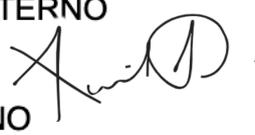
Tese de Doutorado defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:


Prof. Alberto Nogueira de Castro Júnior - PRESIDENTE


Prof. Bruno Freitas Gadelha - MEMBRO INTERNO


Prof. Altigran Soares da Silva - MEMBRO INTERNO


Prof. Crediné Silva de Menezes - MEMBRO EXTERNO


Prof. Ruitter Braga Caldas - MEMBRO EXTERNO

Manaus, 10 de Agosto de 2020

*À minha família, que meu deu o esteio
necessário para prosseguir em todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A minha família, pelo apoio incondicional, paciência, compreensão e bondade em aceitar dividir tempo e atenção com um projeto que se tornou “de todos”.

A Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA), pelo investimento institucional, interesse e apoio à minha formação e ao projeto desenvolvido.

Ao Programa de Pós-graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas (PPGI/UFAM), pelas oportunidades, conhecimento, experiências e amizades cultivadas.

A meu orientador, professor Alberto Castro, aos demais professores do PPGI e aos membros da banca examinadora pelo incentivo, orientação, sugestões, críticas e elogios.

A secretaria e coordenação do PPGI, pelas muitas vezes onde a ajuda foi necessária e sempre foi prestada de boa vontade e com paciência.

Aos colegas do PPGI, antigos e novos companheiros com quem compartilhei muitos momentos de alegria, tristeza, apreensão, esperança, e muito mais, sabendo que podia sempre contar com todos.

A todos, meu singelo e sincero Muito Obrigado!

A educação não é a preparação para a vida; a educação é a própria vida.

John Dewey

RESUMO

Acompanhar a aprendizagem tem sido um grande desafio especialmente ao considerarmos o uso de ferramentas tecnológicas como suporte ao processo de construção do conhecimento. Dentre os recursos/ferramentas utilizadas atualmente, destacamos os portfólios digitais de aprendizagem ou e-portfólios, que permitem a estudantes registrarem sua produção intelectual ao longo do tempo, gerando evidências de seu aprendizado, usualmente para uma avaliação qualitativa, caracterizando um processo diferenciado e interdisciplinar. Neste contexto, este trabalho buscou contribuir para a formalização dos portfólios de aprendizagem através da definição de um framework de representação. O percurso foi iniciado com a elicitação de requisitos funcionais e não funcionais, que em adição e uma pesquisa bibliográfica, desenvolveu análise *in deep* de caso real de portfólios como ferramenta de aprendizagem. Baseado nesses requisitos, adotamos como ancoragem conceitual a abordagem de “Arquiteturas Pedagógicas” (AP), fundamentada em um modelo pedagógico construtivista e em processos de mediação, cooperação e avaliação aderentes àquele modelo. Nesse cenário, o suporte computacional constitui um dos elementos centrais da arquitetura, precisando apoiar os processos conforme os modelos pedagógico e epistemológico correspondentes. Além da caracterização do suporte computacional, vários modelos de representação foram construídos e orientaram a definição de um modelo de referência sobre o qual o framework foi definido. Os artefatos conceituais resultantes da investigação possibilitam uma representação canônica para os portfólios de aprendizagem e abrem caminhos para sistematizar e consolidar seu uso.

Palavras-chave: portfólios de aprendizagem, arquiteturas pedagógicas, representação do conhecimento, construção do conhecimento.

ABSTRACT

Tracking learning has been a major challenge, especially when considering the use of technological tools as support for the process of knowledge construction. Among the resources/tools currently used, we highlight digital learning portfolios or e-portfolios, which allow students to document their intellectual output over time, providing evidence of their learning, usually for qualitative assessment, thus characterizing a differentiated and interdisciplinary process. In this context, this work aimed to contribute to the formalization of learning portfolios through the definition of a representation framework. The process began with the elicitation of functional and non-functional requirements, which, in addition to a bibliographic review, involved an in-depth analysis of a real case of portfolios as a learning tool. Based on these requirements, we adopted the concept of "Pedagogical Architectures" (PA) as the conceptual anchor, grounded in a constructivist pedagogical model and in processes of mediation, cooperation, and assessment that align with this model. In this framework, computational support is one of the central elements of the architecture, needing to support processes according to the corresponding pedagogical and epistemological models. In addition to characterizing computational support, several representation models were developed, guiding the definition of a reference model upon which the framework was based. The conceptual artifacts resulting from this investigation provide a canonical representation for learning portfolios and open pathways for systematizing and consolidating their use.

Keywords: learning portfolios, learning architecture, knowledge representation, knowledge construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Framework Mahara	33
Figura 3.1 – Elementos de um Modelo Pedagógico	41
Figura 3.2 – Elementos de uma Arquitetura Pedagógica	43
Figura 4.1 - Modelo de linguagem dos registros de aprendizagem.....	62
Figura 4.2 - Identificação do ponto do “cotovelo”.....	67
Figura 4.3 - Distribuição das instâncias nos <i>clusters</i>	67
Figura 4.4 - Componentes modulares do framework da AP.....	71
Figura 4.5 - Modelo de integração dos componentes do framework.....	72
Figura 5.1 – Exemplo de um registro em um portfólio de aprendizagem	75
Figura 5.2 – Exemplo de comentários para um registro de um portfólio	76
Figura 5.3 – Modelo de Representação geral para portfólios de aprendizagem	77
Figura 5.4 – Modelo Estruturado (Diagrama Relacional) para o banco de dados dos portfólios de aprendizagem	78
Figura 5.5 – Modelo Semiestruturado (Diagrama Hierárquico) dos portfólios de aprendizagem.....	80
Figura 5.6 – Esquema XML dos portfólios de aprendizagem.....	81
Figura 5.7 – Exemplo de representação semiestruturada de portfólios de aprendizagem.....	82
Figura 5.8 – Modelo Vetorial dos portfólios de aprendizagem.....	84
Figura 5.9 – Modelo Analítico baseado em Aprendizagem Supervisionada	86
Figura 5.10 – Modelo Analítico baseado em Aprendizagem Não Supervisionada....	87
Figura 6.1 – Um Modelo de Referência para Serviços Inteligentes em ACFW	91
Figura 6.2 – O Modelo de Referência para Arquiteturas Pedagógicas	95
Figura 6.3 – Relação entre “Ambiente” e “Arquitetura Pedagógica”	96
Figura 6.4 – Relações do conceito “Aluno”	97
Figura 6.5 – Relações do conceito “Arquitetura Pedagógica”	98
Figura 6.6 – Representação dos conjuntos de A – Arquitetura Pedagógica	99
Figura 6.7 – Relações do conceito “Base de Dados da Arquitetura Pedagógica”...	102
Figura 6.8 – Relações do conceito “Conhecimento Derivado”	103

Figura 6.9 – Relações do conceito “Base de Conhecimento”	104
Figura 6.10 – Relações do conceito “Intervenção”	105
Figura 6.11 – Relações do conceito “Arquitetura Pedagógica Derivada”	107
Figura 6.12 – Relações do conceito “Serviços Inteligentes”	110
Figura 7.1 – Diagrama do esquema de dados para a AP Debate de Teses utilizando elementos do MORFEu.....	114
Figura 7.2 – Diagrama do esquema de dados para a AP Portfólios de Aprendizagem	115
Figura 7.3 – Arquitetura de Referência para o framework.....	117
Figura 7.4 – Arquitetura de Agentes do SMA do framework	122
Figura 7.5 – Diagrama de Atividades do Cenário 1	126
Figura 7.6 – Diagrama de Atividades do Cenário 2	127
Figura 7.7 – Diagrama de Atividades do Cenário 3	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Principais correntes epistemológicas.....	49
Quadro 4.1 - Papéis identificados por ator da AP.....	58
Quadro 4.2 – Requisitos funcionais e não funcionais para suporte à AP.....	59
Quadro 4.3 - Tarefas dos participantes da AP.....	60
Quadro 4.4 - Elementos de uma postagem do <i>blog</i>	63
Quadro 4.5 - Top-8 termos nos centroides dos clusters.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 - Top-8 termos nos centroides dos clusters	69
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AP** – Arquitetura Pedagógica
- CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CBIE** – Congresso Brasileiro de Informática da Educação
- EAD** - Ensino à Distância
- EDM** – *Educational Data Mining*
- ICALT** – International Conference on Advanced Learning Technologies
- IEEE** – Institute of Electrical and Electronic Engineers
- JSP** – Jackson Structured Programming
- LMS** – Learning Management System
- MOrFEu** – Multi Organizador Flexível para Espaços Virtuais
- MX** – MOrFEu Extendido
- NLP** – *Natural Language Processing*
- PEAD** – Programa de Ensino a Distância
- QDA** – *Qualitative Data Analysis*
- SBIE** – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação
- TF-IDF** – *Term frequency-inverse document frequency*
- TIC** – Tecnologia da Informação e Comunicação
- UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UPI** – Unidade de Produção Intelectual
- VCom** – Veículo de Comunicação
- XML** – *Extendend Markup Language*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	13
1.1 Descrição do Problema.....	13
1.2 Contexto.....	15
1.3 Motivação.....	15
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Geral	17
1.4.2 Específicos.....	17
1.5 Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho.....	18
1.6 Contribuições	19
1.7 Organização do Trabalho	19
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Considerações Iniciais.....	21
2.2 Portfólios: conceitos e tipos	22
2.3 Portfólios Digitais de Aprendizagem: Uma Revisão da Literatura	24
2.3.1 Um Estudo de Caso no Uso de Portfólios: PEAD/UFRGS	27
2.4 Técnicas para Análise de Dados	29
2.4.1 EDM (<i>Educational Data Mining</i>).....	30
2.4.2 NLP (<i>Natural Language Processing</i>).....	31
2.4.3 QDA (<i>Qualitative Data Analysis</i>).....	31
2.5 Pesquisas e Trabalhos Relacionados.....	32
2.5.1 Mahara.....	32
2.5.2 Exabis E-Portfolio	34
2.5.3 Páginas colaborativas e ferramentas de <i>blogs</i> pessoais.....	35
2.6 Contribuição do <i>framework</i> proposto perante soluções já existentes.....	36
2.7 Considerações Finais	38
CAPÍTULO 3 - A ARQUITETURA PEDAGÓGICA PORTFÓLIOS DE APRENDIZAGEM	39
3.1 Considerações Iniciais.....	39
3.2 Arquiteturas Pedagógicas.....	40

3.2.1 Epistemologia, a origem do conhecimento	44
3.2.1.1 Racionalismo	45
3.2.1.2 Empirismo	46
3.2.1.3 Apriorismo	47
3.2.1.4 Construtivismo	47
3.2.2 Modelos Pedagógicos.....	49
3.2.2.1 Pedagogia Diretiva.....	49
3.2.2.2 Pedagogia Não Diretiva	51
3.2.2.3 Pedagogia Relacional ou Construtivista	51
3.3 Diretrizes para a Formalização de Portfólios de Aprendizagem como Arquitetura Pedagógica	53
3.4 Considerações Finais	56
CAPÍTULO 4 - SUPORTE COMPUTACIONAL PARA A ARQUITETURA PEDAGÓGICA	57
4.1 Considerações iniciais	57
4.2 Requisitos iniciais	58
4.3 Exemplo de Mineração de Dados aplicada aos portfólios de aprendizagem do PEAD	62
4.3.1 Representação das instâncias.....	64
4.3.2 Metodologia	64
4.3.2.1 <i>Clustering</i>	65
4.3.2.2 <i>Labeling</i>	68
4.4 Framework de suporte à AP	70
4.5 Considerações Finais	72
CAPÍTULO 5 - MODELOS DE REPRESENTAÇÃO PARA A ARQUITETURA PEDAGÓGICA PORTFÓLIOS DE APRENDIZAGEM.....	74
5.1 Considerações iniciais	74
5.2 Modelos de Representação	77
5.2.1 Representação segundo um Modelo Estruturado	77
5.2.2 Representação segundo um Modelo Semiestruturado.....	79
5.2.3 Representação segundo um Modelo de Espaço Vetorial.....	82
5.2.4 Representação segundo um Modelo Analítico	84
5.3 Considerações Finais	87

CAPÍTULO 6 - UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA ARQUITETURAS PEDAGÓGICAS EM AMBIENTES COLABORATIVOS FLEXÍVEIS NA WEB 89

6.1 Considerações Iniciais	89
6.2 O Modelo de Referência do FANTASOS e o Modelo de Referência proposto nesta pesquisa	90
6.3 O Modelo de Referência	93
6.3.1 Convenções utilizadas	93
6.3.2 Apresentação do Modelo	94
6.3.2.1 Ambiente	95
6.3.2.2 Professor/Tutor	96
6.3.2.3 Aluno	96
6.3.2.4 Arquitetura Pedagógica	97
6.3.2.5 Produção Intelectual	100
6.3.2.6 Base de Dados de Arquiteturas Pedagógicas	101
6.3.2.7 Conhecimento Derivado	102
6.3.2.8 Base de Conhecimento	104
6.3.2.9 Intervenção	104
6.3.2.10 Arquitetura Pedagógica Derivada	106
6.3.2.11 Serviços Inteligentes	108
6.4 Considerações Finais	110

CAPÍTULO 7 - UM FRAMEWORK BASEADO NO MODELO DE REFERÊNCIA. 112

7.1 Considerações Iniciais	112
7.2 Descrição da Arquitetura de Referência	113
7.2.1 MOrFEU	113
7.2.2 Representação da Arquitetura de Referência	116
7.2.2.1 Usuários (Users)	117
7.2.2.2 Interface	118
7.2.2.3 Ferramentas (Tools)	118
7.2.2.4 Banco de Dados (RDBMS)	119
7.2.2.5 Base de Conhecimento (Knowledge Base - KB)	119
7.2.2.6 Arquitetura Pedagógica Derivada (Derived LA)	120
7.2.2.7 Agentes	121
7.2.3 Mapeamento do Modelo de Referência para a Arquitetura	123

7.3 Cenários de Uso da Arquitetura de Referência	124
7.3.1 Cenário 1 – Entendendo os assuntos abordados nos portfólios de aprendizagem	124
7.3.2 Cenário 2 – Classificando os registros dos portfólios	126
7.3.3 Cenário 3 – Notificação aos alunos	128
7.4 Considerações Finais	129
CAPÍTULO 8 - CONCLUSÃO	131
8.1 Resultados Obtidos.....	131
8.2 Limitações	132
8.3 Lições aprendidas.....	133
8.4 Trabalhos Futuros.....	133
8.5 Publicações.....	134
REFERÊNCIAS	135

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados o contexto e a definição do problema, a motivação desta pesquisa e as questões de investigação. São também apresentados os objetivos, a metodologia científica empregada, as contribuições do trabalho para a área de pesquisa e a organização deste texto.

1.1 Descrição do Problema

O uso de tecnologias digitais em práticas pedagógicas ao longo do tempo tem proporcionado significativos avanços no que diz respeito à forma de interação entre professores e alunos, bem como à quebra de barreiras e paradigmas determinados por tempo e lugar.

Na medida em que novas tecnologias surgem e são popularizadas, aparece o desafio de empregá-las da melhor forma possível. Neste contexto, propostas e metodologias pedagógicas têm frequentemente agregado novas ferramentas e tecnologias para melhorar sua eficiência e alcance, de maneira a permitir aos educadores focarem sua atenção na atividade em si, como facilitador do processo de aprendizagem, além de permitir também que o aluno possa ter um papel mais ativo ao produzir e não somente consumir conteúdo. (Rezende, 2002)

Entre as diversas ferramentas digitais empregadas com sucesso para facilitar o ensino e a aprendizagem destacam-se os portfólios de aprendizagem, que é um instrumento educacional com a finalidade de evidenciar o conhecimento produzido com o passar do tempo. Pode conter dados oriundos de diversas mídias e atua como

elemento de autorreflexão e autoavaliação. Desta forma, pode ser descrito como uma coleção intencional de trabalhos do estudante, deixando um rastro de evidências de seus esforços, progressos e aquisições de conhecimento em uma ou mais áreas.

Márcia Scheibel e outros autores (2009) destacam a necessidade das escolas oferecerem ambientes que favoreçam ao desenvolvimento de novas aprendizagens e habilidades no aluno, cujo papel - de consumidor de conteúdo - passa a ser mais atuante no processo de aprendizagem, através de um comportamento mais reflexivo e participativo. Neste contexto, surge a perspectiva do uso de portfólios educacionais como meio de oportunizar a ação reflexiva e construtiva por parte do educando, facilita simultaneamente o desempenho do educador em seu papel de facilitador no processo de aprendizagem.

Entretanto, ao utilizar portfólios de aprendizagem como instrumento de reflexão, estamos considerando o uso desta ferramenta em um ambiente de educação à distância, aonde o alcance das possibilidades vai além da sala de aula, não limitando a ação do estudante tão somente aos tempos determinados para as aulas, mas indo muito além das fronteiras impostas por tempo e lugar.

Neste contexto surgem as Arquiteturas Pedagógicas (M. J. S. Carvalho et al., 2005) como estruturas capazes de perceber este novo modelo pedagógico, onde a passividade dá lugar à ação e à reflexão, o professor diretivo dá lugar ao facilitador e o “aprender por aprender” dá lugar à construção do conhecimento. Nas arquiteturas pedagógicas as propostas educativas devem estar baseadas em preceitos teóricos que dão sustentação às práticas adotadas, como forma de mediação e interação, processo de avaliação e atividades desenvolvidas. E todos estes elementos norteiam a escolha ou construção de ferramentas que dão o suporte tecnológico (de comunicação e informação) à arquitetura. Assim, temos então um modelo onde as ferramentas computacionais são determinadas de acordo com práticas e teorias pedagógicas adotadas, a fim de atingir os objetivos educacionais, e não o contrário, onde as práticas pedagógicas são moldadas conforme o conjunto de ferramentas computacionais disponível.

Ao apresentar reflexões do aluno sobre seu próprio aprendizado ao longo do tempo, os portfólios geram evidências da construção do conhecimento deste aluno. Isto permite ao professor avaliar o aluno não somente pela quantidade de sua produção acadêmica, como também pela qualidade desta produção ao longo do tempo. Isto pode auxiliar fortemente o professor em sua tarefa de mediação, levando-

o a adotar posturas e práticas diferentes com seus alunos de acordo com o que os dados revelarem. Em um ambiente de EAD esta análise minuciosa requer certamente muito esforço por parte do educador e se considerarmos a escalabilidade do ambiente, pode até mesmo inviabilizar este processo. Logo, ao se pensar em ferramentas computacionais que deem suporte à arquitetura pedagógica tendo em vista a necessidade de avaliação qualitativa, é importante considerar estes fatores.

1.2 Contexto

Considerando portfólios de aprendizagem como prática pedagógica utilizada em um contexto construtivista, atuando como agente de reflexão e autoavaliação no processo de construção do conhecimento, em um ambiente de ensino à distância, esta pesquisa tem como questão de investigação a especificação de um *framework* que dê suporte computacional aos portfólios uma vez que estes estejam formalizados como arquitetura pedagógica (AP).

Assim, o direcionamento da especificação do suporte computacional deve passar antes pela caracterização teórica e pedagógica do uso dos portfólios seguida pela descrição das práticas, atividades, formas de mediação e avaliação. Esta especificação deve considerar todas as necessidades dos sujeitos envolvidos, viabilizando a prática da AP, especificamente às relacionadas à avaliação qualitativa, processo que se destaca na arquitetura, por permitir ao professor atuar corretamente e possibilitar o correto direcionamento de orientação ao aluno na construção do conhecimento. Este tratamento de dados pode envolver o emprego de técnicas de Aprendizagem de Máquina e Mineração de Dados, que podem revelar padrões e tendências de aprendizado, úteis aos professores e tutores.

1.3 Motivação

Em seu trabalho, Helen C. Barrett e Nathan Garret (Barret & Garret, 2009) discutem as formas de uso e os desafios da implementação de e-portfólios. Entre os

pontos de discussão está a extensão do uso dos portfólios digitais para vários propósitos, não somente educacionais, restritos a escolas e universidades, como também ao ambiente de trabalho e até mesmo pessoal dos alunos, registrando experiências e evidências de conhecimento que poderão ser utilizadas como fonte de pesquisa para futuras gerações. Entretanto, o que se destaca no trabalho são os desafios apresentados para a implementação dos portfólios digitais. Segundo os autores, as ferramentas necessárias encontram-se disponíveis, tanto de forma gratuita quanto a um baixo preço. Muitos *sites* permitem aos usuários carregarem e compartilharem imagens com seus amigos; servidores de *blogs* gratuitos e redes sociais permitem aos usuários publicar material com diferentes níveis de privacidade (até mesmo nenhum). Enquanto este conceito pode ser implementado atualmente com as tecnologias existentes, caracterizando portfólios baseados em *blogs*, os sistemas disponíveis atualmente são disjuntos e desconexos, provendo ao usuário uma interface que exige mais conhecimento de tecnologia do que o mesmo possui, especialmente se ele tiver por volta de 30 anos. As autoras destacam que há a necessidade de se ter uma interface simplificada e desenvolvida de forma apropriada, que seja tão fácil de usar como um *smartphone* ou um forno de micro-ondas, que permita que qualquer pessoa inteligente, desde a escola primária, seja capaz de gerenciar seu próprio conteúdo, seus próprios arquivos, com os pais e os alunos mais antigos auxiliando os alunos mais jovens a aprender a gerenciar o armazenamento digital de seu próprio trabalho. Para que este processo seja aceito nas escolas, é necessário possibilitar o acesso do conteúdo produzido pelos alunos através de qualquer dispositivo que esteja conectado à internet, como um *smartphone*, por exemplo, sem restringir este acesso ao ambiente escolar.

Entretanto o uso de tecnologias mais simples e acessíveis, como *wikis* e *blogs*, requer um esforço maior dos professores para implementar e administrar a produção intelectual de seus alunos. É necessário informar qual o objetivo da construção dos portfólios, que tipo de conteúdo deve ser coletado, quais as tarefas e atividades que deverão ser executadas.

Observa-se a utilização de ferramentas diversas e específicas que utilizadas em conjunto provêm as funcionalidades desejadas para implementar um portfólio digital de aprendizagens. Comumente se utilizam plataformas para construção de *sites* de propósito geral e *blogs* pessoais para a implementação. As primeiras são

utilizadas para estabelecer e construir as bases dos grupos de interesse e pesquisa, bem como ter acesso rápido ao conteúdo publicado por cada membro do grupo. Os *blogs* são utilizados para a publicação do conteúdo em si (multimídia) de cada membro do grupo. A atuação dos membros do grupo, incluindo os educadores, é reativa, pois faltam mecanismos para facilitar a administração da produção intelectual, mais ainda para avaliar o progresso dos alunos. Por outro lado, sistemas fechados, específicos para a implementação de portfólios digitais, são pouco utilizados, pois seu uso exige maior conhecimento dos usuários envolvidos, dificultando a implementação em ambientes onde este conhecimento é limitado, além de não focar o aluno na atividade fim, que é o armazenamento, o registro de seu material intelectual. O tempo do aluno deve ser gasto na observação e registro, não no manuseio de ferramentas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

O objetivo deste trabalho é a formalização de uma prática pedagógica corrente, os portfólios digitais, como arquitetura pedagógica, representando seus pressupostos teóricos e pedagógicos através de um *framework* baseado em modelos previamente elicitados.

1.4.2 Específicos

1. Desenvolver uma arquitetura pedagógica para descrição de portfólios de aprendizagem;
2. Elicitar, através de estudo de caso, os requisitos necessários para o suporte computacional à arquitetura pedagógica formalizada em [1];
3. Descrever um modelo de representação baseado nos requisitos e que esteja em consonância com os objetivos pedagógicos identificados na arquitetura;

4. Definir um *framework* contendo um conjunto de ferramentas que atendam aos requisitos especificados em [2] e permitam atingir os objetivos educacionais identificados em [1].

1.5 Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho

O percurso metodológico para o desenvolvimento desta investigação envolveu um conjunto de estratégias, procedimentos e instrumentos próprios da pesquisa em Ciência da Computação, combinadas segundo cada etapa do trabalho, incluindo por exemplo, análise *in deep* (estudo de caso) através de registros de situação real no uso dos portfólios de aprendizagem, bem como experimentos usando métodos quantitativos para fundamentar a análise qualitativa de aspectos do arcabouço proposto, resultando na concepção e desenvolvimento de artefatos formais para apoiar a modelagem e representação de uma classe específica de arquiteturas pedagógicas.

Inicialmente foi realizada uma revisão sistemática da literatura, cujos objetivos foram (1) encontrar as características pedagógicas do emprego de portfólios de aprendizagem em todas as suas formas, especialmente em ambientes de ensino à distância e (2) identificar ferramentas computacionais utilizadas para a implementação de portfólios digitais de aprendizagem.

Em seguida utilizamos um estudo de caso do emprego de portfólios digitais de aprendizagem em um ambiente de ensino à distância, a fim de identificar os elementos estruturantes para a formalização destes como arquiteturas pedagógicas, em consonância com as características identificadas na revisão sistemática.

Após a formalização de portfólios como AP, buscamos elicitare os requisitos necessários para descrever como deveria ser o suporte computacional adequado à AP, considerando os aspectos teóricos e metodológicos identificados na formalização.

Por fim, com base nos requisitos identificados, propomos um conjunto de ferramentas necessárias para atender aos mesmos, de forma a fornecer o suporte computacional à AP que, como seu elemento estruturante, auxilie a atingir seus objetivos educacionais.

1.6 Contribuições

Esta investigação buscou contribuir para a concepção, modelagem e desenvolvimento de portfólios de aprendizagem formalizados como arquitetura pedagógica, onde o conhecimento acerca de aspectos teóricos e metodológicos é representado em um *framework* definido para este propósito. O conhecimento manipulado é obtido de diferentes formas, inclusive a partir de evidências (dados) tratadas com análise quantitativa utilizando recursos de aprendizagem de máquina e mineração de dados, para a análise qualitativa do aprendizado do aluno.

O *framework* definido caracteriza o suporte computacional à uma classe específica de arquiteturas pedagógicas, buscando alinhar a oferta de ferramentas computacionais às práticas pedagógicas e objetivos educacionais pretendidos.

1.7 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em 8 capítulos, conforme segue:

No Capítulo 2 apresentamos o referencial teórico, com a revisão da literatura, a descrição dos trabalhos relacionados e um estudo de caso no uso de portfólios como ferramenta de construção do conhecimento em um ambiente de ensino à distância de um curso de formação de professores.

No Capítulo 3 apresentamos a caracterização dos portfólios com base no recorte teórico e no estudo de caso discutidos no capítulo anterior, descrevendo seus elementos estruturantes e abordando com mais detalhes os pressupostos teóricos da arquitetura.

No Capítulo 4 descrevemos o suporte computacional, elemento estruturante da arquitetura pedagógica, apresentando os requisitos identificados a partir da análise do estudo de caso e do modelo pedagógico da arquitetura. Também descrevemos um experimento onde utilizamos *clustering*, uma técnica de mineração de dados, para agrupamento dos registros dos portfólios por assunto abordado.

No Capítulo 5, descrevemos modelos de representação dos portfólios digitais de aprendizagem, visando a aplicação de técnicas de análise qualitativa a fim de

extrair características intrínsecas nos modelos que auxiliem professores e outros atores, atingir os objetivos educacionais estabelecidos na arquitetura pedagógica.

No Capítulo 6 apresentamos um Modelo de Referência a ser utilizado na especificação de um framework para Arquiteturas de Aprendizagem. Esse modelo permite a instanciação de arquiteturas pedagógicas e foi especificado formalmente através da representação de conjuntos e lógica de primeira ordem.

No Capítulo 7 apresentamos um Framework baseado no Modelo de Referência para representação de Arquiteturas de Aprendizagem baseadas em Ambientes Colaborativos Flexíveis na Web (ACFW). O Framework tem como objetivo fornecer o suporte computacional necessário para a Arquitetura Pedagógica. Para tal, especificamos sua Arquitetura de Referência e descrevemos cada um dos seus componentes.

No Capítulo 8 apresentamos conclusões, e discutimos as limitações, resultados obtidos, contribuições e trabalhos futuros.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentamos o referencial teórico deste trabalho, bem como a revisão da literatura. Apresentamos também os trabalhos relacionados, bem como analisamos um estudo de caso baseado na aplicação de portfólios de aprendizagem em um ambiente de ensino à distância (EAD), em um curso de formação de professores oferecido por uma instituição federal de ensino superior.

2.1 Considerações Iniciais

Os portfólios digitais de aprendizagem são um importante instrumento no ambiente de ensino, pois possibilitam ao aluno participar ativamente do processo, criando os rastros do que produziu no decorrer do tempo. Assim, apresentamos neste capítulo os conceitos e utilizações dos portfólios em ambientes de ensino e aprendizagem.

Em um ambiente de ensino à distância (EAD), são agentes de reflexão e autoavaliação do aluno, criando evidências de seu processo de construção do conhecimento ao longo do tempo. Estas evidências são importante instrumento para avaliação qualitativa do aprendizado, fornecendo ao professor dados mais consistentes e relacionados, permitindo que o mesmo possa direcionar métodos e práticas pedagógicas conforme sua observação da qualidade e evolução do aprendizado de cada aluno.

2.2 Portfólios: conceitos e tipos

A palavra portfólio é originária do latim através da junção dos termos *portaré* e *fólium*, que traduzidas para o português têm o significado de “portar folhas”, sendo de fato esta uma de suas atribuições, uma vez que é apresentado em geral como uma sequência de folhas arquivadas, com o intuito de mostrar uma coleção que atenda a um determinado objetivo. (Correia & Souza, 2014)

Nas artes encontramos o uso mais remoto de portfólios, sendo utilizados para reunir as melhores produções de um artista, deixando à mostra suas habilidades no que faz. Em outras áreas como moda, cinema, arquitetura e outras o portfólio reúne características pessoais e os produtos de cada profissional, visando seu ingresso no mercado de trabalho. No contexto da educação seu emprego constitui-se como estratégia que vem ao encontro de corresponder à necessidade de aprofundar o conhecimento sobre a relação ensino-aprendizagem. Sua utilização engloba práticas educativas que não se limitam apenas à transmissão de informações e conteúdo, mas que visam ao alcance da aprendizagem como sentido do trabalho docente.

Alguns autores apontam diferentes tipos de portfólios, dentre os quais: portfólio particular, portfólio de apresentação, portfólio demonstrativo, portfólio de avaliação, portfólio de trabalho e portfólio de aprendizagem. O portfólio particular armazena todas as informações pertinentes aos estudantes e suas famílias, como atestados médicos, endereços, telefones para contato, etc. Possui caráter confidencial e deve ser acessível somente ao professor. Dentre os registros efetuados pelo professor poderão constar informações prestadas pelos estudantes e por seus pais, de forma a orientar o professor a respeito de cada um deles, incluindo seu progresso ao longo do tempo. O acesso a este tipo de portfólio deve ser devidamente controlado, garantindo a confidencialidade das informações nele contidas.

O portfólio de apresentação tem por objetivo ilustrar as competências dos alunos, abrangendo uma coleção de seus melhores trabalhos como forma de apresentação dos resultados neles alcançados ao longo da experiência de ensino obtida. Pode ser composto por vídeos, trabalhos escritos, relatórios, entre outros. Este tipo de portfólio evidencia as construções consideradas mais significantes pelos próprios alunos, deixando claro o que eles acreditam ser mais revelador e pertinente em termos de superações e avanços.

O portfólio demonstrativo tem como característica demonstrar avanços importantes dos alunos assim como problemas em seu processo de aprendizagem. No caso de crianças, o professor seleciona algumas atividades, mas os alunos e seus pais também podem participar da escolha dos itens, que podem ser compostos por fotos e vídeos. Este tipo de portfólio permite revisitar os trabalhos construídos, podendo ser apresentado ao professor da série seguinte de forma a auxiliá-lo na compreensão do processo de aprendizagem do estudante, oferecendo-lhe meios para a construção de sua proposta de ensino.

Já o portfólio de avaliação tem como principal função registrar as aprendizagens dos alunos em relação aos objetivos curriculares, auxiliando o professor na compreensão e avaliação do processo de construção de suas aprendizagens. Podem conter um ou mais assuntos e são utilizados ao longo de um período ou de todo o ano letivo. Algumas ações são necessárias neste tipo de portfólio, como: determinar de forma clara os objetivos a serem alcançados, definir critérios para avaliar cada tarefa e estabelecer decisões a serem tomadas frente aos resultados evidenciados nas atividades avaliativas armazenadas.

O portfólio de trabalho objetiva reunir as atividades dos estudantes guiadas por objetivos de aprendizagem. Pode auxiliar na elaboração de outros portfólios, como o de apresentação e o de avaliação. Normalmente por ser estruturado em torno de um determinado tema, agregando os conteúdos a ele vinculados, pode ser desenvolvido quando as metas estabelecidas são de curto prazo, pretendendo atingir objetivos curriculares específicos.

Por fim temos o portfólio de aprendizagem, considerado o maior e utilizado com mais frequência, compreendendo as atividades do aluno em fase de construção e também as já concluídas. Visa demonstrar o percurso percorrido pelo aluno na aquisição do conhecimento. Nele encontram-se presentes anotações do próprio aluno, rascunhos, esboços, idas e vindas de um processo longo e contínuo de construção da aprendizagem, evidenciado dificuldades, tentativas de/e superação e a evolução de cada aprendiz.

2.3 Portfólios Digitais de Aprendizagem: Uma Revisão da Literatura

Portfólio é um instrumento educacional que tem como objetivo evidenciar o conhecimento produzido com o passar do tempo. Pode conter dados oriundos de diferentes mídias e atua como elemento no processo de autorreflexão e avaliação (Vieira, 2002).

Neste sentido, pode ser descrito como uma coleção intencional de trabalhos do estudante, deixando um rastro de evidências de seus esforços, progressos e aquisições de conhecimento em uma ou mais áreas (Paulson et al., 1991). É importante também - e característico do uso de portfólio na aprendizagem - que suas impressões e reflexões acerca de determinados temas, em geral sugeridos por seus educadores, sejam registrados, o que permitirá acompanhar o processo de evolução da aprendizagem do aluno e interferir quando necessário.

Portfólio eletrônico ou portfólio digital ou e-portfólio não é um pacote específico de *software*, mas sim uma combinação de processos e produtos, que devem permitir o registro de evidências do aprendizado, armazenando uma coleção de informações sobre um determinado propósito, a fim de evidenciar o crescimento do aluno. Entende-se também que o armazenamento possa ser feito em qualquer meio eletrônico, seja ele *online* (a informação fica armazenada e disponível em *websites*) ou não (a informação fica armazenada em mídias como CD-ROM, DVD, etc.). Conforme Aikaterini Alexiou e Fotini Paraskeva (Alexiou & Paraskeva, 2010), aprimoramentos em tecnologias recentes de softwares para portfólios digitais ampliaram as características disponíveis. Entre estas tecnologias podemos citar os ambientes virtuais de aprendizagem, produtos comerciais *stand-alone*, produtos de código aberto (*open source*) e ferramentas para a Web 2.0. No trabalho, as autoras destacam a implementação de portfólios digitais *on-line* através de *sites* de redes sociais e ferramentas para a construção de *blogs*.

Há vários relatos de utilização de portfólios educacionais - em ambiente digital ou não - de maneira eficaz em projetos pedagógicos.

Ana Maria Sá de Carvalho (A. M. S. de Carvalho, 2001) relata a utilização de portfólios na disciplina "Teoria e Prática da Leitura", oferecida pelo Departamento de Ciências da Informação, da Universidade Federal do Ceará. A autora evidencia desde

a resistência inicial à autorreflexão até a surpresa da descoberta da evolução de seus alunos ao analisarem as reflexões e conteúdos registrados.

Mônica Soplete e Kênia Carrijo (2013) relatam o uso de um portfólio educacional digital para registro de experiências e conhecimento acerca da histamina, uma amina biogênica não volátil com propriedades tóxicas que pode ser produzida no pescado e causar sérios danos à saúde de seu consumidor por meio de intoxicação alimentar. Para a construção foi utilizada a plataforma Glogster EDU e para a divulgação, o link de acesso à plataforma foi divulgado em um blog pessoal, no Facebook e em uma área da página web da Universidade Federal de Uberlândia. A experiência foi bastante positiva, pois além da reflexão possibilitada após a coleta e análise de todo o material, as autoras recomendam que a experiência possa ser estendida a outros temas, utilizando o mesmo modelo de implementação. O portfólio utilizado teve como base duas plataformas diferentes: o Gloster EDU, para produção do material intelectual, e um blog pessoal, para sua divulgação.

Linda Rief (1990) descreve sua experiência, no início da década de 90, no uso de portfólios como instrumento de avaliação de aprendizagem, onde o aluno passa de ser classificado como uma nota a ser avaliado, de fato, pelo que escreve e, por consequência, pelo que é. Ela também ressalta que a ferramenta permite uma outra concepção de aprendizado, onde o professor é o aprendiz, uma vez que lhe é mostrado o que o seu aluno sabe, avalia, pensa e o que é capaz de fazer com o conhecimento adquirido.

Zilda Araújo e Georfravia Alvarenga (2006) utilizaram portfólios (não digitais) como ferramenta de acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem em um curso superior de formação de professores de uma instituição pública no estado do Paraná, entre 1999 e 2003. O interessante neste trabalho é que a avaliação do portfólio como ferramenta foi bastante cuidadosa, expondo não somente os benefícios como também os problemas encontrados com seu uso, como: resistência dos alunos à forma não convencional de acompanhamento, incapacidade de os portfólios lidarem com variados instrumentos de avaliação, tempo necessário para implementação e gerenciamento dos portfólios, entre outros. Um aspecto interessante sobre os aspectos de implementação e gerenciamento relatados no trabalho é que além do conhecimento necessário para sua aplicação, as autoras relatam que é fundamental que haja entendimento sobre a proposta, sobre o que se deve fazer, pois nem sempre informações verbais são suficientes.

Sheila Valencia e Kathryn Au (1997) relatam um estudo de caso de portfólios de alfabetização, explorando o potencial dos mesmos em capturar resultados curriculares, bem como a capacidade dos professores em interpretar e avaliar as evidências geradas nestes portfólios.

De fato os relatos de experiências positivas com o uso de portfólios de aprendizagem evidenciam sua eficiência e aceitação, especialmente em ambientes onde é importante instigar o processo de autorreflexão dos aprendizes. Diversos ambientes digitais permitem o seu uso. Contudo, a implementação de portfólios em ambientes digitais não tem aproveitado de forma plena a estrutura tecnológica disponível.

Ambientes Virtuais de Aprendizagem, como o *Moodle*, implementam ferramentas de portfólios digitais para apoiar na atividade de ensino e aprendizagem. Erineide Silva (2013) relata o uso da funcionalidade “portfólio” presente no *Moodle* nas aulas de Geografia, em cursos técnicos de nível médio do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, uma vez que a instituição já utilizava a ferramenta para dar suporte aos cursos ofertados a distância. A ideia era avaliar a aceitação e eficiência dos portfólios como ferramenta educacional, cujo resultado, tanto da avaliação quanto da aceitação, foi bastante positivo. A autora evidencia também a importância da plataforma na implementação dos portfólios, por possibilitar o debate através de *fóruns*, além de permitir realizar todas as tarefas em meio digital, eliminando os registros físicos.

No caso do *Moodle*, há diversos módulos adicionais ou *plugins* que acrescentam a funcionalidade de portfólios digitais no ambiente. Um deles é o portfólio “UNIVALE”, desenvolvido em uma customização do *Moodle* denominada “Sophia”. Esta solução tem como diferencial a divisão entre portfólio do usuário e portfólios compartilhados da turma, o que já permite uma melhor organização do material intelectual produzido.

Outra ferramenta para implementação de portfólios digitais de aprendizagem é o “Mahara”, uma solução de código aberto, que pode ser integrada ao *Moodle*. O “Mahara” permite a criação de grupos, além de perfis diferentes de usuários, como aluno, tutor ou administrador. Entretanto sua interface requer certa experiência do usuário, além de não possuir tradução para a língua portuguesa. Para usuários com certa familiaridade no uso de tecnologias digitais talvez isto não seja problema.

Contudo, ao se estender o público para diferentes níveis de conhecimento e idade, estas questões devem ser levadas em consideração.

2.3.1 Um Estudo de Caso no Uso de Portfólios: PEAD/UFRGS

Simone Charczuk e Crediné Menezes (2008) utilizaram portfólios digitais de aprendizagem em um curso de Pedagogia à Distância, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul entre 2006 e 2010, implementando-os através de blogs criados e mantidos pelos alunos do curso.

O curso de Pedagogia à Distância possui um currículo organizado através de interdisciplinas, cujo objetivo é relacionar os conhecimentos prático e teórico ao longo dos semestres. Estas disciplinas são denominadas "Seminários Integradores". Ao longo de cada período letivo são propostas atividades, divididas em três blocos:

1. Atividades promovidas pelas interdisciplinas;
2. Síntese de aprendizagens, com base nos conteúdos trabalhados por todas as interdisciplinas e;
3. Apresentação da síntese de forma presencial, realizada em cada pólo ao final de cada semestre.

Para realizar o segundo e o terceiro blocos de atividades os alunos registram suas aprendizagens em um *blog* (gratuito), denominado "portfólio de aprendizagens". Os professores e tutores da disciplina Seminário Integrador coordenam e acompanham esta atividade, que pretende reunir em um espaço virtual as aprendizagens que os alunos consideram relevantes.

Assim, para avaliação da utilização de blogs como meio de representação de portfólios, priorizou-se a análise dos 73 alunos do pólo de Sapiranga/RS durante o primeiro semestre de 2008, tendo como foco as postagens que traziam relatos interdisciplinares (aprendizagens construídas a partir de pelo menos duas disciplinas).

Para implementar os portfólios, os professores e tutores utilizaram o ambiente PBWorks, uma ferramenta *on-line* que possibilita a criação cooperativa de páginas na web (wiki). Através dela, criou-se o espaço para acesso aos portfólios, através de uma página web contendo uma lista com os 73 alunos do pólo de Sapiranga, onde em cada nome havia um link que levava ao blog do aluno, implementado em outro ambiente, o *blogspot*. Neste estudo de caso analisamos o espaço "sapiranga".

Conceitualmente a ideia do trabalho desenvolvido no PEAD da UFRGS consistia na utilização de ferramentas digitais disponíveis para a criação de blogs, implementando através destes os portfólios de aprendizagens. Neste contexto deveria ser possível administrar os grupos, criar um espaço onde os alunos pudessem desenvolver seus *blogs* individuais e, por fim, acompanhar o desenvolvimento do aluno através da constante análise do conteúdo postado.

A implementação utilizando *wikis* e *blogs* permitiu a criação dos espaços dos professores e alunos. Entretanto, o acompanhamento do uso destes espaços cabia inteiramente aos professores e tutores, pois no espaço para gerenciamento dos grupos não era possível saber, por exemplo, a quantidade de postagens de cada aluno. É necessário que o professor ou tutor entre no blog de cada aluno para acompanhar suas atividades. Da mesma forma, não há nenhum meio de notificação que permita ao educando cobrar atividades de seus alunos, ou também que permita conhecer novas atividades desenvolvidas pelos alunos.

Da parte dos alunos, por sua vez, o uso do *blog* é bastante interessante. Contudo, suponhamos que o aluno participe de outro grupo ou disciplina que também adote a mesma ferramenta para ensino e aprendizagem. Neste caso, o mesmo aluno teria que criar e administrar outro *blog*. Se considerássemos que o aluno pudesse estar envolvido em várias disciplinas que adotassem o mesmo mecanismo, o aluno teria, então, que administrar vários espaços, onde cada um estaria relacionado a uma disciplina ou tema específico.

O que se observa é que o uso de *blogs* como meio de produção e divulgação de conteúdo intelectual, embora seja simples, eficiente e bastante acessível, exige esforço adicional de quem o utiliza como portfólio de aprendizagens, pois por estar associado a uma determinada área de produção intelectual, a implementação de portfólio baseado em blog exige que o aluno crie diferentes blogs conforme o assunto a que está relacionado seu objeto de registro. Com isto, toda a organização do conteúdo produzido nos portfólios cabe inteiramente ao aluno. O *blog*, como ferramenta, facilita a produção e divulgação da produção intelectual, mas não oferece nenhum meio para administrar o conteúdo produzido quando este representa um registro que comporá um portfólio.

Também é dificultada a reorganização do conteúdo, se isto for necessário. Como organizar a produção intelectual do aluno ao longo de um determinado tempo,

se esta produção pode estar espalhada em diferentes blogs, cada um representando um portfólio ?

A notificação de publicação de conteúdos para os participantes do grupo, incluindo aí tanto o educador quanto os outros alunos, muitas vezes depende da própria ação do interessado em adentrar nos blogs ou utilizando-se de outros meios de notificação, como *e-mails* e redes sociais.

Conceitualmente o *blog* deve ser o meio pelo qual o aluno registra seu conteúdo intelectual, seja através de texto, imagem, som ou vídeo. Entre os requisitos encontrados quando o *blog* é utilizado como portfólio de aprendizagens pode-se citar: criação e administração de múltiplos grupos de aprendizagens; acompanhamento das atividades dos alunos no uso das ferramentas; possibilidade de o aluno possuir múltiplos portfólios e, conseqüentemente, múltiplos *blogs* e mecanismos de notificação.

Por fim, surge a questão da avaliação qualitativa. Uma vez que a produção intelectual esteja disposta sob a forma textual, é necessário examinar os textos produzidos ao longo do tempo, a fim de se forme juízo a respeito do aprendizado do aluno ao longo do tempo. Esta tarefa exige esforço e dedicação de professores e tutores, de forma que sem o suporte para o uso de técnicas de análise qualitativa e mineração de dados (aprendizagem de máquina), pode ser inviável executá-la em um ambiente de ensino à distância, onde a escalabilidade é um fator importante a ser considerado.

2.4 Técnicas para Análise de Dados

Uma vez que portfólios geram evidências da construção do conhecimento do aluno ao longo do tempo, este “rastro” de aprendizado é a principal fonte de dados utilizada pelos educadores no processo de avaliação qualitativa. Este processo é fundamental para que o conhecimento possa ser representado de forma mais fiel possível. Esta representação permitirá inferir tendências, aptidões e comportamentos do aluno em seu processo de aprendizagem, além de agrupar os alunos de acordo com um padrão pré-estabelecido. É fundamental para a construção de um arcabouço a compreensão do processo de representação do conhecimento (Davis et al., 1993).

Neste sentido, os dados devem estar estruturados para que diferentes técnicas possam ser empregadas. Abordamos nesta pesquisa três técnicas de análise qualitativa de dados: *EDM (Educational Data Mining)*, *NLP (Natural Language Processing)* e *QDA (Qualitative Data Analysis)*. Na seção 4.3 apresentamos um exemplo de aplicação de EDM para o estudo de caso apresentado na seção 2.3.1.

2.4.1 EDM (*Educational Data Mining*)

Educational Data Mining ou Mineração de Dados Educacionais é na verdade a aplicação da técnica conhecida de *Data Mining* restritamente a dados relacionados a ambientes educacionais, com o propósito de organizar e classificar estes dados para resolver questões de pesquisas nesta área (Romero & Ventura, 2010).

Embora não seja objeto da pesquisa a aplicação de técnicas de EDM para análise de dados, mas sim a estruturação dos dados para que as técnicas possam ser aplicadas, é fundamental entender as formas de aplicação destas técnicas, de forma que a estruturação proposta possa atender à sua aplicação correta.

Apesar de ser oriunda de *Data Mining* (DM), há características importantes que diferem EDM de DM, relacionadas à: objetivos, dados e técnicas. Ryan Baker e Kalina Yacef (2009) sugerem uma taxonomia para classificação de trabalhos em EDM baseada em 5 categorias:

- Predição
 - Classificação
 - Regressão
 - Estimativa de Densidade
- Clusterização
 - Mineração de Relacionamentos
 - Mineração de regras de associação
 - Mineração de Padrões Sequenciais
 - Mineração de Dados Casuais
- Destilação de dados para o julgamento humano
- Descoberta com Modelos

2.4.2 NLP (*Natural Language Processing*)

NLP ou *Natural Language Processing* ou Processamento de Linguagem Natural é uma área de pesquisa bastante conhecida, cujas aplicações exploram como o computador pode ser utilizado para entender e manipular textos e discursos produzidos através da linguagem natural humana para produção de informação útil. (Chowdhury, 2003)

NLP possui várias aplicações para propósitos educacionais, conforme Khaled Alhawiti (2014), sendo considerada muito importante no desenvolvimento de sistemas e técnicas avançadas em cenários educacionais. Seu maior propósito é a melhoria de sistemas educacionais através da implementação de políticas efetivas e eficientes, as quais podem auxiliar na utilização de tecnologias avançadas para trazer melhorias a sistemas educacionais. No que diz respeito ao uso de NLP associada a portfólios de aprendizagem ou outros recursos tecnológicos, é necessário o processamento automático e inteligente de conteúdo de forma a prevenir o uso de recursos não confiáveis, promovendo ainda a utilização de recursos autênticos. De forma geral, aplicações de NLP em educação são efetivas para mineração, recuperação de informação e avaliação da qualidade do aprendizado.

2.4.3 QDA (*Qualitative Data Analysis*)

De acordo com Schutt e Chambliss (2013) Análise de Dados Qualitativa difere da Quantitativa, pois:

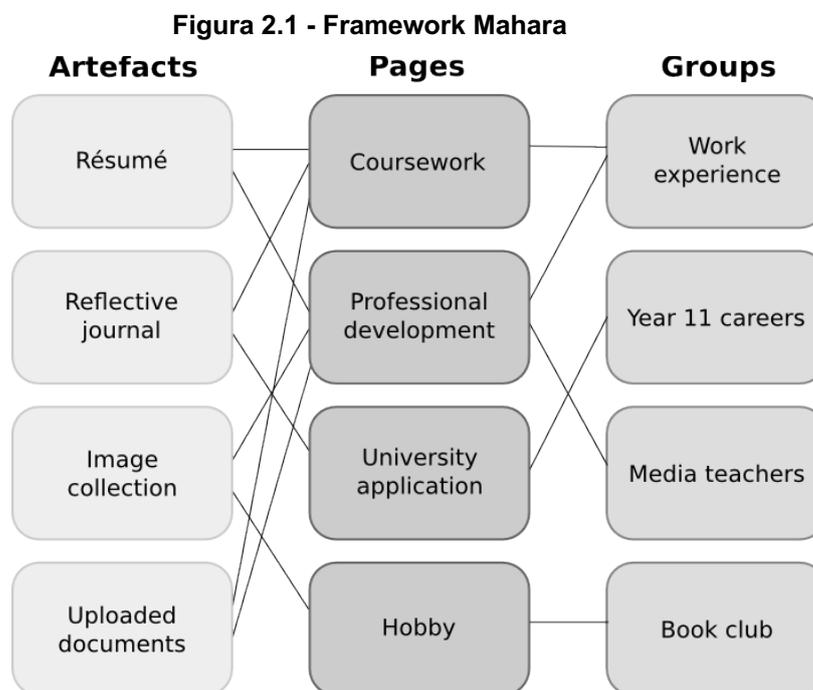
- Possui foco nos significados em vez de focar nos fenômenos quantificáveis;
- Aplica-se a uma coleção composta por muitos dados relacionados a poucos casos, em vez de poucos dados relacionados a muitos casos;
- Estuda em profundidade e detalhadamente, sem pré-determinar categorias ou direções, em vez de dar ênfase a análises e categorias determinadas previamente;
- Utiliza o conceito do pesquisador como um “instrumento”, em vez de um projetista de instrumentos objetivos para medir variáveis específicas;
- Basear-se em sensibilidade ao contexto, em vez de busca por generalizações universais;

- Basear-se na atenção para o impacto dos valores dos pesquisadores e de outros no decorrer da análise, em vez de presumir a possibilidade de uma investigação livre de valores;
- Ter como meta descrições ricas do mundo, em vez da medição de variáveis específicas.

2.5 Pesquisas e Trabalhos Relacionados

2.5.1 Mahara

“Mahara ePortfolio System” é um sistema de portfólios educacionais de código aberto (*open source*) desenvolvido pela empresa “Catalyst”, sediada na Nova Zelândia. Neste sistema, o aluno pode controlar que artefatos estarão visíveis a outras pessoas, como tutores, educadores e colegas, em uma área ou página. Cada aluno pode possuir quantas páginas desejar, cada uma com um número diferente de artefatos, de acordo com o propósito ou público. Assim, um portfólio pode ser visto como uma ou mais páginas, composta cada uma de artefatos conforme o assunto abordado ou direcionamento dado pelo aluno a pessoas e grupos específicos de interesse. O esquema de componentes pode ser visto na Figura 2.1.



Fonte: manual *online* do Mahara, disponível em <http://manual.mahara.org>

Todo o controle do ambiente é realizada a partir de uma página de administração, onde usuários com perfis de administradores podem configurar o ambiente, adicionar outros usuários, grupos e instituições, além de executar tarefas de operacionalização no ambiente, como a adição de novas características ou extensões. Professores, tutores e alunos são adicionados como usuários da mesma maneira. Contudo, a diferenciação entre os papéis dá-se na manipulação do perfil dos usuários, onde professores e tutores podem ser designados como parte do *staff* ou quadro de funcionários da instituição à qual fazem parte. Também é possível designar o papel de administrador da instituição a determinados usuários.

Os artefatos adicionados aos portfólios podem ser criados a partir do *upload* de arquivos ou através de sua criação no ambiente. Um dos artefatos permitidos é o “journal”, composto por título, data de criação ou postagem e corpo em texto livre. A cada “journal” é possível também associar *tags* ou marcadores, a fim de facilitar a pesquisa e associação a outros conteúdos. Também é possível incluir arquivos associados ao “journal”.

Outro artefato que pode ser criado no Mahara é o “Résumé”, que é um resumo do currículo do usuário. Outro artefato é o “Plano”, que consiste em uma ou mais

atividades cujas datas de início e fim devem ser preenchidas. Pode ser utilizado para especificar que o aluno está fazendo um curso de pós-graduação, por exemplo. Por fim temos as “Notas”, que são pequenos textos que podem ser reutilizados em vários portfólios sem a necessidade de cópia. A diferença para o “Journal” é que este possui as mesmas características de uma postagem em um *blog*, podendo ser comentado por outros usuários, possibilitando a criação de um diálogo a respeito do conteúdo publicado.

O *framework* facilita o desempenho de tarefas como a organização do ambiente. Entretanto não possui nenhum módulo ou mesmo característica que facilite ou permita a avaliação do aprendizado pelo educador, embora facilite o debate a respeito do conteúdo criado, bem como a organização deste conteúdo. Um dos principais artefatos, o “Journal”, é bastante similar ao *post* de um usuário em um *blog*, onde é possível determinar título, corpo, marcadores e data de criação do *post* ou artefato, embora no Mahara itens como o título são obrigatórios, o que nem sempre ocorre em uma ferramenta para criação de *blogs* pessoais.

2.5.2 Exabis E-Portfolio

“Exabis E-Portfolio” é um bloco ou *plugin* para uso na plataforma Moodle desenvolvido pela empresa “GTN Solutions” que compõe junto com o “Exabis Competence Grid” e o “Exabis Student Review” um conjunto de ferramentas utilizadas no Moodle para apoio na atividade de ensino e aprendizagem com base em produção de conteúdo. Moodle é um ambiente virtual de aprendizagem que fornece ferramentas e funcionalidades para que professores possam criar e administrar cursos *online* e alunos possam ter acesso ao material de ensino e espaços para diálogo, discussão e postagem de sua produção acadêmica.

O *plugin* permite que o aluno possa criar seus portfólios e inserir, como artefatos, hiperlinks de páginas da web, arquivos e anotações. No que se refere à avaliação do aprendizado, a ferramenta permite a conexão de artefatos postados no “Exabis E-Portfolio” com competências especificadas no “Exabis Competence Grid”, onde o professor avalia o grau de desenvolvimento de competências dos alunos através de notas. De fato o módulo “Exabis Competence Grid” foi desenvolvido com o fim de permitir que o professor possa estabelecer competências a serem desenvolvidas, criando tarefas que devem ser executadas pelos alunos a fim de

desenvolver tais competências. Para cada tarefa é atribuído um grau de dificuldade, além de um prazo para sua realização. Ao final, o professor pode avaliar a execução da tarefa pelo aluno, atribuindo uma nota. É possível criar visões dos artefatos publicados para públicos alvos, de forma a permitir reflexões e avaliações por outros membros do grupo.

Desta forma, a avaliação do educador quanto ao progresso de aquisição de conhecimento do aluno dá-se de forma indireta, através da tarefa repassada, não do conteúdo postado. Também não há evidências de como é possível a autoavaliação, mas somente a avaliação e reflexão de outros alunos que façam parte do grupo que tenha visibilidade dos artefatos publicados. Como se trata de um *plugin* para o ambiente Moodle e este possui suporte para utilização em dispositivos móveis, transitivamente o “Exabis E-Portfolio” passa então a contar com este recurso.

2.5.3 Páginas colaborativas e ferramentas de *blogs* pessoais

Uma outra forma de se implementar portfólios digitais de aprendizagem é através do uso de ferramentas que permitam a criação de *sites*, onde o espaço virtual de acesso aos portfólios é criado e gerenciado, juntamente com ferramentas utilizadas para criação e manutenção de *blogs* virtuais, como o “Blogger”, antigo “Blogspot”. Nestas o aluno, atuando como usuário ou *blogger*, cria seu *blog* pessoal que terá papel de portfólio educacional. Os artefatos possíveis nesta configuração são as postagens (*posts*) – o “Journal” do Mahara, além de arquivos e *links*. Tal configuração foi utilizada no projeto do PEAD, conforme descrito na seção 2.3.1.

A principal vantagem do uso destas ferramentas é que não é necessário instalar nenhum *software* adicional, além do próprio navegador. Todas as ferramentas funcionam de forma *online* e podem ser utilizadas de forma gratuita. Além disso, por serem destinadas ao público em geral, não exigem muito esforço para utilização, possuindo interfaces simples e de fácil manuseio. Embora o propósito das ferramentas, especialmente as que implementam *blogs* pessoais, seja outro, para grande parte das atividades e operações necessárias em portfólios digitais de aprendizagem elas atendem de forma bastante satisfatória. Entretanto muitas funcionalidades acabam não sendo contempladas por este tipo de arquitetura. Podemos citar como exemplo questões relacionadas à avaliação do aprendizado do aluno. Embora seja possível o registro de autoavaliação na própria postagem, bem

como de impressões dos educadores e tutores na área de comentários das postagens, a simples avaliação da execução da tarefa do aluno não possui espaço na arquitetura. Cabe então ao professor procurar outros meios para realizá-la, cabendo ao mesmo a tarefa de administrar, cobrar dos alunos e verificar suas atividades no ambiente.

Menezes, Aragón e Ziede (2018) apresentaram a proposta de um *framework* para dar suporte computacional a arquiteturas pedagógica, entre elas os Portfólios de Aprendizagem. No entanto esta proposta ainda em fase preliminar não contempla de forma objetiva o uso de inteligência artificial para apoiar as atividades de mediação. No trabalho é apresentada outra arquitetura pedagógica, denominada “Análise das Postagens”, que tem como objetivo classificar o conteúdo utilizando pares de alunos. Esta arquitetura prevê que as postagens possam ser classificadas como “reflexivas”, “descritivas” ou “problematizadoras” e que haja reaplicação periódica do processo.

2.6 Contribuição do *framework* proposto perante soluções já existentes

Ao analisar as soluções para portfólios digitais de aprendizagem descritas neste trabalho, confrontando com as definições e requisitos identificados na pesquisa, podemos chegar a algumas conclusões, como:

1. Todas as soluções de fato fornecem um espaço onde o estudante pode depositar sua produção acadêmica, de forma que esta esteja disponível para visualização e análise não somente pelo educador mas também por colegas e outras pessoas que nela tenham interesse e que possam contribuir de alguma forma para, a partir da análise efetuada, auxiliar o aluno em seu caminho de aprendizado;
2. As soluções estudadas suportam a produção acadêmica em diferentes formatos digitais, como texto, arquivos que podem conter vídeos, imagens e documentos, além de estruturas que possibilitem a autoavaliação e a reflexão a respeito do conteúdo produzido;
3. Em linhas gerais, o objetivo principal do portfólio de aprendizagem é alcançado com a utilização das ferramentas apresentadas, a saber: o

registro das atividades acadêmicas do aluno, evidenciando seu caminho ou trilha de aprendizagem no decorrer do tempo.

Assim, ainda a respeito do item 3, o registro das atividades é de fundamental importância para que o educador possa avaliar o progresso de aprendizagem do aluno. A partir dos registros, aliás, não somente o educador como o próprio aluno pode iniciar o processo de avaliação e autoavaliação, respectivamente, a fim de corrigir possíveis distorções no processo de ensino e aprendizagem, além de construir um diálogo a partir do qual pode ser fornecido *feedback* necessário e importante do educador e/ou tutor. As ferramentas encontradas fornecem bom suporte à avaliação quantitativa, embora nem todas permitam fazer isto de forma simples e integrada. Entretanto, por suas características, as ferramentas não disponibilizam suporte direto para avaliações qualitativas.

Em sistemas de apoio ao ensino e aprendizagem, na avaliação quantitativa utilizam-se métricas e índices para medir o quanto o aluno aprendeu. Em geral utiliza notas e sistemas de classificação com escalas pré-definidas e cujos valores nas avaliações efetuadas pelo aluno fornecem informações sobre seu desempenho. É o tipo de avaliação mais adotado em geral, em todos os níveis de ensino, justamente por fornecer resultados mais imediatos e ser de fácil aplicação e interpretação, fornecendo ao educador e ao aluno informações objetivas, porém sem levar em consideração o caminho percorrido pelo aluno em seu aprendizado. É justamente nisto que é focada a avaliação qualitativa: no processo de ensino e aprendizagem de forma contínua e cumulativa. Neste tipo de avaliação é possível inclusive identificar em quais competências o aluno se desenvolve melhor para atingir determinada meta de aprendizado. Neste tipo de avaliação todas as respostas do aluno são consideradas, inclusive as erradas, para indicar seu nível de aprendizado e fornecer um prognóstico dos próximos passos. Pode-se também utilizar métricas, mas estas não devem ser utilizadas de forma pontual, mas sim contínua, fornecendo dados de desempenho do estudante frente às metas de aprendizagem. Com isto, o educador pode atuar durante o processo, a fim de corrigir distorções e preparar o aluno para que seu desempenho ao longo do tempo seja melhorado, o que pode ser refletido inclusive nas avaliações quantitativas. Embora a avaliação qualitativa pretenda ultrapassar a avaliação quantitativa, não tem a pretensão de dispensar esta (Demo, 2005).

A respeito do trabalho desenvolvido por Menezes, Aragón e Ziede (2018), o *framework* proposto neste trabalho está inserido no contexto de suporte computacional à arquitetura pedagógica “portfólios de aprendizagem”, estando alinhado aos objetivos educacionais específicos desta AP. Desta forma, as ações e tarefas específicas identificadas no processo pedagógico, onde a escalabilidade considerada em um ambiente de ensino à distância é crucial para viabilizar sua execução. Para isto é necessário o apoio de inteligência artificial na execução de tarefas de mediação e avaliação, deixando ao professor tempo disponível para provocar a ação do aluno, sem a qual não há reflexão e, conseqüentemente, construção do conhecimento.

2.7 Considerações Finais

Neste capítulo apresentamos os conceitos de portfólios digitais e sua contextualização no uso de aplicações educacionais. Abordamos também o referencial teórico que norteia este trabalho, incluindo fundamentos de técnicas de análise qualitativa, além de apresentarmos os resultados positivos obtidos no estudo de caso, que empregou portfólios de aprendizagem em um ambiente real. Por fim relatamos alguns trabalhos relacionados, bem como as contribuições deste trabalho frente a esses.

Capítulo 3

A ARQUITETURA PEDAGÓGICA PORTFÓLIOS DE APRENDIZAGEM

Neste capítulo contextualizamos a Arquitetura Pedagógica Portfólios de Aprendizagem em seus objetivos pedagógicos, com base no modelo epistemológico adotado. Isto é essencial não somente para compreender como a Computação pode ser utilizada para permitir que estes objetivos sejam alcançados, como também para que o suporte computacional proposta esteja aderente a estes objetivos.

3.1 Considerações Iniciais

O avanço da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) permitiu também o desenvolvimento de soluções inovadoras e eficientes em várias áreas de aplicação. Na Educação não foi diferente: práticas e abordagens pedagógicas surgiram a partir da utilização de ferramentas de TIC, trazendo mais possibilidades de ensino e aprendizagem. Entre estas abordagens podemos citar Ensino à Distância (EAD), por exemplo, cujos benefícios vão além da transposição de barreiras físicas.

Entretanto o simples uso de ferramentas de TIC não traz, por si só, benefícios para práticas pedagógicas. A utilização de tais ferramentas deve estar suportada por modelos pedagógicos consistentes, baseados em teorias do conhecimento. Estas estruturas originadas a partir da aplicação de práticas pedagógicas suportadas por TICs constituem o que denominados de Arquiteturas de Aprendizagem. Neste capítulo contextualizaremos Portfólios Digitais de Aprendizagens como Arquitetura Pedagógica, abordando seus aspectos epistemológicos e pedagógicos.

3.2 Arquiteturas Pedagógicas

O uso de tecnologias digitais em práticas pedagógicas ao longo do tempo tem proporcionado significativos avanços no que diz respeito à forma de interação entre professores e alunos, bem como à quebra de barreiras e paradigmas determinados por tempo e lugar.

Na medida em que novas tecnologias surgem e são popularizadas, aparece o desafio de empregá-las da melhor forma possível. Neste contexto, propostas e metodologias pedagógicas têm frequentemente agregado novas ferramentas e tecnologias para melhorar sua eficiência e alcance, de maneira a permitir aos educadores focarem sua atenção na atividade em si, como facilitador do processo de aprendizagem, além de permitir também que o aluno possa ter um papel mais ativo ao produzir e não somente consumir conteúdo. (Rezende, 2002)

A evolução rápida do surgimento de novas ferramentas de tecnologia de informação associada ao aumento de velocidade disponível para troca de dados, tudo isso aliado à acessibilidade e baixo custo ao público em geral, tem proporcionado uma evolução também na concepção de novos métodos didático-pedagógicos. Isto é mais perceptível quando entendemos o que essa evolução de tecnologia de informação (TIC) e comunicação veio proporcionar: conectividade e acesso à informação em qualquer hora e lugar, por qualquer um. Esse acesso a qualquer tempo e em qualquer lugar à informação facilitou o uso em ampla escala de modelos pedagógicos onde a presença de professores e alunos em uma sala de aula, em um horário e dias pré-determinados seja uma barreira para sua adoção. Isto parece ficar bem claro quando tratamos de Educação à Distância (EAD), mas o alcance dos benefícios vai mais além do que apoiar modelos pedagógicos relacionais baseados na epistemologia genética, onde o conhecimento é construído a partir da ação do sujeito (no caso, o aluno) sobre o objeto (o que se espera ser aprendido). Não é possível limitar que a ação possa ocorrer somente dentro da sala, dentro de um tempo pré-determinado. Entretanto mesmo em modelos pedagógicos baseados em teorias diretivas e não diretivas, apoiados pelos paradigmas epistemológicos empiristas e aprioristas, respectivamente, o uso de ferramentas de TIC também tem permitido a melhoria na utilização de métodos didáticos tradicionais, bem como na utilização de novos métodos.

Nesta realidade cabe utilizar o conceito de Modelo Pedagógico (Behar et al., 2007), que vem a ser um sistema de premissas teóricas utilizadas para abordar um currículo, bem como que práticas serão adotadas e como dar-se-á a interação entre professor, aluno e objeto de conhecimento. Um Modelo Pedagógico é composto (1) pela Arquitetura Pedagógica e (2) pelas estratégias utilizadas para aplicação desta, conforme mostrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Elementos de um Modelo Pedagógico



Fonte: (Behar et al., 2007)

Uma vertente das novas abordagens é denominada de “Arquitetura Pedagógica” (M. J. S. Carvalho et al., 2005), que busca desenvolver propostas pedagógicas em sintonia com as possibilidades oferecidas pela tecnologia, onde em lugar de considerarmos uma proposta pedagógica concebida independente dos elementos tecnológicos, tentando inserir nela elementos e ferramentas computacionais, consideramos simultaneamente os dois conceitos – pedagógico e tecnológico – para propor novas soluções.

As Arquiteturas Pedagógicas (APs) partem de uma concepção de aprendizagem entendida como um processo contínuo, mas não linear e limitado, que

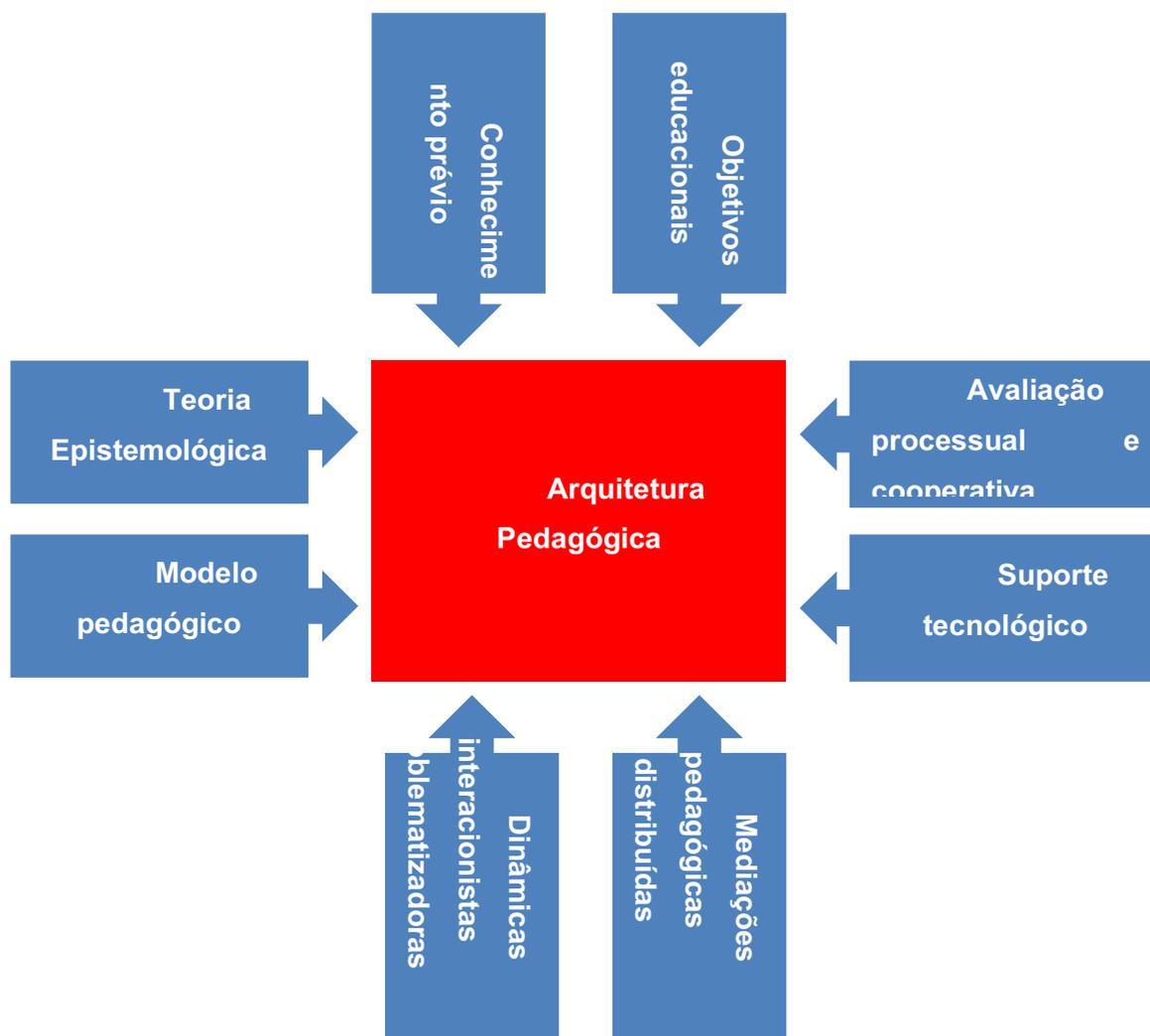
tem como fonte a ação do sujeito sobre o mundo (objeto), bem como a reflexão sobre sua própria ação, permitindo que o sujeito possa compreender o mundo e a si mesmo numa construção dialética. As arquiteturas pressupõem, ainda, que para compreender é preciso criar os instrumentos cognitivos para tal e nessa perspectiva, a interação sujeito-meio (o que inclui a interação sujeito-sujeito) desempenha um papel fundamental, ou seja, é necessário agir sobre o mundo, a partir de ações físicas ou mentais, para que a construção ocorra. Essa construção é potencializada quando o sujeito encontra um espaço de ação autônoma e de construção conjunta (cooperativa). Carvalho, Nevado & Menezes (M. J. S. Carvalho et al., 2005) nos ensinam que o caráter das arquiteturas pedagógicas é pensar a aprendizagem não como um processo formal, mas sim artesanal construído não somente na sala de aula, mas sim na ação, experiência, interação e metarreflexão do aluno enquanto sujeito sobre seus objetos de conhecimento. O modelo pedagógico deve permitir flexibilidade de processos didático-pedagógicos, visando adaptar-se a qualquer que seja o tema que se deseja tratar.

A composição de uma arquitetura pedagógica engloba pressupostos teóricos, elementos metodológicos e de avaliação, além dos aspectos tecnológicos que lhe dão suporte. Entre os elementos de uma AP podemos citar: modelos pedagógicos e epistemológicos relacionados, objetivos educacionais, conhecimento prévio, dinâmicas interacionistas-problematizadoras, mediações pedagógicas distribuídas, avaliação processual e cooperativa das atividades e, por fim, suporte tecnológico (comunicação e computação) envolvido, conforme observado na Figura 3.2.

Diferente de modelos de arquiteturas onde os componentes são vistos como partes integrantes e independentes de um todo, que quando unidas descrevem o conjunto, em arquiteturas pedagógicas cada elemento tem característica complementar aos demais, não sendo estabelecida então uma estrutura de todo-partes, mas sim de partes complementares para a descrição de um todo. Assim, algumas das partes podem não ser necessárias para descrever uma determinada arquitetura, ou, em outro caso, a descrição de uma arquitetura exige que mais elementos sejam agregados. As arquiteturas devem ser flexíveis, embora devam permitir a descrição do processo pedagógico e de seus pressupostos teóricos, além do suporte computacional necessário. A estrutura de componentes proposta na Figura 3.2 descreve uma base sobre quais itens importantes devem ser observados ao

descrever uma arquitetura pedagógica, sendo, desta forma, conforme necessidade, exigida a expansão ou retração de alguns deles.

Figura 3.2 – Elementos de uma Arquitetura Pedagógica



Fonte: O Autor

Todo projeto pedagógico deve estar ancorado por bases teóricas do conhecimento (epistemologia) e sustentadas por modelos de ensino e aprendizagem (modelos pedagógicos). Estas bases deverão nortear as ações do educador e dos estudantes a fim de que os objetivos educacionais possam ser alcançados. Por isso é importante que antes de tudo o educador possa estabelecer a base teórica de sua arquitetura pedagógica. Esta base deverá estar intrinsecamente ligada ao modelo pedagógico adotado, para daí então definirem-se procedimentos e materiais utilizados no processo. Só então o suporte tecnológico poderá ser definido, uma vez que este

deve permitir que os pressupostos teóricos e pedagógicos sejam contemplados na solução. Assim, a concepção de uma arquitetura pedagógica deve iniciar pela definição da teoria epistemológica que lhe servirá como base. Nas seções seguintes apresentaremos as abordagens utilizadas na teoria do conhecimento que formarão esta base.

3.2.1 Epistemologia, a origem do conhecimento

Muitos autores denominam o termo “epistemologia” como sinônimo de “teoria do conhecimento”, embora outros acreditem que “teoria do conhecimento” é mais abrangente, ao passo que “epistemologia” está relacionada ao conhecimento científico. Ambos os termos designam ramos da filosofia cuja preocupação está relacionada à investigação da natureza, das fontes e da validade do conhecimento (Grayling, 2002). Procura responder questões como: o que é o conhecimento? Como é adquirido? Nossos meios para adquiri-lo podem ser defendidos contra desafios céticos?

A origem da palavra vem do grego “*episteme*”, que significa “conhecimento científico, ciência” e “*logos*”, que significa “discurso, estudo”. A teoria do conhecimento surge como disciplina filosófica independente na Idade Moderna, sendo John Locke considerado seu fundador. Sua principal obra, “*An Essay concerning Human Understanding*”, publicada em 1690, trata de modo sistemático as questões referentes à origem, à essência e à certeza do conhecimento humano (Hessen, 2000). Assim, a epistemologia surgiu como uma teoria, ou seja, uma explicação e uma interpretação filosóficas do conhecimento humano. Nesta teoria dois elementos defrontam-se: sujeito e objeto. O conhecimento aparece, então, como uma relação entre estes dois elementos. Sujeito e objeto são sempre elementos distintos, separados, cujo dualismo pertence à essência do conhecimento. A relação entre eles é recíproca e não reversível. A função do sujeito é aprender o objeto, enquanto que o objeto deve ser apreensível e ser aprendido pelo sujeito.

Entre as diversas questões relacionadas à teoria do conhecimento, uma delas diz respeito à origem do conhecimento, ou seja, de que forma o conhecimento humano é adquirido. Esta questão é norteadora para muitos modelos pedagógicos, pois o estabelecimento de processos e métodos de ensino e aprendizagem está inteiramente

relacionado à crença na forma de aquisição do conhecimento. Descreveremos a seguir as principais correntes que procuram explicar a origem do conhecimento.

3.2.1.1 Racionalismo

Racionalismo é o nome dado ao ponto de vista epistemológico que vê na razão a principal fonte de aquisição do conhecimento humano. Esta corrente tem como pressuposto o fato de que o conhecimento tem como ponto de partida o sujeito pensante e não o mundo exterior (objeto), a partir da existência de ideias inatas. Ou seja, o sujeito possuiria certos tipos de ideias que já vinham com ele desde seu nascimento, sem a necessidade de percepção do objeto para existirem. Segundo o pensamento racionalista, o conhecimento só existe se tiver validade universal. Além disso, o conhecimento inato consiste em um conhecimento de ordem superior que leva a uma verdade além da que obtemos no cotidiano. Há basicamente três caminhos, segundo os racionalistas, que nos levam ao conhecimento:

1. Dedução: consiste na aplicação de princípios concretos para se chegar a conclusões.
2. Ideias inatas: os seres humanos já nascem conhecendo verdades fundamentais e até mesmo experiências obtidas em vidas anteriores.
3. Razão: uso da lógica para se chegar a uma conclusão, através de diversos métodos.

Em Platão podemos encontrar a manifestação mais antiga das ideias racionalistas. Ele acreditava que a experiência estava em constante mudança e, por este motivo, não seria capaz de fornecer um conhecimento genuíno e universal. Assim, o mundo concreto, percebido pelos sentidos, era apenas uma reprodução do mundo das ideias. Ao buscar a verdade nas coisas, o homem não encontraria a verdade plena, pois as coisas poderiam mudar ou até mesmo desaparecer ao longo do tempo. O homem deveria, portanto, buscar a verdade em algo mais estável, mais superior, pois somente desta maneira conseguiria obter a verdade plena. Sobre o mundo material o homem poderia ter somente a *doxa* (opinião) e a *téchne* (técnica), o que lhe permitiria sobrevivência. Já sobre o mundo das ideias (conhecimento filosófico), o homem poderia ter a *episthème* (verdadeiro conhecimento). Este pensamento forma a chamada “Teoria das Ideias”, que é a base da epistemologia platônica, para a qual o conhecimento na verdade não é adquirido, mas sim lembrado e, portanto, inato.

Na Idade Moderna as ideias do Racionalismo são intensificadas e é no século XVII que o movimento alcança uma importância maior, através de René Descartes (1596-1650), que além de filósofo era também físico e matemático. Descartes sempre colocou a razão em primeiro plano e acreditava que a dúvida era o ponto de partida para a busca do conhecimento. Afirmava que para conhecer a verdade era necessário colocar todos os nossos conhecimentos já adquiridos em dúvida, através da curiosidade do que era novo ou diferente. Ao questionar nossas certezas, inclusive de nossa própria existência, buscando a verdade plena, passaríamos a adquirir um conhecimento novo, que também em algum momento passaria pelo mesmo processo de questionamento. Esta é a chamada “dúvida cartesiana”. Para a matemática o pensamento racionalista era perfeitamente aplicável. Para saber, por exemplo, que $1+1=2$ não é necessário nenhuma experiência sensorial, bastando recorrer à razão – inata - para conhecer isto como verdade. Isto explica por que a maioria dos pensadores racionalistas vinha da Matemática.

3.2.1.2 Empirismo

Para a corrente Empirista a fonte do conhecimento não está na razão, mas sim nas experiências sensórias do ser humano. Ou seja, para o Empirismo, a experiência é a fonte do conhecimento. Seus principais representantes provêm das ciências naturais. Seu principal fundador é o filósofo inglês John Locke (1632-1704), sendo seguido de outros importantes representantes como David Hume, Thomas Hobbes e George Berkeley. Locke combatia firmemente a crença de que o conhecimento era inato ao ser humano. Pelo contrário: os empiristas acreditavam que o ser humano ao nascer era como uma folha de papel totalmente em branco ou “tabula rasa”, que vai aos poucos sendo escrita de acordo com as experiências vividas (Locke, 1999).

Segundo o pensamento empirista, o indivíduo (sujeito) então, como “tabula rasa”, aprende conforme interage com o mundo (objeto) em sua volta, com o meio físico e social que o cerca. Logo, o ambiente em que o sujeito vive também é determinante para seu aprendizado. Temos então uma relação epistemológica entre sujeito e objeto onde o sujeito é completamente determinado pelo objeto.

3.2.1.3 Apriorismo

Ao passo que o Racionalismo propõe a razão como fonte do conhecimento e o Empirismo vê a experiência como esta fonte, havendo, portanto, contraposição entre estas duas correntes epistemológicas, o Apriorismo surge como uma corrente que tenta conciliá-las, situando a origem de determinado tipo de conhecimento em fatores racionais, que existem independentemente da experiência adquirida, negando assim a ideia de que o ser humano é uma “tabula rasa”, porém sem negar o fato de que certo conhecimento é adquirido no decorrer do tempo pela experiência vivenciada.

Seu fundador foi o filósofo prussiano Immanuel Kant (1724-1804). O termo “apriorismo” vem de “a priori”, uma locução adverbial latina utilizada para designar “aquilo que vem antes de”. O termo foi assim empregado, pois Kant acreditava que o ser humano já possui certas estruturas que possibilitam a experiência sensorial e que determinam a compreensão que temos das coisas. Ou seja: já temos em nosso conhecimento elementos que existem antes mesmo de vivenciarmos sua experiência, elementos “a priori”, como, por exemplo, o tempo e o espaço. Sua principal obra é “Crítica da Razão Pura”, onde Kant distingue o conhecimento advindo da experiência, que ele chama de conhecimento empírico, do conhecimento que vem antes de ou independe da experiência e das impressões dos sentidos, que ele chama de conhecimento puro (Kant, 2001).

Assim, segundo a teoria apriorista, o conhecimento seria resultado de uma interação entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido a partir de estruturas (cognitivas) “a priori”. Isso significa que não conhecemos de fato as coisas em si mesmas, mas sim como nós as percebemos, de acordo com nossas estruturas mentais.

3.2.1.4 Construtivismo

A epistemologia racionalista defende que o conhecimento é oriundo da razão a partir de ideias inatas ao indivíduo, ao passo que o pensamento empirista defende que a experiência do sujeito com o objeto, ou seja, com o meio com o qual ele interage, é o que possibilita a aquisição do conhecimento. Aprioristas, da mesma forma, defendem que o sujeito já nasce com estruturas mentais que possibilitam a compreensão do objeto. A epistemologia genética ou construtivista, proposta por Jean Piaget (1896-1980), biólogo, psicólogo e epistemólogo suíço, contrasta tanto com as

ideias racionalista e apriorista, ao propor que embora o ser humano traga consigo uma bagagem genética formada por milhares de anos de evolução, não é capaz de, ao nascer, emitir a mais simples operação de pensamento ou reconhecer o mais elementar dos símbolos, como com o pensamento apriorista, ao mostrar que o meio social, por mais que reflita milhares de anos de civilização, não é capaz de fazê-lo compreender o mais simples conhecimento objetivo (Becker, 1992).

Sujeito e objeto de conhecimento não existem previamente: são construídos ao longo do tempo pela ação do primeiro sobre o segundo. Esta ação, denominada “assimilação”, faz com que o sujeito perceba o objeto, que por sua vez pode resistir aos meios de assimilação, levando o sujeito então a determinar novos meios, o que faz com que o objeto torne-se cada vez mais complexo para a compreensão do sujeito. Estas transformações nos meios de assimilação, que também levam à transformação do próprio objeto de conhecimento, constituem a ação denominada “acomodação” do sujeito em relação ao objeto. Assim, o conhecimento não nasce com o indivíduo nem é provocado pelo meio, mas sim é construído através da ação transformadora do sujeito sobre o objeto e vice-versa.

Cada teoria procura uma abordagem para explicar a origem do conhecimento, conforme a relação estabelecida entre o sujeito e o objeto a ser conhecido. Não há que se falar em teoria correta ou teoria equivocada, mas sim em teoria com determinada abordagem. Assim, um educador pode basear-se em uma teoria epistemológica de acordo com o sujeito, considerando fatores como estágio de desenvolvimento, nível cognitivo e outros, e com o objeto a ser conhecido, considerando também fatores como complexidade, importância, aplicação, entre outros. Desta forma, podemos estabelecer um modelo pedagógico conforme a teoria adotada para um determinado contexto, e outro modelo, baseado em outra teoria, para um contexto diferente. O importante é conhecer tanto o sujeito quanto o objeto de conhecimento, a fim de estabelecer as bases teóricas, conforme suas características, para construir um projeto pedagógico. O Quadro 3.1 ilustra algumas diferenças entre as teorias epistemológicas aqui abordadas.

Quadro 3.1 – Principais correntes epistemológicas

Aspecto	Teoria Racionalista	Teoria Empirista	Teoria Apriorista	Teoria Construtivista
Fonte do conhecimento	Razão	Experiência sensorial e experimentação	Estruturas cognitivas	Transformação
Relação entre Sujeito e Objeto	$S \rightarrow O$	$S \leftarrow O$	$S \rightarrow O$	$S \leftrightarrow O$
Elemento valorizado	Intuição humana	Experiência	Interação	Ação
Principais teóricos	Platão, Descartes, Leibniz e Chomsky	Locke, Berkeley e Hume	Kant	Piaget

Fonte: O Autor

3.2.2 Modelos Pedagógicos

As teorias epistemológicas procuram compreender a origem do conhecimento, sob a perspectiva do ser humano como sujeito e aquilo que se deseja conhecer como objeto. A partir de uma visão epistemológica, podemos então definir como então dar-se-á a descoberta do conhecimento em um ambiente escolar, qual o papel de cada agente nesta descoberta – professores, alunos, tutores, pedagogos, entre outros – bem como de que forma estes agentes irão interagir. É neste processo que precisamos definir qual o modelo pedagógico a ser utilizado para, a partir dele, construir um projeto pedagógico.

Fernando Becker nos mostra que há três formas distintas de representar a relação existente na atividade de aprendizagem. Cada forma, por sua vez, está relacionada a uma teoria epistemológica (Becker, 2012). São elas:

- a) Pedagogia diretiva;
- b) Pedagogia não diretiva;
- c) Pedagogia relacional ou construtivista.

3.2.2.1 Pedagogia Diretiva

Esta prática pedagógica está relacionada a teorias epistemológicas como o empirismo, onde o conhecimento ocorre a partir da experiência do sujeito sobre o objeto, ou seja: é o objeto a ser conhecido que vai determinar como o sujeito irá conhecê-lo. Modelos pedagógicos baseados em uma pedagogia diretiva têm como base a ideia de que o aluno, como sujeito em uma visão epistemológica, é uma “tabula rasa”, ou seja: uma folha em branco, onde tudo que precisa ser ensinada deverá ser feito pelo professor, que atua como um agente do conhecimento.

Esta forma é muito utilizada em modelos pedagógicos clássicos, onde toda a estrutura de ensino é preparada para deixar ao professor a tarefa de ensinar e ao aluno a de aprender, dentro de um ambiente próprio para isto, como uma sala de aula ou um laboratório. O aprendizado dá-se, em geral, pela transmissão de conteúdo do professor ao aluno e, para fixação deste, por exercícios de repetição que são realizados pelos alunos tanto dentro quanto fora da sala de aula. Modelos pedagógicos baseados nesta forma costumam definir o papel do professor como agente ativo e indispensável para o processo de aprendizagem e do aluno como agente passivo. A interação é totalmente definida pelo professor. Ele é quem define o que o aluno pode e deve fazer, quando e o que deve falar e, principalmente, como e o que deve aprender. O professor decide e o aluno acata. O professor ensina e o aluno aprende.

Em modelos pedagógicos deste tipo fica evidente de se notar que a inclusão de ferramentas tecnológicas para auxiliar o ensino e a aprendizagem fica totalmente a cargo do professor. Em geral, qualquer coisa que não se encaixe no que o professor acredita que seja necessário (ou que este não conheça) para o aprendizado do aluno, deve ser proibida, sob o risco de tirar a atenção do aluno. A forma de avaliar o aprendizado também é bastante conhecida: o professor aplica provas ou trabalhos que devem ser realizados ou entregues em prazos específicos. Cada avaliação realizada recebe uma nota ou conceito, que são utilizados como métrica de aprendizado. Geralmente as provas são feitas individualmente, mas os trabalhos podem ser feitos em grupo, embora seja difícil de fato identificar o grau de esforço de cada aluno em sua execução. Assim, geralmente, a nota ou conceito obtido é replicado para todos os integrantes do grupo, o que significa interpretar que a aquisição de conhecimento foi igual para todos os alunos.

O modelo pedagógico diretivo é útil em situações onde de fato o conhecimento dá-se por absorção de conteúdo e repetição de procedimentos. Entretanto, é possível que um projeto pedagógico tenha partes de seus processos baseados em um modelo diretivo e partes baseadas em outros modelos, como não diretivas e relacionais. Para isso é importante compreender exatamente: a) quem é o sujeito do conhecimento, seu perfil, características, estágio de desenvolvimento, etc., e b) qual é o objeto de conhecimento. Desta forma, é possível propor a melhor maneira de fazer com que o aprendizado seja conduzido.

3.2.2.2 Pedagogia Não Diretiva

Modelos pedagógicos não diretivos baseiam-se em epistemologias onde o sujeito é que determina como o objeto de conhecimento será absorvido. Podemos citar como exemplos as teorias apriorista e racionalista, onde estruturas prévias inatas ao indivíduo são consideradas como principal fonte de aquisição do conhecimento.

A principal característica da pedagogia não diretiva é que o professor acredita na capacidade individual do aluno de buscar seus próprios meios de aprendizado. O aluno tem então papel ativo em seu próprio aprendizado, devendo o professor interferir o mínimo possível no processo, deixando o aluno fazer o que lhe foi determinado, pois assim encontrará por si mesmo o caminho para aprender como fazer. É a crença do “ninguém pode transmitir, é o aluno que aprende”.

3.2.2.3 Pedagogia Relacional ou Construtivista

O terceiro modelo pedagógico apresentado tem como base teórica a epistemologia genética, de Jean Piaget, para a qual o aluno não é uma “tabula rasa”, como acreditam os empiristas, mas também adquire conhecimento ao interagir com o objeto a ser conhecido. Ao tratar-se o aspecto pedagógico baseado na epistemologia de Piaget, temos um modelo de ensino e aprendizagem onde o professor apresenta ao aluno aquilo que deve ser aprendido, deixando, porém que o aluno possa agir sobre o conteúdo, sempre sob orientação de seu professor. Assim, no modelo pedagógico relacional, o professor é responsável por trazer o conteúdo até o aluno, apresentando-o – como em modelos pedagógicos diretivos - e fazendo-o refletir sobre aquilo que lhe é apresentado. Entretanto neste modelo o conhecimento não é construído somente a partir da absorção de conteúdo e repetição de exercícios, mas sim a partir da reflexão provocada pelo educador a respeito do conteúdo passado.

Desta forma, para a pedagogia construtivista, o conhecimento não é adquirido, mas sim construído a partir da ação do aluno sobre o objeto a ser conhecido. Neste modelo o professor também acredita na capacidade individual do aluno de construir o conhecimento, porém, diferente do modelo pedagógico não diretivo, o professor possui papel fundamental nesta construção agindo como um facilitador ou intermediário. Esta construção ocorre a partir de duas etapas:

- a) Assimilação. Diz respeito à ação do aluno sobre o objeto. Ele precisa ter um contato inicial com o mesmo, a partir da leitura de textos, da

visualização de vídeos ou imagens, de experimentos, observações, cálculos, fórmulas, enfim, de qualquer tipo de material que lhe permita conhecer inicialmente o objeto. Nesta etapa o professor é de fundamental importância, pois é ele quem irá apresentar este objeto e provocar perturbações, levando o aluno à:

- b) Acomodação. Nesta etapa, provocado pelo professor, o aluno passa a refletir sobre o que aprendeu, respondendo para si mesmo, sozinho ou em grupo, sobre as perturbações provocadas para não mais se apropriar do material, mas da forma como ele mesmo utilizou este material no seu processo de aprendizagem. Assim, se na assimilação o aluno é modificado ao conhecer seu objeto de conhecimento, na acomodação o aluno passa a utilizar o conhecimento construído para modificar o próprio objeto, em uma relação na qual sujeito e objeto são modificados a partir da ação do primeiro sobre o segundo e do conhecimento construído neste processo.

Um modelo pedagógico construtivista destaca-se pela construção do conhecimento a partir de um processo de reflexionamento e reflexão, ocorrido a partir das questões levantadas não apenas pelo professor, mas principalmente pelos próprios alunos acerca daquilo que se está aprendendo. Ou seja: o próprio aprendizado em si deve ser objeto de reflexão do aluno. Questioná-lo será necessário para que haja a assimilação e, conseqüentemente, uma mudança não só no sujeito que aprende como também no objeto que é aprendido. Este processo pode ser colaborativo, ou seja, um aluno poderá contar com a colaboração de seus colegas no processo de reflexão. É importante também destacar que o professor possui um papel ativo na construção do conhecimento. Não é raro ver modelos pedagógicos classificados como construtivistas onde o aluno é responsável por todo o processo de aprendizagem, com pouca ou nenhuma intermediação por parte do professor. Trata-se na verdade de modelos com pedagogia não diretiva erroneamente confundida com construtivismo. No modelo construtivista o professor é essencial para provocar a perturbação no aluno, levando ao processo de acomodação do objeto a ser aprendido.

Enquanto o apriorismo e o empirismo situam-se em pontos extremos da linha de teorias epistemológicas, o construtivismo situa-se como um contraponto entre as duas teorias. Um professor cuja concepção de conhecimento, ou seja, sua epistemologia seja construtivista, não verá seu aluno como uma “tabula rasa”, mas

sim trazendo consigo algum conhecimento prévio que precisa ser utilizado para que seja construído um novo conhecimento. Também não verá seu aluno como um completo autodidata, capaz de utilizar o conhecimento adquirido previamente para construir um novo conhecimento por si só, estabelecendo o que e como este processo de construção se dará, relegando a si mesmo o papel de assistente deste processo. Ao contrário: ele deverá atuar ativamente de forma a permitir que o aluno possa agir sobre o que lhe foi passado e construindo um conhecimento novo, bem como ser capaz de refletir sobre o seu próprio processo de aprendizagem. Todo este caminho que envolve a assimilação, acomodação e a reflexão é a base para um modelo pedagógico construtivista. É importante a sua compreensão para que não haja um entendimento equivocado de que um modelo concebido como construtivista ignore o papel do professor no processo de construção do conhecimento ou não permitir a colaboração de outros alunos no processo de reflexão. Também é importante compreender que a concepção de um projeto pedagógico construtivista não se opõe a epistemologias não construtivistas, muito pelo contrário. O modelo construtivista veio para agregar modelos pedagógicos tradicionais, trazendo em si o melhor de cada um deles.

3.3 Diretrizes para a Formalização de Portfólios de Aprendizagem como Arquitetura Pedagógica

Podemos identificar nesta Arquitetura Pedagógica que:

1. A mesma está fundamentada no modelo pedagógico relacional (Behar et al., 2007), onde o conhecimento é construído através da ação do aluno ao refletir sobre sua própria produção acadêmica. Este processo reflexivo pode ser colaborativo, pois seus colegas podem participar do processo através de comentários nas postagens produzidas, contribuindo para a construção do conhecimento. O professor tem papel importante como mediador, ao propor temas para reflexão, bem como interferindo caso verifique que o processo não é desenvolvido conforme esperado. Neste aspecto esta teoria é ancorada por um paradigma construtivista, onde a própria produção do aluno provoca perturbação ao levá-lo a um processo reflexivo, contribuindo para a

acomodação e assimilação do que o aluno até então julga que tenha aprendido. O entendimento da teoria pedagógica e do paradigma epistemológico é importante para estabelecer o objetivo pedagógico da AP, que é provocar a reflexão no aluno, levando à reflexão sobre o seu aprendizado a fim de desconstruir o que estava até então acomodado, se for o caso, até que o processo de assimilação esteja completado. Os objetivos educacionais desta arquitetura situam-se na promoção do processo de reflexão do aluno a respeito de sua aprendizagem, prática alinhada com a teoria epistemológica que dá suporte à AP, bem como desenvolver a capacidade de expressão através da escrita, ao fazer o aluno produzir um texto consistente e estruturado a respeito de suas próprias experiências educacionais.

2. O conteúdo utilizado para provocar o processo de reflexão é o próprio conhecimento prévio adquirido pelo aluno durante as disciplinas ofertadas em cada semestre, ao longo do tempo. O que foi assimilado em cada disciplina deve então passar por um processo de associação ao conhecimento previamente assimilado pelo aluno em disciplinas de períodos anteriores ou até mesmo em outras disciplinas ofertadas no próprio período. Feita esta associação, o aluno então produz uma síntese e a registra no portfólio. A partir daí o que estava acomodado pelo aluno sofre então um processo de perturbação, levando-o à reflexão, fixação ou até mesmo desconstrução, provocando novamente a acomodação do conhecimento ao aluno.
3. As atividades desenvolvidas pelo aluno são basicamente o registro de sua síntese ou reflexão no portfólio, bem como sua colaboração no processo de reflexão dos seus colegas. Ao professor cabe administrar os espaços de cada aluno, propor temas para síntese e reflexão, administrar a produção do conteúdo e avaliar o grau de aprendizagem do aluno ao longo do tempo. Esta avaliação não é meramente quantitativa, mas também qualitativa, pois o processo avaliativo não se resume a verificar se o aluno produziu conteúdo conforme proposto, mas sim entender como este conteúdo reflete a qualidade e o crescimento do aprendizado do aluno, se comparado a outros conteúdos anteriormente produzidos. Não cabe ao professor simplesmente avaliar se o conteúdo produzido pelo aluno está correto ou não, mas sim se houve progresso em seu processo de aprendizagem, uma vez que o conhecimento é construído ao longo do tempo. Isso o leva a considerar que eventuais

equivocos de aprendizagem que o conteúdo possa revelar devem sofrer não punição, mas sim intervenção do professor, em seu papel de mediador, a fim de corrigi-los e contribuir para a construção do conhecimento.

4. No estudo de caso, o suporte computacional com *wikis* e *blogs* permitiu a criação dos espaços dos professores e alunos. Entretanto, o acompanhamento do uso destes espaços cabia inteiramente aos professores e tutores, pois no espaço para gerenciamento dos grupos não era possível saber, por exemplo, a quantidade de postagens de cada aluno. É necessário que o professor ou tutor entre no blog de cada aluno para acompanhar suas atividades. Da mesma forma, não há nenhum meio de notificação que permita ao educando cobrar atividades de seus alunos, ou também que permita conhecer novas atividades desenvolvidas pelos alunos.

Da parte dos alunos, por sua vez, o uso do *blog* é bastante interessante, pela facilidade de uso e rápido aprendizado. Contudo, suponhamos que o aluno participe de outro grupo ou disciplina que também adote a mesma ferramenta para ensino e aprendizagem. Neste caso, o mesmo aluno teria que criar e administrar outro *blog*. Se considerássemos que o aluno pudesse estar envolvido em várias disciplinas que adotassem o mesmo mecanismo, o aluno teria, então, que administrar vários espaços, onde cada um estaria relacionado a uma disciplina ou tema específico.

Observa-se que o uso de *blogs* como meio de produção e divulgação de conteúdo intelectual, embora seja simples, eficiente e bastante acessível, exige esforço adicional de quem o utiliza como portfólio de aprendizagens, pois por estarem associados a uma determinada área de produção intelectual, portfólios assim implementados exigem que o aluno crie diferentes *blogs* conforme o assunto a que está relacionado seu objeto de registro. Com isto, toda a organização do conteúdo produzido nos portfólios cabe inteiramente ao aluno. O *blog*, como ferramenta, facilita a produção e divulgação da produção intelectual, mas não oferece nenhum meio para administrar o conteúdo produzido quando este representa um registro que comporá um portfólio.

Também se torna complicada a reorganização do conteúdo, caso isso seja necessário. Como organizar a produção intelectual do aluno ao longo de um determinado tempo, se esta produção pode estar espalhada em diferentes blogs, cada um representando um portfólio ?

O *blog* deve ser o meio pelo qual o aluno registra seu conteúdo intelectual, seja através de texto, imagem, som ou vídeo. Entre os requisitos encontrados quando o *blog* é utilizado como portfólio de aprendizagens pode-se citar: criação e administração de múltiplos grupos de aprendizagens; acompanhamento das atividades dos alunos no uso das ferramentas; possibilidade de o aluno possuir múltiplos portfólios e, conseqüentemente, múltiplos *blogs* e mecanismos de notificação.

3.4 Considerações Finais

Apresentamos neste capítulo a formalização de portfólios de aprendizagem, uma ferramenta bastante utilizada e difundida em práticas pedagógicas desde o ensino fundamental a ambientes de ensino à distância, onde nestes em especial é utilizado como agente de reflexão e autoavaliação, descrevendo os itens estruturantes e pressupostos teóricos, tendo em vista os objetivos pedagógicos e a análise de ferramentas computacionais utilizadas no apoio a este objetivo.

Capítulo 4

SUORTE COMPUTACIONAL PARA A ARQUITETURA PEDAGÓGICA

Neste capítulo apresentamos os requisitos para o suporte computacional da arquitetura pedagógica portfólios de aprendizagem, bem como descrevemos um framework baseado nestes requisitos, de forma que o suporte computacional possa apoiar o processo pedagógico, buscando atingir os objetivos educacionais da arquitetura.

4.1 Considerações iniciais

Arquiteturas Pedagógicas são antes de tudo estruturas de um projeto pedagógico realizado a partir da combinação de fatores como abordagem teórica e pedagógica, concepção temporal e espacial, educação à distância, *internet*, *software* e inteligência artificial. Neste contexto, os aspectos tecnológicos de uma arquitetura pedagógica devem estar alinhados com a abordagem teórica e com o modelo pedagógico proposto, de forma que os objetivos educacionais possam ser atingidos. Desta forma, neste capítulo apresentamos os requisitos necessários para o suporte computacional de portfólios de aprendizagem como arquitetura pedagógica, bem como apresentamos a descrição inicial de um *framework* baseado nos requisitos identificados.

4.2 Requisitos iniciais

A elicitação dos requisitos para o suporte computacional da AP inicia a partir da identificação dos participantes (atores) do processo, seus papéis na arquitetura, requisitos e as tarefas que devem ser executadas. Assim, dentro do contexto analisado, observamos a existência de quatro classes diferentes de atores: os alunos ou estudantes, os professores ou tutores, o público em geral e um agente virtual. Este último pode ser considerado um ator, uma vez que na especificação da AP a avaliação exige uma análise qualitativa dos registros, a fim de evidenciar a melhoria no processo de aprendizagem do aluno, o que demanda a utilização de técnicas de análise qualitativa sobre os registros (textos) produzidos pelos alunos. Os papéis identificados para cada ator podem ser visualizados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Papéis identificados por ator da AP

Ator	Papel
Aluno	(1) Manter os registros sobre o aprendizado adquirido nos portfólios. (2) Avaliar seu próprio aprendizado. (3) Descrever de forma mais fiel o seu processo de aprendizagem, suas reflexões e sínteses, utilizando para isto meios como texto, imagens, vídeos, documentos, áudios, etc. (4) Utilizar o “ <i>feedback</i> ” recebido para reflexão e melhoria de sua aprendizagem. (5) Colaborar com o processo de reflexão de seus colegas através da emissão de comentários pertinentes aos registros efetuados.
Professor/tutor	(1) Administrar os portfólios, criando espaços virtuais nos quais os mesmos serão inseridos. (2) Avaliar os conteúdos dos registros de cada aluno, opinando e interferindo quando necessário, visando a melhoria do progresso de aprendizado. (3) Instigar a reflexão, definindo tópicos cujo que devem ser abordados com a geração de síntese e/ou reflexão que devem ser registrados nos portfólios. (4) Definir regras e prazos para a criação de registros nos portfólios.
Público	(1) Visualizar os registros de aprendizagem, a fim de emitir opinião que possa colaborar com o processo de reflexão do aluno.
Agente Virtual	(1) Organizar o conteúdo nos espaços virtuais, facilitando o acesso aos mesmos. (2) Estruturar os registros dos portfólios de forma a permitir a utilização de técnicas de análise qualitativa (Aprendizagem de Máquina) sobre o conteúdo produzido, possibilitando a avaliação por parte dos professores.

Fonte: O Autor

A criação dos espaços para os registros de aprendizagem através dos portfólios é efetuada pelos professores. Estes e os tutores também organizam o espaço, associando os alunos que dele devem fazer parte. Uma vez inserido no espaço de aprendizagem, o aluno tem então um espaço individual para registros através do seu portfólio, que pode ser visualizado por seu professor, seu tutor e os colegas do grupo de espaço de aprendizagem. Um aluno poderá participar de vários

espaços de aprendizagem, mantendo em cada espaço um portfólio, cujo conteúdo deverá estar relacionado à proposta do espaço, que pode dizer a respeito a uma disciplina, a um conteúdo específico ou a um tema de interesse do grupo. A navegação dos participantes deve começar por uma lista de espaços de aprendizagem onde os mesmos estejam inseridos. A partir de cada espaço, deve seguir uma lista com os participantes do mesmo. Aos alunos também deve ser possível ter acesso aos seus portfólios organizados conforme os espaços de aprendizagem ao qual se referem. Com base nos papéis identificamos os requisitos funcionais e não funcionais iniciais, necessários para suporte computacional à AP, conforme podemos observar no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Requisitos funcionais e não funcionais para suporte à AP¹

Ponto de vista	Requisito funcional/não funcional
Aluno	<ol style="list-style-type: none"> (1) Facilidade no uso. (2) Interface simples e agradável de ser utilizada. (3) Deve ser acessível em ambientes móveis (<i>smartphones, tablets</i>). (4) Deve ser personalizável (ou “customizável”). (5) Deve ser possível anexar aos registros mídias como fotos, vídeos, documentos e áudios. (6) Os registros devem ser identificados com data, hora e título. (7) Os registros podem conter rótulos (ou “tags”). (8) Os registros devem ser organizados por ordem cronológica de criação, que pode ser tanto crescente quanto decrescente, em níveis hierárquicos de ano, mês, dia, hora e minutos. (9) Deve ser possível efetuar a busca de registro por palavras (textual), que podem estar contidas no título, no texto ou no rótulo (“tags”) dos registros. (10) Deve ser possível acessar todo o portfólio do estudante, visualizando-o registro a registro ou até mesmo exportando-o para um formato específico, portátil, onde os registros devem estar organizados em ordem cronológica de criação. (11) Possibilidade de visualizar opiniões a respeito do registro, com dados de quem emitiu a opinião e quando (data e hora). (12) Registro de autoavaliação. (13) Visualização de orientações do educador e/ou tutor a respeito do que deve ser abordado, sintetizado e registrado, com estabelecimento de prazos. (14) Possibilidade de possuir vários portfólios, cada um deles identificado com um rótulo diferente, que pode fazer referência a um assunto, a uma turma, a uma instituição, por exemplo. (15) Visualização gráfica da evolução de seu aprendizado de acordo com as avaliações dos registros efetuados e com sua autoavaliação.
Professor/tutor	<ol style="list-style-type: none"> (1) Facilidade de acesso. (2) Visualização dos registros por ordem cronológica de criação. (3) Possibilidade de organizar os registros por temas (usando técnicas de aprendizagem de máquina). (4) Visualização de metadados dos portfólios, como: total de registros, total de registros por ano/mês/dia, temas/assuntos discutidos, etc. (5) Possibilidade de exportar todo o portfólio para um formato portátil, onde os registros devem estar organizados em ordem cronológica de criação. (6) Deve ser possível registrar ao aluno ou à turma orientações sobre o que deve ser tema de reflexão e aprendizado, com estabelecimento de prazo para o devido registro no portfólio de cada um (registro de tarefas).

¹ Continua

	<ul style="list-style-type: none"> (7) Avaliação do aprendizado do aluno, tanto quantitativa quanto qualitativamente. (8) Deve ser possível emitir opiniões sobre cada registro efetuado no portfólio de forma textual, com a informação de data e hora do registro. (9) O educador/tutor pode acompanhar vários portfólios de diferentes alunos ou até mesmo vários portfólios de um mesmo aluno (portfólios que tratem de temas diferentes ou abordagens diferentes de aprendizado).
Público	<ul style="list-style-type: none"> (1) Facilidade de acesso. (2) Deve ser acessível em ambientes móveis (<i>smartphones, tablets</i>). (3) Visualização dos registros por ordem cronológica de criação. (4) Acesso ao conteúdo de cada registro, com todos os elementos constantes (texto, vídeo, imagem, áudio). (5) Possibilidade de registrar opinião a respeito do conteúdo do registro, com identificação de usuário, data e hora, a fim de participar colaborativamente do processo de construção do conhecimento.

Fonte: O Autor

Definidos os atores, papéis e requisitos, foram identificadas as tarefas a serem cumpridas pelos participantes da AP, conforme visualizado no Quadro 4.3. Destaca-se que há tarefas que devem ser executadas tanto pelos participantes da AP quanto pelo próprio ambiente de suporte computacional, o que pode ser realizado através de agentes virtuais. Entre as principais contribuições desta abordagem à implementação da Arquitetura Pedagógica destacamos o apoio na avaliação qualitativa, onde o emprego de técnicas de Análise Qualitativa como *Educational Data Mining* (EDM) e Aprendizagem de Máquina podem apoiar a extração e o processamento do texto produzido, a fim de indicar ao professor evidências de evolução no processo de aprendizagem do aluno.

Quadro 4.3 - Tarefas dos participantes da AP²

Ator	Tarefa identificada
Aluno	<ul style="list-style-type: none"> (1) Verificar tarefas a serem cumpridas, com seus respectivos prazos, definidos pelos professores. (2) Efetuar os registros de suas sínteses e reflexões a respeito de seu aprendizado, conforme assunto definido pelo professor ou tutor. (3) Fazer uma autoavaliação de seu aprendizado, através da produção de seu próprio conteúdo acadêmico como também da reflexão motivada pelas contribuições de seus pares, professor e tutor. (4) Colaborar com o processo de reflexão de seus pares, através de comentários que possam contribuir com seu processo de construção do conhecimento.
Professor/tutor	<ul style="list-style-type: none"> (1) Criar o espaço virtual necessário para a organização dos conteúdos. (2) Orientar e fornecer os meios computacionais necessários para que os alunos possam produzir seu conteúdo e participar ativamente, conforme determinado pela AP. (3) Instigar o processo de reflexão, propondo temas e assuntos que devam ser abordados como objeto de síntese e reflexão pelos alunos. (4) Estabelecer e acompanhar prazos para cumprimento das tarefas propostas, intervindo quando necessário.

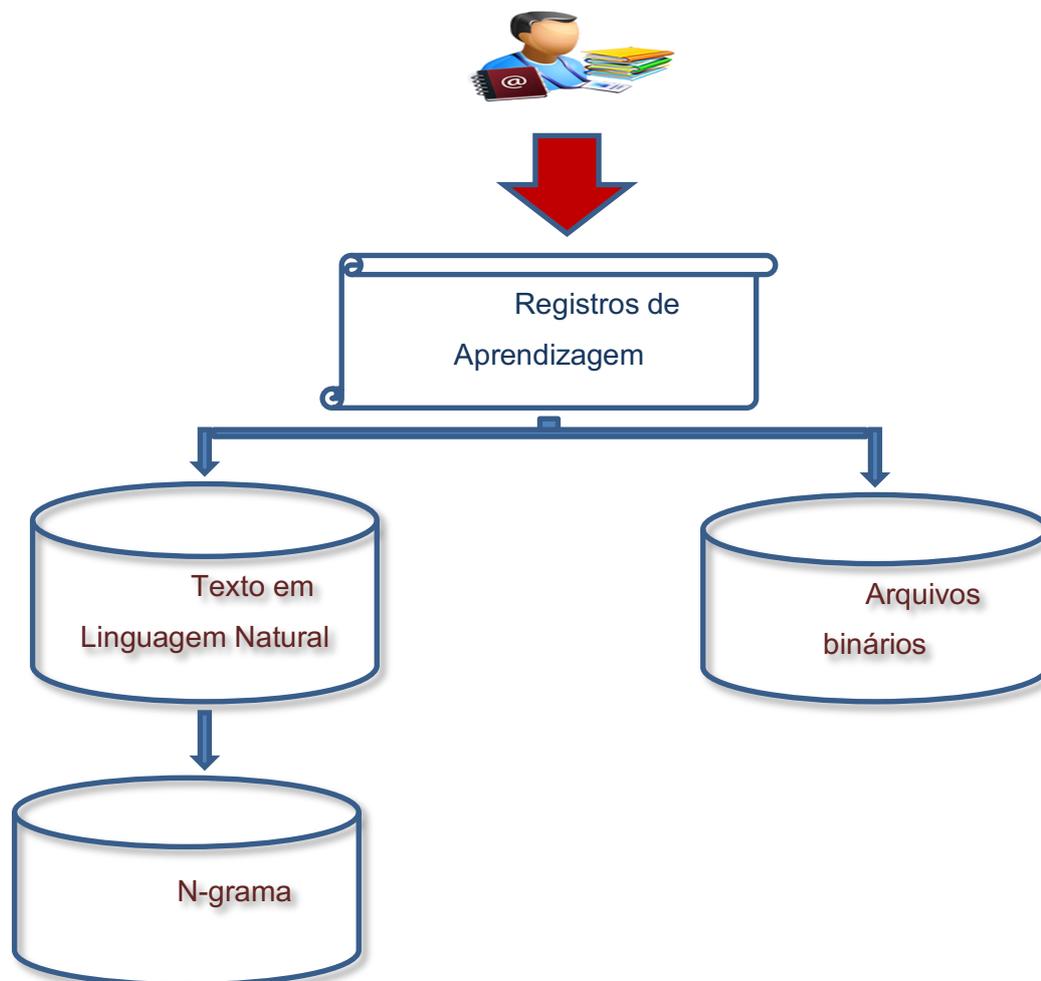
² Continua

	<ul style="list-style-type: none"> (5) Acompanhar a dinâmica interacionista, verificando os conteúdos produzidos, opiniões emitidas e intervindo quando necessário, a fim de não provocar desvios no processo de construção do conhecimento. (6) Avaliar não somente sob o ponto de vista quantitativo, mas principalmente qualitativo a evolução do aluno em sua aprendizagem, procurando sempre intermediar e contribuir para que esta possa melhorar de forma gradativa ao longo do tempo.
Agente Virtual	<ul style="list-style-type: none"> (1) Organização do conteúdo tanto por ordem cronológica de criação (padrão) quanto por tema ou assunto abordado. (2) Notificações ao aluno quando da ocorrências de eventos como: criação de nova tarefa, postagem de comentário, comunicado do professor/tutor, esgotamento de prazo para cumprimento de tarefas, entre outros. (3) Deve ser destacado visivelmente para o professor sobre alunos que ainda não cumpriram determinada tarefa ainda dentro do prazo, bem como sinalizado de forma diferente quando o prazo já tiver esgotado e a tarefa não tiver sido cumprida. (4) Deve ser possível obter dados quantitativos sobre a participação de cada aluno, como quantidade de conteúdo gerado e comentários emitidos sobre conteúdo de seus colegas. (5) Deve ser dado apoio para a avaliação qualitativa dos conteúdos gerados pelos alunos, utilizando para isso técnicas de Análise Qualitativa baseadas em Aprendizagem de Máquina e Mineração de Dados.

Fonte: O Autor

Para atender ao requisito 5 do ponto de vista do agente virtual/ambiente, é necessário que os dados textuais dos registros possam ser organizados de diferentes maneiras, de modo a permitir que as técnicas de Análise Qualitativa possam ser empregadas. Embora a base para todas seja ainda o texto escrito em linguagem natural, um tratamento pode agilizar o processamento, permitindo ganhos de tempo de resposta especialmente ao professor, que utilizará tais dados no processo de avaliação qualitativa. Muitas técnicas de Aprendizagem de Máquina utilizam dados textuais sob a forma de N-gramas, especialmente para N=1, um modelo conhecido como “*bag-of-words*”. Assim, uma possível estrutura para os registros poderia ser descrita na Figura 4.1, onde consideramos dados textuais e não textuais (vídeos, imagens, etc.), além da estruturação dos dados textuais de forma a permitir que técnicas de Aprendizagem de Máquina e Mineração de Dados possam ser utilizadas tanto para classificação quanto para categorização dos dados, criando evidências do processo de construção do conhecimento ao longo do tempo.

Figura 4.1 - Modelo de linguagem dos registros de aprendizagem



Fonte: O Autor

4.3 Exemplo de Mineração de Dados aplicada aos portfólios de aprendizagem do PEAD

Para exemplificar a necessidade de estruturação interna dos dados a fim de permitir a utilização de técnicas de análise qualitativa, vamos descrever um experimento que buscou identificar grupos de postagens nos *blogs* dos portfólios do

PEAD conforme o tema ou assunto abordado. A estrutura utilizada para produção de conteúdo em uma ferramenta de *blog* consiste basicamente em postagens de conteúdo que pode envolver não somente textos como também permite a inclusão de dados multimídia como hiperlinks, vídeos, áudios, imagens, entre outros. Cada postagem é identificada por um título, seu conteúdo, data e hora e marcadores ou *tags* com palavras chave que identifiquem a que se refere a postagem. É possível que usuários possam fazer comentários sobre as postagens. Alguns elementos possuem preenchimento obrigatório, bem como alguns são preenchidos de forma automática pela ferramenta, conforme podemos observar no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Elementos de uma postagem do *blog*

Elemento	Preenchimento	Fonte dos dados
Título	Opcional	Usuário
Conteúdo (texto)	Obrigatório	Usuário
Marcadores (<i>tags</i>)	Opcional	Usuário
Data e Hora da postagem	Obrigatório	Sistema
Comentários	Opcional	Usuário

Fonte: O Autor

Inicialmente consideramos utilizar como fonte de dados para extração os marcadores ou *tags* dos registros, o que seria uma escolha natural por conta da própria função dos marcadores. Contudo foi observado que por ser um campo de preenchimento não obrigatório, poucos alunos de fato o preenchiem. Em grande parte dos portfólios nenhum registro ou postagem possuía marcadores. Em outros, os alunos os preenchiem com o nome da própria disciplina à qual a atividade estava vinculada, descartando, portanto, o uso este campo para descrição semântica da representação de cada registro.

Desta forma passamos então a considerar a caracterização das postagens de acordo com as palavras contidas no título ou então com as contidas no próprio texto da postagem. Para isto, temos que considerar que o que queremos é obter termos que possam refletir de forma mais fiel possível o assunto abordado na postagem. Neste sentido, Christopher Manning e outros autores (2009) consideram que utilizar todos os termos do texto pode não levar a resultados muito expressivos para classificação de seu conteúdo. Assim sendo, peças ou pedaços do texto original – as zonas do texto - podem ser mais úteis na extração de características (como o assunto, por exemplo) do texto como um todo. Termos contidos em resumos, títulos e palavras-chave podem revelar mais sobre o que se discute no texto do que o próprio texto, levando a ganhos de acurácia na classificação de quase 1%. Embora seja opcional, o

título é utilizado em quase todas as postagens, sendo exceções aquelas que não o contém. Assim sendo, neste experimento consideramos então utilizar os termos contidos nos títulos das postagens para indexação, em vez de utilizar o próprio texto do conteúdo das postagens ou os marcadores.

4.3.1 Representação das instâncias

Neste experimento utilizamos 40 portfólios de um dos polos, que contava com 66 alunos ao todo. Estes portfólios continham 4.241 postagens efetuadas entre os anos de 2007 e 2010. Basicamente os mesmos temas eram abordados nos outros polos. No domínio do problema cada postagem, identificada pelo seu título, representou uma instância. Para compor os atributos das instâncias utilizamos o modelo de espaço vetorial conhecido como “*bag-of-words*”, onde o texto dos títulos foi representado pelos termos neles contidos, formando assim um conjunto de palavras (“*bag*”). Desta forma, todas as palavras contidas em todos os títulos formavam o conjunto de atributos das instâncias do problema. Foram eliminadas as “*stop words*”, ou seja, termos como espaços em branco, sinais de pontuação e outros não significativos para a representação do conteúdo desejado. Desta forma o modelo utilizado contou com 1069 atributos X 4241 instâncias, onde o cada valor da matriz representou o peso baseado na frequência do termo (tf-idf).

4.3.2 Metodologia

O experimento foi realizado em duas etapas. A primeira etapa teve como objetivo encontrar grupos de postagens que possuíam termos mais comuns, o que significava que tratavam potencialmente de mesmos temas. Uma vez que os dados utilizados não estavam previamente classificados, utilizamos nesta etapa a técnica de Aprendizagem Não Supervisionada denominada Agrupamento ou *Clustering*. A segunda etapa teve como objetivo utilizar os termos mais comuns para definir os temas tratados nos grupos de postagens. Nesta fase utilizamos uma técnica de rotulação ou *Cluster Labeling* denominada “Rótulos do Centróide” ou *Centroid Labels*.

4.3.2.1 Clustering

Clustering ou agrupamento é uma técnica de Aprendizagem Não Supervisionada, ou seja, é utilizada quando não há uma classe a ser prevista mas, em vez disso, quando as instâncias devem ser divididas em grupos naturais conforme a proximidade ou afinidade existente entre elas (Witten & Frank, 2005). Há várias formas de expressar os resultados obtidos com a aplicação de agrupamento. Podemos ter grupos exclusivos, onde cada instância pertence a um único grupo, ou grupos sobrepostos, onde uma instância pode pertencer a mais de um grupo. Da mesma forma, podemos ter grupos probabilísticos, onde cada instância possui um grau de probabilidade de pertencer a um determinado grupo, ou podemos ter grupos hierárquicos, onde há inicialmente uma divisão por força bruta de instâncias em um pequeno número de grupos, com refinamentos sucessivos, até que se tenha um número ideal de grupos chegando ao máximo de obtermos uma instância por grupo.

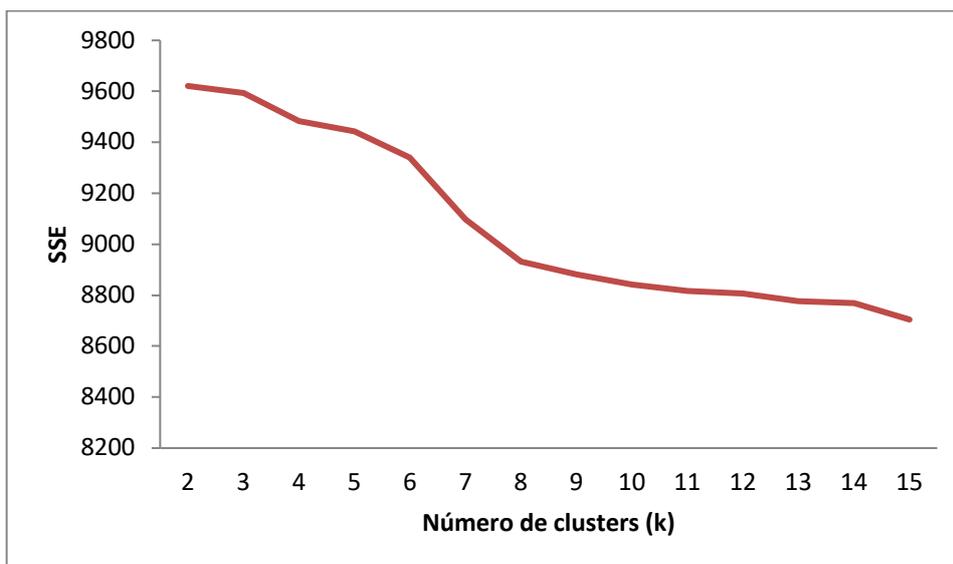
Neste trabalho utilizamos a técnica de agrupamento hierárquico, através da utilização do algoritmo *k-means*. Nesta técnica, considerada clássica em problemas de agrupamento, é necessário inicialmente especificar a quantidade de grupos com que se irá trabalhar. Este é o parâmetro “k” do algoritmo. Em seguida é necessário escolher quais serão as instâncias do problema que constituirão o centro de cada um dos grupos (centroides). Neste trabalho esta inicialização dos centroides foi feita de forma aleatória. Depois se calcula a distância de cada instância a todos os centroides, atribuindo-se então a mesma ao grupo que contiver o centroide mais próximo. Utilizamos a distância euclidiana entre as instâncias e os centroides. A ferramenta utilizada na extração de características e aplicação do algoritmo de agrupamento foi o Waikato Environment for Knowledge Analysis (Weka), versão 3.8.1. O Weka é um conjunto de ferramentas de software projetado para auxiliar a aplicação de técnicas de aprendizagem de máquina em problemas reais (Garner, 1995). Pode ser utilizado tanto através de sua interface gráfica quanto a partir de programas escritos em linguagem Java. Implementa várias técnicas de Aprendizagem de Máquina, permitindo que novas técnicas sejam incorporadas através da inclusão de novos pacotes.

Para aplicar a técnica de agrupamento utilizando o método *k-means* é necessário um passo fundamental: estabelecer o melhor valor do parâmetro *k*, ou seja, determinar quantos grupos serão gerados para que em seguida as instâncias possam

ser então divididas entre os grupos. Isto equivale, por conseguinte, a determinar o número de centroides, considerando todas as instâncias do problema. Esta etapa inicial é determinante para que possamos compreender corretamente os resultados gerados pelo método. Um valor muito pequeno para k pode colocar em um mesmo grupo instâncias que representem contextos diferentes do problema, levando a um modelo pouco preciso e vago, que não forneça informações relevantes acerca do comportamento das instâncias e de sua importância para o entendimento do problema. Por outro lado, valores muito grandes de k podem levar a um modelo com um alto viés, onde os grupos podem ser formados por instâncias que estejam muito próximas uma das outras, embora tenham relação com outras, agrupadas em outro *cluster*, mas que representem um contexto muito próximo.

Há vários métodos para determinar o valor ideal de k para aplicação do método *k-means*. Neste trabalho utilizamos um dos métodos mais antigos e simples, o método “*elbow*” ou método do “cotovelo”. É um método visual, cuja ideia é iniciar k com valor 2, incrementando-o de 1 unidade em cada etapa, calculando os *clusters* e o custo do treinamento. Nas primeiras interações o custo deve cair drasticamente, até que em algum momento fique estável para um determinado valor de k . Neste momento temos então o valor esperado de k (Kodinariya & Makwana, 2013). A lógica é que aumentar o número de grupos após a estabilização da função de custo gera apenas grupos muito próximos uns dos outros. Desta forma o gráfico gerado deve assemelhar-se a um “braço”, onde o ponto em que se observa o seu “cotovelo” indica o valor ideal para k . No experimento utilizamos como função de custo a soma de quadrados dos erros ou *error sum of squares* ou SSE em cada grupo, variando o valor de k (número de grupos) de 2 a 15. Com isto obtivemos o valor ideal para $k = 8$, conforme o gráfico apresentado na Figura 4.2.

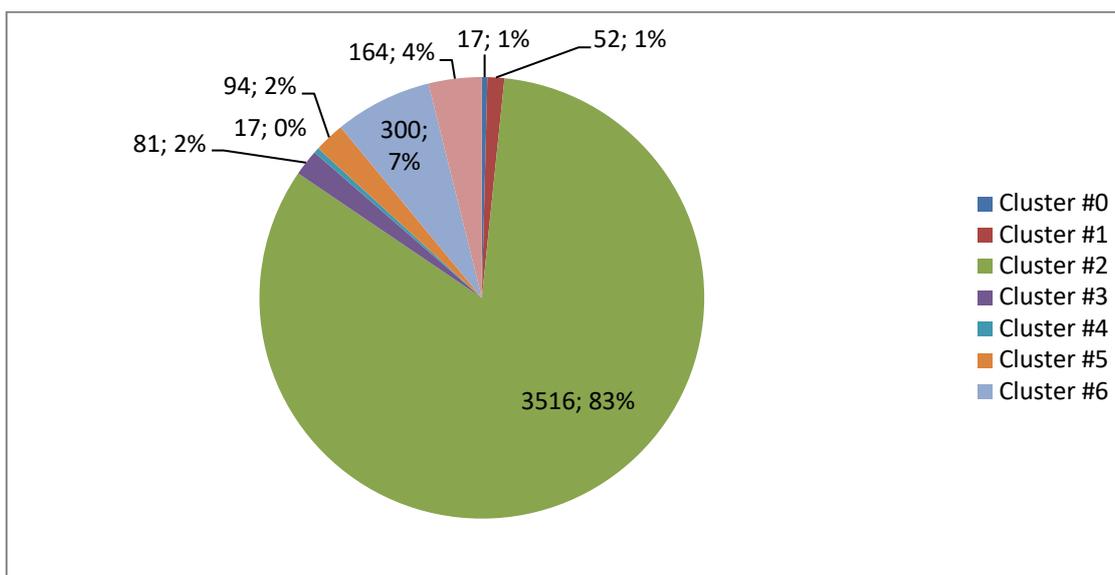
Figura 4.2 - Identificação do ponto do “cotovelo”



Fonte: O Autor

Procedemos então à aplicação do algoritmo conforme o valor ideal de “k” encontrado a partir do método “*elbow*”. A distribuição das instâncias nos *clusters* pode ser observada na Figura 4.3. O cluster 2 concentra o maior número de instâncias (83%), representando assim o grupo contendo postagens dos assuntos mais discutidos.

Figura 4.3 - Distribuição das instâncias nos *clusters*



Fonte: O Autor

4.3.2.2 Labeling

A rotulação ou *labeling* refere-se à aplicação de métodos que possam descrever o conteúdo de um conjunto (de documentos, por exemplo). No caso de grupos ou *clusters* estamos interessados em descrever através de rótulos o conjunto de instâncias pertencentes a cada grupo. Os métodos de *labeling* estão classificados em dois tipos: rotulação diferencial do *cluster* e rotulação interna do *cluster*. A principal diferença é que no primeiro tipo a rotulação é feita através da comparação da distribuição de termos em vários *clusters*, enquanto que na segunda os rótulos selecionados dependem apenas do conteúdo do *cluster* de interesse, sem que nenhuma comparação seja feita com outros *clusters*. Neste trabalho utilizamos um método baseado em rotulação interna do *cluster*, chamado de “rótulos do centroide” ou “centroid labels” (Manning et al., 2009). Este método pode ser aplicado uma vez que o modelo utilizado para descrever os centroides é o modelo de espaço vetorial, onde cada centroide é descrito como um vetor com n dimensões, sendo n o número de termos encontrados nos documentos, e cada valor do vetor representa o peso do termo no *cluster*. Se uma entrada no vetor de centroide possui um valor muito alto isto significa que o termo ocorre com muita frequência dentro do *cluster*. Assim, os termos com maior peso nos centroides de cada *cluster* podem ser utilizados para compor um rótulo para o *cluster*. Desta forma identificamos os termos com maior peso nos centroides produzidos no processo de *clustering*, conforme mostrado na figura 4. Separamos, então, os 8 termos com maior peso de cada centroide, a fim de compor um rótulo ou título para cada *cluster*, conforme mostrado no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Top-8 termos nos centroides dos clusters

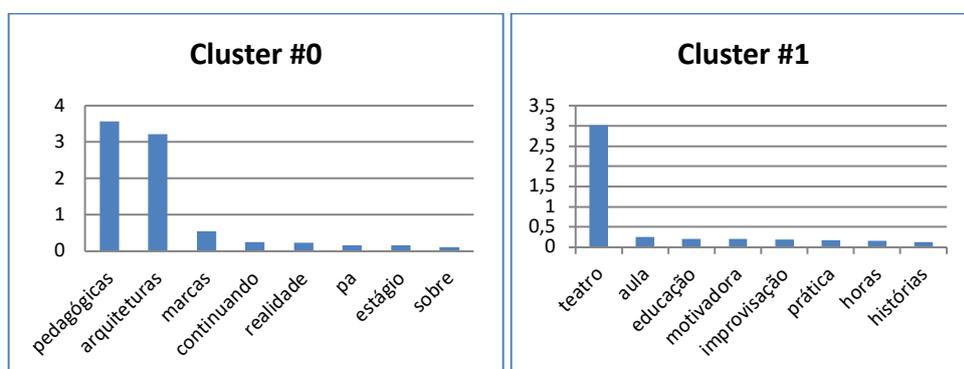
	Cluster #0		Cluster #1		Cluster #2		Cluster #3	
	Termo	Peso	Termo	Peso	Termo	Peso	Termo	Peso
1 TTop-	pedagógicas	3,5634	teatro	3,0119	educação	0,0994	aula	2,6553
2 TTop-	arquiteturas	3,222	aula	0,2553	semestre	0,0804	presencial	1,5165
3 TTop-	marcas	0,5499	educação	0,214	escola	0,0792	sala	1,0311
4 TTop-	continuando	0,2558	motivadora	0,2042	aprendizagens	0,0752	lugar	0,2807
5 TTop-	realidade	0,2428	improvisação	0,1934	tempo	0,0641	brincar	0,2657
6 TTop-	pa	0,1668	prática	0,1809	avaliação	0,0609	primeira	0,2542
7 TTop-	estágio	0,1645	horas	0,1613	eixo	0,0506	construtivista	0,1788
8 TTop-	sobre	0,1174	histórias	0,1358	gestão	0,0505	jogo	0,1506
	Cluster #4		Cluster #5		Cluster #6		Cluster #7	
	Termo	Peso	Termo	Peso	Termo	Peso	Termo	Peso
1 TTop-	raciais	3,7486	semana	2,6045	sobre	1,4241	aprendizagem	2,2256

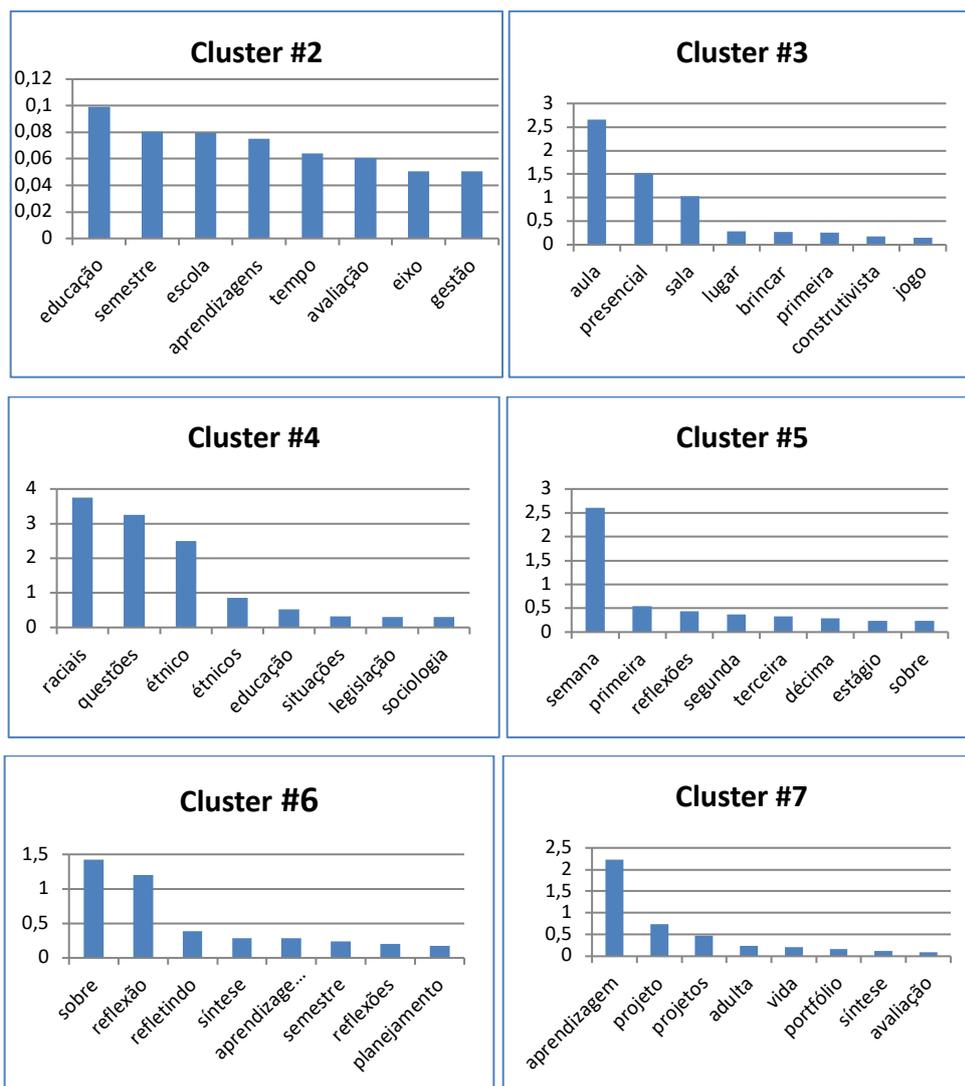
2	TTop-	questões	3,2464	primeira	0,5477	reflexão	1,201	projeto	0,7409
3	TTop-	étnico	2,5027	reflexões	0,4313	refletindo	0,3876	projetos	0,4791
4	TTop-	étnicos	0,8521	segunda	0,3631	síntese	0,2864	adulta	0,2341
5	TTop-	educação	0,5237	terceira	0,3238	aprendizagens	0,2813	vida	0,2119
6	TTop-	situações	0,3123	décima	0,2903	semestre	0,2432	portfólio	0,1674
7	TTop-	legislação	0,2958	estágio	0,238	reflexões	0,2027	síntese	0,1164
8	TTop-	sociologia	0,2958	sobre	0,2336	planejamento	0,1778	avaliação	0,098

Fonte: O autor

A relevância dos termos em cada *cluster* fica evidenciada conforme o Gráfico 4.1. Assim, no *cluster #0* temos como sugestão um rótulo ou título “Arquiteturas Pedagógicas”, formado pelos 2 termos de maior peso. No *cluster #1* temos como título sugerido algo como “Teatro, Educação Motivadora e Aula Prática”. Já no *cluster #2*, que concentra o maior número de instâncias, os termos sugerem um rótulo do tipo “Educação, Escola, Aprendizagens no Semestre e Gestão do Tempo”. Os top-5 termos do centroide do *cluster #3* sugerem como rótulo: “Aula Presencial e Sala: Lugar para Brincar”. No *cluster #4* temos como sugestão de rótulo: “Questões étnico-raciais na educação; legislação e sociologia”. Já no *cluster #5* temos como sugestão de rótulo “Reflexões da Semana e Sobre Estágio”. Os top-8 termos do *cluster #6* sugerem como rótulo: “Reflexão; síntese de aprendizagens; planejamento e reflexões sobre o semestre”. Por fim no *cluster #7* temos como sugestão de rótulo: “Projeto de Aprendizagem; vida adulta; síntese e avaliação e portfólio de aprendizagem”.

Gráfico 4.1 - Top-8 termos nos centroides dos clusters





Fonte: O autor (Quadro 4.5)

4.4 Framework de suporte à AP

Os requisitos identificados na sessão 4.2 sugerem a divisão de atividades em três componentes específicos, cada um devendo tratar as atividades sob um determinado ponto de vista de acordo com papéis, requisitos e tarefas, conforme observado na Figura 4.4.

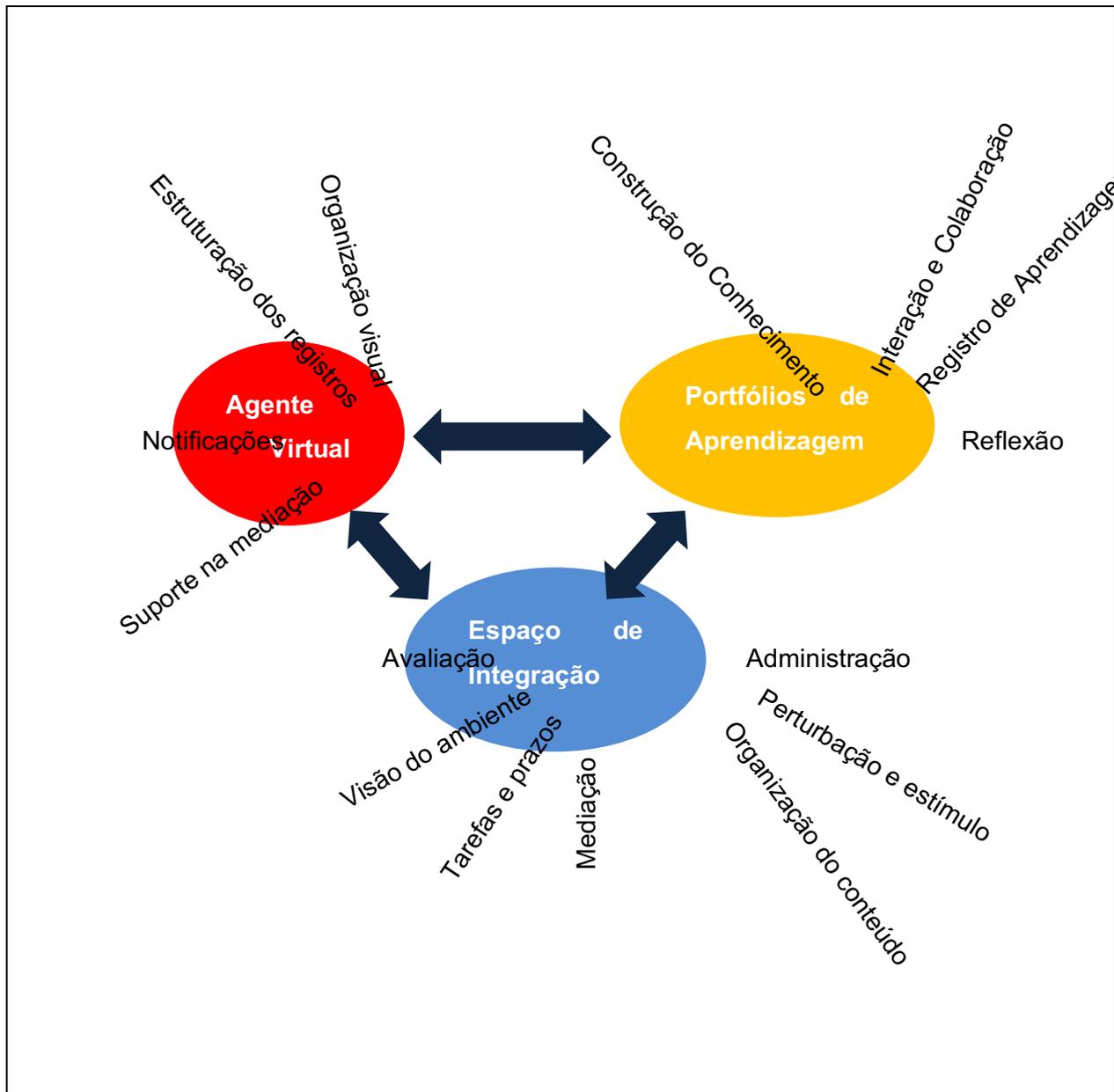
Figura 4.4 - Componentes modulares do framework da AP



Fonte: O autor

O componente "Espaço de Integração" é responsável por fornecer as funcionalidades de administração do ambiente. Neste componente, o professor pode propor tarefas e prazos aos alunos, assim como acessar seus portfólios, avaliando o aprendizado e exercendo seu papel de mediador. No componente "Portfólio de Aprendizagem" o aluno cria e mantém seus portfólios, cujos conteúdos podem ser visualizados e receber colaboração para a construção do conhecimento. É nele que se dá o processo de reflexão, através dos registros de aprendizagem. O módulo "Agente Virtual" é responsável pela organização visual do espaço de integração, destacando os alunos que produziram conteúdo ou perderam prazos, além de notificar os alunos sobre novas tarefas e comentários sobre o conteúdo produzido. Ele também é responsável pelo uso de registros de portfólios para a aplicação de técnicas de análise qualitativa, por meio de plug-ins ou pela preparação dos dados para que os programas externos possam usá-los. Este modelo de integração entre os módulos pode ser observada na Figura 4.5.

Figura 4.5 - Modelo de integração dos componentes do framework



Fonte: O autor

4.5 Considerações Finais

Apresentamos neste capítulo a proposta de suporte computacional para a arquitetura pedagógica portfólios de aprendizagem, realizada a partir da revisão da

literatura e da análise do estudo de caso. Efetuamos a elicitación dos requisitos conforme os atores identificados no ambiente, bem como identificamos necessidades computacionais para auxiliar cada ator a desempenhar seu papel, de forma a atingir os objetivos educacionais identificados. Propusemos também um *framework* para o suporte computacional, de maneira que este possa atender aos pressupostos teóricos e pedagógicos da arquitetura, possibilitando que o aluno possa construir seu conhecimento a partir de sua própria ação sobre seu aprendizado e que o professor possa agir como um facilitador desta construção ao longo do processo.

Capítulo 5

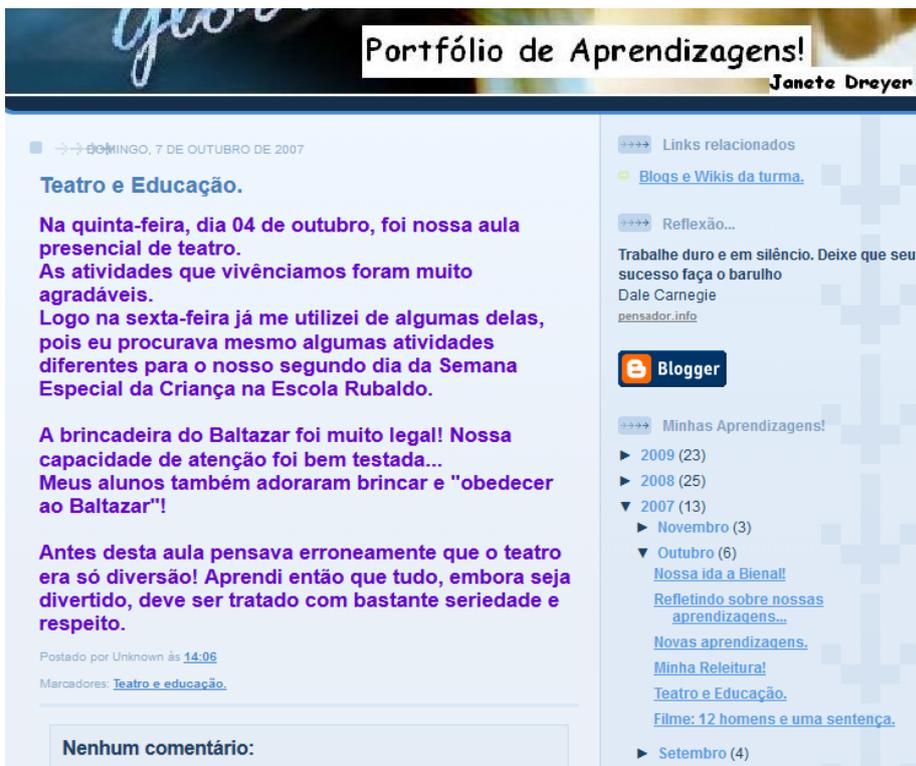
MODELOS DE REPRESENTAÇÃO PARA A ARQUITETURA PEDAGÓGICA PORTFÓLIOS DE APRENDIZAGEM

Neste capítulo apresentamos um modelo de representação dos portfólios digitais de aprendizagem, visando a aplicação de técnicas de análise qualitativa a fim de extrair características intrínsecas no modelo que possam dar subsídio aos professores e mestres para permear o processo pedagógico e, desta forma, atingir os objetivos educacionais estabelecidos na arquitetura pedagógica.

5.1 Considerações iniciais

A proposta de um modelo de representação para os registros de aprendizagem evidenciados nos portfólios deve levar em consideração principalmente os objetivos educacionais estabelecidos na concepção desta ferramenta como arquitetura de aprendizagem. Os propósitos de utilização deste meio como ferramenta de educação devem nortear não somente os educadores quanto ao que e como explorar os registros criados pelos alunos, como também estarem na base de qualquer proposta de solução computacional que venha a dar suporte à AP. Para melhor compreensão dos elementos principais de um portfólio de aprendizagens, baseado em *blogs*, utilizaremos um exemplo de uma postagem conforme a Figura 5.1.

Figura 5.1 – Exemplo de um registro em um portfólio de aprendizagem



Fonte: <http://peadportfolio156711.blogspot.com/2007/10/teatro-e-educao.html>

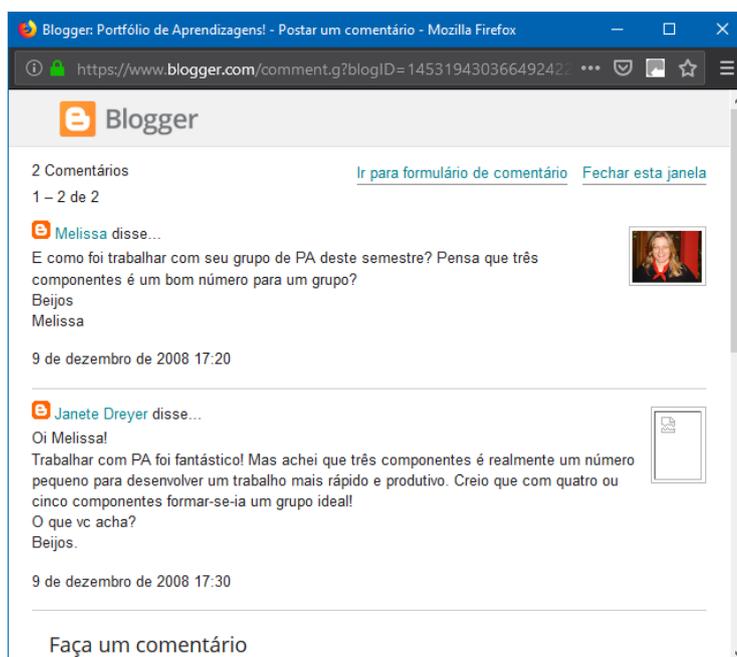
No registro, baseado em uma reflexão de uma aluna, o conteúdo é baseado apenas em texto, não sendo utilizados dados multimídia, como figura ou vídeo. Podemos identificar neste registro os seguintes elementos:

1. Título do portfólio. No exemplo é “Portfólio de Aprendizagens!”;
2. Nome do autor do portfólio;
3. Data da criação do registro/postagem;
4. Título do registro/postagem;
5. Conteúdo da postagem (texto);
6. Marcadores ou *tags*;
7. Comentários a respeito da postagem (no caso do exemplo, não há nenhum comentário).

Estes elementos são visíveis nos portfólios. Alguns elementos, como exemplo a data de criação do portfólio, não ficam visíveis aos usuários de forma geral. Os comentários são acessados a partir de um *hiperlink* após o conteúdo da postagem. Geralmente identifica-se o autor de cada comentário, embora seja possível configurar a ferramenta de *blog* para aceitar também comentários de usuários não identificados

ou anônimos. Cada comentário também é identificado pelo seu conteúdo, em forma textual, além de data e hora de sua criação. Diferente das postagens, os comentários são apresentados em ordem cronológica crescente de sua criação. Podemos visualizar um exemplo de janela de comentários através da Figura 5.2.

Figura 5.2 – Exemplo de comentários para um registro de um portfólio



Fonte:

<https://www.blogger.com/comment.g?blogID=1453194303664924222&postID=6402934051541759372>

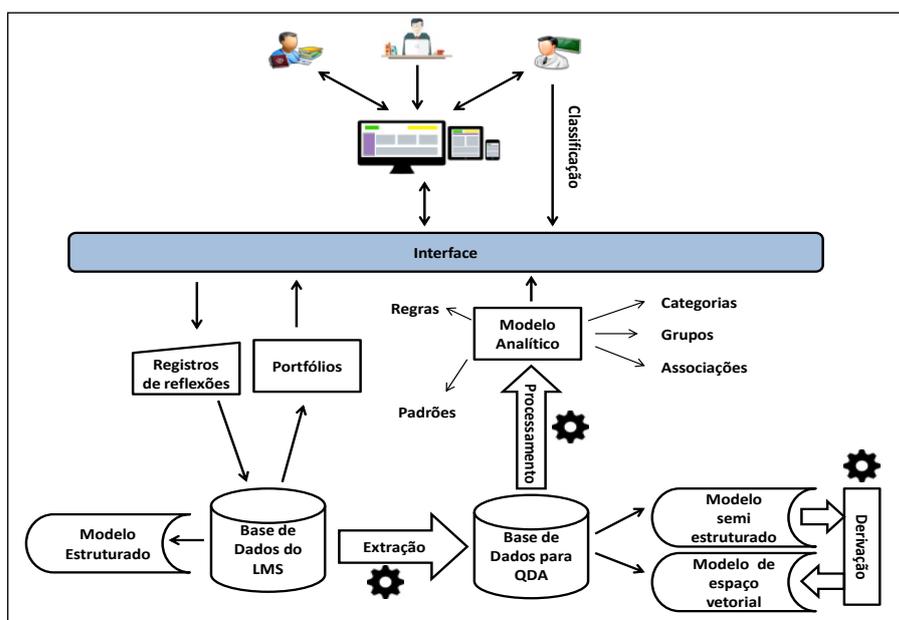
No exemplo de comentários apresentado na Figura 5.2 podemos verificar uma situação de interação entre o autor e um usuário que pode ser outro aluno e que também necessite registrar suas reflexões em um portfólio. No caso específico há um questionamento dirigido à autora do portfólio, relacionado à sua reflexão registrada na última postagem. Em seguida há outro comentário feito pela própria autora, respondendo ao questionamento. Desta forma esta área de comentários mostra-se de grande utilidade no processo de construção do conhecimento ao permitir que não somente seja possível tirar dúvidas a respeito das reflexões registradas como também que haja uma efetiva contribuição no amadurecimento destas reflexões, em um contexto colaborativo de construção do conhecimento, o que dá à ferramenta maior aderência aos princípios da arquitetura pedagógica.

5.2 Modelos de Representação

5.2.1 Representação segundo um Modelo Estruturado

Considerando os requisitos, papéis e funcionalidades bem como os objetivos de se descrever um conjunto de ferramentas computacionais que venham a auxiliar no atendimento destes requisitos e funcionalidades, apresentamos um modelo de representação para os portfólios, conforme observado na Figura 5.3.

Figura 5.3 – Modelo de Representação geral para portfólios de aprendizagem



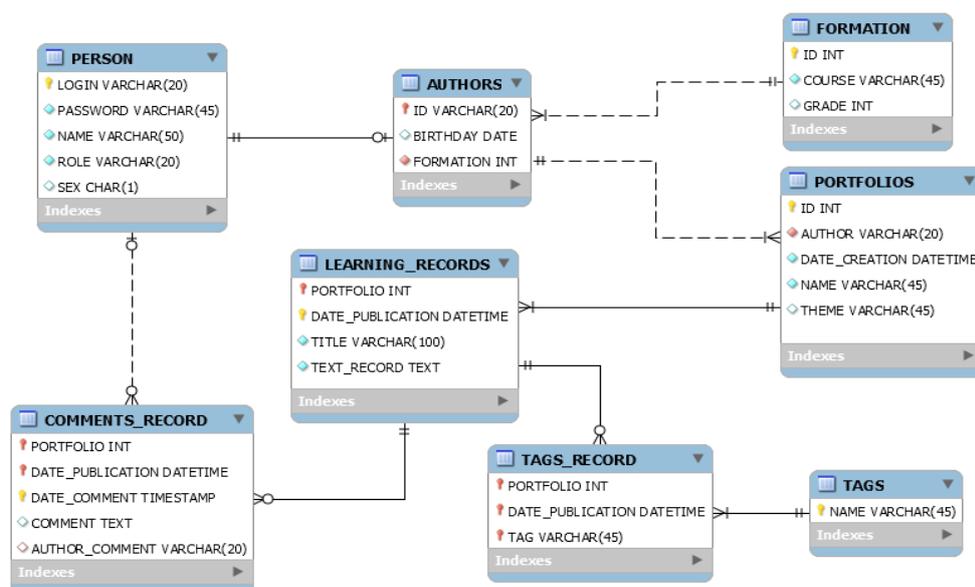
Fonte: O Autor

No modelo proposto os usuários, sejam eles professores, alunos ou tutores, têm acesso às funcionalidades dos portfólios de aprendizagem através de interfaces gráficas disponibilizadas não somente a partir de aplicações para a *web* como também a partir de aplicativos para dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*. Estes aplicativos disponibilizam todas as funcionalidades especificadas a cada ator, conforme o papel designado para este.

Os registros de aprendizagem, bem como os comentários e todos os dados relacionados aos portfólios são armazenados em uma base de dados do sistema de

aprendizagem (LMS – *Learning Management System*). Esta base contém, além dos dados específicos dos registros dos portfólios, dados dos usuários e outros pertinentes ao processo de aprendizagem, como avaliações efetuadas. Estes sistemas possuem como característica o uso de gerenciadores de bancos de dados baseados no modelo relacional, de forma que os dados armazenados devem possuir uma estrutura prévia, uniforme e que possa atender a todas as necessidades do processo de ensino e aprendizagem. Todas as funcionalidades do sistema relacionadas ao registro, manipulação e visualização dos portfólios de aprendizagem estão diretamente relacionadas aos dados armazenados nesta base de dados. Ela é operacional e deve estar disponível a qualquer momento para que as funcionalidades estejam acessíveis aos usuários a qualquer tempo e em qualquer lugar. Uma estrutura sugerida para este banco de dados pode ser visualizada na Figura 5.4. Nela temos um diagrama relacional que contém a estrutura necessária para a representação dos portfólios de aprendizagem em um LMS. Esta representação permite fornecer informações para análise quantitativa dos registros gerados. Entretanto para análise qualitativa é necessário utilizar outro modelo de representação, a ser obtido a partir do modelo estruturado, que permita maior flexibilidade em sua representação como também forneça uma estrutura mais aderente às técnicas de análise aplicáveis ao modelo.

Figura 5.4 – Modelo Estruturado (Diagrama Relacional) para o banco de dados dos portfólios de aprendizagem



Fonte: O Autor

No modelo estruturado, representado através de um diagrama relacional, “Person” designa qualquer pessoa que possa fazer comentários sobre os registros de aprendizagem. A identificação da relação “Person” é feita através do *login* utilizado para acesso à plataforma. Além disso é necessário que cada usuário possua uma senha, um nome, sexo e papel, que pode ser de professor, tutor, aluno ou até mesmo nenhum deles. “Authors”, por sua vez, representa os autores dos portfólios e serão então responsáveis pelas criações dos seus registros de aprendizagem. Como especialização de “Person”, autores também podem fazer comentários sobre os registros – não somente de outros autores como de sua própria autoria. Nesta representação alguns dados sobre autores são considerados, como o curso ao qual o mesmo está vinculado, por tratar-se de um aluno, assim como o respectivo grau. No estudo de caso abordado neste trabalho, por exemplo, os autores eram alunos do curso superior de Pedagogia a Distância. Os portfólios criados pelos autores, por sua vez, possuem além de uma data de criação um nome e um tema. Muitos autores do estudo de caso utilizaram como nome “Portfólio de Aprendizagens” e como tema frases relacionadas à “reflexão” e “seminários integradores”.

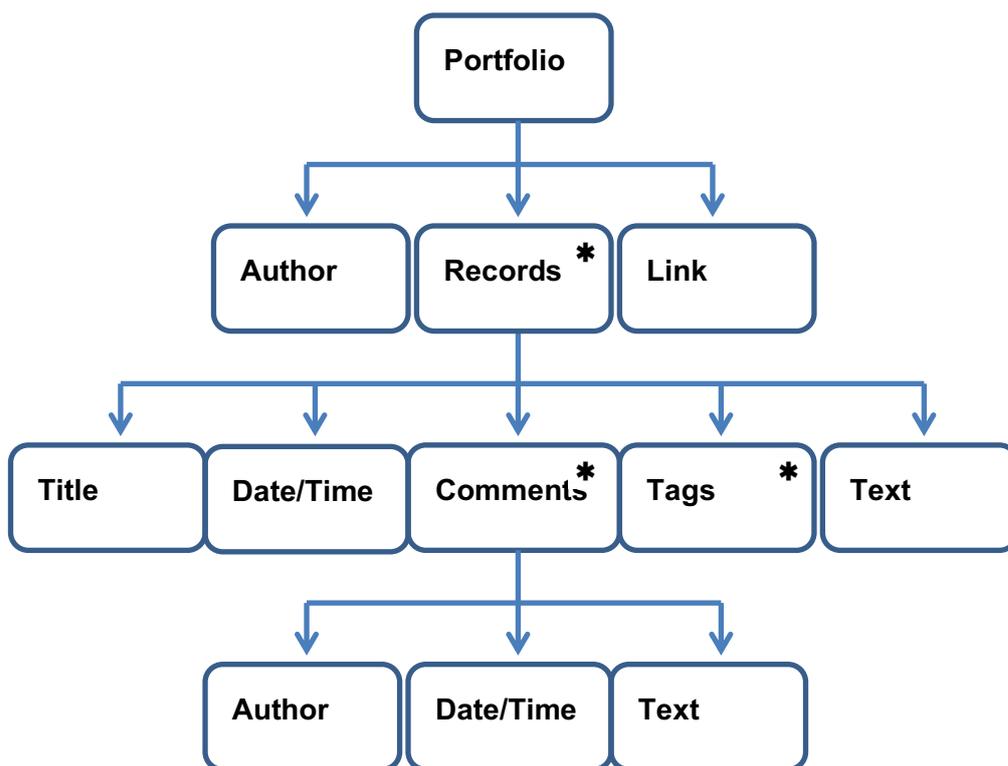
Os registros de aprendizagem, por sua vez, são caracterizados por possuírem além do conteúdo em formato textual a data/hora de publicação do registro e seu título, que nesta representação passa a ser um item obrigatório. Cada registro pode conter muitos rótulos ou *tags*, que são formados por termos que servem como referência ao conteúdo abordado no registro. Nesta representação também é possível a interação de outras pessoas com o autor do conteúdo, através da publicação de comentários sobre os registros produzidos. A data de publicação do comentário é obrigatória, mas a identificação de seu autor não. É possível fazer um comentário anonimamente nesta representação, como também o é nos *blogs*, embora nesta ferramenta seja possível configurar a obrigatoriedade do autor para a publicação de comentários.

5.2.2 Representação segundo um Modelo Semiestruturado

A partir do modelo estruturado obtemos então uma representação mais flexível dos portfólios e mais direcionada ao uso de ferramentas e algoritmos que permitam a análise qualitativa dos dados (QDA). Esta representação é feita em duas fases. Na primeira obtemos a partir do modelo estruturado um modelo semiestruturado, baseado

em XML, que pode ser utilizado em ferramentas de QDA de forma direta, fornecendo a estrutura necessária para aplicação das funcionalidades conforme a representação dos portfólios. Esta representação segue um modelo hierárquico, apresentado na Figura 5.5.

Figura 5.5 – Modelo Semiestruturado (Diagrama Hierárquico) dos portfólios de aprendizagem



Fonte: O Autor

Os dados que caracterizam os portfólios são os mesmos previstos na representação estruturada. Entretanto, por esta representação estar baseada em um modelo hierárquico, todas as relações necessárias para a construção dos elementos foram devidamente processadas durante o processo de extração, fornecendo assim um modelo mais simplificado e homogêneo dos portfólios. A representação dos dados segue desta forma um esquema baseado na linguagem XML e sua especificação é dada conforme a Figura 5.6.

Figura 5.6 – Esquema XML dos portfólios de aprendizagem

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:annotation>
    <xs:documentation xml:lang="pt-br">Learning Portfolios XML
schema</xs:documentation>
  </xs:annotation>
  <xs:element name="portfolio">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:attribute name="id" type="xs:positiveInteger"/>
        <xs:element name="author" type="xs:string"/>
        <xs:element name="link" type="xs:string"/>
        <xs:element name="record" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="date" type="xs:date"/>
              <xs:element name="time" type="xs:time"/>
              <xs:element name="title" type="xs:string"/>
              <xs:element name="text" type="xs:string"/>
              <xs:element name="tag" type="xs:string" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
            <xs:element name="comment" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
              <xs:complexType>
                <xs:sequence>
                  <xs:element name="author" type="xs:string" minOccurs="0"/>
                  <xs:element name="date" type="xs:dateTime"/>
                  <xs:element name="text" type="xs:string"/>
                </xs:sequence>
              </xs:complexType>
            </xs:element>
          </xs:sequence>
        </xs:complexType>
      </xs:element>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

Fonte: O Autor

O modelo sugerido permite a representação de um ou mais portfólios em um único documento sem a necessidade de conhecer a estrutura de relacionamento entre seus componentes. Documentos que utilizem esta representação trazem consigo não somente o conteúdo dos portfólios e de seus elementos, como também a estrutura e

relacionamento entre eles. A Figura 5.7 mostra como portfólios podem ser representados segundo a estrutura sugerida.

Figura 5.7 – Exemplo de representação semiestruturada de portfólios de aprendizagem

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
...
<portfolio id="164237">
  <author>Ana Martins</author>
  <link>http://peadportfolio164237.blogspot.com/2009/</link>
  <record>
    <date>2009-11-09</date>
    <time>10:59:00</time>
    <title>Temas Geradores</title>
    <text>A partir das leituras realizadas, Frei Betto: "A leitura do mundo",
"A dialocidade- essência da educação como prática de liberdade de Paulo Freire e o vídeo
" A construção da leitura e da escrita do adulto na perspectiva freirana", se confirma a
importância dos temas geradores na alfabetização de adultos. A valorização da cultura do
aluno deve ser o ponto central do trabalho a ser desenvolvido com os mesmos, pois as
experiências dos alunos tornam-se um rico meio de proporcionar a aprendizagem, já que
...</text>
    <tag>Didática</tag>
    <tag>Planejamento</tag>
    <tag>Avaliação</tag>
    <tag>temas geradores</tag>
  </record>
  ...
</portfolio>
...
```

Fonte: O Autor

5.2.3 Representação segundo um Modelo de Espaço Vetorial

Os registros de reflexão que compõem os portfólios são representados basicamente por textos em linguagem natural. Desta forma, a análise destes documentos para determinação de padrões ou características envolve essencialmente o processamento deste conteúdo textual, de forma que cada documento é representado pelo conjunto de termos presentes no mesmo e por uma medida ou métrica que associa cada termo ao documento. Essa métrica pode ser dada, por exemplo, pela frequência do termo no documento. Assim, termos que são encontrados mais vezes em um documento possuem medida de relação maior do que

outros. Em geral problemas que envolvam documentos e suas relações com os termos presentes na coleção à qual o mesmo faz parte são típicos da área de Recuperação de Informação. Nesta área, os modelos clássicos de representação dos documentos são: o modelo *booleano*, o modelo probabilístico e o modelo vetorial (Baeza-Yates & Ribeiro-Neto, 1999).

No caso dos portfólios a abordagem utilizada visa não especificamente atender a um problema de Recuperação de Informação de forma direta, mas sim busca extrair características presentes nos registros que permitam representar o conhecimento implícito dos alunos e, desta forma, estabelecer regras e padrões que possam auxiliar o professor no direcionamento e avaliação dos portfólios como ferramenta pedagógica. Esta descoberta leva, portanto, ao encontro de soluções onde as informações presentes no conteúdo dos documentos possam descrever características e comportamentos não explicitamente descritos, mas desejáveis. Temos então problemas onde a Mineração de Dados e a Aprendizagem de Máquina fornecem um conjunto de técnicas que podem ser aplicadas para resolver estes problemas. Contudo, em muitas das técnicas utilizadas nestas áreas, especialmente relacionadas à Aprendizagem Supervisionada e Não Supervisionada, as representações de documentos com base na relação com seus termos é o fundamento para a aplicação de algoritmos e ferramentas. Assim, neste trabalho, apresentamos uma representação baseada no modelo vetorial (ou modelo de espaço vetorial), onde os documentos são descritos como instâncias ou vetores e cada dimensão corresponde a um termo da coleção. Desta forma, a direção do vetor será dada pela métrica (ou peso) definida para relacionar o documento a cada termo ou dimensão. Esta representação pode ser vista na Figura 5.8.

Figura 5.8 – Modelo Vetorial dos portfólios de aprendizagem

	term ₁	term ₂	term ₃	...	term _m
doc ₁	w _{1,1}	w _{2,1}	w _{3,1}	...	w _{m,1}
doc ₂	w _{1,2}	w _{2,2}	w _{3,2}	...	w _{m,2}
doc ₃	w _{1,3}	w _{2,3}	w _{3,3}	...	w _{m,3}
...
doc _n	w _{1,n}	w _{2,n}	w _{3,n}	...	w _{m,n}

Onde:

- doc_n é o documento, que pode ser todo um portfólio de um estudante ou apenas um registro (post).
- term_n é o termo ou conjunto de termos relacionados existente no corpus de documentos.
- w_{m,n} é o peso do termo m no documento n (calculado através do tf-idf, por exemplo), que deve variar entre 0 e 1.

Fonte: O Autor

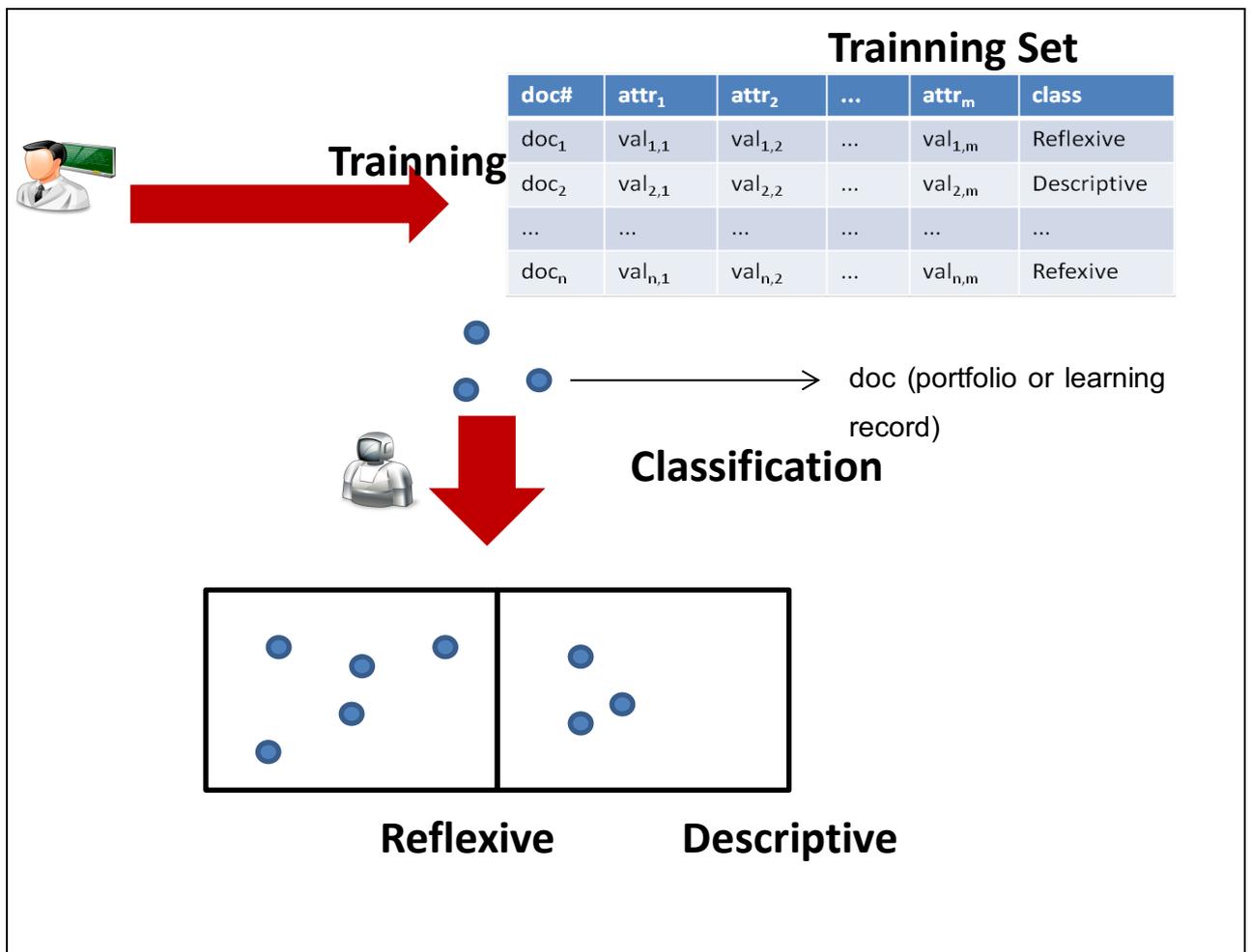
5.2.4 Representação segundo um Modelo Analítico

A partir das representações da base de dados QDA, tanto semiestruturada quanto de espaço vetorial dos portfólios, é possível obter então modelos analíticos sobre os quais se podem aplicar algoritmos e técnicas de Aprendizagem de Máquina e Mineração de Dados, tanto baseados em Aprendizagem Supervisionada como em Aprendizagem Não Supervisionada. Nesta representação os documentos, que podem ser tanto registros de aprendizagem quanto portfólios como um todo são representados através de características obtidas a partir não somente de seu conteúdo quanto de suas relações com outros documentos. Estas características são representadas por sua vez através de um conjunto de atributos e seus valores para cada documento. Esta representação faz parte da fase de preparação dos dados, que sucede a fase de coleta e antecede tarefas de previsão, como escolha e aplicação da função de previsão de fato. Em Mineração de Dados é um fase importante da análise

de dados, pois a representação pode determinar o sucesso ou fracasso da aplicação do algoritmo de análise e, portanto, deve ser feita com toda cautela e atenção para representar muito bem as instâncias do problema (Zhang et al., 2003). Logo, o modelo de representação é fundamental para que os algoritmos de aprendizagem e as técnicas de mineração de dados possam ser aplicados com sucesso, trazendo resultados satisfatórios que de fato sejam perfeitamente aplicáveis ao problema. (Witten & Frank, 2005)

Problemas de aprendizagem supervisionada envolvem a extração de características de indivíduos em uma representação vetorial. Além das características, os indivíduos (portfólios ou registros, no nosso caso) também são identificados por uma ou mais classes à(s) qual(is) pertencem. Basicamente problemas de aprendizagem supervisionada envolvem o mapeamento de indivíduos a partir de suas características (entrada) para a classe ao qual pertencem (saída). Em problemas de Classificação as classes ou saídas recebem valores discretos. Já em casos onde a saída é representada por valores contínuos, temos problemas de Regressão. A principal característica dos problemas de aprendizagem supervisionada diz respeito ao conhecimento prévio do comportamento de algumas instâncias através das entradas e saídas produzidas pelo sistema, para que então os algoritmos tentem produzir a mesma saída para instâncias com entradas similares. Estas instâncias cujas entradas e saídas são previamente definidas são denominadas “base de treino”. A classificação prévia da base de treino deve ser feita por especialistas (humanos). A partir dela o algoritmo escolhido ou a “máquina” irá então determinar as classes das instâncias não rotuladas. A Figura 5.9 retrata o processo de representação e utilização do modelo analítico em problemas de aprendizagem supervisionada.

Figura 5.9 – Modelo Analítico baseado em Aprendizagem Supervisionada

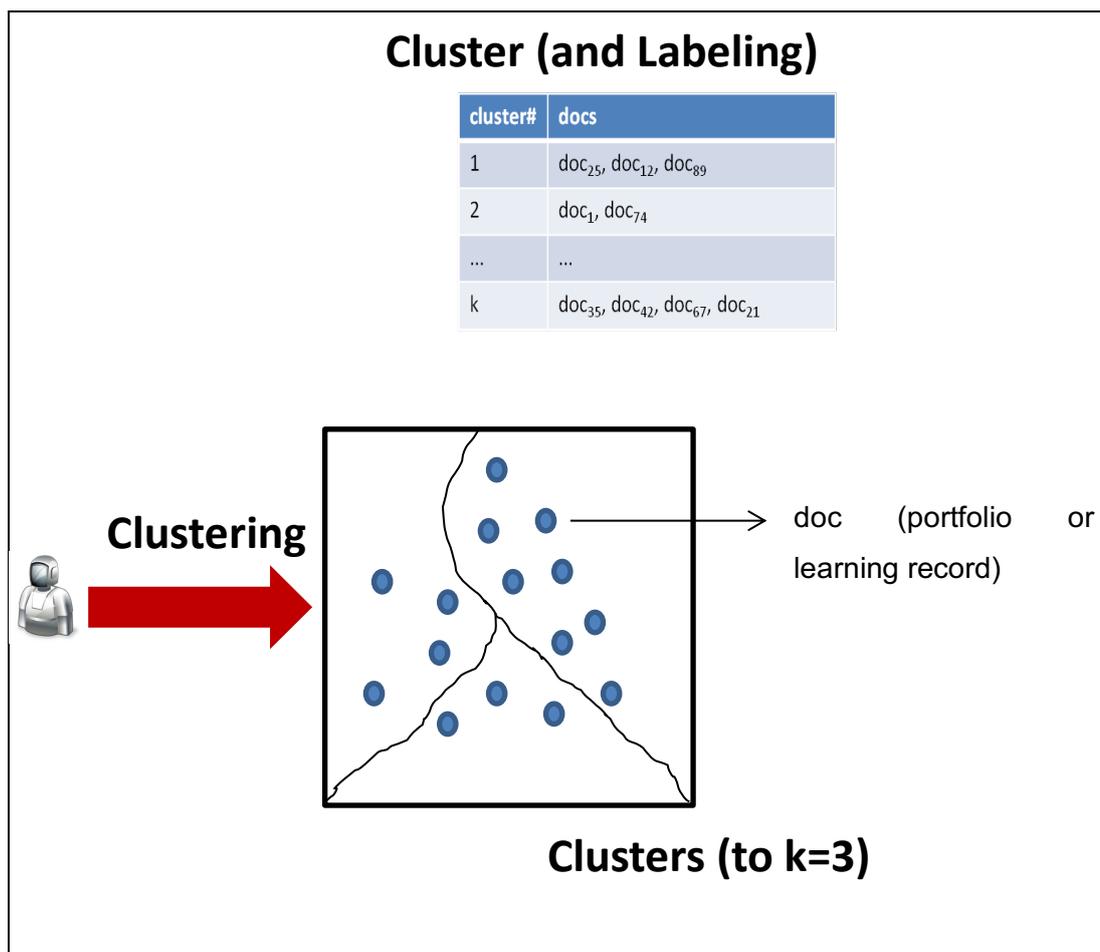


Fonte: O Autor

Diferente dos problemas de aprendizagem supervisionada, em problemas de aprendizagem não supervisionada não há uma rotulação prévia das instâncias, ou seja, o sistema não conhece previamente a característica dos indivíduos para produzir a saída. Logo é importante que as principais características dos objetos analisados, no nosso caso os portfólios ou seus registros, estejam presentes em sua representação, uma vez que o processo de classificação dar-se-á a partir destas características sem que haja uma rotulação pré-definida. No tipo de problema estudado neste trabalho, a representação descrita na Figura 5.8 (Modelo de Vetor de Espaços) é bastante utilizada, uma vez que os indivíduos são documentos ou registros representados por um conjunto de termos e a similaridade entre eles será dada a partir dos termos presentes nos documentos. Problemas típicos de aprendizagem não supervisionada envolvem encontrar classes homogêneas a partir de um conjunto de indivíduos, ou seja, a similaridade entre os indivíduos será de fundamental importância

para determinar padrões, organizados em formas de grupos ou *clusters* dos indivíduos com características semelhantes. Um modelo de representação é apresentado na Figura 5.10. Para isto podem ser utilizados algoritmos hierárquicos, baseados em otimização ou sequenciais.

Figura 5.10 – Modelo Analítico baseado em Aprendizagem Não Supervisionada



Fonte: O Autor

5.3 Considerações Finais

Apresentamos neste capítulo uma abordagem para representação dos portfólios de aprendizagem baseada em quatro modelos: estruturado, semiestruturado, vetorial e analítico. O objetivo da representação é permitir que a

partir dos registros de reflexão presentes nos portfólios seja possível estabelecer regras e padrões que levem o professor à descoberta do conhecimento implícito presente nestes registros e com isso seja possível também avaliar a eficiência dos portfólios como arquitetura de aprendizagem, possibilitando ao professor direcionar, modificar ou reforçar a aplicação da ferramenta para atender aos objetivos pedagógicos.

Capítulo 6

UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA ARQUITETURAS PEDAGÓGICAS EM AMBIENTES COLABORATIVOS FLEXÍVEIS NA WEB

Neste capítulo apresentamos um Modelo de Referência a ser utilizado na especificação de um framework para Arquiteturas de Aprendizagem baseadas em Ambientes Colaborativos Flexíveis na Web (ACFW). O Modelo apresentado auxilia a concepção de elementos da arquitetura, de forma a mesma possa atender os requisitos já apresentados, permitindo a instanciação de arquiteturas pedagógicas dentro do contexto utilizado neste trabalho. Para especificação formal do Modelo utilizamos representação através de conjuntos e lógica de primeira ordem.

6.1 Considerações Iniciais

Desenvolver um *framework* para dar suporte à arquiteturas pedagógicas em um ambiente colaborativo flexível demanda primeiramente identificar, organizar e formalizar todos os elementos necessários à especificação de uma arquitetura de referência. Para isto, é necessário utilizar um modelo de referência que sirva como guia a esta atividade.

Neste sentido apresentamos um Modelo de Referência, que teve como base o modelo apresentado no trabalho de Francisco Neto (Neto, 2017), que abordou a

construção de um *framework* para Serviços Inteligentes em ACFW e também utilizou um Modelo de Referência. Este Modelo foi utilizado para a Arquitetura de Referência apresentada e que serviu como base para o *framework*.

6.2 O Modelo de Referência do FANTASOS e o Modelo de Referência proposto nesta pesquisa

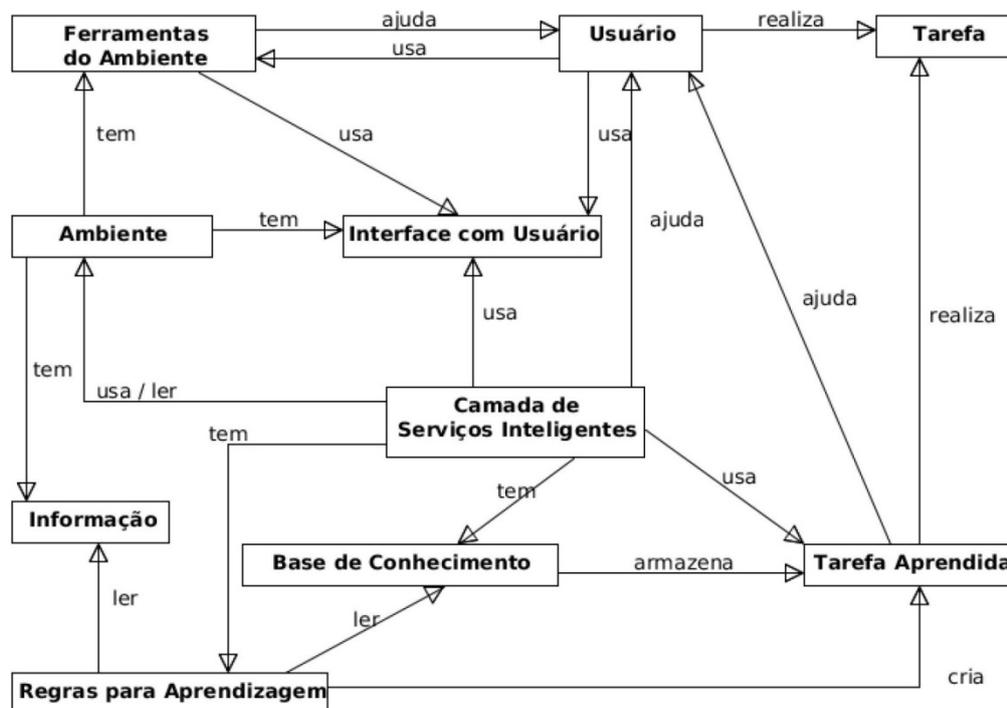
Para entendimento de nosso Modelo de Referência, vamos utilizar o modelo apresentado no trabalho de Francisco Neto, que serviu como base para a Arquitetura de Referência do *FANTASOS*, uma camada de serviços inteligentes em ACFW. Seu Modelo de Referência descreve entidades e relacionamentos de uma camada cujo objetivo é prover serviços inteligentes de qualquer natureza em ACFW. No trabalho além da Arquitetura de Referência é apresentada também uma Prova de Conceito (*Proof of Concept* - PoC) para a Arquitetura utilizando casos de aplicação de Mineração de Dados em Educação ou *Educational Data Mining* (EDM), particularmente o Problema de Evasão de Alunos.

O propósito de uma camada de serviços inteligentes em ACFW é, primordialmente, reconhecer tarefas repetitivas executadas pelos professores e tutores e terceirizar sua execução a agentes inteligentes. Espera-se, com isto, que a produtividade não somente dos educadores, mas também dos alunos seja maior em um ambiente onde o trabalho repetitivo e mecânico passa a ser desempenhado automaticamente pelo próprio ambiente, como descreve Neto. De fato, ao considerarmos o suporte em ACFW para Arquiteturas de Aprendizagem, o ponto principal diz respeito à automatização de tarefas que são mecanicamente executadas pelos professores e tutores, visando deixá-los mais dedicados à intermediação e facilitação do processo de aprendizagem, em uma perspectiva construtivista, pois é desta forma que os objetivos pedagógicos poderão ser atingidos.

Para isso, o Modelo de Referência proposto por Neto pressupõe que um usuário que utilize ferramentas do ACFW e que realize tarefas rotineiras neste ambiente possa ter seu comportamento assimilado por agentes inteligentes, que são capazes então de aprender tais tarefas ao atuar em uma camada de serviços inteligentes, registrar os padrões observados em uma Base de Conhecimento e então

outros agentes inteligentes possam estabelecer regras a partir do conhecimento armazenado nesta base e permitir ao próprio ambiente agir diante de determinadas situações. A figura 1.1 apresenta um mapa conceitual deste Modelo de Referência.

Figura 6.1 – Um Modelo de Referência para Serviços Inteligentes em ACFW



Fonte: (Neto, 2017)

O suporte à Arquiteturas Pedagógicas em ACFW demanda a assimilação de muitas tarefas repetitivas executadas pelos professores e tutores que podem ser terceirizadas. Podemos citar como exemplo a verificação do cumprimento dos prazos determinados para a criação dos registros de aprendizagem. Em um ACFW o tutor abriria diariamente uma página onde poderia visualizar, por turma, como está o andamento da tarefa repassada. Caso o aluno já tivesse cumprido a tarefa, ao lado de seu nome, por exemplo, poderia haver um elemento gráfico com uma cor indicativa de que o mesmo estaria em dias com suas tarefas (uma bola verde, por exemplo). O mesmo elemento gráfico, mas com uma cor diferente (vermelha, por exemplo), poderia indicar que o aluno está em atraso com a criação de seu registro. Desta forma, caberia ao tutor avisar ao aluno através de uma mensagem criada no próprio ACFW de que estaria em atraso com sua tarefa. Notoriamente, ao consideramos um ACFW com uma camada de inteligência, temos uma situação clara em que a tarefa do tutor não somente poderia, mas deveria ser terceirizada, executada automaticamente por

um agente reativo, conforme a situação do aluno em relação à sua tarefa. Isto é potencialmente necessário quando se trata de um ambiente de EAD, no qual o número de alunos pode exigir tempo e esforço na execução de atividades repetitivas pelo professor e tutores.

Entretanto, em Arquiteturas Pedagógicas cabe muito mais aos professores do que somente a execução de tarefas repetitivas. APs pressupõem o suporte tecnológico para atividade de pesquisa, com forte interação entre os componentes, especialmente aluno-aluno, mas também professor-aluno, uma vez que as práticas adotadas baseiam-se nos princípios da Epistemologia Genética de Piaget e da Pedagogia da Pergunta de Paulo Freire, onde o aluno é o protagonista do seu processo de aprendizagem, mas o professor não é apenas um mero espectador neste processo: cabe a ele instigar o aluno através de abordagens problematizadoras, facilitando também sua descoberta nos caminhos necessários para aprender. Portanto, em nosso Modelo de Referência, consideramos não somente que o ambiente deve suportar a automatização de atividades repetitivas, mas deve principalmente dar suporte para que o professor possa utilizar a informação gerada a partir das interações dos alunos para que possa compreender o processo e agir proativamente para que o aluno não possa desviar-se de seu foco.

Vamos tomar como exemplo a análise das postagens no portfólio de aprendizagens do PEAD relatado por Menezes, Nevado e Ziede (2018), onde as postagens de um determinado período foram analisadas e classificadas em três categorias: descritivas, reflexivas e problematizadoras. As análises foram feitas em duplas, em um sistema de revisão por pares. Cada membro da dupla avaliava suas postagens (autoavaliação) e as postagens do outro membro. Os resultados eram então verificados e as divergências encontradas trabalhadas, de forma a se obter um senso comum a respeito da classificação da postagem. Este é um exemplo em que um agente inteligente pode auxiliar na classificação das postagens, porém é necessário que os alunos ou professores classifiquem um conjunto mínimo de postagens que permita o **aprendizado** dos agentes para que os mesmos possam atuar sobre o restante do conjunto e até mesmo sobre novos elementos deste conjunto. Este é um problema de **classificação** abordado por técnicas de **aprendizagem supervisionada**, onde a construção de uma parte da base de conhecimento dá-se não pela camada de serviços inteligentes, mas sim pelos próprios

usuários do ACFW, em um contexto onde esta camada é utilizada para que o professor possa especificar o que deseja obter a partir dos dados a fim de atingir os objetivos pedagógicos da AP, sem que seja possível obter isto de forma automática a partir da análise de seu comportamento no ambiente. Desta forma, um Modelo de Referência para suporte a Arquiteturas Pedagógicas deve considerar elementos deste cenário e possibilitar a atuação direta sobre a camada de inteligência não somente pelos agentes inteligentes, mas também pelos usuários do ambiente.

6.3 O Modelo de Referência

Modelos de referência são modelos conceituais genéricos que apresentam uma formalização de práticas e conceitos recomendados dentro de um domínio específico de problema (Pajk et al., 2012). Deve ser descrever um conjunto (pequeno) de conceitos e relacionamentos entre estes, representando uma classe de domínio. É desejável que contenham:

- Uma representação das melhores práticas dentro da classe do domínio;
- Aplicabilidade universal dentro da classe de domínio;
- Reusabilidade.

Desta forma, um Modelo de Referência deve servir como base para a definição de outros modelos mais específicos, dentro da mesma classe de domínio do problema, e também para Arquiteturas de Referência.

6.3.1 Convenções utilizadas

Para representar o modelo de referência utilizamos mapas conceituais. Um Mapa Conceitual é uma ferramenta de representação do conhecimento que utiliza grafos para representar conceitos (nós ou vértices) e relacionamentos entre os mesmos (arcos ou linhas) (Plotnick, 1997). Podem ser utilizados em vários contextos e propósitos, como:

- Geração de ideias (*brainstorming*);
- Descrição de estruturas complexas (textos longos, dados hipermedia, *sites*);

- Representação de ideias complexas;
- Suporte à aprendizagem, relacionando conceitos novos e antigos;
- Avaliação da compreensão ou verificação de conceitos mal entendidos.

Desta forma, a ferramenta “Mapas Conceituais” apresenta-se como adequada para representar os conceitos e relacionamentos do modelo de referência.

Apresentaremos o significado dos conceitos do Modelo de Referência a seguir. Quanto aos significados dos termos utilizados nos relacionamentos, são os seguintes:

- Realiza: No sentido de que um conceito depende de outro para ser representado, seja através de ações ou serviços.
- Executam: no sentido de realizar uma ação sobre.
- Interage: No sentido de agir com, exercer ação mútua.
- Aprendem: no sentido de conhecer a representação de outro conceito e representar como suas ações ocorrem.
- Usa/Usam: no sentido de utilizar; cuja ação depende de.
- Tem: No sentido de possuir como parte, de necessitar de outro conceito como subparte de si.
- Especifica: no sentido de definir, construir.
- Age sobre: no sentido de executar uma ou mais ações sobre, atuar sobre.
- Oferece: No sentido de disponibilizar um ou mais serviços.

Para a representação formal do modelo, utilizaremos lógica de primeira ordem e teoria dos conjuntos, tendo como convenção de notação a mesma utilizada no trabalho de Leonardo Santos (2013), a saber:

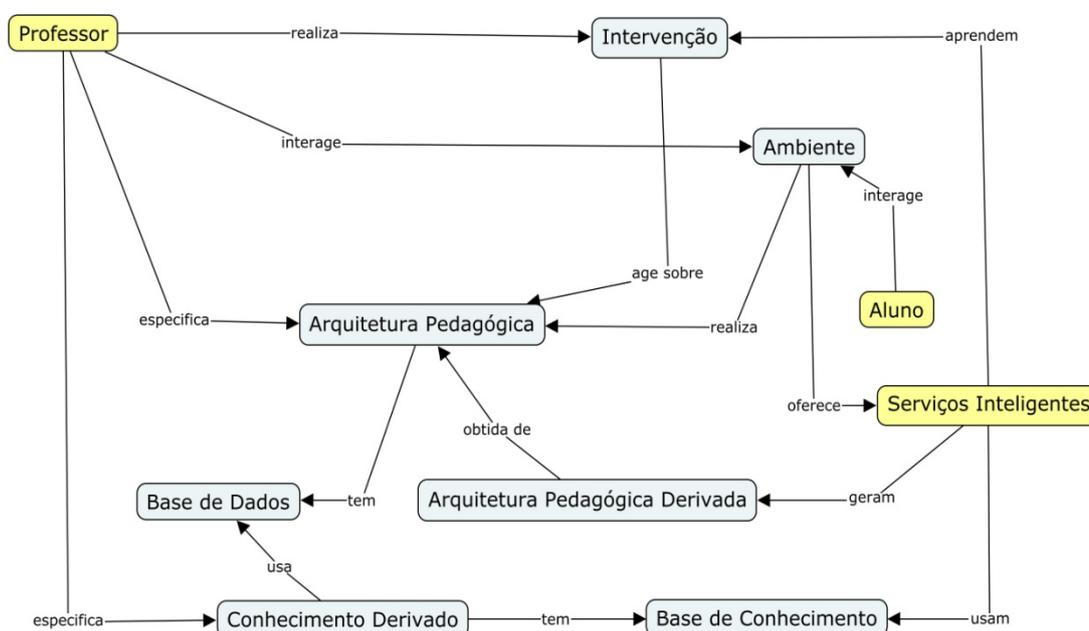
- Letras gregas maiúsculas para conjuntos. Ex.: A, Ω, X ;
- Letras gregas minúsculas para relações. Ex.: $\alpha \subseteq P \times \Omega$;
- Letras romanas maiúsculas para componentes unitários em tuplas. Ex.: $A = (B, C, D)$;
- Letras romanas minúsculas para elementos de conjuntos. Ex.: $a \in \Psi$.

6.3.2 Apresentação do Modelo

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o Modelo de Referência para Arquiteturas Pedagógicas baseadas em ACFW e em serviços

inteligentes. Ao estar baseado em ACFW o modelo permite a utilização de um modelo já existente para a descrição dos elementos e artefatos da AP. O conceito de “Serviços Inteligentes” deve prover um conjunto de funcionalidades que permita descrever e representar os conhecimentos derivado e implícito, de forma que os dados possam ser utilizados pelos educadores para não só avaliar quantitativa e qualitativamente o processo de aprendizagem, como também subsidiar intervenções durante a aplicação da AP.

Figura 6.2 – O Modelo de Referência para Arquiteturas Pedagógicas



Fonte: O autor

6.3.2.1 Ambiente

O ambiente é o espaço virtual onde os elementos da Arquitetura de Aprendizagem serão definidos. Esta definição é baseada no MOrFEU e será discutida na definição da arquitetura de referência para o modelo. Nele também ocorrerão as interações entre professores/tutores e alunos com os elementos da arquitetura, como também com agentes inteligentes, que serão responsáveis por aplicar técnicas de mineração de dados e aprendizagem de máquina para gerar uma base do conhecimento implícito a partir dos registros e comportamentos dos usuários.

Uma Arquitetura Pedagógica pode utilizar diversos ambientes virtuais para ser implementada. Em cada um desses ambientes os elementos da Arquitetura Pedagógica devem ser suportados, de forma a permitir que todos os pressupostos

pedagógicos que envolvem a definição de AP sejam preservados, o que é representado no modelo através do conceito “realiza”, conforme Figura 6.3. A relação “realiza” define que uma determinada Arquitetura Pedagógica será materializada a partir da utilização dos ambientes virtuais definidos para sua implementação, ou seja, cada ambiente realizada uma ou mais Arquiteturas Pedagógicas.

Figura 6.3 – Relação entre “Ambiente” e “Arquitetura Pedagógica”



Fonte: O autor

Seja E o conjunto de ambiente flexíveis de aprendizagem que fornecem suporte a arquiteturas pedagógicas, podemos representar cada ambiente passível de ser utilizado para suporte em arquiteturas pedagógicas como e , de forma que $\forall e \in E$. Na definição de Arquitetura Pedagógica será especificada a relação entre os ambientes flexíveis e os outros elementos das APs.

6.3.2.2 Professor/Tutor

Conforme os requisitos identificados no capítulo 4, cabem ao professor e ao tutor a definição e a especificação da Arquitetura Pedagógica no ambiente. Ele é quem deverá especificar os elementos da arquitetura e as interações entre aluno e AP, bem como entre professor/tutor e AP. Além disso, também será o professor que irá atuar no ambiente ao especificar que tipo de conhecimento implícito deseja obter a partir dos dados produzidos pelos alunos tanto direta quanto indiretamente (comportamentais).

Seja P o conjunto de professores com acesso aos ambientes virtuais que suportam arquiteturas pedagógicas, podemos representar o professor p , de forma que $\forall p \in P$.

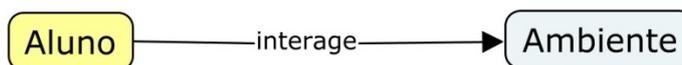
6.3.2.3 Aluno

No contexto de um modelo educacional construtivista, o aluno é o protagonista de sua aprendizagem. O conhecimento é construído a partir de sua ação sobre o que deve ser aprendido, com orientação de seus professores e colaboração de seus pares. Ou seja, não há objetivos pedagógicos que possam ser atingidos sem que haja uma ação do aluno no ambiente – uma interação do aluno com a Arquitetura

Pedagógica especificada pelo seu professor – e uma resposta deste ambiente diante de suas construções.

É a partir da interação do Aluno com o ambiente que dá suporte à AP que os registros de aprendizagem são gerados, desencadeando também interações do professor com o ambiente. É também a interação do aluno com o ambiente que gerará os dados necessários para que o professor possa identificar o conhecimento (explícito ou implícito) a partir destes e então especificar o que poderá gerar ou derivar novo conhecimento. A partir disto a camada de serviços inteligentes poderá ser acionada para auxiliar os educadores na mineração e tratamento dos dados. Portanto, a interação aluno/ambiente é essencial em todo o processo de descoberta de conhecimento nas arquiteturas de aprendizagem. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as relações do conceito “Aluno”.

Figura 6.4 – Relações do conceito “Aluno”



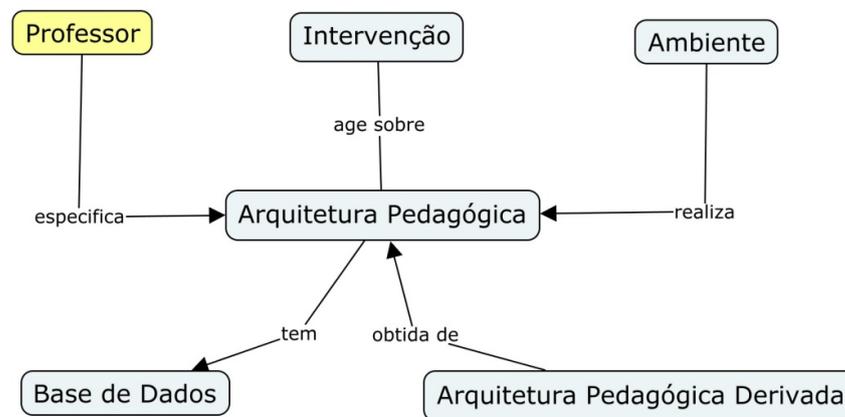
Fonte: O autor

$\forall a \in \Gamma$ representa o conjunto de alunos que interagem com arquiteturas pedagógicas no ambiente virtual.

6.3.2.4 Arquitetura Pedagógica

A especificação da AP é feita pelo professor/tutor. Esta, por sua vez, será suportada pelo ambiente flexível e utilizada em uma interação contínua pelos alunos e pelos próprios educadores neste ambiente, gerando a informação necessária sobre o conhecimento construído. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** descreve as relações do conceito “Arquitetura Pedagógica”.

Figura 6.5 – Relações do conceito “Arquitetura Pedagógica”



Fonte: O autor

Uma arquitetura pedagógica comporta em sua estrutura sua especificação, além das produções intelectuais dos alunos. Esta definição e, conseqüentemente, a criação de uma AP, é realizada a partir de um “autor”, um professor.

Este professor poderá também realizar intervenções sobre a arquitetura pedagógica ao determinar, por exemplo, prazos para cumprimento de atividades, atribuição de novas tarefas ou até mesmo mudanças em sua especificação.

Desta forma, sejam: A o conjunto de arquiteturas pedagógicas suportadas em ambientes flexíveis de aprendizagem e P o conjunto de professores destes ambientes virtuais, podemos definir um conjunto Ξ , representando o conceito “autoria”, como uma relação entre professores e APs das quais os mesmos são autores, da seguinte forma:

- $\Xi = \{(a,p) \mid \exists p \in P \wedge \forall a \in A\}$

Também, dado o conjunto Γ de alunos dos ambientes virtuais, podemos definir um conjunto T representando a relação de associação de arquiteturas pedagógicas e alunos da seguinte forma:

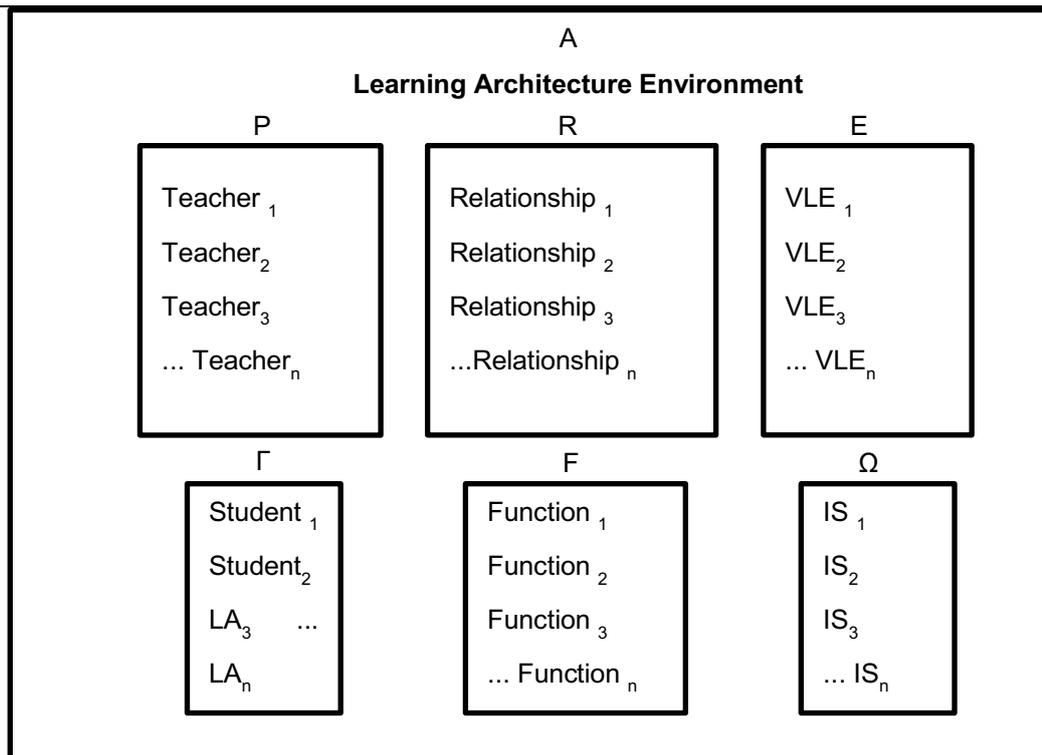
- $T = \{(a,l) \mid \forall l \in \Gamma \wedge \forall a \in A\}$

Uma Arquitetura Pedagógica DEVE possuir uma base de dados, onde os registros de aprendizagem gerados a partir da interação do aluno ou do professor com o ambiente sobre a AP sejam armazenados. Estes dados podem ser tanto estruturados como semiestruturados.

Desta forma, podemos representar uma Arquitetura Pedagógica como uma 8-upla $A = (E, P, \Gamma, \Omega, \Delta, \Upsilon, F, R)$, onde:

- E é o conjunto de ambientes virtuais que dão suporte à Arquitetura de Aprendizagem;
- P é o conjunto de professores com acesso aos ambientes;
- Γ é o conjunto de alunos com acesso aos ambientes;
- Ω é o conjunto de serviços inteligentes disponíveis nos ambientes;
- Δ é o conjunto de produções acadêmicas e intelectuais dos alunos geradas a partir da interação destes com as arquiteturas pedagógicas;
- Υ é o conjunto de documentos e regras que representam o conhecimento derivado a partir das produções acadêmicas e características comportamentais dos alunos na interação com as arquiteturas pedagógicas.
- F é o conjunto de funções f_i , $i \geq 0$, tal que:
 - Conforme o Axioma do Par (Fajardo, 2017), para os conjuntos E, P, Γ e Ω existe um conjunto U, tal que $\forall E \forall P \forall \Gamma \forall \Omega \exists U \forall x ((x \in U) \leftrightarrow (E = x) \vee (P = x) \vee (\Gamma = x) \vee (\Omega = x))$;
 - $f_i : U^n \rightarrow U$, $n > 0$.
- R é o conjunto de relações r_i n-árias entre elementos dos conjuntos E, P, Γ e Ω , tal que:
 - Conforme o Axioma do Par, para os conjuntos A, P, Γ e Ω existe um conjunto U, tal que $\forall E \forall P \forall \Gamma \forall \Omega \exists U \forall x ((x \in U) \leftrightarrow (E = x) \vee (P = x) \vee (\Gamma = x) \vee (\Omega = x))$;
 - $r_i \subseteq U^n$, $i \geq 0$ e $n > 0$.

Figura 6.6 – Representação dos conjuntos de A – Arquitetura Pedagógica



Fonte: O autor

6.3.2.5 Produção Intelectual

Ao interagir com uma AP, o aluno pode criar conteúdo, que por sua vez servirá ao professor como evidência de aprendizado. Este conteúdo é importante, pois é a partir dele que o professor pode planejar as intervenções necessárias a serem realizadas na Arquitetura Pedagógica. Chamamos este conteúdo de Produção Intelectual. Assim, um aluno pode gerar diversas produções intelectuais ao interagir com uma arquitetura pedagógica. Também é possível que o aluno interaja com diferentes arquiteturas pedagógicas ao mesmo tempo ou não. Com isso, ele pode criar produções diversas em diferentes APs.

Uma produção intelectual é um documento de autoria do aluno e associado a uma arquitetura pedagógica à qual este aluno está vinculado.

Dado o conjunto T representando a relação entre as arquiteturas pedagógicas e os alunos a elas associados e Δ o conjunto de produções intelectuais, Então $\varphi \subseteq T \times \Delta$ representa as relações entre as arquiteturas pedagógicas e as produções intelectuais dos alunos.

6.3.2.6 Base de Dados de Arquiteturas Pedagógicas

Para que ocorra a interação de alunos e professores com a AP dentro do ambiente é necessário haver um repositório onde os dados gerados no processo de interação serão armazenados e utilizados pelo suporte computacional da AP no ambiente. Todos os registros e informações geradas a partir da interação do aluno com a AP DEVEM ser persistentes, ou seja, devem ser armazenados em uma base de dados. **Dado** é qualquer fato gerado a partir da interação do usuário com o ambiente. Pode ser produzido pelo usuário ou pelo próprio ambiente. Determinar o comportamento do aluno e sua interação com a AP, para fins não somente de intervenção no processo, se necessário, como também de avaliação, depende potencialmente da leitura dos dados armazenados.

Os dados armazenados na base de dados podem ser:

- **Estruturados:** quando DEVE haver uma estrutura pré-definida dos dados armazenados, com especificação clara e concisa de todas as partes que integram o dado e de como elas devem ser apresentadas e armazenadas. Neste caso, não deve ser permitido armazenar dados que não obedeçam à estrutura. Todas as instâncias representadas devem ter as mesmas propriedades. A modificação da estrutura NÃO deve violar as propriedades dos dados já armazenados. Por exemplo: deve ser possível permitir que uma parte da estrutura onde somente conteúdo numérico seja armazenado possa receber conteúdo alfanumérico, mas o contrário NÃO deve ser permitido caso haja algum dado já armazenado na base de dados cuja conversão não seja permitida, pois geraria inconsistência.
- **Semiestruturados:** Neste caso existe uma estrutura pré-definida dos dados, porém ela é flexível para cada instância, permitindo não apenas que instâncias diferentes sejam caracterizadas por propriedades diferentes como também que cada propriedade possa ter representação variada para cada instância. Podemos citar com exemplo um registro de um portfólio de aprendizagens onde o autor não especifique palavras chave. Neste caso o elemento “palavras chave”, para este registro, não comporá sua estrutura, embora possa compor a estrutura de outros registros.

A base de dados das APs é fornecida pelo ambiente e utilizada em seu contexto não somente pela AP, mas também por outros serviços instanciados no ambiente. Logo, é um recurso que deve ser inerente ao ambiente, como parte integrante, sem o qual não é possível utilizar o próprio ACFW.

Figura 6.7 – Relações do conceito “Base de Dados da Arquitetura Pedagógica”



Fonte: O autor

6.3.2.7 Conhecimento Derivado

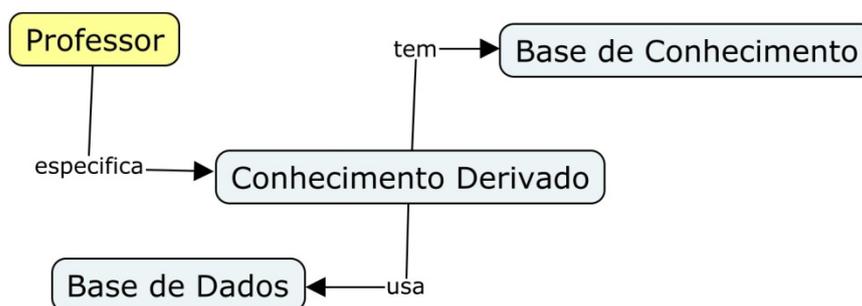
No processo avaliativo o professor utiliza não somente o conhecimento (explícito ou não) do aluno, armazenado na base de dados do ambiente a partir das interações com a Arquitetura Pedagógica, mas também se utiliza de dados que embora não estejam especificados previamente, podem ser obtidos a partir dos dados armazenados. Esses muitas vezes revelam características comportamentais que podem ser obtidas a partir da análise de interação estática ou temporal entre o aluno e os outros elementos do ambiente.

Esta análise envolve o uso de técnicas de análise de dados mais específicas, como Mineração de Dados ou *Data Mining*. Aplicadas à propósitos educacionais estas técnicas são classificadas também como Mineração de Dados Educacionais ou *Educational Data Mining* (EDM). Também pode envolver o uso de técnicas de Processamento de Linguagem Natural e *Learning Analytics*. Caberá ao professor determinar as informações que serão obtidas a partir dos dados armazenados na base de dados do ambiente. Um componente de serviços inteligentes presente no ambiente será responsável por efetuar o processo de extração e processamento dos dados. Uma especificação típica de conhecimento implícito envolve problemas de classificação (aprendizagem supervisionada) ou treinamento, onde registros de aprendizagem (ou uma parte deles) são classificados por um especialista (professor, tutor ou até mesmo aluno através da interação com uma AP), para estabelecer padrões ou permitir que seja criada uma base de treinamento para ser utilizada por um algoritmo de classificação.

Vamos voltar ao caso da Arquitetura Pedagógica Análise de Postagens, que tem como objetivo classificar registros de aprendizagem produzidos pela interação de

alunos em outra AP, Portfólios Digitais. O seu objetivo principal é estabelecer uma classificação das postagens dos *blogs* (portfólios), o que é feito por duplas de alunos, onde cada um classifica suas próprias postagens e as postagens de seu colega de dupla. Ao final devem chegar a um consenso. As postagens devem ser classificadas como reflexivas, problematizadoras ou descritivas. Neste cenário, o conhecimento derivado é a classificação de cada postagem. Os *blogs* e *posts* são de fato elementos produzidos a partir da interação dos alunos com o ambiente em outra Arquitetura Pedagógica: Portfólios de Aprendizagens. A solução adotada foi criar outra AP, cuja interação aluno/objeto deverá produzir relações <postagem, classificação>, para cada postagem. No modelo de referência apresentado, a classificação ocorreria em duas etapas. Na primeira o próprio professor ou o tutor geraria um conjunto inicial de relações <postagem, classificação> que seria, por sua vez, utilizado por serviços inteligentes para classificar as postagens restantes, utilizando este conjunto inicial como base de treinamento. Entretanto não seria impeditivo usar o modelo de referência para implementar a AP Análise de Postagens. Neste caso os dados gerados a partir das interações seriam armazenados na base de dados de Arquiteturas Pedagógicas, cabendo ao professor utilizá-los para representar o conhecimento implícito, utilizando então os serviços inteligentes. As relações do conceito “Conhecimento Derivado” são mostradas na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 6.8 – Relações do conceito “Conhecimento Derivado”



Fonte: O autor

Seja Σ o conjunto de documentos, regras e registros que compõem o que denominamos de “conhecimento derivado”. Assim:

- Seja $\alpha \subseteq P \times \Sigma$ o conjunto representando o conhecimento derivado gerado pelos professores e tutores do ambiente;

- Seja $\beta \subseteq \Omega \times \Sigma$ o conjunto representando o conhecimento derivado gerado pelos agentes virtuais da camada de serviços inteligentes do ambiente;

Então podemos definir $\Upsilon = \alpha \times \beta$ como o conhecimento derivado tanto a partir da interação dos professores quanto por serviços inteligentes através da aplicação de técnicas de mineração de dados e aprendizagem de máquina nas arquiteturas pedagógicas.

6.3.2.8 Base de Conhecimento

Uma base de conhecimento não é apenas um repositório de dados que representa fatos observados no ambiente virtual, mas também deve conter regras sobre o domínio do problema. Esse conjunto de regras e fatos é utilizado por sistemas especialistas baseados em Inteligência Artificial (Aprendizagem de Máquina e Mineração de Dados, por exemplo) para “aprender” comportamentos e interações dos usuários e permitir que serviços inteligentes possam ser oferecidos no ambiente. A base de conhecimento requer uma base de dados ou repositório nos quais os dados e representações do conhecimento como regras de associação, sentenças em lógica de primeira ordem, regras de inferência, entre outros, possam ser armazenados.

Na base as formulações de regras de classificação (conhecimento implícito) definidas pelo professor ou pelo aluno através da interação com o ambiente. Desta forma, a Figura 6.9 mostra as relações da base de conhecimento.

Figura 6.9 – Relações do conceito “Base de Conhecimento”



Fonte: O autor

6.3.2.9 Intervenção

O conceito de “Intervenção” está relacionado a qualquer ação do professor ou do tutor no ambiente que provoque ou venha a provocar interação do aluno com a AP. Muitas vezes esta intervenção é repetitiva e rotineira, tomando tempo e esforço do professor, mas necessária.

Uma Arquitetura Pedagógica definida requer pelo menos uma Intervenção para que possa ser considerada ativa.

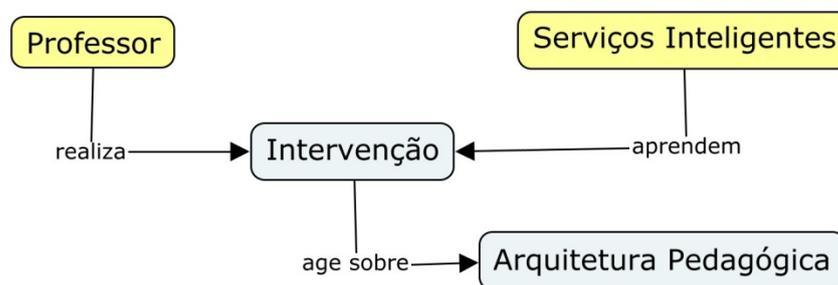
São exemplos de Intervenção em APs:

- Na AP Portfólios Digitais: solicitação do professor para que o aluno crie seu portfólio; definição de um tema para que o aluno possa criar seus registros de aprendizagem com base no mesmo; definição de um prazo para criação de registros de aprendizagem; envio de mensagem para os alunos que estão atrasados na realização de tarefas, etc.
- Na AP Avaliação de Postagens: definição das duplas; envio de mensagens para os alunos que não concluíram a avaliação de suas postagens (autoavaliação); envio de mensagens para os alunos que não concluíram a avaliação das postagens de seus pares, etc.

Tarefas como envio de mensagens, definição de atividades e prazos, composição de equipes, alterações de prazos, sugestão de temas para estudo, entre outras, são exemplos de intervenções que ocorrem em APs e que provocam ou podem provocar interações entre os atores do ambiente e a AP.

Muitas das intervenções podem ser **aprendidas** e realizadas por serviços inteligentes. Como exemplo um professor que diariamente interaja no ambiente para verificar que alunos criaram ou não registros de aprendizagem no dia anterior. Para os alunos que ainda não tiverem criado o professor envia então uma mensagem orientando o aluno para que possa realizar a atividade. Esta tarefa, que é repetitiva, pode ser aprendida e realizada por um serviço inteligente, que assimila questões funcionais (o processo de verificação e envio das mensagens) e comportamentais (em que horário o professor envia, que tipo de mensagem envia) do professor. A Figura 6.10 apresenta as relações do conceito “Intervenção”

Figura 6.10 – Relações do conceito “Intervenção”



Fonte: O autor

Sobre uma AP, um professor pode realizar as operações usuais de CRUD (Create, Read, Update, Delete), além de Intervenções. O aluno, por sua vez, pode Interagir com uma AP.

Desta forma, dado o conjunto Ξ de arquiteturas pedagógicas e seus autores suportados pelo ambiente virtual e o conjunto de intervenções Φ , então $\omega \subseteq \Xi \times \Phi$ representa as relações entre as arquiteturas pedagógicas e as intervenções nelas realizadas por seus autores.

6.3.2.10 Arquitetura Pedagógica Derivada

O conceito de “Arquitetura Pedagógica Derivada” está relacionado diretamente ao conceito “Serviços Inteligentes”. Uma Arquitetura Pedagógica é derivada de uma AP a partir da utilização de Serviços Inteligentes que sejam capazes de:

1. Registrar Intervenções dos professores, tutores e alunos sobre as APs do ambiente em uma Base de Conhecimento;
2. Utilizar técnicas de Aprendizagem de Máquina e Mineração de Dados sobre os registros desta Base de Conhecimento;
3. Gerar dados que representem o conhecimento derivado a partir das técnicas aplicadas;
4. Estruturar estes dados sob a forma de uma nova AP, derivada a partir dos dados da AP original, no ambiente virtual.

Uma Arquitetura Pedagógica caracteriza-se, entre outras coisas, pela interação dos estudantes e tutores com o conteúdo e entre si, produzindo assim o conhecimento ou produção intelectual. Ou seja, em uma AP que vamos chamar aqui de **primária** o que determina a produção de conhecimento é esta interação. São os participantes da AP no ambiente que produzem todo o conhecimento necessário, evidenciando desta forma os objetivos pedagógicos da Arquitetura.

Entretanto este conhecimento obtido a partir dos registros de aprendizagem nas APs de maneira explícita pode conter um conhecimento implícito, derivado da produção intelectual primária, que pode revelar informações importantes a respeito do processo de construção do conhecimento aos professores e tutores, permitindo aos mesmos que possam realizar intervenções mais objetivas e eficazes no ambiente.

Podemos citar os seguintes exemplos onde esta situação é verificada:

- Em uma AP onde um aluno avalia a reflexão de seus colegas, pode ser importante determinar o comportamento de cada aluno no processo de avaliação, ou seja, saber se o mesmo contribui efetivamente no processo de reflexão, discordando quando necessário ou concordando

mas de alguma maneira contribuindo para a formação do conhecimento de seus pares, ou se o mesmo contribui pouco ou até mesmo em nada contribui, conforme seu comportamento e comentários sobre as produções de seus colegas. Desta forma, a partir da AP podemos gerar um conteúdo intelectual derivado a partir do conteúdo primário onde seja possível classificar o comportamento do aluno conforme o conteúdo (comentários) gerado.

- Na AP “Portfólios de Aprendizagem” o conteúdo primário gerado contém reflexões e avaliações dos alunos sobre o aprendizado durante o semestre. Uma produção intelectual derivada poderia ter como conteúdo os principais temas abordados durante as reflexões, permitindo aos professores entender o que mais desperta interesse na reflexão de seus alunos.
- Da mesma forma, na AP “Portfólios de Aprendizagem” poderia ser importante ao professor entender o processo de reflexão dos alunos através do tipo de conteúdo produzido. O professor poderia intervir caso observasse que os conteúdos produzidos trazem mais dúvidas do que reflexões.

Este conteúdo embora não seja produzido durante a interação dos alunos com as APs no ambiente, é obtido diretamente a partir do que é produzido durante esta interação. Desta forma, é um conteúdo de produção intelectual, porém derivado, não primário. Assim, este conteúdo derivado pode ser associado também a uma AP, porém denominada “Arquitetura Pedagógica Derivada”.

Para que esta produção intelectual derivada possa ser produzida é necessário utilizar serviços inteligentes que possam fazer a análise e processamento do conteúdo, através de técnicas de análise de texto baseadas em Processamento de Linguagem Natural (NLP), bem como de Aprendizagem de Máquina Supervisionada e Não Supervisionada (Machine Learning) e Mineração de Dados.

As relações deste conceito podem ser visualizadas na Figura 6.11.

Figura 6.11 – Relações do conceito “Arquitetura Pedagógica Derivada”



Fonte: O autor

Portanto, para uma Arquitetura Pedagógica A pode-se obter um conjunto Π de Arquiteturas Pedagógicas Derivadas, com as seguintes diferenças entre si:

1. O conteúdo de uma AP Derivada não é produzido pela interação entre alunos e ambiente, mas sim pela ação de agentes de serviços inteligentes sobre este mesmo ambiente;
2. Em alguns casos parte do conteúdo de uma AP Derivada pode ser produzido pela interação humana com o ambiente, como na aplicação de técnicas de Aprendizagem Supervisionada. Porém este conteúdo deve ser produzido a partir do conteúdo primário, ou seja, a partir de um conteúdo já produzido a partir de interação de alunos e professores com o ambiente.
3. Uma AP Derivada sempre está relacionada a uma AP primária. Porém nem sempre uma AP primária poderá derivar outras APs.
4. Deve ser possível a interação com ambas as APs, tanto primárias quanto derivadas, no mesmo ambiente virtual de aprendizagem, ou seja: as estruturas das APs devem ser compatíveis.

Este conteúdo derivado a partir do conhecimento primário deve fazer parte de uma Base de Conhecimento, a partir da qual podem ser inferidas características dos alunos, das APs e da interação destes dentro do ambiente.

6.3.2.11 Serviços Inteligentes

O conceito de Serviços Inteligentes diz respeito a uma camada de serviços e ações realizadas sobre o ambiente sobre as arquiteturas pedagógicas. Possui duas características principais:

1. “Aprender” intervenções realizadas pelos educadores, especialmente repetitivas, oferecendo então uma terceirização destas intervenções. Serviços Inteligentes devem ter a capacidade de percepção de padrões de comportamento dos usuários, registro destes padrões em uma base de conhecimento e reprodução destes no ambiente, com interferência mínima dos usuários.
2. Fornecer suporte computacional ao educador na aplicação de técnicas de Mineração de Dados Educacionais e Aprendizagem de Máquina a partir da especificação do Conhecimento Derivado. Esta especificação

envolve a utilização dos dados gerados pela interação do aluno com a AP, de forma a revelar padrões e estruturas presentes nestes dados que possibilitem ao professor uma compreensão mais eficiente do processo de aprendizagem e, desta forma, uma ação mais efetiva de acordo com os perfis de seus alunos. Também envolve encontrar relações entre os diferentes perfis e, principalmente, “pontos fora da curva”, ou seja, alunos cujo comportamento difira dos demais, permitindo ao professor abordagens pedagógicas mais direcionadas, a fim de trazer o “ponto” novamente para a curva.

A segunda característica está diretamente ligada ao conceito de “Arquitetura Pedagógica Derivada”. Esta ligação envolve a utilização de uma camada de serviços inteligentes para suporte à análise qualitativa, ou seja, a análise do conteúdo dos registros de aprendizagem produzidos pelos alunos em suas interações com a AP. Isto requer muitas vezes uma análise pontual de cada conteúdo e, posteriormente, uma análise temporal, visando fornecer dados sobre o processo de aprendizagem ao longo do tempo a partir das relações entre os conteúdos produzidos.

O conhecimento derivado pode envolver, inclusive, classificação de conteúdo por parte do professor, este no papel de especialista. A partir das classificações geradas (base de treino) a camada de serviços inteligentes estará então apta a realizar a classificação de novos registros.

Para isto DEVE haver uma base de conhecimento para armazenamento e recuperação dos dados especificados e dos dados gerados a partir da ação dos serviços, conforme a notação formal adotada. O ambiente por sua vez, DEVE oferecer à camada de serviços inteligentes a interface com o usuário de forma a apresentar os dados resultantes da aplicação de técnicas de mineração de dados e aprendizagem de máquina.

Dado um conjunto Θ de algoritmos de aprendizagem de máquina, mineração de dados, processamento de linguagem natural e quaisquer outros que possibilitem obter conteúdo de conhecimento derivado a partir do conhecimento primário dos registros das arquiteturas pedagógicas disponíveis no ambiente e um conjunto Δ de agentes inteligentes, podemos definir como o conjunto Ω de serviços inteligentes:

- $\Omega = \{(x,y) \mid \exists x \in \Delta \wedge \forall y \in \Theta\}$

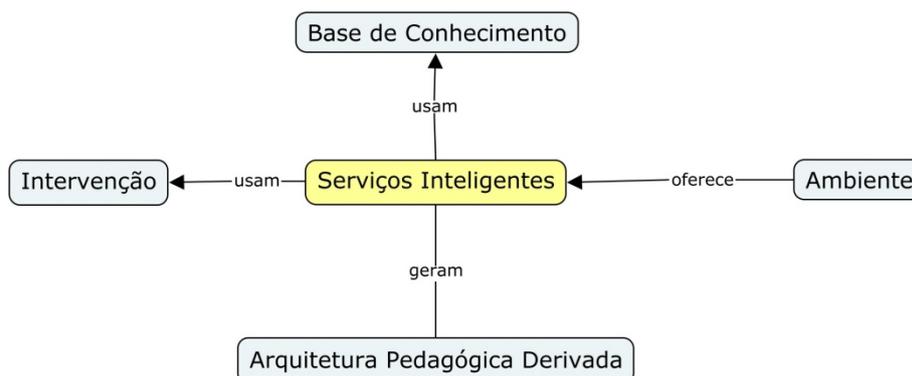
Assim, um serviço inteligente é caracterizado pela possibilidade de execução de uma técnica de aprendizagem de máquina e mineração de dados em uma AP a partir de um agente inteligente, que por sua vez pode “aprender” diversos algoritmos e utilizá-los conforme necessário.

Entre os possíveis cenários onde o conceito seria aplicado podemos destacar:

- O professor ou o tutor define perfis conforme o comportamento do aluno observado a partir das suas interações com a AP, utilizando, por exemplo, o número de registros de aprendizagem ou produções por semana. Estas regras para definição podem ser formalizadas na base de conhecimento, de forma que na camada de serviços inteligentes os perfis possam ser definidos automaticamente, utilizando técnicas de aprendizagem supervisionada a partir da base de treino.

Podemos ver as relações do conceito na Figura 6.12.

Figura 6.12 – Relações do conceito “Serviços Inteligentes”



Fonte: O autor

6.4 Considerações Finais

Apresentamos neste capítulo um Modelo de Referência para a definição de Arquiteturas Pedagógicas em Ambientes Colaborativos Flexíveis na Web, utilizando Serviços Inteligentes para auxiliar o educador em intervenções que podem ser aprendidas, o que facilita a aplicação da Arquitetura em ambientes de EAD, cenário onde é possível alta escalabilidade, ou seja, a participação de um grande número de alunos, sem que haja prejuízo à qualidade do ensino e da aprendizagem.

Este modelo define os elementos principais do suporte computacional às APs no contexto apresentado, fornecendo também os conceitos básicos que nortearão a definição de uma Arquitetura de Referência. O modelo apresentado pode ser estendido para definir conceitos subjacentes e oriundos de Arquiteturas Pedagógicas, como os relacionados às questões subjetivas e comportamentais (individuais), que estão relacionadas às características gerais definidas no conceito de APs.

Há modelos de referência para serviços inteligentes em ambientes colaborativos flexíveis na web. Entretanto tais modelos são para propósitos gerais, ao passo que o abordado e apresentado nesta pesquisa tem como foco a representação de Arquiteturas Pedagógicas, com aprofundamento em seus componentes, conceitos, aplicações e objetivos. Este é o principal diferenciador do trabalho apresentado ante os já realizados.

O principal conceito abordado neste trabalho diz respeito à Arquitetura Pedagógica Derivada, que é aquela obtida a partir de registros de aprendizagem de Arquiteturas Pedagógicas, porém fornecendo informações implícitas do conhecimento derivado a partir da produção intelectual do aluno. O conteúdo destas Arquiteturas é obtido geralmente pelo uso de técnicas de análise qualitativa, envolvendo o processamento de linguagem natural e o emprego de algoritmos de aprendizagem de máquina e mineração de dados. Sua estrutura não deve ser diferente da estrutura de uma Arquitetura Pedagógica primária.

Capítulo 7

UM FRAMEWORK BASEADO NO MODELO DE REFERÊNCIA

Neste capítulo apresentamos um Framework baseado Modelo de Referência para representação de Arquiteturas de Aprendizagem baseadas em Ambientes Colaborativos Flexíveis na Web (ACFW). O Framework tem como objetivo fornecer o suporte computacional necessário para a Arquitetura Pedagógica. Para tal, especificamos sua Arquitetura de Referência e apresentamos cada um dos seus componentes.

7.1 Considerações Iniciais

Embora possua direcionamentos diferentes em áreas como Engenharia de Software e Inteligência Artificial, um *framework* ou arcabouço tem como objetivo reunir os elementos necessários para disponibilizar uma solução dentro de um domínio específico de um problema. Em Engenharia de Software o termo é utilizado para representar um conjunto de classes abstratas que devem descrever métodos (funcionalidades) a ser implementadas para direcionar soluções no domínio considerado. O *framework* apresenta o “esqueleto”, ou seja, a estrutura abstrata utilizada para solucionar um problema recorrente dentro de seu domínio, a partir de uma abordagem genérica. Uma vez disponibilizado o componente que implementa a funcionalidade, o foco então passa a ser a aplicação da solução em outros problemas do domínio, e não em escrita de código, ou seja: reusabilidade.

Frameworks conceituais, por sua vez, interligam conceitos que definem, em conjunto, como um problema dentro de um domínio deve ser compreendido (Jabareen, 2009). Em ambos os casos, *frameworks* devem representar um conjunto de elementos arquiteturais que definem como uma solução dentro de um domínio ou classe de problemas deve ser abordada. Desta forma, um *framework* descreve uma

Arquitetura de Referência que deverá ser tomada como base para a definição dos elementos componentes da solução proposta.

Uma Arquitetura de Referência deve apresentar as estruturas e suas integrações, de maneira a formar uma solução computacional com base em produtos e/ou serviços, de modo abstrato, independente de tecnologias utilizadas. Isto difere do Modelo de Referência, uma vez que este descreve os conceitos e relacionamentos dentro do domínio do problema, ao passo que uma Arquitetura deve ser mais clara ao definir componentes e entidades para a concepção de serviços. No entanto, os conceitos definidos no Modelo de Referência podem fornecer a base necessária para a definição dos componentes da Arquitetura, aprofundando o nível de abstração buscado no Modelo, através de um mapeamento dos conceitos e relacionamentos em componentes de serviços.

7.2 Descrição da Arquitetura de Referência

O conceito central do Modelo de Referência é “Arquiteturas Pedagógicas”. É a partir das interações entre os atores (alunos e professores) com as APs que se dará a criação dos registros de aprendizagem, que por sua vez nortearão a especificação de conhecimento derivado ou expandido, a partir do conhecimento explícito contido nos registros. Os serviços inteligentes, por sua vez, deverão utilizar estes dados para terceirizar tarefas ou aplicar técnicas de análise qualitativa para gerar conhecimento derivado.

Para desenvolver a Arquitetura de Referência fizemos as seguintes considerações, que acreditamos ser o ponto fundamental para diferenciar trabalhos já existentes do aqui proposto.

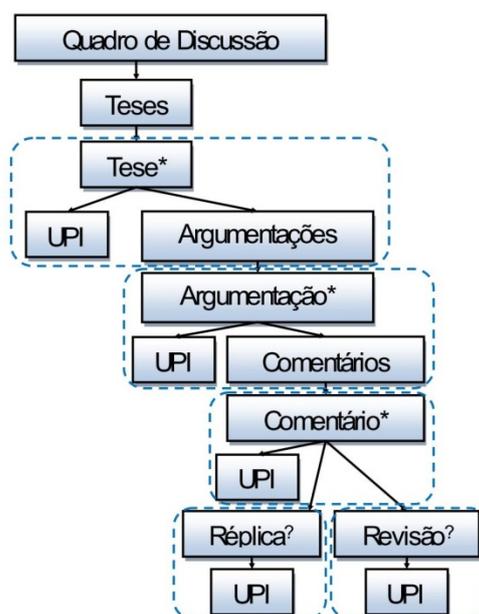
7.2.1 MOrFEU

O MOrFEU oferece em sua arquitetura a representação dos registros de aprendizagem através de UPIs (Unidades de Produção Intelectual), que por sua vez compõe uma estrutura denominada VCom (Veículo de Comunicação). Por ser um ambiente flexível para a Web, o MOrFEU permite que diversas estruturas de

aprendizagem possam ser modeladas em termos de VComs, documentos e UPIs, com a associação dinâmica e independente desses elementos. Assim, uma UPI pode estar relacionada, ao mesmo tempo, a diversos VComs. O fato de poder representar uma UPI com dados de diferentes formatos, como texto em linguagem natural, dados multimídia como vídeos, fotos e áudios, além de dados semiestruturados em formato XML, também oferece uma estrutura flexível à representação de registros de aprendizagem, contemplando assim diversos meios de representação de dados de Arquiteturas Pedagógicas.

Desta forma, a especificação das Arquiteturas Pedagógicas nesta Arquitetura de Referência será feita a partir dos elementos do MOrFEu, conforme descrito nos trabalhos de Leonardo Santos (2013) e Francisco Neto (Neto, 2017). Na Figura 3.1 podemos ver a representação diagramática do esquema de dados da AP Debate de Teses.

Figura 7.1 – Diagrama do esquema de dados para a AP Debate de Teses utilizando elementos do MOrFEu



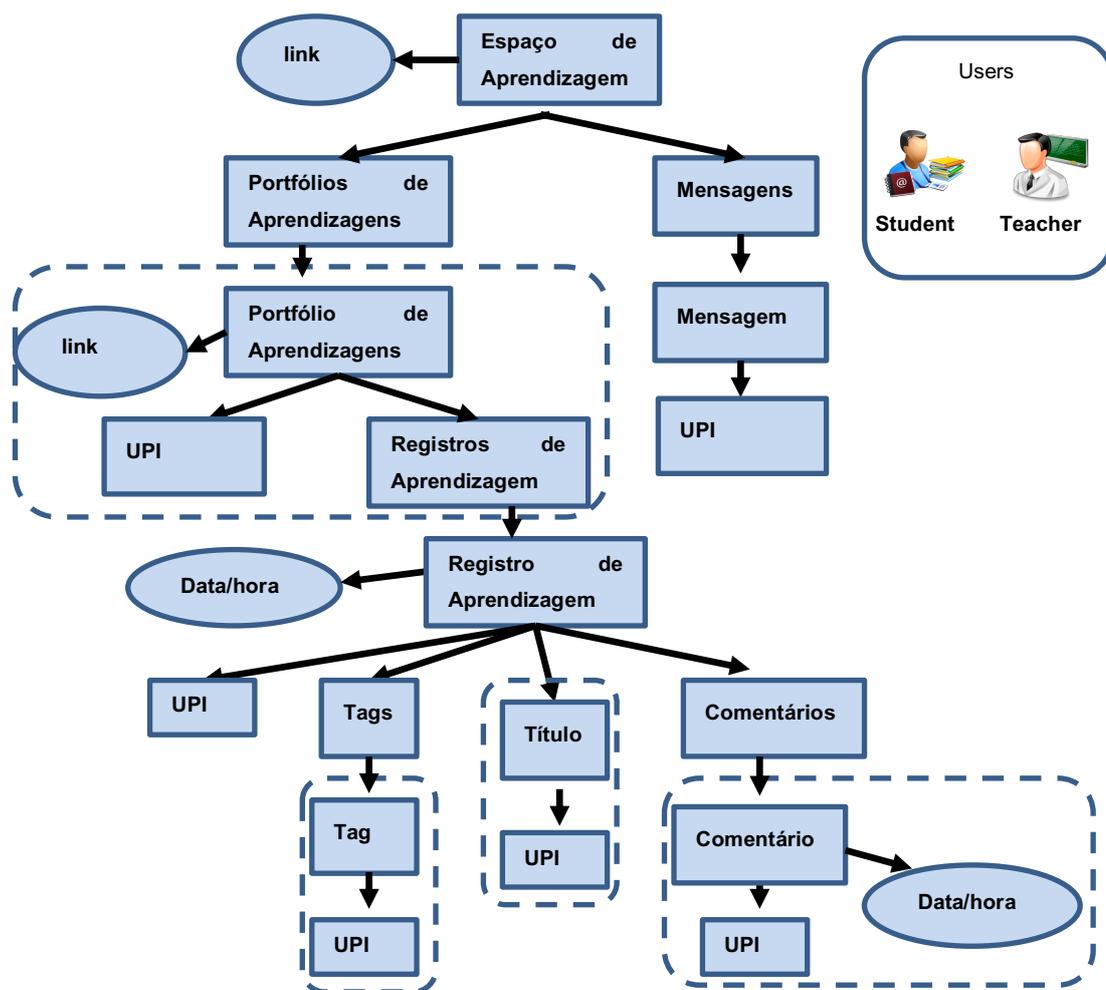
Fonte: (Santos, 2013)

Neto desenvolveu uma camada de serviços inteligentes a ser utilizada a partir de ambientes flexíveis como o MOrFEu. Sua arquitetura de referência contempla diversos conceitos abordados também neste trabalho. A principal diferença reside na especificação dos papéis dos usuários, em se tratando de suporte a Arquiteturas Pedagógicas. Professores e Alunos possuem papéis distintos e importantes, gerando elementos a partir de suas ações que viabilizam o conceito de Arquitetura Pedagógica.

Assim, a utilização de Aprendizagem de Máquina para ensinar a um Sistema Multiagente o padrão de comportamento de professores e alunos é apenas uma vertente de um suporte computacional à APs. É necessário também que o professor, ao desempenhar seu papel de facilitar do processo de aprendizagem, possa identificar, determinar e especificar características intrínsecas ao ambiente mas não explicitamente visíveis, que possam gerar informações importantes a partir dos registros. É o que denominamos de “conhecimento derivado” ou “conhecimento expandido” no Modelo de Referência.

Para especificar a Arquitetura Pedagógica “Portfólios de Aprendizagens” utilizando o modelo de dados do MORFEu, podemos utilizar UPIs, VComs e Documentos, conforme especificado na Figura 7.2.

Figura 7.2 – Diagrama do esquema de dados para a AP Portfólios de Aprendizagem



Fonte: O Autor

Neste modelo, é possível representar todos a AP através de elementos definidos a partir da arquitetura do MORFEu (Extendido). Os usuários do ambiente são alunos e professores/tutores. Estes interagem, gerando dados nas Unidades de Produção Intelectual (UPI), que por sua vez ficam armazenados em um SGBD Relacional MySQL (Santos, 2013). A arquitetura do MORFEu é baseada no modelo MVC (Model-View-Controller), um padrão de arquitetura de *software* baseado na divisão da aplicação em três componentes ou camadas:

- **Model** ou **Modelo**: camada responsável pela validação de dados, além de operações de leitura e escrita.
- **View** ou **Visão**: é a camada onde ocorre a interação com o usuário, onde os dados são exibidos.
- **Controller** ou **Controlador**: é a camada responsável por receber e processar as requisições dos usuários, controlando qual “model” será utilizado e qual “view” será mostrada ao usuário.

Assim, todas as funcionalidades relacionadas à interface com o usuário, como exibição dos elementos das APs, interação do aluno, intermediação do professor, entre outros, é processado no MORFEu pela camada “View”. Ela é especialmente importante na tarefa de especificação da AP. Além disso, é através dela que o professor irá relacionar os diversos elementos modelados através de UPIs e VComs, de forma a compor a AP. É nela também que os alunos definirão a estrutura de sua produção intelectual, como seus portfólios de aprendizagem. Também realizarão suas postagens a partir dela.

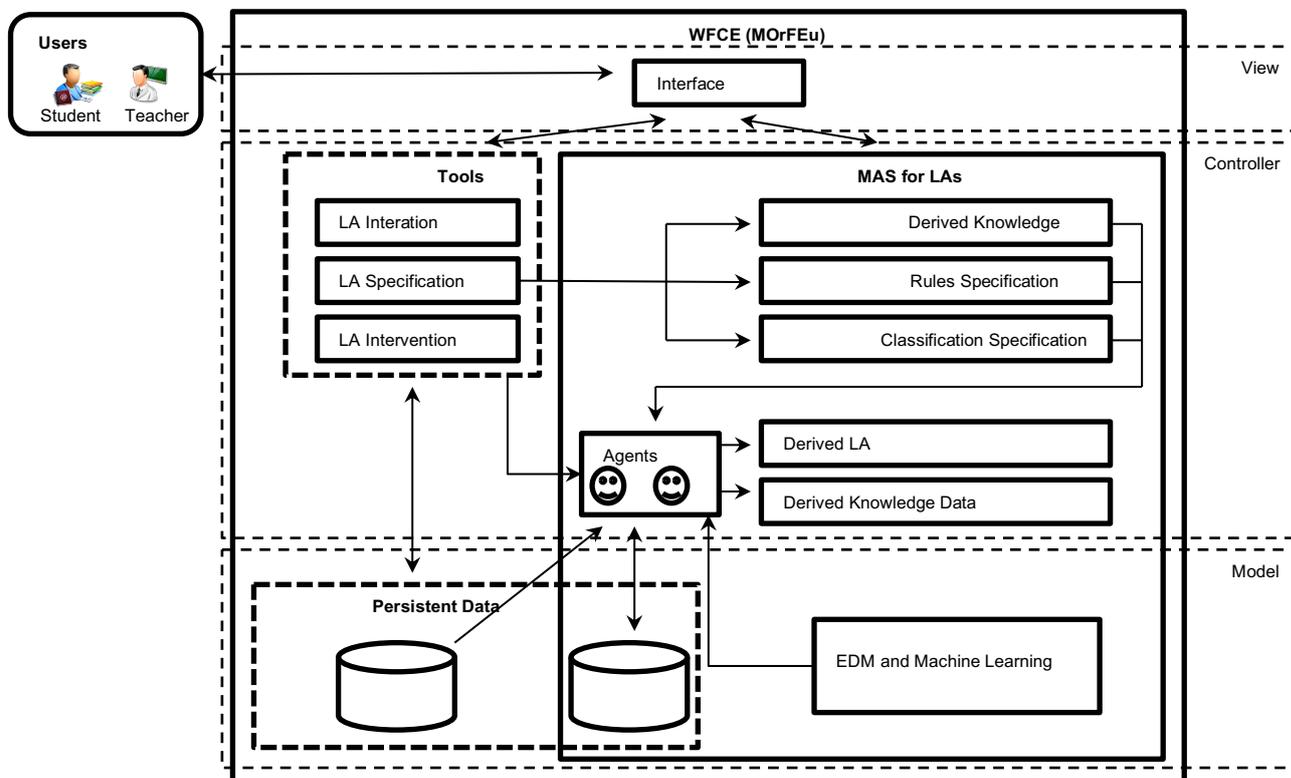
A camada “Model” é responsável pelas operações de leitura e escrita dos dados das APs na base de dados do MORFEu, que será a base de dados das Arquiteturas Pedagógicas. É a camada responsável por processar os comandos do usuário, validando dados por exemplo. Na camada do “Controlador” é feita a integração entre o usuário, através da interface, e os componentes do “Model”.

7.2.2 Representação da Arquitetura de Referência

Baseada no ambiente MORFEu para especificação das Arquiteturas Pedagógicas, o *framework* é baseado em um sistema multiagentes (*multiagent system* – MAS) não somente para aprender e realizar tarefas desempenhadas pelos professores e tutores mas também – e principalmente – para a especificação de

conhecimento derivado e regras de classificação e padrões. Sua arquitetura de referência é mostrada na Figura 7.3.

Figura 7.3 – Arquitetura de Referência para o framework



Fonte: O Autor

A arquitetura de referência tem como base a arquitetura utilizada no MOrFEU (*Web Flexible Collaboration Environment - WFCE*), que por sua vez utiliza o padrão MVC. Nela, as especificações de Arquiteturas Pedagógicas, Regras, Classificação e definição do que compõe o “Conhecimento Derivado” são feitas a partir da interface oferecida no próprio ambiente do MOrFEu.

Para melhor entendimento, fazemos a seguir uma descrição de cada elemento da Arquitetura de Referência.

7.2.2.1 Usuários (Users)

Seguindo o Modelo de Referência e em conformidade com os Requisitos elicitados, na Arquitetura a interação ocorre a partir dos usuários que podem ter papéis de Professor/Tutor ou Aluno. São agentes humanos na interação com o ambiente, que ocorrem a partir de sua interface. Possuem papéis definidos conforme o Modelo de

Referência e são responsáveis por gerar registros de aprendizagens e suas evidências, ao utilizar as ferramentas disponibilizadas no ambiente.

7.2.2.2 Interface

É o meio pelo qual os usuários acessam as ferramentas do ambiente para criar, interagir e manter as Arquiteturas Pedagógicas. Faz parte do Ambiente Flexível e é especificada na camada de Visão, de forma a oferecer, neste sentido, diferentes formas de interação com as Arquiteturas Pedagógicas, de acordo com o papel de cada usuário e suas permissões definidas no ambiente.

7.2.2.3 Ferramentas (Tools)

São as funcionalidades e serviços disponíveis no Ambiente Colaborativo Flexível na Web (MOrFEu), que permitem aos:

- Professores/Tutores: Definir e especificar as Arquiteturas Pedagógicas, além de realizar intervenções quando necessário.
- Alunos: Interagir com as APs, gerando dados a partir destas interações que serão utilizados pelos professores para compreensão do processo de aprendizagem e direcionamento do método pedagógico.

A partir da interação dos professores no ambiente, através de intervenções nas APs com as ferramentas, os agentes do SMA serão capazes de aprender intervenções de rotina ou automáticas, ficando então a cargo de suas execuções, deixando ao professor a responsabilidade de realizar intervenções mais objetivas e direcionadas, de forma que se alcancem os objetivos pedagógicos definidos nas APs.

A arquitetura permite a inclusão de novas ferramentas no ambiente, que por definição é flexível. Desta forma, tanto ajustes em Arquiteturas Pedagógicas já especificadas como características específicas adicionadas às APs para atender a cenários específicos podem ser efetuados utilizando-se os componentes da arquitetura de referência.

Para exemplificação, vamos utilizar a AP Portfólios de Aprendizagem em um cenário onde seja necessário adaptá-la para que seja inclusiva, permitindo a interação de alunos com deficiência visual em algum grau. Neste caso, a especificação de artefatos da AP utilizando somente dados textuais não atenderia à expectativa do aluno. Seria necessário utilizar outro meio para permitir o registro de aprendizagem e

as interações do aluno com o ambiente. Isto poderia ser realizado através da representação dos dados em multimídia, uma vez que uma UPI permite a utilização de dados não somente em formato textual, como também em diferentes mídias, como vídeo, som e imagem. Assim, o aluno poderia não somente fazer o registro de seu aprendizado em formato de arquivo de áudio, como também poderia ter acesso aos registros de seus colegas, também gravados em formato de arquivo de áudio.

7.2.2.4 Banco de Dados (RDBMS)

Os dados produzidos a partir das interações entre professores e alunos com o ambiente devem estar armazenados em uma camada persistente, de forma que independam da disponibilidade do ambiente. Desta forma, é necessário um serviço de gerenciamento de banco de dados na camada “model” para armazenamento destes dados.

O serviço deve ser utilizado pelas ferramentas do ambiente para especificação e interação com as Arquiteturas Pedagógicas. Pode também ser utilizado pelo sistema multiagentes para obtenção dos dados necessários para:

- Aprender como ocorrem as intervenções dos professores junto às APs;
- Obter os dados sobre os quais possam aplicar técnicas de IA (EDM e Machine Learning) e gerar então os dados do conhecimento derivado em uma base de conhecimento.

Tanto os professores quanto os agentes inteligentes podem fazer uso de dados explícitos e implícitos (como data e hora das operações, usuário que realizou, local, etc.) envolvidos em cada interação, a fim de uma melhor compreensão do processo de aprendizagem como um todo. Isto será importante para que seja definido o que se espera obter a partir dos registros gerados.

7.2.2.5 Base de Conhecimento (Knowledge Base - KB)

De acordo com o Modelo de Referência, a Base de Conhecimento é utilizada:

1. Pelos agentes do SMA para representar (formalmente) fatos do ambiente das APs que possam ser utilizados a partir da aplicação de técnicas de Mineração de Dados e Aprendizagem de Máquina para descrever aspectos de aprendizagem obtidos a partir dos dados gerados no banco de dados. Também é utilizada para representar características

de intervenção em APs realizada pelos professores, criando assim uma base de treino para que os agentes possam então, utilizando Aprendizagem Supervisionada, inferir o comportamento do professor diante de situações semelhantes observadas no ambiente e assim repetir este comportamento.

2. Pelos professores, ao criar regras de associação e classificação que podem ser utilizadas pelos agentes para obter os aspectos conforme descrito em 1.

A base de conhecimento poderá compartilhar a mesma infraestrutura do banco de dados, utilizando para isso o serviço de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) ou então estar baseada em um sistema formal de lógica de primeira ordem, com os dados armazenados em formato XML no próprio sistema de arquivos do servidor do ACFW.

7.2.2.6 Arquitetura Pedagógica Derivada (Derived LA)

Uma AP Derivada deve ser representada utilizando-se a mesma estrutura de uma AP primária. A diferença entre as mesmas reside no conceito de interação, pois ao passo que uma AP reflete o processo de construção do conhecimento a partir dos registros de aprendizagem gerados a partir da interação dos alunos, professores e tutores no ambiente virtual, em uma AP Derivada estes registros são a base para a geração de conteúdo, que pode ser feito por agentes inteligentes ou por professores e tutores, desde que venham a servir de base para que os agentes possam utilizá-los e gerar o restante do conteúdo.

Para a geração dos registros de conhecimento derivado os agentes podem utilizar métodos de análise qualitativa, baseadas em processamento de linguagem natural (NLP) para compreensão do conteúdo textual, como Técnicas de Mineração de Dados Educacionais (Educational Data Mining – EDM) e Aprendizagem de Máquina (Machine Learning), que podem ser utilizadas em diversos cenários em Arquiteturas de Aprendizagem, como:

1. Compreensão de comportamento dos participantes do ambiente, estabelecendo classes e padrões de acordo não somente com o conteúdo produzido como também através de padrões de interação, o que pode auxiliar o professor a direcionar de forma mais eficaz suas intervenções nas APs.

2. Compreensão do conteúdo produzido, através de agrupamento por tema/assunto abordado ou por meio da classificação do conteúdo conforme tipificação prévia a partir de características que podem ser identificadas no corpo do texto. Este tipo de abordagem pode auxiliar o professor a identificar, por exemplo, se uma AP que deva levar a uma abordagem reflexiva de seus alunos de fato o está fazendo ou se é necessário alguma intervenção para identificar pontos “fora da curva” e trazê-los novamente para o caminho correto.

Estes algoritmos devem estar associados ao ambiente virtual de aprendizagem, pois devem ser capazes de compreender a estrutura dos registros de aprendizagem das APs primárias e, da mesma forma, devem gerar conteúdo das APs Derivadas seguindo esta mesma estrutura.

7.2.2.7 Agentes

Os agentes possuem papel importante na arquitetura, pois é através de suas ações que é possibilitada ao educador a compreensão do processo de aprendizagem, fator essencial para alcançar os objetivos definidos na arquitetura pedagógica.

Para executar suas ações necessitam utilizar técnicas de aprendizagem de máquina e mineração de dados, bem como bases de dados: o acesso ao repositório de dados gerados a partir das interações com as APs e uma base de conhecimento, contendo regras e associações que serão utilizadas pelas técnicas de análise, geradas não somente pelos agentes como também por professores e tutores.

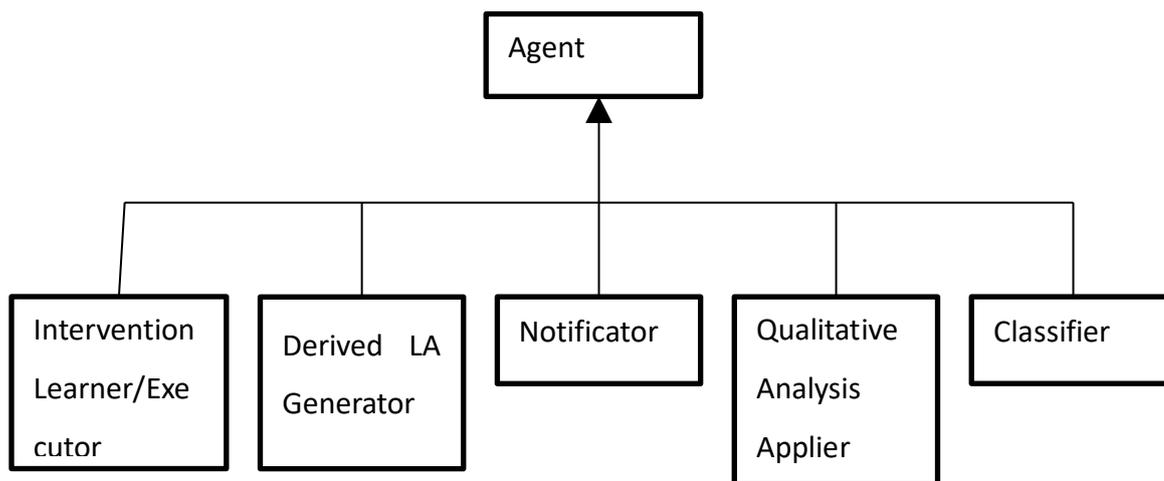
Podem desempenhar os seguintes papéis no ambiente:

- **Aprendiz/Executor de intervenções em APs:** são os responsáveis por observar o comportamento dos professores e tutores em suas interações com as APs, identificar intervenções frequentes, registrá-las na base de conhecimento e efetuar intervenções aprendidas de forma automática.
- **Gerador de APs Derivadas:** são os responsáveis por gerar os registros de aprendizagem derivados a partir de registros em APs primárias ou mesmo em APs Derivadas. Utilizam-se de serviços de agentes

- **Notificador:** responsáveis por emitir notificações tanto a alunos quanto a professores, especialmente em situações relacionadas a prazos para cumprimentos de tarefas, tanto proximidade quanto ao “estouro”. Também podem ser configurados pelos professores para emitir notificações quando determinados padrões comportamentais forem observados, como alunos com poucas interações nas APs.
- **Aplicadores de Análise Qualitativa:** Estes agentes são os responsáveis por executar algoritmos que implementam técnicas diversas de EDM e Machine Learning, bem como análise de conteúdo através de técnicas como Processamento de Linguagem Natural. Os algoritmos utilizados devem estar associados ao ambiente, pois a estrutura utilizada tanto para os dados de entrada quanto de saída deve ser a mesma, que é a utilizada para representar Arquiteturas Pedagógicas. Para cada técnica pode haver um agente especialista em executá-la, conhecendo sua interface e produzindo corretamente sua saída.
- **Classificador:** Este agente é o responsável por intermediar a representação de regras e padrões, como classificação de dados, do professor junto ao ambiente. Estas regras e padrões são armazenados na base de conhecimento para que possam ser utilizadas pelos agentes executores de EDM e ML na aplicação de técnicas que utilizem os padrões armazenados e produzam informações para dados ainda não classificados. Podemos ter como cenário de exemplo o problema da classificação de postagens nos portfólios. Este agente seria utilizado pelo professor para classificar uma base de treinamento, que depois seria utilizada por algoritmos de classificação a partir dos executores, gerando classificações para novos indivíduos (postagens).

Os agentes são representados na Figura 7.4.

Figura 7.4 – Arquitetura de Agentes do SMA do framework



Fonte: O Autor

Para a oferta de serviços e interação com os usuários e outros agentes, os agentes devem contar com um **Protocolo de Interação**, onde deverão ser especificados os tipos de cada agente, bem como o(s) serviço(s) ofertado e sua interface (parâmetros de entrada e saída). O protocolo também deve ser utilizado para incluir novos agentes no ambiente, identificando-o e tornando-o disponível dentro do SMA, assim como descrever e oferecer o processo necessário para sua exclusão.

7.2.3 Mapeamento do Modelo de Referência para a Arquitetura

A Arquitetura de Referência tem como base o Modelo de Referência apresentado. Portanto, seus elementos devem comportar os conceitos e relacionamentos do Modelo, permitindo assim a especificação de APs em um ACFW, com a utilização de uma camada de serviços inteligentes para dar suporte ao uso de técnicas de Mineração de Dados e Aprendizagem de Máquina na formalização do conhecimento implícito das APs.

Deste modo apresentamos no Quadro 7.1 a equivalência entre conceitos do modelo e elementos da arquitetura de referência.

Quadro 7.1 – Equivalência entre conceitos do modelo e elementos da arquitetura de referência

Conceito do Modelo	Elemento da Arquitetura
Professor	Professor
Aluno	Aluno
Arquitetura Pedagógica	Arquitetura Pedagógica (VCom e UPIs)
Produção Intelectual	UPI
Ambiente	ACFW (MOrFEu)
Intervenção	Ações registradas nos Logs do SGBD

Serviços Inteligentes	Sistema Multiagentes (SMA)
Base de Dados	SGBD do ACFW
Base de Conhecimento	Base de Conhecimento (SGBD)
Conhecimento Derivado	Aplicação de EDM e ML nas APs primárias
Arquitetura Pedagógica Derivada	APs formadas pelos registros de conhecimento derivado gerado pelos serviços inteligentes

Fonte: O Autor

7.3 Cenários de Uso da Arquitetura de Referência

Para descrever como a Arquitetura de Referência pode dar suporte computacional às APs em um ACFW com suporte inteligente para especificação de conhecimento derivado e aplicação de técnicas de análise qualitativa, vamos especificar alguns cenários de utilização.

7.3.1 Cenário 1 – Entendendo os assuntos abordados nos portfólios de aprendizagem

Neste cenário vamos considerar a AP Portfólios de Aprendizagem e a interação de alunos durante um determinado período (um semestre, por exemplo), onde cada registro de aprendizagem é caracterizado por um assunto, um conteúdo (texto em linguagem natural) e *tags* relacionadas ao registro. Cada registro é identificado também, implicitamente, por data e hora de sua criação.

A especificação da AP é realizada através do ACFW MOrFEu, utilizando os conceitos de VComs, Documentos e UPIs, conforme já mostrado na Figura 7.2. A interface é oferecida pelo próprio ambiente, cabendo ao professor especificar as UPIs e seus relacionamentos que identificarão a composição dos VComs. Os alunos, por sua vez, devem utilizar a estrutura especificada para criar suas UPIs, compondo desta forma os documentos necessários para caracterizar os portfólios.

Após os alunos terem criado seus registros de aprendizagem, o professor pode utilizar um agente do SMA com capacidade para:

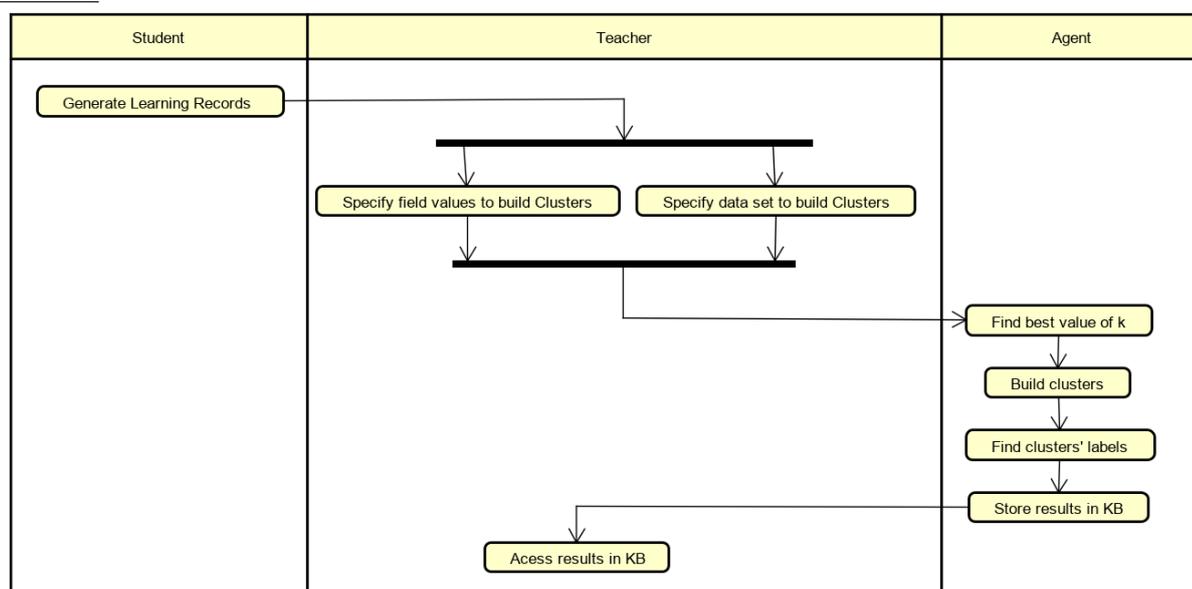
1. Ler as UPIs de documentos de diversos alunos, especificados pelo professor, para extrair os termos ocorrentes nestes registros, que podem estar no corpo do texto, no título ou nas *tags* definidas pelo aluno e gerar uma matriz onde cada linha representa um termo da coleção cada coluna

- um registro de aprendizagem, tendo como valor o peso do termo no documento (representado pelo tf-idf, por exemplo);
2. Aplicar na matriz gerada (*bag of words*) um algoritmo de aprendizagem não supervisionada, como o *k-means*, por exemplo, para gerar *clusters* contendo, em cada um, documentos que de alguma forma possam estar abordando temas semelhantes;
 3. Também poderia ser utilizado um segundo agente para, baseado nos *clusters* gerados, utilizar uma técnica de rotulação baseada em rótulos de centroides, por exemplo, para estabelecer que termos compõem o assunto abordado em cada *cluster*.

Os dados gerados pelos agentes podem ser armazenados na base de dados do ACFW MOrFEu, em UPIs, em formato de documentos XML. Desta maneira, os agentes, assim como os usuários do ambiente, também utilizariam a própria estrutura de dados suportada pelo ambiente para especificar seus dados de entrada e saída.

Os termos que definem cada grupo podem ser utilizados, inclusive, para geração automática de *tags*, dispensando assim o aluno de realizar esta tarefa. Neste caso, os agentes escreveriam o resultado da aplicação do algoritmo na base de conhecimento, não na base de dados do ACFW, mas as UPIs das duas bases podem ser relacionadas, gerando uma única visão para o usuário, com os dados dos registros dos portfólios e as *tags* geradas. A Figura 7.5 apresenta um diagrama das atividades descritas no cenário 1.

Figura 7.5 – Diagrama de Atividades do Cenário 1



Fonte: O Autor

7.3.2 Cenário 2 – Classificando os registros dos portfólios

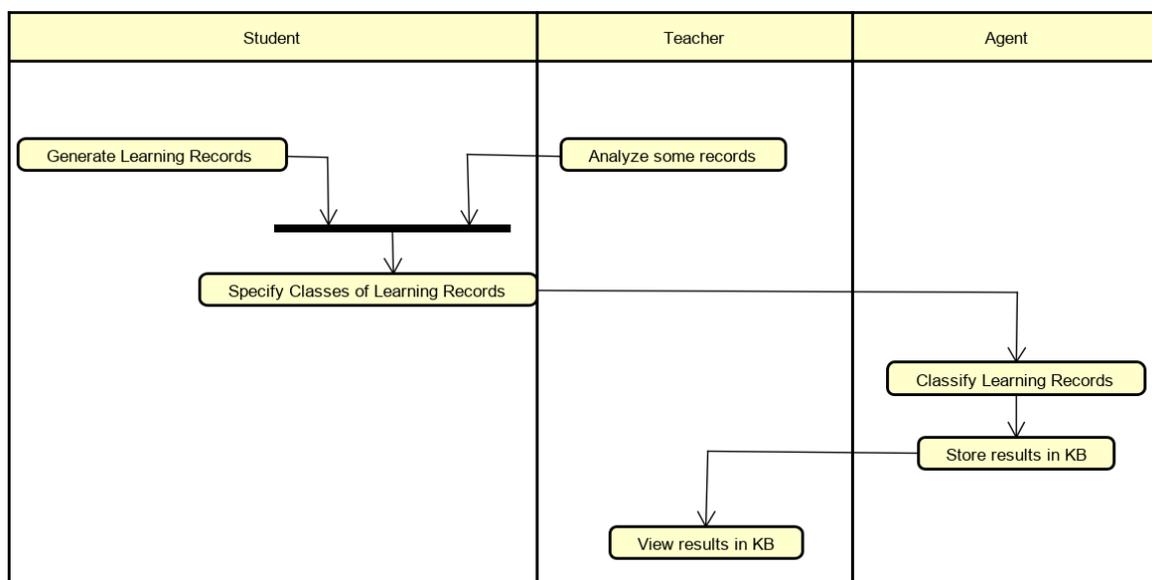
Outro cenário em que o *framework* pode ser utilizado diz respeito ao problema de classificação dos registros de aprendizagens dos portfólios. Uma forma de solucioná-lo é apresentada na AP “Análise das Postagens” (Menezes, Nevado, & Ziede, 2018). Nela as análises dos registros são feitas por pares, onde cada um analisa suas próprias postagens e depois a postagem do outro participante. Por fim, em uma etapa de “conciliação”, as divergências são resolvidas e cada registro é então avaliado como “problematizador”, “reflexivo” ou “descritivo”. O suporte computacional requerido é baseado em formulários contendo a lista dos registros de aprendizagem (postagem) de cada indivíduo e um espaço para a classificação de cada um. Também é necessário que a aplicação permita a produção da lista de divergências e para o registro das conciliações.

O problema relatado é tipicamente de Classificação, onde a partir de dados de entrada (não em grande número) se deseja atribuir um rótulo a eles, de natureza distinta. Para isto é necessário que haja um conjunto pré-definido já classificado, denominado de “base de treino”, a partir dos quais algoritmos poderão basear-se para classificar os demais dados (aprendizagem supervisionada). Assim, a classificação realizada por agentes humanos é necessária para uma parte dos dados, mas não para todos. Dados que não façam parte da base de treino e novos dados podem ser

classificados por algoritmos de aprendizagem supervisionada, implementados e utilizados por agentes do SMA, que podem executar esta tarefa de forma automática ou instado a partir de um professor (agente humano).

Para isso os dados dos registros, armazenados na base estruturada (SGBD), seriam utilizados primeiramente por professores (e por alunos) para gerar os dados de treino na base de conhecimento, utilizando a estrutura de UPI em formato XML. Estes dados seriam então utilizados por um ou mais agentes contendo o código do algoritmo de classificação para gerar dados também em uma UPI com a classificação gerada pela execução da técnica escolhida na base de conhecimento. Os dados da base de treino poderiam ser gerados da mesma forma que na AP “Análise de Postagens” ou, para simplificar o processo, apenas por um especialista – no caso um professor – uma vez que não seria mais necessário classificar todos os registros, apenas uma fração. O restante ficaria a cargo do algoritmo de *Machine Learning*. A Figura 7.6 apresenta um diagrama das atividades descritas no cenário 2.

Figura 7.6 – Diagrama de Atividades do Cenário 2



Fonte: O Autor

7.3.3 Cenário 3 – Notificação aos alunos

Neste cenário vamos explorar uma situação de intervenção do professor na AP Portfólio de Aprendizagens, onde o mesmo insta o aluno a produzir conteúdo sobre suas reflexões de aprendizagem.

Neste cenário, o professor especifica na AP as tarefas que devem ser cumpridas e estipula prazos para que os registros possam ser criados. O aluno então deve interagir com a AP para criar os registros de aprendizagem nos seus portfólios, bem como interagir com seus colegas ao produzir comentários sobre os registros por eles gerados. Já o professor deve interagir com a AP ao verificar, com certa frequência, se os alunos estão de fato produzindo seus registros e/ou interagindo com seus pares.

Para isso, vamos supor que diariamente o professor faça “login” no ambiente e verifique os registros gerados por alunos de uma determinada turma, por exemplo. Se após uma semana um aluno não produzir nenhum registro, o professor então o notifica diretamente, questionando o que o impossibilitou de produzir os registros. Esta notificação pode inclusive ser feita extra-ambiente, através de um clique no e-mail do aluno, chamando um programa externo de correio eletrônico, por exemplo.

Em um cenário como esse, um agente aprendiz de intervenções pode atuar “aprendendo” as ações do professor de verificar diariamente a produção de conteúdo, gerando então evidências desta tarefa na base de conhecimento. Um agente executor de intervenções pode então passar a cumprir o papel do professor, ao diariamente disparar um processo para verificar a produção de conteúdo para uma determinada turma. Caso verifique que em um determinado período um ou mais alunos não produziram registros de aprendizagem, pode comunicar-se com um agente notificador, solicitando a este que gere uma notificação ao aluno alertando-o para a produção de conteúdo.

Embora um cenário como o aqui descrito possa ser contemplado pelo *framework* descrito por Neto (2017), há diferenças entre as abordagens propostas, pois:

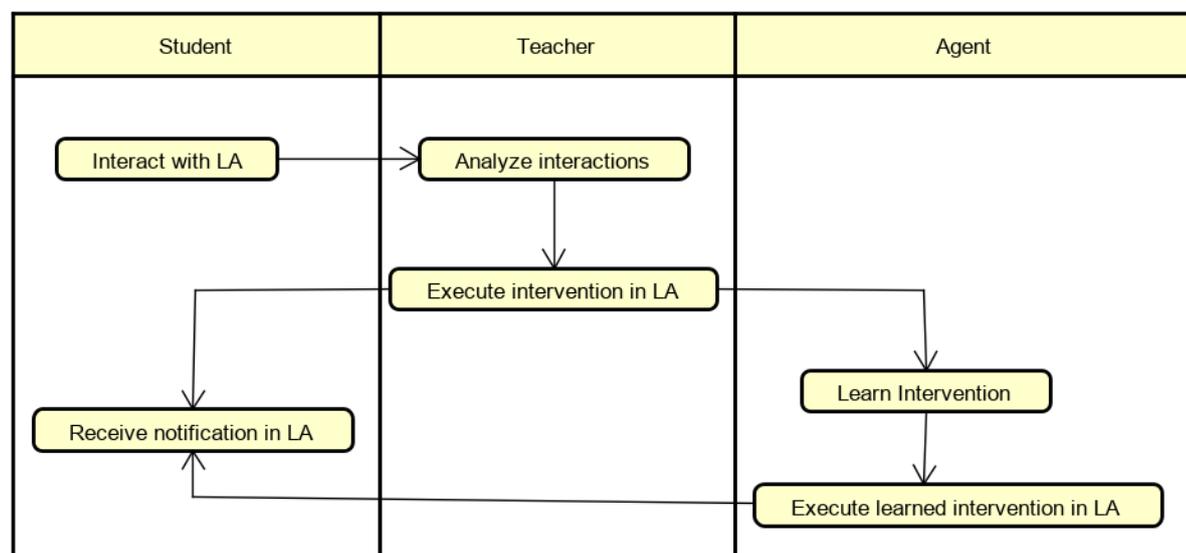
1. O trabalho de Neto não abrange especificamente arquiteturas pedagógicas, mas a aplicação de serviços inteligentes em qualquer modelo suportado por um ACFW. Neste caso, estamos dando suporte

às arquiteturas de aprendizagem, levando em consideração seus fundamentos, modelos, objetivos pedagógicos e atores envolvidos;

2. No SMA proposto neste trabalho, não há o conceito de “tarefa”, mas sim de “intervenção”, sendo esta aplicada somente ao professor, não a qualquer usuário do ambiente, ou seja, não há aprendizado de tarefas executadas pelos alunos, por exemplo.

Além disso, a camada de serviços inteligentes deste *framework* não se destina apenas a “aprender” intervenções efetuadas pelo professor nas arquiteturas pedagógicas, mas principalmente a permitir que este possa especificar que tipo de conhecimento pode ser derivado da produção acadêmica do aluno em sua interação com a AP, utilizando assim os agentes para gerar dados a partir desta especificação. Neste sentido, a aprendizagem de intervenções e sua automatização por agentes, conforme descrito neste cenário, é apenas um aspecto abrangido pelo *framework* proposto. A Figura 7.7 apresenta um diagrama das atividades descritas no cenário 3.

Figura 7.7 – Diagrama de Atividades do Cenário 3



Fonte: O Autor

7.4 Considerações Finais

Apresentamos neste capítulo um *framework* através de sua Arquitetura de Referência para representar os conceitos abordados no Modelo de Referência, onde

o suporte computacional para arquiteturas pedagógicas especificadas em ambientes colaborativos flexíveis para a web, utilizando também uma camada de serviços inteligentes através de um sistema multiagente para permitir que o professor possa especificar e representar características da AP relacionadas ao conhecimento produzido e retratado nos registros de aprendizagem.

Por se tratar de um ambiente flexível, o *framework* permite a inclusão de ferramentas específicas para contemplar situações peculiares do processo de construção do conhecimento, assim como também definido no modelo de referência. Ferramentas que abordem inclusão e permitam a interação de alunos por meios não convencionais podem ser agregadas ao ambiente, utilizando-se para isso da estrutura fornecida pelo ACFW, que permite o uso não somente de textos como também de dados multimídia e semiestruturados.

O sistema multiagente proposto no *framework* age não somente reproduzindo atividades realizadas pelo professor no ambiente, como também permite que a partir das especificações deste possam ser aplicadas técnicas de Mineração de Dados Educacionais e Aprendizagem de Máquina, visando gerar informações sobre o conhecimento derivado dos registros de aprendizagem, que trazem o conhecimento explícito do aluno. Desta forma, a ação do *framework* é mais objetiva no que tange ao suporte às APs respeitando suas características epistemológicas e pedagógicas e focando o professor no alcance dos objetivos pedagógicos.

Capítulo 8

CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentamos os resultados obtidos durante a execução da pesquisa. Também expomos as limitações e dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do trabalho. Por fim, discorremos sobre os caminhos de continuidade do trabalho, perspectivas e novas fronteiras geradas a partir dos resultados alcançados.

8.1 Revendo o trajeto

A investigação aqui relatada teve como ponto de partida o portfólio digital, um recurso pedagógico amplamente utilizado e adequadamente fundamentado que, no cenário corrente de cultura digital com tecnologias ubíquas massivamente conectadas, tornou-se ainda mais popular inclusive por seu potencial para organizar os percursos de aprendizagem de um indivíduo ou grupos em meio a uma miríade de informações que se torna cada vez maior. Então como orientar a concepção e desenvolvimento de portfólios digitais de aprendizagem no complexo contexto atual? Como pensar tais estruturas tendo como parte integrante um ecossistema tecnológico extremamente heterogêneo e dinâmico? Como representar os diferentes aspectos envolvidos e os diferentes tipos e níveis de conhecimento?

Em busca de resposta a questões como essas, este trabalho teve como foco a formalização dos portfólios digitais de aprendizagem, partindo da análise de seus objetivos, características, usos e evolução, adotando o paradigma de arquiteturas pedagógicas como elemento estruturante e caracterizando uma plataforma tecnológica situada, mas não limitada ao estado da arte atual. Essa arquitetura pedagógica possibilitou a concepção de modelos de representação específicos,

usados para a construção de um modelo de referência a partir do qual um arcabouço formal (framework) foi definido.

O arcabouço e artefatos conceituais produzidos ao longo dessa pesquisa reforçam ou criam um arsenal para a organização formal dos portfólios digitais de aprendizagem e sua incorporação nas plataformas tecnológicas atuais e vindouras.

8.2 Resultados Obtidos

A seguir listamos os principais resultados obtidos ao longo da investigação:

1. A **caracterização dos portfólios** digitais através de pesquisa bibliográfica e de análise in deep (estudo de caso) de aplicação dos mesmos em situação real de uso envolvendo ação de formação básica de professores.
2. A concepção de **uma arquitetura pedagógica**, descrevendo explicitamente pressupostos pedagógicos e epistemológicos dos portfólios e aderente ao cenário de cultura digital da atualidade.
3. A especificação do **suporte computacional**, um dos elementos centrais da arquitetura, onde recursos/componentes como o agrupamento temático automático, teve validação experimental dos recursos elencados.
4. A construção de diferentes **modelos de representação**, adaptáveis a diferentes cenários de uso dos portfólios de aprendizagem.
5. A definição de um **modelo de referência** que unifica a representação de uma classe de arquiteturas pedagógicas, aquelas que buscam estruturar os portfólios, através de recursos simples e precisos – a teoria dos conjuntos e a lógica de primeira ordem.
6. A definição de um **framework** que **formaliza a representação** de arquiteturas pedagógicas que descrevem e implementam portfólios digitais de aprendizagem.

8.3 Limitações

Embora fundamentado em registros extensos de uso de portfólios de aprendizagem (a análise *in deep* desenvolvida neste trabalho considerou uma parcela de cerca de 20% do total de 350 estudantes de graduação que fizeram registros nos respectivos portfólios ao longo dos 6 períodos do curso), e dos testes e verificações de consistência interna, os resultados da pesquisa são artefatos conceituais para concepção e formalização de portfólios, que podem facilitar o compartilhamento e a integração entre diferentes plataformas. Essas características não foram, entretanto, analisadas nesta investigação. Também não foram considerados diferentes níveis ou sistemas de ensino, não havendo, portanto, evidências contrárias ou favoráveis à adoção do framework na concepção e desenvolvimento de portfólios. Por fim, os artefatos gerados são propositivos (não obrigatórios), portanto sua adoção depende diversos fatores que não estão no alcance dessa pesquisa.

8.4 Lições aprendidas

Nossa formalização dos portfólios de aprendizagem incorpora um conjunto não exaustivo de boas práticas identificadas nos levantamentos realizados, o que exigiu uma etapa não prevista de elicitação de tais práticas, e que ao longo do trabalho se mostrou determinante para representar estratégias e práticas implícitas na implantação dos portfólios.

8.5 Trabalhos Futuros

O necessário recorte desta investigação sugere desdobramentos naturais a partir de limitações já identificadas, por exemplo:

- investigar o compartilhamento e a integração entre diferentes plataformas;
- validar o framework em diferentes contextos, especialmente níveis de ensino e sistemas educacionais;
- investigar a representação de portfólios em diferentes granularidades, possibilitando diferentes níveis de correspondência com a realidade, no sentido do atomismo lógico proposto por Bertrand Russell;
- de modo a incentivar a adoção do framework, seria importante que a mesma fosse “embarcada” em uma plataforma de apoio a definição de arquiteturas pedagógicas, possivelmente em projeto institucional com capilaridade, recursos e demanda apropriados.

8.6 Publicações

Dentro do contexto deste trabalho foram publicados dois artigos em conferências, sendo uma nacional e outra internacional:

- “Uma Arquitetura Pedagógica para Representar Portfólios Digitais de Aprendizagem” (Soares, André & Castro, Alberto), apresentado como artigo completo no CBIE 2018 e publicado nos anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018), qualificado com extrato CAPES A3.
- “Grouping and Labeling in Digital Learning Portfolios” (Soares, André & Castro, Alberto), apresentado como *poster paper* e publicado nos anais da 19th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2019), qualificado com extrato CAPES A3.

REFERÊNCIAS

- Alexiou, A., & Paraskeva, F. (2010). Enhancing self-regulated learning skills through the implementation of an e-portfolio tool. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3048–3054. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.463>
- Alhawiti, K. M. (2014). Natural Language Processing and its Use in Education. *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 5(12), 72–76. http://thesai.org/Downloads/Volume5No12/Paper_10-Natural_Language_Processing.pdf
- Araújo, Z. R., & Alvarenga, G. M. (2006). Portfólio: uma alternativa para o gerenciamento das situações de ensino e aprendizagem. *Estudos Em Avaliação Educacional*, 17(35), 187–210. <http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/eae/article/view/2114/2072>
- Baeza-Yates, R., & Ribeiro-Neto, B. (1999). *Modern Information Retrieval (I)*. Addison-Wesley.
- Baker, R. S. J. D., & Yacef, K. (2009). The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3–16. <https://doi.org/http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ASE.2003.1240314>
- Barret, H. C., & Garret, N. (2009). Online Personal Learning Environments: Structuring Electronic Portfolios for Lifelong and Life Wide Learning. *On the Horizon*, 17(2), 142–152. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Becker, F. (1992). O que é Construtivismo ? *Revista de Educação AEC*, 21(83), 7–15.
- Becker, F. (2012). *Educação e construção do conhecimento* (Editora Penso (ed.); 2nd ed.). Penso.
- Behar, P. A., Passerino, L., & Bernardi, M. (2007). Modelos Pedagógicos para Educação a Distância: pressupostos teóricos para a construção de objetos de aprendizagem. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias Na Educação*, 5(2), 25–38. http://www.moodle.ufba.br/file.php/12636/Documentos_sobre_a_EAD/EAD.pdf
- Carvalho, A. M. S. de. (2001). Portfólio na educação. *Revista de Letras*, 1(23), 97–101.
- Carvalho, M. J. S., Nevado, R. A. de, & Menezes, C. S. de. (2005). Arquiteturas Pedagógicas para Educação a Distância: Concepções e Suporte Telemático. *XVI Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação*, 1(1), 351–360. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2005.351-360>
- Charczuk, S. B., & Menezes, C. S. de. (2008). A Utilização De Blogs Como Portfólio De Aprendizagens e Procedimento de Avaliação Interdisciplinar no Curso de

- Pedagogia a Distância (PEAD/UFRGS). *I Seminário Webcurrículo*, 1–8.
- Chowdhury, G. G. (2003). Natural language processing. *Annual Review of Information Science and Technology*, 37(1), 51–89. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000464>
- Correia, L. C., & Souza, N. A. de. (2014). Portfólio na promoção da autoavaliação da aprendizagem: a educação infantil sob foco. *Nuances: Estudos Sobre Educação*, 25(3), 79–99. <http://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/viewFile/3200/2707>
- Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P. (1993). What Is a Knowledge Representation? *AI Magazine*, 14(1), 17–33. <https://doi.org/10.1609/aimag.v14i1.1029>
- Demo, P. (2005). Teoria e prática da avaliação qualitativa. *Perspectivas.*, 4(7), 106–115.
- Fajardo, R. A. dos S. (2017). Teoria dos Conjuntos. *Notas de Aula Da Disciplina Teoria Dos Conjuntos (IME-USP)*, 105. <https://www.ime.usp.br/~fajardo/Conjuntos.pdf>
- Garner, S. R. (1995). Weka: The waikato environment for knowledge analysis. *Proceedings of the New Zealand Computer Science Research Students Conference*, 57–64.
- Grayling, A. C. (2002). Epistemology. In N. Bunnin & E. P. Tsui-James (Eds.), *The Blackwell Companion to Philosophy* (2nd ed., pp. 37–60). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1111/b.9780631219088.2002.x>
- Hessen, J. (2000). *Teoria do Conhecimento* (1st ed.). Ed. Martins Fontes.
- Jabareen, Y. (2009). Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(4), 49–62. <https://doi.org/10.1177/160940690900800406>
- Kant, I. (2001). *Crítica da Razão Pura* (5th ed.). Fundação Calouste Gulbenkian.
- Kodinariya, T. M., & Makwana, P. R. (2013). Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, 1(6), 90–95.
- Locke, J. (1999). *Ensaio Acerca do Entendimento Humano*. Editora Nova Cultural.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2009). An Introduction to Information Retrieval. In *Cambridge University Press* (Issue Online edition). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1109/LPT.2009.2020494>
- Menezes, C. S. de, Nevado, R. A. de, & Ziede, M. K. L. (2018). Um Framework para o Desenvolvimento de Arquiteturas Pedagógicas para Aprendizagem Ativa. *XXIX Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação*, 29(1), 447–456. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.447>
- Neto, F. A. de A. (2017). *Um Framework para Criação de Serviços Inteligentes em*

Ambientes Flexíveis na Web. Universidade Federal do Amazonas.

- Pajk, D., Indihar-Stemberger, M., & Kovacic, A. (2012). Reference model design: An approach and its application. *Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, ITI*, 455–460. <https://doi.org/10.2498/iti.2012.0419>
- Paulson, F. L., Paulson, P. R., & Meyer, C. a. (1991). What Makes a Portfolio a Portfolio? In *Educational Leadership* (p. 4).
- Plotnick, E. (1997). Concept mapping: a graphical system for understanding the relationship between concepts. In *ERIC Clearinghouse on Information and Technology*. <http://www.ericdigests.org/1998-1/concept.htm>
- Rezende, F. (2002). As Novas Tecnologias na Prática Pedagógica sob a Perspectiva Construtivista. *ENSAIO - Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 02(1), 1–18.
- Rief, L. (1990). Finding value in evaluation: Self-assessment in a middle school classroom. *Educational Leadership*, 47(6), 24–29. http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=EJ405132&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=EJ405132
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational Data Mining: A Review of the State of the Art. *Trans. Sys. Man Cyber Part C*, 40(6), 601–618. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2053532>
- Santos, L. N. dos. (2013). *Um Modelo Conceitual para Ambientes Virtuais Flexíveis*. Universidade Federal do Amazonas.
- Scheibel, M. R., Schirlo, A. C., Monteiro, R., Foggiatto, C., & Resende, L. M. (2009). Portfólios: Uma Opção Metodológica Para O Ensino De Ciências. *VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa Para Educação Em Ciências*.
- Schutt, R. K., & Chambliss, D. F. (2013). Qualitative Data Analysis. In *Making Sense of the Social World: Methods of Investigation* (Vol. 1, Issue 1, pp. 320–357). SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.1136/ebnurs.2011.100352>
- Silva, E. C. (2013). A Prática do Portfólio e o Uso da Plataforma Moodle na Sala de Aula de Geografia: Perspectivas Para Uma Geografia Educativa. *HOLOS*, 29(5), 191–199. <http://offcampus.lib.washington.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=92954864&site=ehost-live>
- Sopelete, M. C., & Carrijo, K. de F. (2013). Portfólio Educacional Digital Como Recurso na Divulgação Científica Acerca da Intoxicação Escamboide Pelo Consumo de Pescado. *DiversaPrática - Revista Eletrônica Da Divisão de Formação Docente*, 1(2), 58–82. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Valencia, S. W., & Au, K. H. (1997). Portfolios across Educational Contexts: Issues of Evaluation, Teacher Development, and System Validity. *Educational Assessment*, 4(1), 1–35.

- Vieira, V. M. D. O. (2002). Portfólio: uma proposta de avaliação como reconstrução do processo de aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional (Impresso)*, 6(2), 149–153. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572002000200005>
- Witten, I. H., & Frank, E. (2005). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. In *Complementary literature None* (Second). Elsevier. <https://doi.org/0120884070>, 9780120884070
- Zhang, S., Zhang, C., & Yang, Q. (2003). Data Preparation for Data Mining. *Applied Artificial Intelligence*, 17(5–6), 375–381. <https://doi.org/10.1080/08839510390219264>

