

2. Definições Conceituais

Dado que o objetivo desta tese é promover a composição de LOs, neste capítulo são apresentados alguns aspectos que são importantes para compreensão do trabalho, como integração de dados e *e-Learning*, *Learning Object Metadata* (LOM), teorias de aprendizagem e abordagens pedagógicas.

2.1 Introdução

A globalização da economia, a internacionalização das empresas e a grande concorrência de mercado geraram a necessidade de se criar novos mecanismos para atender aos requisitos das diversas aplicações que devem ser concretizados em um tempo cada vez menor, como é o caso do contexto em *e-Learning*. Para isso, tornou-se necessário o acesso a informações armazenadas em diferentes fontes, que podem estar distribuídas e serem heterogêneas. A educação, considerada como um direito do cidadão, sofre influência do setor econômico, e muitas vezes é vista como um mercado potencial onde é negligenciada a visão da obrigatoriedade do Ensino Básico (Fundamental e Médio) como uma necessidade social.

Pode-se ver a composição de LOs, na perspectiva de Banco de Dados, como uma forma de integração de objetos que estão distribuídos em fontes diversas e dos quais pretende-se extrair algumas partes, gerando uma composição (ou integração) para oferecer uma solução. Assim, o problema tem um pouco desta visão de integração de dados.

Na maioria das vezes, estas fontes de dados são heterogêneas e implementadas através da utilização de diferentes modelos de dados, linguagens, representações, tecnologias e plataformas diversas. A coexistência destes diferentes bancos de dados tornou-se natural e inevitável, mas surgiu a necessidade de compartilhamento destas informações (Pereira, 2004).

Este trabalho não tem o objetivo de discutir as tecnologias para integração de dados, mas seu contexto se depara com as mesmas dificuldades para acesso e utilização dos objetos de aprendizagem, como, por exemplo, localizar os LOs nas diferentes fontes de dados e selecionar estes LOs quando, possivelmente, cada fonte pode estar utilizando um padrão de metadados diferente. Finalmente, a questão a ser abordada é a composição ou seqüenciamento de LOs. Logo, percebe-se que existe uma similaridade entre os problemas encontrados para composição e os relativos à integração de dados (Özsu & Valduriez, 2001).

Em uma integração de dados baseada em esquemas (Figura 2.1), tem-se os dados armazenados em diferentes fontes. Existe a necessidade de exportá-los para um modelo único, originando os chamados “esquemas de exportação”, e fazer a integração em um esquema integrador, denominado “esquema global”. Então, as aplicações dos usuários podem acessar diretamente este esquema global ou, alternativamente, esquemas específicos denominados esquemas externos. Analogamente, em *e-Learning* tem-se os LOs distribuídos em diversos repositórios, geralmente heterogêneos, com diversas implementações de metadados. Para compartilhar estes LOs torna-se necessário prover um modelo único que possa descrevê-los (ou representá-los) e permitir que possam ser integrados (ou compostos) adequadamente. Então, as aplicações de *e-Learning* (LMS) podem utilizar estas composições ou agrupamentos destas composições.

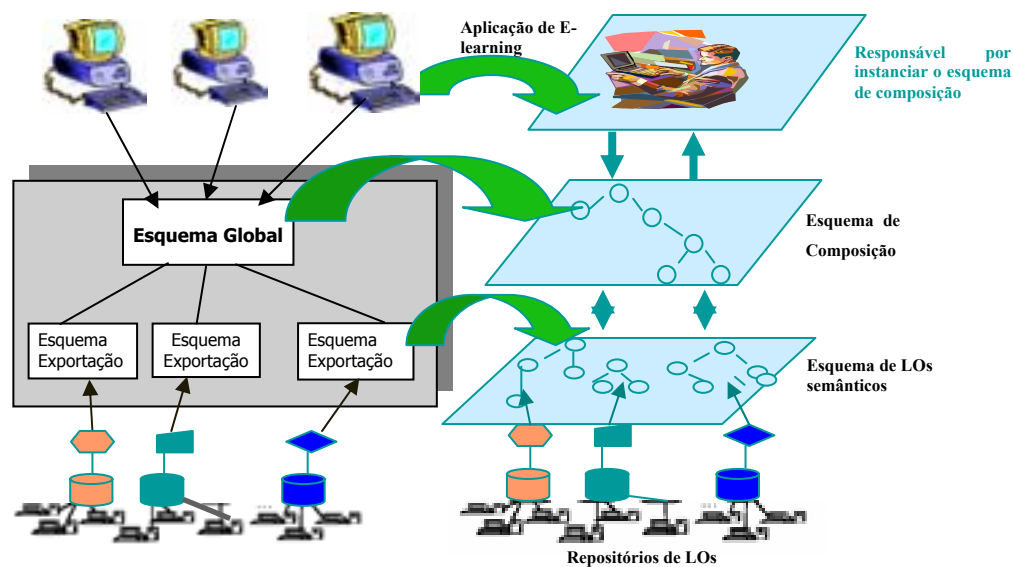


Figura 2.1: Esquemas de Integração e de LOs

2.2. Metadados

Embora tenha surgido na década de 60, só 20 anos depois o termo “metadados” começou a aparecer com mais frequência na literatura especializada. Metadados são definidos como dados sobre dados, isto é, metadado é a informação sobre o dado que permite seu acesso e gerenciamento de maneira eficiente e inteligente (Taylor, 2003).

2.2.1. Metadados de Objetos de Aprendizagem

Metadados de LOs são informações sobre os dados que compõem LOs, sejam eles digitais ou não. Como o número de objetos cresce exponencialmente e nossas necessidades por aprendizado se expandem nas mesmas proporções, a falta de informações sobre os conteúdos dos LOs já desenvolvidos impõe limitações críticas e fundamentais na nossa capacidade de pesquisar, gerenciar e utilizar estes LOs (IEEE, 2002). Com o intuito de disciplinar a descrição do conteúdo dos LOs, permitindo a uniformização e melhorando a qualidade dos repositórios de LOs e também sua ampla reutilização (independentemente até do LCMS utilizado), diversas organizações procuram adotar estruturas para metadados de LOs. São várias as existentes hoje em dia, dentre as quais se destacam o LOM (*Learning Object Metadata*) do IEEE *Learning Technology Standards Committee* (LTSC), o IMS do *IMS Global Learning Consortium* e o SCORM (*Shareable Content Object Reference Model*) da *Advanced Distributed Learning* (ADL) (Pereira, 2003a). Além destes padrões, encontra-se na literatura o Dublin Core (DC, 2001) e o ARIADNE (*Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe*) (Ariadne, 2005). As subseções seguintes trazem um breve resumo desses padrões.

2.2.2. Learning Object Metadata (LOM)

O Comitê de Padrões de Tecnologia para Aprendizagem (*Learning Technology Standards Committee* – LTSC) foi instituído pelo IEEE, pela *Computer Society* e pelo *Standards Activity Board* com o objetivo de desenvolver normas, orientações e práticas recomendadas na área de aprendizagem apoiada

por computador (IEEE, 2002). Os cerca de 20 grupos de estudos constituídos no LTSC classificam-se nas categorias de atividades gerais, atividades relacionadas ao aprendiz, atividades relacionadas ao conteúdo, dados e metadados, sistemas de gerência e aplicações. O conjunto de metadados para LOs proposto pelo IEEE (*Learning Objects Metadata – LOM*) tem suas origens nos projetos ARIADNE (Ariadne, 2005) e IMS (IMS, 2005) e também se baseia em estudos de metadados desenvolvidos pelo grupo do Dublin Core (Dublin Core, 2002).

O LOM é um modelo que busca especificar a estrutura e a semântica dos metadados de LOs, definindo os atributos necessários para sua descrição. O conjunto de metadados proposto no LOM busca definir o mínimo de atributos necessários para permitir que os LOs sejam gerenciados, avaliados e localizados. Alguns atributos relevantes que podem ser citados são: tipo do objeto, autor, proprietário, termos de distribuição e formato, etc. Além dos atributos tradicionais relacionados com a descrição do objeto, também existem atributos pedagógicos: nível do conteúdo, pré-requisitos, estilo de interação, etc (Pereira & Melo, 2003).

Uma instância de metadados de um LO é composta por elementos de dados. Os elementos de dados são agrupados em nove categorias, conforme definido no LOM v1.0 Base Schema do *Final Draft Standard IEEE 1484.12.1-2002*. A seguir, as categorias são brevemente descritas. Uma explicação detalhada pode ser encontrada na especificação do IEEE (2002).

- Características Gerais: agrupa informações que descrevem características do LO como um todo. Os elementos desta categoria são: Identificador, Título, Catálogo, Entrada, Linguagem, Descrição, Palavra-chave, Cobertura, Estrutura e Nível de Agregação.
- Ciclo de Vida – agrupa informações relacionadas à história e ao estado corrente do LO e como foi afetado durante sua evolução. Os elementos desta categoria são: Versão, Status, Contribuinte, Papel, Entidade e Data.
- Meta-Metadado: agrupa informações que dizem respeito à própria instância do metadado (ao invés do objeto em si). Os elementos desta categoria são: Identificador, Catálogo, Entrada, Contribuinte, Papel, Entidade, Data, Esquema do Metadado e Linguagem.

- Técnica: agrupa informações relacionadas a requisitos e características técnicas do LO. Os seus metadados são: Formato, Tamanho, Localização, Requisitos, Tipo, Nome, Versão Mínima, Versão Máxima, Observação para Instalação, Requisitos de outras Plataformas e Duração.
- Educacional: agrupa informações relacionadas aos aspectos educacionais e pedagógicos do LO. Os elementos desta categoria são: Tipo de Interatividade, Tipo de Recurso de Aprendizado, Nível de Interatividade, Densidade Semântica, Papel do Usuário Final Alvo, Contexto, Faixa Etária Típica, Dificuldade, Tempo de Aprendizado Típico, Descrição e Linguagem.
- Direitos: agrupa informações relacionadas aos direitos de propriedade intelectual e condições de uso do LO. Os elementos desta categoria são: Custo, Direito de Cópia e outras Restrições, e Descrição.
- Relação: agrupa informações de relacionamentos semânticos entre o LO e outros objetos. Os elementos desta categoria são: Tipo, Recurso, Identificador, Descrição, Catálogo e Entrada.
- Anotacional: agrupa comentários relacionados com o uso educacional do LO e fornece informações dos autores e datas dos comentários. Os elementos desta categoria são: Entidade, Descrição e Data.
- Classificação: descreve o LO relacionando-o com um sistema de classificação pré-definido. Essa categoria pode ser utilizada para fornecer certos tipos de extensões ao LOM. Os elementos desta categoria são: Propósito, Caminho Taxonômico, Fonte, Grupo Taxonômico, Identificador, Entrada, Descrição e Palavra-Chave.

2.2.3. Dublin Core

Dublin Core (DC) é um dos padrões para a representação de metadados mais antigos, proposto pela DCMI (Dublin Core Metadata Initiative), uma organização dedicada a promover e difundir a adoção de padrões de metadados interoperáveis. DC nasceu a partir do consenso de um grupo internacional e interdisciplinar de profissionais: bibliotecas, analistas, linguistas, museólogos, entre outros.

O DC é um formato proposto para descrever qualquer tipo de recurso, incluindo várias coleções de documentos e de mídias não-eletrônicas, tais como arquivos de museu ou biblioteca. DC caracteriza-se por ser um padrão menos estruturado e mais flexível, um conjunto de 15 atributos do padrão ISSO/IEC 11179 para a descrição de seus elementos de dados, incluindo *Title*, *Creator*, *Language*, etc. permitindo também a inclusão de outros para atender às particularidades de cada usuário.

A seguir, é relacionado o conjunto de elementos definidos pelo DC com uma breve descrição:

- *Title*: um título dado ao recurso.
- *Creator*: uma entidade principal para elaboração do conteúdo do recurso.
- *Subject*: assunto referente ao conteúdo do recurso.
- *Description*: uma descrição sobre o conteúdo do recurso.
- *Publisher*: é a instituição responsável pela difusão.
- *Contributer*: uma entidade responsável pela contribuição ao conteúdo do recurso.
- *Date*: data associada a um evento no ciclo de vida do recurso.
- *Type*: a natureza ou gênero do conteúdo do recurso.
- *Format*: manifestação física ou digital do recurso.
- *Identifier*: identificação não ambígua do recurso dentro de um dado contexto.
- *Source*: uma referência para um outro recurso que tenha dado origem ao presente recurso.
- *Language*: idioma do conteúdo intelectual do recurso.
- *Relation*: uma referência a um outro recurso que se relaciona com o recurso em questão.
- *Coverage*: a extensão ou cobertura espaço-temporal do conteúdo do recurso.
- *Rights*: informações sobre os direitos do recurso e sua utilização.

Atualmente o DC é um padrão adotado mundialmente em vários tipos de projetos para gestão de recursos digitais e consiste num modelo que permite a

inclusão de elementos adicionais para atender às particularidades do projeto e, por ser um padrão flexível, facilita a interoperabilidade entre outros formatos (Moura, 2005).

2.2.4. Ariadne

O metadado educacional Ariadne (Alliance of Remote Instrucional Authoring and Distribution Networks for Europe) foi derivado de trabalhos e experimentos desenvolvidos desde 1995, pela Europa e por instituições internacionais. O Ariadne foi concebido para suprir as necessidades específicas e requerimentos de uma comunidade que é altamente representativa da alta educação europeia e de treinamento profissional. O Ariadne deve cobrir também as necessidades de outras comunidades educacionais ou de treinamento que tenham diversidade lingüística e valor cultural e favorece em larga escala o compartilhamento e reuso de recursos de conhecimento.

Para garantir a simplicidade, entendimento e adaptabilidade da comunidade Ariadne, os elementos de dados são agrupados em seis categorias (Moura, 2005):

- *General*: o grupo de informações gerais que descreve o LO. Os atributos que fazem parte do grupo são: *Identifier, Title, Authors, date Language, Institution, Source, Description, Identifier (of the source document), Version Type, Version Remarks*;
- *Semantics*: Grupo de elementos que descreve a classificação semântica do LO. Os elementos desta categoria são: *Discipline Type, Discipline, Subdiscipline, Main Concept, Main Concept Synonyms, Other Concepts*.
- *Pedagogical*: grupo de elementos que descreve características pedagógicas e educacionais do LO. Os elementos deste grupo são: *End User Type, Document Type, Document Format, Didactical Context, Country, Context, Level, Difficult Level, Interactivity Level, Semantic Density, Pedagogical Duration, Granularity*.
- *Technical*: grupo de elementos que descreve os requerimentos técnicos e características do objeto de aprendizagem. Os elementos desta categoria são: *Document Handle, File Media Types, Package Size,*

Operating System Type, OS Version, Other Platform Requirements, Installation Remarks.

- *Conditions*: grupo de elementos que descreve as condições para uso do LO. Os elementos desta categoria são: *Access Rights, Restrictions, Usage Remarks.*
- *Meta-metadata*: grupo de elementos que descreve informações sobre a própria instância do metadado. Os elementos desta categoria são: *Author, Creation Date, Last Modified Date, Language, Validator, Validation Date.*
- *Annotation*: grupo de elementos opcionais que descreve pessoas ou organizações que fazem anotações sobre os objetos de aprendizagem. Os elementos que compõem uma notação são: *Annotator, Creation Date, Content.*

2.3. Teorias de Aprendizagem

Teoria de aprendizagem, segundo Slick (2002), é um conjunto organizado de princípios que explicam como indivíduos adquirem, lembram e retêm o conhecimento. As teorias de aprendizagem podem ser utilizadas como diretrizes para ajudar a selecionar ferramentas, técnicas e estratégias que possibilitam o aprendizado e alcance dos objetivos do curso.

O Desenvolvimento de Sistemas Instrucionais (*Instructional System Development – ISD*) é um conjunto de procedimentos para projetar e desenvolver de forma sistemática a instrução. Assim, é essencial que a aplicação de ISD seja embasada em teorias de aprendizagem. Dependendo dos aprendizes e do contexto, diferentes teorias de aprendizagem podem ser indicadas.

Levando em consideração que o algoritmo para a composição de LOs deve se basear em ISD e nas teorias de aprendizagem, será apresentada uma breve descrição das três principais correntes de aprendizagem: Comportamentalista, Cognitivista e Construtivista (Piaget, 1974; Staats, 1973; Mergel, 1998; Koper, 2001).

2.3.1. Os Fundamentos das Teorias de Aprendizagem

A Teoria Comportamentalista tem como base mudanças observadas do comportamento. O Comportamentalismo tem o foco sobre um novo padrão comportamental que é repetido até que se torne automático.

A Teoria Cognitivista tem como base o processo do pensamento sobre o comportamento. Assim, as mudanças no comportamento são observadas e utilizadas como indicadores do que está acontecendo dentro da mente do aprendiz.

Por outro lado, o Construtivismo tem como base a premissa de que todas as pessoas constroem suas próprias perspectivas do mundo, por meio de estruturas e experiências individuais.

2.3.1.1. O Fundamento da Teoria Comportamentalista

O Comportamentalismo, como uma teoria de aprendizagem, vem desde Aristóteles, cujo ensaio "*De Memoria et Reminiscentia*" está focado nas associações que são feitas entre eventos tais como o relâmpago e trovão, considerando que é pela memória que se passa da percepção à experiência, com base em lembranças repetidas. Outros filósofos que seguiram pensamentos de Aristóteles são Hobbs (1650), Hume (1740), Brown (1820), Bain (1855) e Ebbinghause (1885) (Black, 1995). A teoria do Comportamentalismo concentra-se no estudo dos comportamentos que podem ser observados e vê a mente como "uma caixa preta" no sentido em que a resposta ao estímulo pode ser observada quantitativamente, ignorando totalmente a possibilidade do processo do pensamento ocorrer na mente. Alguns executores chaves no desenvolvimento da teoria do Comportamentalismo foram Pavlov, Watson, Thorndike e Skinner.

O foco principal da perspectiva comportamentalista está no comportamento e em como o ambiente externo dá forma ao comportamento do indivíduo. Os professores devem, então, indicar os objetivos da instrução como comportamentos dos aprendizes. Assim, o aprendizado é obtido com base no comportamento, sendo, portanto, importante identificar o objetivo do comportamento, quebrar esse objetivo em um conjunto de comportamentos simples e organizá-los em uma seqüência que ajude estudantes a progredir rumo ao objetivo. Logo, uma abordagem comportamentalista pode, de uma forma eficaz, facilitar a habilidade (domínio) do conteúdo de uma profissão (Ertmer & Newby, 1993).

2.3.1.2. O Fundamento da Teoria Cognitivista

Já nos anos 20 os pesquisadores começaram a encontrar limitações na abordagem comportamentalista para explicar a aprendizagem. O Comportamentalismo era incapaz de explicar determinados comportamentos sociais. Por exemplo, as crianças não repetiam todo o comportamento que foi recebido e reforçado. Além disso, elas podiam apresentar um novo comportamento dias ou semanas após a observação inicial desse comportamento sem que este tivesse sido reforçado. Bandura e Walters indicaram em seu livro de 1963, *Social Learning and Personality Development*, que um indivíduo poderia modelar seu comportamento observando o comportamento de uma outra pessoa. Esta teoria conduz à teoria Cognitivista Social de Bandura (Dembo, 1994).

A perspectiva Comportamentalista tem um foco externo, ao passo que a Cognitivista tem um foco interno. O aprendizado é compreendido como uma mudança no conhecimento armazenado na memória. Conseqüentemente, o projetista instrucional deve organizar a nova informação para a apresentação, ligando cuidadosamente esta informação ao conhecimento anterior. Também é necessário utilizar uma variedade de técnicas para guiar e para apoiar os processos mentais do estudante. Estratégias cognitivistas são úteis no ensinamento de táticas para resolução de problemas, onde os fatos e regras definidos são aplicados em situações não familiares.

2.3.1.3. Fundamento do Construtivismo: a epistemologia genética

Bartlett foi o precursor das idéias que resultaram na abordagem do Construtivismo (Good & Brophy, 1990). Construtivistas acreditam que os "aprendizes constroem sua própria realidade ou ao menos a interpretam com base em suas percepções das experiências, assim como o conhecimento de um indivíduo é uma função de suas experiências anteriores, estruturas mentais, e a opinião que foram usadas para interpretar objetos e eventos. O que alguém sabe é fundamentado pela percepção das experiências físicas e sociais que são compreendidas pela mente." (Jonassen, 1991).

A perspectiva Construtivista descreve o aprendizado como uma mudança no significado (pensamento) construído das experiências. Assim, o aprendizado é

construído pela interação complexa entre o conhecimento existente dos alunos, o contexto social e o problema a ser resolvido. O educador procura problemas a serem identificados, criando atividades de aprendizagem em grupo e o processo da construção do conhecimento. As estratégias construtivistas são especialmente adaptadas ao tratamento dos problemas definidos com a reflexão em ação (Ertmer & Newby, 1993).

2.3.2. Pontos Fortes e Limitações das Teorias de Aprendizagem

2.3.2.1 Comportamentalismo

Pontos fortes: o aprendiz é focado em um objetivo claro e pode responder automaticamente às sugestões desse objetivo. Por exemplo, os pilotos da 2ª guerra mundial foram condicionados a reagir às silhuetas dos aviões inimigos, uma resposta que se esperava se tornasse automática.

Limitações: o aprendiz pode encontrar-se em uma situação onde o estímulo para a resposta correta não ocorre e, conseqüentemente, o aprendiz não pode responder. É o caso de um trabalhador que é condicionado a responder a um determinado estímulo no trabalho e, se ele não compreende o sistema, pode parar a produção quando ocorre uma anomalia (Schuman, 1996).

2.3.2.2. Cognitivismo

Pontos fortes: o objetivo é treinar aprendizes para fazer uma tarefa de maneira uniforme, permitindo a consistência. Por exemplo, ligar e desligar uma estação de trabalho constituem o mesmo procedimento para todos os empregados, podendo ser importante estabelecer uma rotina exata para evitar problemas (Schuman, 1996).

Limitações: o aprendiz aprende uma maneira de realizar uma tarefa, mas esta pode não ser a melhor alternativa, ou a mais adequada ao aprendiz ou à situação. Por exemplo, conectar-se à Internet em um determinado computador pode seguir um processo diferente daquele utilizado em um outro computador (Schuman, 1996).

2.3.2.3. Construtivismo

Pontos fortes: uma vez que o aprendiz é capaz de interpretar múltiplas realidades, pode tratar melhor das situações reais da vida. Se um aprendiz pode resolver problemas, pode aplicar melhor seu conhecimento existente a uma situação nova.

Limitações: em situações em que se espera uniformidade de atuação, ter comportamentos diferenciados pode ser problemático.

2.3.3. Tarefas segundo as Teorias de Aprendizagem

2.3.3.1. Comportamentalista

As tarefas que requerem um grau de processamento baixo (por exemplo, associações básicas, discriminações e memorizações rotineiras) parecem ser facilitadas pelas estratégias associadas o mais freqüentemente com a abordagem Comportamentalista (por exemplo, resposta a estímulos e seqüências de repetição/reforço positivo) (Ertmer & Newby, 1993).

2.3.3.2. Cognitivista

As tarefas que requerem um nível maior de processamento (por exemplo, classificações, regras e execuções procedimentais) são associadas primeiramente com as estratégias que têm uma ênfase Cognitivista mais forte (por exemplo, organização esquemática, raciocínio analógico e resolução algorítmica de problemas) (Ertmer & Newby, 1993).

2.3.3.3. Construtivista

As tarefas que exigem níveis elevados de processamento (por exemplo, resolução heurística de problemas, seleção e monitoramento de estratégias cognitivas pessoais) são freqüentemente as mais bem aprendidas com as estratégias propostas pela abordagem Construtivista (por exemplo, trabalho colaborativo e aprendizagem situada) (Ertmer & Newby, 1993).

2.4. Abordagem Pedagógica

Quando o computador é utilizado para apresentar a informação ao aluno, ele assume o papel de máquina de ensinar, ao passo que a abordagem pedagógica é, por definição, a utilização de diferentes estratégias educacionais a fim de que o conteúdo de determinado tema possa ser programado. A abordagem pedagógica é importante no presente trabalho porque é considerada na composição de LOs. Geralmente os softwares que implementam essa abordagem são os tutoriais, os softwares de exercício-e-prática e softwares de jogos entre outros. Os tutoriais enfatizam a apresentação das lições ou a explicitação da informação. No exercício-e-prática a ênfase está no processo de ensino baseado na realização de exercícios com grau de dificuldade variado. Nos jogos educacionais a abordagem pedagógica utilizada é a exploração livre e o lúdico, ao invés da instrução explícita e direta (Valente, 2004).

2.4.1. Tutoriais

Os programas tutoriais constituem uma versão computacional da instrução programada. A vantagem dos tutoriais é o fato de o computador poder apresentar o material com outras características que não são permitidas no papel, tais como animação, som e manutenção do controle da performance do aprendiz, facilitando o processo de administração das lições e possíveis programas de mediação. Além destas vantagens, os programas tutoriais são bastante utilizados porque permitem a introdução do computador na escola sem provocar muita mudança: é a versão computadorizada do que já acontece na sala de aula. O professor necessita de pouquíssimo treino para a sua utilização, o aluno já sabe qual é o seu papel como aprendiz e os programas são simples.

2.4.2. Programas de Exercício-e-Prática

Tipicamente, os programas de exercício-e-prática são utilizados principalmente para revisar o material visto em classe. Segundo um estudo feito pelo "*The Educational Products Information Exchange (EPIE) Institute*" (Valente, 2004), cerca de 49% do software educativo no mercado americano são do tipo exercício-e-prática. Estes programas requerem a resposta freqüente do aluno,

propiciam retorno imediato, exploram as características gráficas e sonoras do computador e, geralmente, são apresentados sob a forma de jogos.

2.4.3. Jogos Educacionais

A pedagogia por trás desta abordagem é a de exploração auto-dirigida, ao invés da instrução explícita e direta. Os proponentes desta filosofia de ensino defendem a idéia de que o aluno aprende melhor quando é livre para descobrir relações por si próprio, ao invés de ser explicitamente ensinado.

2.4.4. Simulação

Simulação envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. Estes modelos permitem a exploração de situações fictícias, de situações com risco, como manipulação de substância química ou objetos perigosos; de experimentos que são muito complicados, caros ou que levam muito tempo para se processarem, como crescimento de plantas; e de situações impossíveis de serem obtidas, como um desastre ecológico.

2.4.5. Resolução de Problemas Através de Computador

O aprendizado baseado na resolução de problemas ou na elaboração de projetos não é novo e já tem sido amplamente explorado através dos meios tradicionais de ensino. O computador adiciona uma nova dimensão: o fato de o aprendiz ter que expressar a resolução do problema com base em um programa de computador ou de uma linguagem de programação. Isto possibilita uma série de vantagens. Primeiro, as linguagens de computação são precisas e não ambíguas. Neste sentido, podem ser vistas como uma linguagem matemática. Portanto, quando o aluno representa a resolução do problema segundo um programa de computador, ele tem uma descrição formal, precisa, desta resolução. Segundo, este programa pode ser verificado através da sua execução. Com isto, o aluno pode verificar suas idéias e conceitos. Se existe algo errado, o aluno pode analisar o programa e identificar a origem do erro. Tanto a representação da solução do problema como a sua depuração são muito difíceis de serem conseguidas através dos meios tradicionais de ensino.