

CAPÍTULO IV

***SOFTWARE* EDUCACIONAL COMO FERRAMENTA DE APOIO AO PROCESSO DE ENSINO/APRENDIZAGEM**

IV. 1. Introdução

Até aqui foi abordado o assunto de avaliação de qualidade de *software* em geral. No Capítulo II viram-se algumas das abordagens mais frequentes da engenharia de *software*, que avaliam qualidade no desenvolvimento de sistemas e seus processos organizacionais. O Capítulo III por sua vez, realçou a importância da Ergonomia de IHC no contexto da avaliação de *software*, enfatizando métodos, técnicas e ferramentas ergonómicas que visam adaptar os sistemas para os seus utilizadores. Neste capítulo, introduz-se a temática específica sobre avaliação de *software* educacional, quando utilizado como ferramenta de apoio ao processo de ensino/aprendizagem.

IV. 1.1 Informática Educacional

A discussão sobre o uso de computadores nas escolas já ultrapassou a fase de saber se são úteis no processo educacional, pois a sua utilidade como ferramenta de trabalho é hoje incontroversa.

Vivemos hoje num universo onde a informática domina todos os sectores da informação. O ensino tradicional dá lugar à inserção das tecnologias de informação em contexto educacional, através da adaptação dos métodos e instrumentos de ensino, em materiais educacionais informatizados, nomeadamente o *software* educacional.

Alguns métodos específicos que a escola utilizava como meios de fomentar a aprendizagem, tornam-se obsoletos a partir da crescente difusão das novas tecnologias de informação. Assim, como preconizava o ensino tradicional, ao invés de memorizar a informação, os estudantes devem ser ensinados a ir ao encontro dessas informações. Neste âmbito, a *Internet, os ambientes hipermedia, o ensino assistido por computador, entre outros*, abrem um leque enorme de possibilidades para que os alunos de hoje possam adquirir e trocar conhecimentos.

A discussão em torno da informática na educação, actualmente, incide mais sobre a forma mais adequada de utilização deste meio para um maior enriquecimento do ambiente educacional. Mas como enriquecer o ambiente de aprendizagem? Quais os usos que se pode fazer do computador para produzir melhores resultados e em que circunstâncias? Como avaliar se a utilização dos materiais educacionais informatizados estão realmente a ser efectuadas de forma adequada para contribuir para a efectivação do aprendizagem?

Como afirma Valente (1993), estas perguntas são frequentes e, ao considerar este panorama, o autor defende a ideia de que o computador pode provocar uma mudança de paradigma pedagógico. Existem diferentes maneiras de utilizar o computador na educação. Uma delas é informatizar os métodos tradicionais de instrução. Do ponto de vista pedagógico, esse seria um paradigma instrucional. No entanto, o computador pode enriquecer ambientes de aprendizagem onde o aluno, interagindo com os objectos desse ambiente, tem a oportunidade de construir o seu conhecimento. Nesse caso, o conhecimento não é transmitido ao aluno, mas este é construtor do seu próprio conhecimento. Esse é o paradigma construcionista onde a ênfase está na aprendizagem ao invés de estar no ensino; na construção do conhecimento e não na instrução.

Uma das classificações sobre a utilização de informática em contexto educacional é a que propõe Robert Taylor (1980), quando afirma que o computador pode servir como tutor, como ferramenta e como aprendiz. Isto quer dizer, como meio de ensino/aprendizagem

(educação apoiada por computador), como ferramenta de trabalho (educação complementada com computador) e como objecto de estudo (educação acerca da própria computação).

Verifica-se também pela revisão bibliográfica do assunto, o sentido dado aos computadores como máquinas de ensinar, que se caracteriza pela versão computadorizada dos métodos tradicionais de ensino. Contrariamente a esta visão, o conceito do computador como uma ferramenta de ensino contribui para a que o aprendiz construa o seu conhecimento a partir do computador. Compreender uma visão ou outra, implica em estabelecer as diferenças existentes entre algumas das modalidades de *software*, como os programas tutoriais, o *software* de exercício e prática, os jogos e o *software* de simulação, que serão apresentados em detalhe adiante, como meios de promover o ensino por via da utilização da informática na educação.

Independentemente da categoria de *software* verifica-se, no entanto, que um dos principais atributos dos computadores é o alcance da interactividade, por meio da imagem, cor, animação e som, que os programas propiciam (multimédia). O computador pode combinar estes meios e promover a interactividade dos sistemas e uma boa utilização do meio computacional na educação irá depender, em grande medida, da interactividade do material.

No entanto, os atributos do computador serviriam de pouco para criar ambientes de aprendizagem, se não existissem, subjacentes a estes atributos, modelos para fundamentar e colocar em prática a apresentação de conteúdos pedagógicos, o tratamento da informação, diferentes formas de interactividade, representação do conhecimento, entre outras. Assim sendo, a psicologia da aprendizagem tem contribuído com aportes importantes nessa evolução, principalmente mediante a aplicação de conceitos das teorias comportamentalistas, cognitivistas, modelos de ensino/aprendizagem centrados em quem ensina, paradigmas centrados em quem aprende, entre outras abordagens, como se verá adiante.

A evolução das teorias da aprendizagem e a sua aplicação aos meios informáticos disponíveis para educação, permitiram que o advento do computador como meio de ensino/aprendizagem tomasse corpo na redefinição de educação. A inserção dos computadores no processo educacional permite que os educadores passem de um modelo de educação cartesiano linear (modelo de transmissão de conhecimento), para um modelo horizontal (modelo de diálogo), “que não seria possível sob as restrições dos meios unidireccionais” (Galvis 1992).

Assim, é importante referir que, como instrumento de ensino, a utilização dos computadores e dos produtos educacionais informatizados não deve ser isolada dos objectivos e das metodologias de ensino/aprendizagem adoptadas pela instituição no seu projecto pedagógico. Sendo assim, para integrar a informática no contexto escolar, deve-se avaliar o ambiente educacional em que os alunos estão inseridos, levando em consideração a maneira como o indivíduo aprende e as estratégias utilizadas para facilitar esta aprendizagem.

Tendo este aspecto em vista, serão apresentados os diferentes tipos de *software* educacional, analisadas algumas das correntes psicológicas da aprendizagem e a sua correlação com a temática da informática educativa. Julga-se necessário contextualizar como se processa a aprendizagem nos indivíduos, antes mesmo de aprofundar as questões acima levantadas. Desta forma, a revisão bibliográfica sobre algumas correntes pedagógicas, permitirá obter uma visão sucinta sobre esta temática.

A categorização dos diferentes tipos de *software* educacional e a apresentação de algumas abordagens de psicologia da aprendizagem, servirão como suporte para o assunto que será tratado no Capítulo V sobre algumas abordagens de avaliação do *software* educacional. Não se pretende contudo esgotar o assunto, mas antes, alertar para a importância que existe em considerar a psicologia da aprendizagem no desenvolvimento, concepção e avaliação de ambientes e sistemas informáticos para a educação.

IV. 2. Teorias da aprendizagem como sustento ao desenho e

avaliação de ambientes de ensino/aprendizagem

No enfoque da psicologia, as metodologias do fenómeno da aprendizagem oscilam principalmente entre dois pólos. Comportamentalismo e Cognitivismo, conforme a Figura 4.

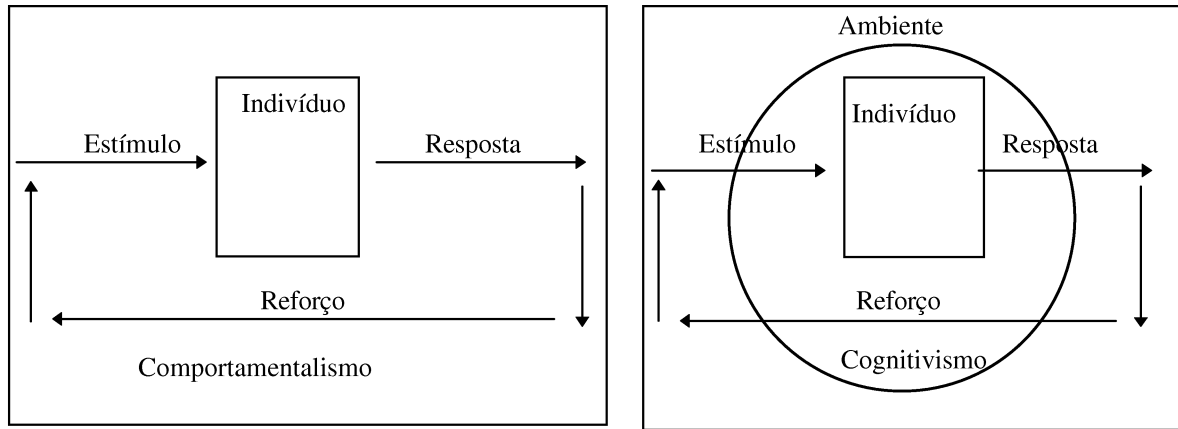


Figura 4: **Focos de atenção nas diferentes teorias de aprendizagem.** (Galvis, 1992)

Num primeiro pólo, não são consideradas as características dos indivíduos que aprendem, mas apenas as condições externas que favorecem a aprendizagem. Neste tipo de abordagem fala-se da *caixa negra*, em que o fundamental é a programação, em pequenos passos, de eventos que conduzam aos resultados (Pettenger e Gooding 1977). No segundo pólo, cognitivista, o que conta é o indivíduo, o aprendiz, com todo o seu campo vital, sua estrutura cognitiva, as experiências que tem e o seu contexto. Por contraposição, fala-se de um modelo de *caixa translúcida* (Galvis 1992) em que o que conta é o aprendiz dentro do seu meio ambiente psicológico e social. A motivação interna, a significância, o processamento da informação, as atitudes das pessoas, entre outros, são considerados como factores que promovem e desencadeiam a aprendizagem.

Apesar das diferenças, as teorias da aprendizagem têm em comum o seu objecto de estudo: a aprendizagem. Cada teoria, de certo modo, complementa a outra. Cada uma tem aspectos próprios muito importantes que podem ser úteis para, em um ou outro enfoque

sistemático, propiciar a aprendizagem. De forma sucinta, aborda-se a seguir algumas das principais teorias da aprendizagem.

IV. 2.1 Aprendizagem segundo a corrente Behaviorista

Neste enfoque, o comportamento humano é o eixo que move a aprendizagem que é resultante de determinados estímulos provenientes do meio externo. B.F. Skinner (1953, 1954, 1970 apud Gaonac'h, 1995) é o principal teórico da corrente behaviorista. Para este autor, a aprendizagem pode ser definida como uma troca observável e permanente de comportamentos e o ensino depende de contingências de reforço que permitem acelerar a aprendizagem (Gaonac'h & Golder, 1995).

De acordo com esta definição, um bom docente é aquele que prepara e realiza contingências eficientes de reforço selectivo e deliberado, cujo efeito é mudar as respostas existentes no repertório do aprendiz.

Assim, a corrente behaviorista sugere que os docentes utilizem a instrução programada como ambiente de ensino, ou seja, onde o aluno deve aprender uma série de etapas, desenhadas para alcançar certos objectivos, todos conduzidos pelo docente.

Salienta La Taille (1990), que a teoria de Skinner deve ser entendida em um nível mais profundo, pois a teoria psicológica sobre a aprendizagem que ele defende dá um lugar primordial à acção. De facto, o condicionamento operante no qual se inspira o Ensino Programado Skinneriano, parte do comportamento do sujeito e reforça sistematicamente aquele desejado. Desta forma, conclui La Taille, para que haja aprendizagem, todas as actividades do sujeito devem ser consideradas.

Galvis (1992) identifica que os princípios básicos do comportamentalismo são:

- Um indivíduo aprende ou modifica seu modo de actuar, observando as consequências dos seus actos.

- As consequências que fortalecem a probabilidade de repetição de uma acção denomina-se *reforço*;
- Quanto mais imediato é o reforço da conduta desejada, tanto mais provável será a repetição dessa conduta.
- Quanto mais frequentemente se produza o reforço, tanto mais provável será que o estudante continue a realizar associações.
- A ausência ou inclusão do atraso do reforço aumenta o tempo que o aluno dedicará a uma tarefa sem receber mais reforços.
- A conduta de aprendizagem de um estudante pode desenvolver-se ou modelar-se gradualmente mediante o reforço diferencial, ou seja, reforçar as condutas que se devem repetir e evitar reforçar as indesejáveis.
- Além de tornar mais provável a repetição de uma acção, o reforço aumenta as actividades de um estudante, acelera o seu ritmo e incrementa seu interesse por aprender. Pode-se dizer que estes são os efeitos de motivação do reforço.
- A conduta de um estudante pode converter-se em um padrão completo, modelando os elementos simples de tal padrão e combinando-os em uma sequência em cadeia.

Em resumo, a teoria behaviorista oferece razões para crer que um material completo de aprendizagem pode ser separado em componentes menores. Nesta forma, pode-se ensinar a um estudante que domine toda a matéria, reforçando ou não suas respostas em etapas sucessivas, sejam elas correctas ou incorrectas.

Os resultados práticos da aplicação deste modelo à aprendizagem, como refere Lysaught (1975), *apud* Galvis (1992), são que:

- Toda a aprendizagem programada pode ser eficaz.;
- A aprendizagem programada pode reduzir os equívocos dos alunos na medida em que o material tenha sido provado ou ajustado;
- Um programa de aprendizagem pode nivelar as diferenças das capacidades dos estudantes;

- O tempo de aprendizagem individual pode variar muito, por isto que se sugere trabalhar a um ritmo próprio;
- A possibilidade de prever o êxito individual pode diminuir devido ao facto de quem tarda a aprender possa esperar melhores resultados com materiais programados do que com outros métodos de aprendizagem;
- A motivação da aprendizagem pode aumentar realmente devido ao facto dos alunos sentirem que têm êxito. Por outro lado, a antecipação de reforços (motivação extrínseca) pode servir de ignição ao motor do processo de aprendizagem.

Ramos (1995) destaca que a grande contribuição do pensamento behaviorista para a pedagogia é que para os behavioristas é importante planear o ensino, com a definição clara dos objectivos a serem alcançados, com a preparação do ambiente da aprendizagem e das sequências a serem seguidas até o alcance do objectivo, e como a definição dos mecanismos de reforço que serão utilizados.

Assim, uma das vantagens dos materiais de ensino programado segundo esta abordagem é a de que esta corrente se encarrega de proporcionar aos estudantes, a informação básica sobre um dado tema e libera o docente para criar novas estratégias instrucionais, complementar o ensino com outros materiais e enriquecer as experiências dos alunos.

A abordagem behaviorista é criticada por desconsiderar o processo de construção do aluno, do seu conhecimento. As abordagens cognitivas, por sua vez, têm este factor como a base de sustentação do processo de ensino-aprendizagem. Não existe uma corrente psicológica única, que centre os seus esforços em entender tanto os processos e estruturas da mente, como o comportamento humano propriamente dito. Nesse sentido, torna-se necessário apresentar aportes teóricos de outras correntes de pensamento, que buscam compreender como se processa o fenómeno do ensino/aprendizagem. As teorias cognitivas da aprendizagem buscam explicar este fenómeno.

IV. 2.2 Teorias Cognitivas da aprendizagem

Uma das premissas básicas do cognitivismo é a de que os indivíduos não respondem tanto a estímulos, como considera a corrente behaviorista, mas sim que actuam sobre a base de crenças, atitudes e um desejo de alcançar metas determinadas. O importante nesta corrente, é que não importa o comportamento humano em si, mas sim as modificações que ocorrem em suas estruturas cognitivas (Chadwick 1979 *apud* Galvis 1992).

Várias correntes partilham do enfoque cognitivista. A **Gestalt**, por exemplo, é uma delas. Nesta escola, a percepção é tida como factor fundamental para o discernimento, do mesmo modo, são consideradas a motivação interna e a significância.

Quem concebe que a memória é como uma estrutura de conhecimentos e as relações entre estes, **propõe a teoria do processamento da informação** como base para propiciar a aprendizagem humana.

Fazem também parte do estudo das teorias cognitivas os aportes da **psicologia evolutiva**, famosa por seus estudos relacionados com o desenvolvimento infantil e por sua contribuição do tipo experimental, conjectural e por descobrimento, nomeadamente os estudos de **Piaget**. A seguir apresenta-se brevemente cada uma das referidas escolas. São ainda apresentadas, de maneira muito sucinta, algumas abordagens menos conhecidas mas que também contribuem para compreender como o indivíduo processa a aprendizagem.

IV. 2.2.1 Psicologia da Gestalt

O estudo desta escola pode ser representado pelos trabalhos do alemães Wertheimer, Koffka e Köhler (Pettenger e Gooding 1977). Nesta escola prevalece a concepção de que as pessoas são capazes de pensar, perceber e de responder a uma dada situação de acordo com as suas percepções e interpretações dessa situação.

O principal conceito da Gestalt é sobre o *campo vital*. De acordo com este conceito, existem contextos no comportamento humano onde o que ocorre na sua totalidade não pode ser derivado das características de pequenos fragmentos separados, como afirmavam os behavioristas. Assim, postulam os teóricos da Gestalt que o que ocorre a uma parte da totalidade é determinado por leis de sua própria estrutura. Desta forma, a compreensão que uma pessoa tem de seu ambiente é formada por seu passado, presente e futuro. A percepção de uma realidade concreta e outra imaginária e a informação que se tem do ambiente, será a estrutura cognitiva do seu campo vital. Assim, a aprendizagem pode entender-se como uma modificação nas estruturas desse campo vital, algo que transforma esse mundo próprio e que portanto não se pode desligar da própria experiência nem das expectativas e está intimamente ligada aos contextos psicológico e físico dentro dos quais se promove (Galvis 1992).

IV. 2.3.1 Princípios básicos da Gestalt

A Gestalt surgiu na Alemanha, aproximadamente no mesmo período em que o Behaviorismo surgiu nos Estados Unidos da América, ou seja, aproximadamente na segunda década do século.

Os psicólogos da Gestalt preocuparam-se com a área da percepção humana. Eles não se preocuparam com as respostas físicas das ações dos seus sujeitos, mas sim sobre o porquê as pessoas respondem de formas diferentes aos mesmos estímulos.

Dedicados ao estudo do comportamento humano, os teóricos da Gestalt debruçaram-se sobre as diferenças de percepção de diferentes indivíduos a observar uma mesma situação. Neste domínio, preconizam que o conhecimento é uma síntese da forma e do conteúdo que cada pessoa recebeu pela percepção. Enfatiza-se no entanto, que cada pessoa tem sua própria percepção e mesmo que exista uma realidade concreta e objectiva, do ponto de vista pessoal esta percepção é relativa e própria de cada indivíduo.

Uma principais descobertas da Gestalt é a de que a maneira como as coisas aparentam ser depende, não somente das propriedades de seus elementos, mas também, e mais importante, da sua organização (Schrive 1997).

Em contraposição aos comportamentalistas, como referem Pettenger & Gooding (1977), os teóricos da Gestalt afirmam que para promover a aprendizagem, o grau de ambiguidade é mais importante que a punição ou recompensa. Assim sendo, a aprendizagem é o resultado de um processo dinâmico de organização de percepções para produzir a ambiguidade. A aprendizagem não é uma resposta mecânica às forças externas, como é para os comportamentalistas.

Outros princípios são ainda postulados pela Gestalt, como o princípio da *intencionalidade* (as pessoas agem intencionalmente de acordo com seu desenvolvimento e conhecimento), *a interação simultânea da pessoa com seu ambiente psicológico* (de forma intencional a pessoa atribui significados e usa os objectos de seu ambiente da forma que mais lhe convém), o *isomorfismo* (as pessoas impõem uma organização particular ao campo perceptual de acordo com suas experiências), a *contemporaneidade* (os eventos psicológicos são activados pelas condições psicológicas do momento em que ocorre o comportamento), *a aprendizagem por insight* (discernimento repentino), e a *significância* (significado que tem para a pessoa aquilo que aprende).

O processo de ensino aprendizagem segundo a teoria da Gestalt, como sugerem Chadwick e Vásques, *apud Galvis* (1992), leva em conta os seguintes elementos:

- *A motivação intrínseca*. Quando a pessoa tem necessidades insatisfeitas desenvolve um estado de tensão cujo objectivo é a busca de uma saída satisfatória. Uma situação de ensino aprendizagem é motivante quando está intrinsecamente relacionada com algo de interesse ou significância para a pessoa.
- *A aquisição* está ligada fundamentalmente ao discernimento repentino, momento no qual a pessoa encontra a relação existente entre os vários elementos ou estímulos que o enfrenta e os integra em suas estruturas do campo vital.

- O mecanismo mais importante na *retenção* é a forma como se integra o que se retém e a sua significância para a pessoa. Se um assunto não significa nada para a pessoa, então não será bem recordado e pode desaparecer com relativa rapidez. Algo que se integrou nas estruturas cognitivas e que tem significado, será mais facilmente recordado.
- A generalização, ou a *transferência da aprendizagem*, ocorre a partir da generalização de similaridades perceptuais entre situações, ou seja, relações perceptuais entre situações de interesses e estruturas semelhantes.

Sob esta perspectiva, os docentes devem tornar a aprendizagem algo significativo para o aluno, estimulando a aprendizagem por meio da motivação intrínseca de cada um, favorecendo assim a aquisição do conhecimento.

A dificuldade que se coloca em relação a este modelo é a individualização do ensino ser um processo complexo, que envolve muitas variáveis. Contudo, a vivência de situações que tornem as experiências significativas para os alunos, é um modo de aproximar o contexto de ensino/aprendizagem. Nesta perspectiva, a manipulação de determinados tipos de *software* educacional que propiciem a realização de experiências concretas, do mundo real ao imaginário, podem contribuir em larga escala para modificar as estruturas e processos mentais, que através da percepção de fenômenos e situações de aprendizagem, contribuem para que o conhecimento de novos assuntos passe a fazer parte das estruturas cognitivas dos alunos.

IV. 2.3.2 Teoria do processamento da informação

Os teóricos do Processamento da Informação ou Psicologia Cognitiva, de origem mais recente, reúnem diversas abordagens. Estes teóricos estudam a mente e a inteligência em termos de representações mentais e processos subjacentes ao comportamento observável. Consideram o conhecimento como sistema de tratamento da informação (Silva 1998).

IV. 2.3.2.1 Conceitos básicos na teoria do processamento da informação

Esta corrente de pensamento preconiza que a memória é uma estrutura de conhecimentos interrelacionados como uma rede, em que cada conhecimento está inter-relacionado com outros conhecimentos, por meio de ligações entre eles. Norman (1980), ilustra esta ideia e mostra como se constitui um acto de aprendizagem por meio da aquisição de novos conhecimentos.

Para Norman, aprender significa incorporar à estrutura da memória novos conhecimentos, ser capaz de recuperar estes conhecimentos e utilizá-los sempre que for necessário. Ensinar, significa procurar que o aprendiz preencha os espaços vazios existentes na estrutura da memória. Porém, ressalta o autor, isto não quer dizer que o docente seja como um mecânico que vem “abrir” o cérebro do aprendiz e depositar o conhecimento que lhe julga ausente. Os estudantes não são receptores passivos do conhecimento, mas sim participantes activos na interpretação dos modelos ou analogias que eles mesmos estabelecem para que possam aprender aquilo que não sabem.

Ligado à estrutura da memória como uma estrutura de dados, está o modelo de processamento da informação. Segundo este, um indivíduo aprende mediante tratamentos sucessivos da informação. Isto inclui transformações da informação na mente.

O modelo de processamento da informação pode ser melhor compreendido através de duas classes de teorias complementares que procuram descrever a natureza e o formato das memórias humanas e suas regras de armazenamento e de recuperação da informação; a conexionista e a cibernética (Cybis, 1997).

IV. 2.3.3 O modelo de memória conexionista

“O modelo biónico/conexionista explica a memória a partir da neuro-fisiologia do cérebro humano, com neurônios (células nervosas) e sinapses (comunicação entre elas). Este modelo de memória propõe um modo de armazenagem, onde a informação é distribuída

por um conjunto de ligações sinápticas. O funcionamento de um sistema conexionista é determinado pela rede de ligações entre os neurônios (unidades de tratamento) e pelos pesos das ligações que determinam a ocorrência de sinapses (comunicação entre eles). As redes de neurônios são capazes de modificar sua própria conectividade, através da modificação dos pesos das ligações. Isso ocorre tanto em função de uma situação externa ou da sua actividade interna. A rede assume assim, novos estados e passa a fornecer respostas diferenciadas em função das restrições de uma situação específica”, Cybis (1997).

IV. 2.4.3 O modelo de memória cibernético/computacional

“O modelo cibernético/computacional, também chamado de modelo de Von Neumann, descreve a memória humana à semelhança da memória de um computador. Este modelo, distingue três sistemas de armazenagem que correspondem, provavelmente, a sistemas neuro-fisiológicos também distintos: o registro sensorial das informações (RS), a memória de curto termo (MCT) e a memória de longo termo (MLT)”, Cybis (1997).

O autor refere que em sua versão original, a informação que é liberada pelo sistema perceptivo é armazenada em um registro sensorial de capacidade limitada. O registro sensorial da informação é conservado apenas por alguns décimos de segundos, sem nenhuma possibilidade de prolongamento.

A parte que é seleccionada para um tratamento mais elaborado é armazenada na memória de curto termo – MCT. A capacidade da MCT é de 6 a 7 itens e seu esquecimento ocorre em poucos segundos. Esta declaração define a MCT como um registro de armazenamento, indiferente ao formato da informação e passivo ao nível de evocabilidade exigido. Já o modelo de memória de trabalho – MT – define esta memória intermediária como um centro de tratamentos, composta de dois sub-sistemas escravos especializados, um nos tratamentos verbais e outro nos tratamentos visuais-espaciais. Um executor central é capaz de manter certas informações em um alto nível de evocabilidade.

A partir da memória de trabalho, a informação pertinente é armazenada em um registro permanente, entendido como uma rede de conceitos. Os esquemas representam a base de conhecimentos do indivíduo. A permanência da informação na memória de longo termo – MLT – não está sujeita a limitações de ordem temporal, o que não implica uma acessibilidade permanente. Existem dois tipos de esquemas; os episódicos e os semânticos.

A memória episódica guarda o conhecimento de ordem procedural, essencialmente dinâmico e automatizado. O efeito do contexto (intrínseco, interactivo, psicológico) é o factor determinante da recuperação da informação na memória episódica. Um bom desempenho depende da compatibilidade entre as condições contextuais no momento do registro e no momento da recuperação.

A memória semântica armazena conhecimentos declarativos organizados, segundo redes de proposições conceptuais. O acesso à informação é independente do contexto e acontece pela activação de um de seus nós e pela propagação desta activação aos nós vizinhos. O esquecimento, na memória permanente, é causado por um processo de revisão mental, pelo aumento do número e da semelhança das proposições conceptuais e pela incompatibilidade entre os contextos de codificação e de recuperação (Cybis 1997).

O autor apresenta também o conceito de *Custos Cognitivos*. Para ele, os conhecimentos científicos actuais não permitem definir, de forma exacta, os “custos fisiológicos” para memorizar uma ou outra informação. Não se pode, então, avaliar uma memorização mínima ou uma memorização muito elevada, relacionada com a característica da informação memorizada. Todavia, é possível considerar que ela depende, entre outras coisas:

do número de informações a serem detectadas e tratadas;

da velocidade de apresentação dos sinais;

do efeito de redundância das informações;

da medida de prazos para elaboração de respostas motoras em relação à percepção das informações, etc.

Assim, segundo este conceito, a aprendizagem não é uma actividade humana unitária. Rumelhart e Norman (1978), citados por Galvis (1992), enumeram três etapas:

1. *Acrescentamento*, que consiste em acumular conhecimentos na estrutura da memória;
2. *Estruturação*, que consiste em formar as estruturas conceptuais apropriadas;
3. *Afinamento*, que consiste no uso eficiente do conhecimento.

Assim, concluem os autores, o processamento da informação é melhor conseguido quando:

- Os estudantes participam activamente no tratamento da informação pois assim processam mais efectivamente a informação do que se estivessem a absorvê-la passivamente;
- Há vários níveis de processamento da informação. O do *tipo superficial* que se caracteriza por captar o mínimo a nível da memória e o *tipo profundo*, que trata de relacionar o que se aprende com a informação;
- A capacidade de processamento da informação, na MCT, é limitada, o que faz com que a habilidade do estudante para processar a informação dependa do nível com que a informação pode ser integrada;
- Um dos factores que determinam a capacidade para processar a informação é a sua habilidade para prestar atenção. Por outro lado, a capacidade total do indivíduo pode variar com seu grau de motivação e de participação;
- Outro factor que pode determinar a capacidade de processar a informação, é a ansiedade. Esta pode bloquear os circuitos da memória.

A aprendizagem, entendida como a mudança da estrutura cognitiva como preconiza a Gestalt, deixa em descoberto boa parte dos problemas que se apresentam nas situações educativas convencionais, cuja ênfase está apenas na etapa do acrescentamento, sendo as situações de estruturação e afinamento deixadas de lado. A perspectiva da aprendizagem sobre a visão teórica do processamento da informação, permite explorar o conhecimentos que os alunos já possuem com os conhecimentos que se busca obter (Galvis 1992).

Nesta perspectiva, os programas educacionais do tipo informativo¹ podem ser empregues, de maneira eficiente, para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem, se activarem a memória de longo termo dos estudantes. esta forma, podem ser evitadas situações em que se requer a memorização apenas do que é requerido pelo docente, cabendo ao aluno criar os seus próprios meios para associar os conceitos daquilo que está a aprender e fazer com que automaticamente assimile os conceitos básicos e importantes sobre um determinado tema ou assunto.

IV. 2.5 Cognitivismo e Psicologia Evolutiva de Jean Piaget

Piaget construiu a sua teoria cognitiva, denominada de epistemologia genética, partindo do princípio que existe certa continuidade entre os processos puramente biológicos de morfogênese e adaptação ao meio e a inteligência, não admitindo que a inteligência seja inerente à própria vida, mas sim assumindo que a inteligência é uma das formas de adaptação criadas pela vida em sua evolução (Ramos 1995).

Para Piaget, o conhecimento não é uma cópia da realidade. Conhecer um objecto ou um evento não é simplesmente observá-lo e fazer uma cópia mental dele. Conhecer um objecto é actuar sobre ele, modificá-lo, transformá-lo e compreender o processo desta transformação e, como consequência, compreender como está construído. Assim, a operação é a essência do conhecimento, é uma acção interiorizada que modifica o objecto de conhecimento. (Galvis 1992).

Piaget considera que a inteligência é antes de tudo adaptação. Esta característica refere-se ao equilíbrio entre o organismo e o meio ambiente, que resulta de uma interacção entre assimilação e acomodação. A assimilação e a acomodação são, pois, os motores da

¹ Os programas educacionais do tipo informativo são aqueles que possuem conteúdos teóricos elementares e aprofundam conhecimentos específicos, como os *software* para formação profissional por exemplo.

aprendizagem. A adaptação intelectual ocorre quando há equilíbrio entre ambas (Silva 1998).

Com base neste pressuposto, a aprendizagem é possível somente quando existe assimilação (Piaget, 1973). Esta assimilação, por sua vez, irá variar consoante o estágio de desenvolvimento cognitivo em que o indivíduo se encontra. Desta forma, Piaget identificou estes padrões de desenvolvimento, postulando que a inteligência se constrói na medida em que novos patamares de equilíbrio adaptativo são alcançados. Assim, classificou os períodos na construção da inteligência no homem que serão aqui denominados de estágios do desenvolvimento. Estes, que contemplam desde o nascimento até a fase adulta são os seguintes:

1. *Estágio sensório motor* (entre 0 e 2 anos aproximadamente)
2. *Estágio pré-operatório* (entre 2 e 6 anos aproximadamente)
3. *Estágio operatório-concreto* (entre 6 e 12 anos aproximadamente)
4. *Estágio operatório-formal* (a partir dos 12 anos)

IV. 2.5.1 O estágio sensório motor

Piaget postula que, neste período, o sujeito a princípio tem contacto com o mundo exterior, apenas numa zona bem superficial da realidade exterior e na periferia inteiramente corporal do ego (Ramos 1995). Neste período, considerado pré-verbal, há apenas os reflexos e hábitos sensório-motores (Galvis 1992). Ainda não foi desenvolvida pelo indivíduo uma lógica organizadora (Silva 1998). A criança forma apenas representações ou imitações do que vê ou experimenta, que são interiorizadas como imagens mentais (Pulaski 1986).

Nesta fase, o raciocínio lógico e operacional são ausentes e serão desenvolvidos a partir do próximo estágio da inteligência, o período pré-operatório.

IV. 2.5.2 O estágio pré-operatório

O período pré-operatório pode ser entendido como a fase em que a nível do pensamento representacional se constrói o que se desenvolveu no nível sensorio motor (Piaget 1973).

Neste período, que vai dos 2 até aos 7 anos, o funcionamento cognitivo da criança é caracterizado pelas representações simbólicas. O pensamento da criança é egocêntrico, vinculado às experiências limitadas. Seus conceitos individuais são vagos e confusos e lentamente trabalha-se para construir um caminho em direcção a ideias um pouco mais lógicas do mundo, que Piaget denominou de semilógicas (Pulaski 1986).

O período pré-operatório é responsável pela transição entre uma inteligência sem linguagem, sem representação, sem conceitos, para uma inteligência representativa. Nela, domina uma inteligência simbólica, a criança não pensa propriamente, mas vê mentalmente o que evoca. A rigor, poderia se dizer que o seu espírito é a sede de imagens, de quadros particulares que são os representantes das situações que viveu ou dos objectos que viu (Ramos 1995).

Nesta fase, desenvolve-se a linguagem e a representação do espaço, do tempo e da causalidade, mas está ainda muito ligada à percepção (o tempo presente, o resultado imediato da acção, o espaço visível, etc.).

"Adquirida a linguagem, a socialização do pensamento manifesta-se pela elaboração de conceitos e relações e pela constituição de regras. Quer dizer, há nesse caso uma evolução estrutural. É justamente na medida, até, que o pensamento verbo-conceptual é transformado pela sua natureza colectiva que ele se torna capaz de comprovar e investigar a verdade, em contraste com os actos práticos da inteligência sensorio-motora e à sua busca de êxito ou satisfação" (Piaget 1963:336 apud Ramos 1995).

IV. 2.5.3 O estágio operatório concreto

Este período (dos sete até onze ou doze anos), caracteriza-se pela capacidade da criança em raciocinar logicamente, organizar os pensamentos em estruturas coerentes e totais e dispô-los em relações hierárquicas ou sequenciais (Pulaski 1986).

Galvis (1992) complementa que, nesta fase, realizam-se as operações sobre os objectos, classificação e ordenamento e as demais operações da lógica de classes e de relações, da geometria e da física elementar. Desenvolve-se a ideia de número, realizam-se operações espaciais e temporais, há manifestação de reversibilidade e uso da razão intuitiva.

No período operatório concreto, a percepção da substância, peso e volume dão muito mais mobilidade ao pensamento. O desenvolvimento dessas capacidades só pode ser explicado em função de um progresso interno da lógica infantil. Mas essa maior mobilidade do pensamento é ainda limitada pela realidade concreta ou seja, ela aplica-se apenas às acções e não às hipóteses (Ramos 1995).

Silva (1988) argumenta que, neste período, a lógica organizadora do indivíduo é a lógica das relações e das transformações sobre o material visível (objectos presentes).

Os esquemas de conservação que surgem neste período são adquiridos concomitantemente à aquisição de estruturas lógicas e matemáticas que lhe servem de sustentação; estas são as estruturas de classe, de relação e de número.

As classes e as seriações, por sua vez, constituem-se por volta dos sete a oito anos marcando o começo das operações concretas. A partir daí, segue-se o desenvolvimento de estruturas que incidem sobre várias classificações ou seriações ao mesmo tempo. Piaget chamou-os agrupamentos multiplicativos (por analogia com as estruturas de grupos (Piaget 1963 *apud* Ramos 1995).

IV. 2.5.4 O estágio operatório formal

Neste período, que vai dos 12 anos em diante, realizam-se as operações sobre hipóteses. Começa-se a fazer uso do pensamento hipotético-dedutivo, do pensamento formal abstracto. Faz-se controle das variáveis, podem-se verificar enunciados, tem-se sentido de proporcionalidade e pode-se efectuar operações e transformações nos elementos (Piaget 1973).

Silva (1998) refere que no estágio das operações formais, o desenvolvimento da inteligência e seus sucessivos estágios segue uma lógica coerente, que pode ser descrita em suas próprias estruturas. Assim, a inteligência tem acesso a um nível em que aparecem as relações entre o possível e o real (Ramos 1995) e o indivíduo opera com base em raciocínios lógicos dedutivos, sendo capaz de:

- fazer ensaios, empiricamente, de todas as situações em que a flexibilidade ou a rigidez aparecerão, classificando e seriando as propriedades segundo uma leitura sistemática da experiência;
- fazer variar todos os factores, um de cada vez, a partir de hipóteses prévias.

IV. 2.5.5 Conclusão sobre o trabalho de Piaget

A obra de Piaget, conclui Ramos (1995), teve como objectivo a procura de uma resposta para a questão: "Como aumentam os nossos conhecimentos?". Ou seja, como eles nascem, quais são os seus instrumentos, como se constituem, entre outras. Para a autora, a sua teoria teve repercussões sérias a nível psicopedagógico, chegando a gerar uma corrente nova na área, denominada de construtivismo.

Ramos (1995) salienta também que uma das críticas mais comuns, dirigidas ao trabalho de Piaget, é a de que ele não considerou, com a ênfase devida, a influência da interacção social e da aquisição da linguagem na aprendizagem humana. Porém vale lembrar que Piaget foi um epistemólogo, ou seja, não desenvolveu uma teoria educacional. No entanto, a epistemologia genética desenvolvida por Piaget em momento nenhum nega a importância da interacção social no processo de aprendizagem.

Escobar (1987), *apud* Galvis (1992), por sua vez refere que uma didáctica derivada das teorias de Piaget podem operacionalizar-se levando em conta a prática dos seguintes princípios:

- O processo de aprendizagem consiste em uma assimilação sistemática e progressiva do objecto ou das experiências.
- A aprendizagem é sempre um processo de actividade de construção, diferente da recepção passiva de conhecimentos pelo sujeito que aprende.
- O sujeito que aprende e os conhecimentos incorporados são o resultado de uma construção progressiva.
- A aprendizagem na perspectiva construtivista é sempre relativa a um momento determinado. Por isso postula-se que o conhecimento é um processo entre os vários momentos de estabilidade do mesmo, o que implica que este nunca termina.
- A actividade do aluno dever ser sempre auto construtiva, auto dirigida, auto-avaliativa, fomentando-se um ambiente educativo em que os valores principais se baseiam na autodeterminação e na participação criativa e dinâmica.
- A aprendizagem é um processo de equilíbrio dinâmico, ou seja, uma constante situação de equilíbrio-desequilíbrio entre as capacidades de assimilação e a complexidade da realidade por conhecer.
- As situações de aprendizagem devem conduzir à realização de um acto de assimilação onde o aluno, por abstracção física e reflexiva, dê um significado ao conteúdo aprendido, ou situe em um contexto teórico mais amplo, podendo actuar de maneira mais eficaz e completa, uma vez que amplia os seus conhecimentos.

Os estágios de desenvolvimento cognitivo postulados pelo autor são importantes na educação, pois sugerem a existência de caracteres gerais comuns a cada grupo de idades, capazes de explicar a maioria das manifestações relevantes de cada grupo e antecipar as possibilidades e impossibilidades de planeamento de actividades com cada grupo.

A metodologia cognitivista de Piaget tem sua aplicação prática subjacente em inúmeros produtos educacionais informatizados, nomeadamente, nos sistemas micro-mundo experimentais (simuladores). Assim, na concepção de *software* educacional infantil, os estágios do desenvolvimento propostos por Piaget, servem de guia para determinar a sequência e a forma de apresentação dos conteúdos a aprender, respeitando as dificuldades e habilidades em cada estágio.

É lógico que não se podem entender os estádios do desenvolvimento cognitivo de forma reducionista. Embora se sugira que estes estádios estejam compreendidos entre uma determinada faixa etária, em cada um dos grupos, estas podem variar e muito, consoante o meio sócio cultural em que o aluno se insere. Há que ter, portanto, a noção de flexibilidade para compreender, interpretar e aplicar na prática este modelo.

IV. 2.6 O Paradigma Construcionista

A construção do conhecimento através do computador tem sido denominada por Papert (1985) de construcionismo. Ele usou este termo para mostrar um ou outro nível de construção do conhecimento: A construção do conhecimento que acontece quando o aluno constrói um objecto de seu interesse, como uma obra de arte, um relato de experiência ou um programa de computador. Na noção de construcionismo de Papert, existem duas ideias que contribuem para que este tipo de construção do conhecimento seja diferente do construtivismo de Piaget. Primeiro, o aprendiz constrói alguma coisa, ou seja, é a aprendizagem através do fazer. Segundo, o facto de o aprendiz estar construindo algo do seu interesse para a qual está bastante motivado. O envolvimento afectivo torna a aprendizagem mais significativa (Valente 1993).

Entretanto, como refere Valente (1993), o que contribui para a diferença entre essas duas maneiras de construir o conhecimento é a presença do computador - o facto de o aprendiz estar construindo algo através do computador (entenda-se aqui computador como ferramenta).

Papert foi o criador da linguagem LOGO de programação, que se trata de um pequeno *robot* programado, a “tartaruga de solo” (chamada as vezes de *bigtrack*) que, através de comandos recebidos, podia locomover-se numa sala e desenhar, no chão, o seu percurso (La Taille 1990).

Esses comandos giravam em torno de dois movimentos: a tartaruga podia avançar (ou recuar) em linha recta e realizar rotações para a esquerda e para a direita.

Com a composição desses movimentos, que podem ser realizados apenas sequencialmente, o *robot* deslocava-se na sala. Esta tartaruga de solo foi depois transposta para um ambiente computadorizado e deslocava-se no ecrã do computador. Através desta linguagem, o aprendiz tem a possibilidade de programar, no computador, os movimentos e acções da tartaruga.

Utilizando a linguagem LOGO, a actividade de programar assume o caracter de extensão do pensamento do aluno (Valente 1993). O aprendiz elabora suas ideias em uma linguagem familiar, podendo estender a linguagem através da construção de procedimentos aos quais ele pode atribuir nomes que lhe sejam significativos.

O uso do computador requer certas acções que são bastante efectivas no processo de construção do conhecimento. Quando o aprendiz interage com o computador, manipula conceitos e isso contribui para o seu desenvolvimento mental. Ele adquire conceitos da mesma maneira que se estivesse a interagir com objectos do mundo real, como observou Piaget. Papert denominou este tipo de aprendizagem de aprendizagem piagetiana (Papert 1980, *apud* Valente 1993).

IV. 2.7 Outras abordagens sobre a aprendizagem

Existem inúmeras abordagens sobre a aprendizagem e a forma como se processa a formação do conhecimento nos indivíduos. Não é pertinente comentar em detalhe cada uma delas, mas apenas enunciar as mais importantes, a titulo ilustrativo.

- **A abordagem sócio-constructiva do desenvolvimento cognitivo de Vygotsky** (*apud* Gaonac'h & Golder, 1995) que se centrou principalmente na origem social da inteligência e no estudo dos processos sócio-cognitivos.
- **A abordagem de Henri Wallon**, (*apud* Galvão, 1995, Dantas 1992)) onde a génese da inteligência é genética e organicamente social, ou seja, “o ser humano é organicamente social e sua estrutura orgânica supõe a intervenção da cultura para se actualizar”. Esta abordagem também postula que existem estádios no desenvolvimento cognitivo e que a passagem dos estágios de desenvolvimento não se dá linearmente, por ampliação, mas por reformulação, instalando-se no momento da passagem de uma etapa a outra, crises que afectam a conduta da criança. Assim, o ritmo ao qual sucedem-se as etapas do desenvolvimento é descontínuo, marcado por rupturas, retrocessos e reviravoltas, provocando em cada etapa profundas mudanças nas anteriores.
- **A abordagem de Albert Bandura** (*apud* Gaonac'h & Golder, 1995) que levanta uma abordagem de aprendizagem social e o papel das influências sociais na aprendizagem
- **A abordagem de J. S. Bruner** (*apud* Gaonac'h & Golder, 1995) que é a teoria de que o desenvolvimento cognitivo se dá numa perspectiva de tratamento da informação, que ocorre de três modos: inactivo, onde a informação é representada em termos de acções específicas e habituais (caminhar, andar de bicicleta); o modo icónico, onde a informação é representada em termos de imagens, e simbólica, onde a informação é apresentada sobre a forma de um esquema arbitrário e abstracto (Gaonac'h, 1995).
- **A abordagem biológica de Maturana e Varela (1992)**, que não desenvolveram especificamente um estudo sobre a cognição, mas cuja teoria sobre o homem como um sistema autopoietico tem influenciado bastante a construção de modelos computadorizados. Os autores entendem que os seres vivos são um tipo particular de máquinas homeostáticas. A ideia de autopoiesis é uma expansão da ideia de homeostase, no sentido em que ela transforma todas as referências da homeostase em internas ao sistema e afirma ou produz a identidade do sistema. O sistema autopoietico é organizado como uma rede de componentes que se regeneram continuamente, por

transformação e interação. Essa rede faz parte do sistema, como uma unidade concreta no espaço onde ele existe, especificando o seu domínio topológico (Ramos 1995).

- **A abordagem de Robert M. Gagné (1980)**, que compartilha os enfoques behavioristas e cognitivistas em sua teoria. Para ele, as fases da aprendizagem apresentam-se associadas aos processos internos que, por sua vez, podem ser influenciados por processos externos. Para Gagné, a aprendizagem é um processo de mudança nas capacidades do indivíduo, no qual se produzem estados persistentes e é diferente da maturação ou desenvolvimento orgânico. A aprendizagem produz-se usualmente mediante interação do indivíduo com seu meio (físico, social, psicológico) (Galvis 1992).
- **A abordagem de Paulo Freire (1987)**, que não desenvolveu uma teoria da aprendizagem, mas cujos postulados sobre a pedagogia problematizadora e transformadora enfatizam uma visão de mundo e de homem não neutra. Assim, o homem é um ser no mundo e com o mundo. A inspiração de seu trabalho nasce de dois conceitos básicos: a noção de consciência dominada e dos elementos subjectivos que a compõem; e da ideia de que há determinadas estruturas que conformam o modo de pensar e agir das pessoas. Essas estruturas influenciam o comportamento, a percepção e a consciência que cada indivíduo ou grupo tem dos fenómenos sociais (Fialho 1998).
- **A abordagem de Howard Gardner (1993)** que muito tem contribuído para o processo educacional. Gardner defende que o ser humano possui múltiplas inteligências ou um espectro de competências manifestas pela inteligência. Todas essas competências estão presentes no indivíduo, manifestando-se com maior ou menor intensidade, tornando o indivíduo mais ou menos deficiente, mais ou menos competente em relação a cada uma ou várias dessas competências. Em sua teoria, defende que os indivíduos aprendem de maneiras diferentes, apresentam diferentes configurações e inclinações intelectuais. Gardner destaca ainda, veementemente, o papel da educação no desenvolvimento global e na aplicação das inteligências. As inteligências múltiplas, as quais Gardner se refere, são: a lógico-matemática, a

linguística, a espacial, a musical, a corporal-sinestésica, a inter-pessoal e a intra-pessoal (Gardner 1994 e Gardner 1995).

Uma vez que foram abordadas as principais teorias da aprendizagem, apresenta-se a seguir a integração destas teorias aos sistemas de *Software* Educacional.

IV. 3. *Software* Educacional como um instrumento de apoio ao processo de ensino/aprendizagem

Nem todos os programas que rodam numa plataforma computadorizada podem ser classificados na categoria dos *Produtos Educacionais Informatizados* (PEI). É importante, então, fazer uma distinção entre os tipos de programas que os utilizadores podem encontrar quando utilizam um computador.

O termo inglês *software*, que corresponde a suporte lógico ou a programa em português, é aplicável a toda a colecção de instruções que servem para que o computador cumpra uma função ou realize uma tarefa (Galvis 1992).

Este autor refere ainda que outro importante grupo de *software* são as linguagens e sistemas de programação. Estes têm variados níveis de complexidade e servem para que os utilizadores dêem instruções à máquina sobre como considerar as operações mais relevantes. O autor refere ainda que, quando um conjunto de instruções escrito numa linguagem de programação se converte em (é traduzido) código, que é executável directamente pela máquina e se armazena como tal, estamos perante um aplicativo. O domínio do campo de utilização dos aplicativos pode ter vários graus de especificação ou generalidade. Por exemplo, os processadores de texto, podem servir para qualquer tipo de material textual, em função do que o utilizador deve fazer; desta forma considera-se um aplicativo de propósito geral.

Aqui serão apenas referidos os programas de *software* inseridos no campo educativo. Denomina-se *software* educativo aqueles programas que permitem cumprir ou apoiar funções educativas, ou seja, as aplicações que apoiam directamente o processo de ensino/aprendizagem.

Para compreender como se pode avaliar a qualidade ergonómica do *software* educacional, é necessário antes compreender que existem diferentes tipos de *software* educacional, cada qual com propósitos específicos, e fundamentados em metodologias de ensino/aprendizagem diferenciadas. Desta forma, será aqui apresentado uma taxonomia clássica para classificação de Produtos Educacionais. Informatizados (PEI).

Uma possível forma de classificação dos PEI é a proposta por Dwyer (1974), que está ligada ao enfoque educativo predominante nestes tipos de materiais, ou seja *software* do tipo algoritmo e *software* do tipo heurístico. No *software* do tipo algoritmo predomina a aprendizagem via transmissão de conhecimentos, ao passo que no *software* do tipo heurístico, predomina a aprendizagem por descoberta.

IV. 3.1 Taxonomia de Software Educacional

IV. 3.1.1 Enfoques Algoritmo e Heurístico.

Podem ser considerados dois possíveis enfoques para a actividade educativa, a saber: o enfoque *algoritmo* e o enfoque *heurístico*. (Tomas Dwyer 1974 *apud* Galvis 1992). À luz destes enfoques analisam-se as diferentes dimensões segundo as quais a informática educativa e a educação se relacionam. De maneira complementar, serão também analisadas algumas das principais correntes da psicologia da aprendizagem, como forma de compreender, analisar e questionar acerca da utilização de materiais educacionais informatizados em meio escolar.

O ser humano aprende ao longo de toda a vida, mesmo que não seja de forma sistemática. Às vezes é fruto das circunstâncias do momento, outras vezes de actividades planeadas por outrem (agentes externo) e que o aprendiz leva a cabo em áreas do domínio que interessa aprender.

De acordo com o dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, *Algoritmo* é um conjunto ordenado e finito de operações que permite achar a solução para um problema, enquanto que *heurística* é algo pertencente ou relativo à arte de inventar, de descobrir ou achar, podendo ser também princípio geral para resolver problemas.

Como o nome sugere, o enfoque **algoritmo** orienta-se pela definição e realização de sequências pré-determinadas de actividades. Este enfoque enfatiza o modelo de ensino do tipo tutorial em que o docente pretende transmitir, de maneira eficiente, o conhecimento que considera necessário ao aluno aprender. O enfoque algoritmo tem o mérito de dar estrutura e precisão ao ensino e, se possível, reproduzir essa precisão.

O aluno, sob este enfoque, tem como missão assimilar os ensinamentos de seu mestre, convertendo-se num depositário dos seus conhecimentos e modelos de pensamento. Estes modelam a forma de pensar e a informação que a sustenta e são o objecto de conhecimento que o docente trata de transmitir através dos diversos meios e materiais de ensino.

Sob este enfoque, a educação é controlada pelo educador. Ele decide o quê e para quê ensinar, cabendo ao aluno aprender o que o docente ensina, sendo esta a única fonte de conhecimento que possui, para além dos materiais disponíveis para a aprendizagem. Assim, não há nada para descobrir e sim para assimilar.

O enfoque algoritmo tem grande aplicação para promover aprendizagens do tipo reprodutivo, (i.é, desde o conhecimento até a aplicação de regras), assim como o domínio psicomotor, usando a taxonomia de Blom) e apresenta sérias limitações para favorecer a

aprendizagem produtiva (i.é, análise, síntese e avaliação, assim como domínio afectivo, usando a mesma taxonomia), da natureza não reprodutiva dos mesmos.

No enfoque **heurístico**, a aprendizagem produz-se por discernimento repentino a partir de situações, experiências e conjecturas, por descobrimento daquilo que interessa aprender e não mediante a transmissão de conhecimento.

Como o nome sugere, o enfoque heurístico tem a ver com a invenção e descobrimento. O aluno deve chegar ao conhecimento interagindo conjecturalmente com o objecto de conhecimento ou com um ambiente de aprendizagem que permita chegar até ele.

Neste sentido, Dwyer (1974) *apud* Galvis (1992), afirma que a fim de promover uma educação controlada pelo estudante em que o aluno use o computador para desenvolver e provar seus próprios modelos de pensamento, é necessário que o docente utilize uma série de estratégias baseadas em psicologia cognitiva, que promovem o desenvolvimento das capacidades de autogestão do acto de aprendizagem. Estas incluem:

1. Aprender a lidar com os fracassos.
2. Distinguir entre transmitir a experiência acumulada e transmitir os modelos (interpretações) dessa experiência.
3. Esperar o inesperado sobre a autogestão educativa, dando ao aluno a oportunidade de percorrer por si mesmo o caminho e possuir autocontrole sobre as metas da educação.
4. Usar ambientes educativos ricos, com claros propósitos, ambientes de aprendizagem lúdicos que contribuam para manter a motivação dos participantes.

O autor conclui que um docente que discrimine estes elementos e que promova o desenvolvimento das capacidades de autogestão de seus estudantes, saberá tirar proveito de ambientes educativos com o uso de computador, nos quais conta com amplas experiências para auto-aprendizagem, assim como para mediatizar a transmissão de uma herança cultural.

A classificação através do enfoque algoritmo e heurístico não permite distinguir os diferentes tipos de *software* educacional, pois centra-se apenas na abordagem pedagógica do mesmo. Outra possível forma de classificar os PEI, que é a mais adoptada na literatura, analisa estes produtos segundo as funções educativas que assumem. A saber, *sistemas de exercício e prática*, *sistemas tutoriais*, *sistemas tutoriais inteligentes de aprendizagem*, *simuladores*, *jogos educativos*, *informativos*, *hipertexto/hipermedia* [(Valente 1993), (Campos 1994), (Galvis 1992), (Niquini 1996)].

É claro que essas taxonomias se complementam mutuamente, uma vez que os enfoques e as funções educativas estão intimamente ligadas.

IV. 3.2 Exercício e Prática

Este tipo de programa visa o exercício de um conteúdo ou habilidade já conhecido pelo aluno, mas não inteiramente dominado por ele. Existem exercícios que envolvem a memorização e repetição de elementos como, por exemplo, para o ensino de aritmética, idiomas, entre outros. Estes materiais podem suplementar o ensino em sala de aula, aumentando e/ou automatizando habilidades básicas. Em geral, os *software* do tipo exercício e prática utilizam *feedback* imediato, exploram as características gráficas e sonoras do computador e geralmente são apresentados sob a forma de jogos. Os alunos trabalham com uma selecção aleatória de problemas, repetindo o exercício quantas vezes forem necessárias para atingirem os objectivos determinados no programa. As respostas erradas são rapidamente detectadas, o que reduz a possibilidade de reforço em procedimentos erróneos.

Valente (1993) afirma também que a vantagem deste tipo de programa é o facto do docente dispor de uma grande variedade de exercícios que o aprendiz pode resolver, de acordo com o seu grau de conhecimento e interesse. Se o *software*, por sua vez, contabilizar as respostas de modo a verificar o desempenho do aprendiz, então o docente terá à sua disposição um dado importante sobre como o material está a ser absorvido pelo

seu utilizador. Cabe-lhe, no entanto, saber compreender e interpretar as acções correctas e os erros cometidos.

IV. 3.3 Tutorial

Os programas tutoriais constituem numa versão computacional da instrução programada. A vantagem dos tutoriais é o facto de o computador poder apresentar o material com características que não são possíveis no material impresso, tais como: animação, som e manutenção do controle da performance do aprendiz, facilitando o processo de administração das lições e possíveis programas de remediação.

Estes programas servem como apoio ou reforço para as aulas, para preparação ou revisão de actividades, entre outros aspectos. Os programas tutoriais podem introduzir conceitos novos, apresentar habilidades, pretender a aquisição de conceitos, princípios e/ou generalizações através da transmissão de determinado conteúdo ou da proposição de actividades que verifiquem a aquisição deste conteúdo.

As tendências dos bons programas tutoriais, como identifica Valente (1993), *“é utilizar técnicas de Inteligência artificial para analisar padrões de erro, avaliar o estilo e a capacidade de aprendizagem do aluno e oferecer instrução especial sobre o conceito que o aluno está a apresentar dificuldade, porém a falta de recursos computacionais e de equipes multidisciplinares que permitam a produção de bons tutoriais tem feito com que grande parte dos programas que se encontram no mercado sejam de má qualidade”*.

IV. 3.4 Sistemas Tutoriais Inteligentes (STI)

A ideia básica dos STI é a de ajustar a estratégia de ensino/aprendizagem ao conteúdo e forma do que se aprende, aos interesses, expectativas e características do aprendiz, dentro das possibilidades da área e nível de conhecimento e das múltiplas formas em que este se pode apresentar ou obter (Galvis 1992).

Campos (1994), por sua vez, refere que o objectivo dos sistemas tutorais inteligentes (STI) é trazer maior flexibilidade e interactividade no domínio da tutoria, sobretudo em matemática, programação e medicina (Fichetti & Gisolfi 1990). Já Werneck (1993), define estes sistemas como uma tentativa de integrar técnicas de IA e uma teoria da psicologia de aquisição de conhecimento dentro de um plano de ensino. Ainda segundo a autora, o objectivo dos STI deve ser muito exacto pois o sistema deve fornecer capacidade de raciocínio e resolução de problemas no domínio de aplicação. Os STI devem possuir um conhecimento do perfil do aluno a fim de ser sensível ao comportamento do estudante, possuir uma interface com linguagem natural e a capacidade de diálogo deve ser desenvolvida.

Para tornar isto possível, o STI deve levar em conta a base de conhecimento do especialista no assunto em questão e o modelo mental do aprendiz, para tanto, os seus conhecimentos, habilidades e destreza. Neste tipo de programa, a interface deve ser capaz de oferecer diferentes tipos de ambiente de aprendizagem, ser adaptável e permitir chegar facilmente ao conhecimento desejado. Finalmente, definidas estas características, o sistema deve ter um módulo tutor, capaz de gerar situações para resolução de problemas, aplicáveis ao estado de conhecimento do aprendiz, com respeito à base de conhecimento especializado que se deseja obter.

IV. 3.5 Simulação e Modelagem

É a representação ou modelagem de um objecto real, de um sistema ou evento. É um modelo simbólico e representativo da realidade que deve ser utilizada a partir da caracterização dos aspectos essenciais do fenómeno. Isto significa que a simulação deve ser utilizada após a aprendizagem de conceitos e princípios básicos do tema em questão (Campos 1994).

Estes modelos envolvem a exploração de que simulam a realidade, de situações com risco, (controladores de voo) como manipulação de substância química ou objectos perigosos (*software* de instalações eléctricas de edifícios), de experimentos complexos, caros ou que levam muito tempo para se processarem (como crescimento de plantas) e de situações impossíveis de realizar (manipulação do ecossistema por exemplo).

As simulações são classificadas de acordo com o uso de computadores em educação, como aprendizagem por descoberta, possibilitando aos alunos utilizar o computador para explorar e usar habilidades para a solução de problemas. Oferecem ao aprendiz a possibilidade de desenvolver hipóteses, testá-las e refinar conceitos. Esta modalidade é muito útil para trabalho em grupo, sobretudo para situações que envolvem a tomada de decisões.

Valente (1993), afirma que uma das críticas que se faz a este tipo de *software*, é que as simulações são muito difíceis de serem desenvolvidas, pois requerem um poder computacional muito grande, recursos gráficos, visuais e sonoros, de modo a tornar a situação o mais próxima possível da realidade. Afirma que geralmente os recursos multimedia não são explorados adequadamente, correndo-se o risco de que a aprendizagem não decorra eficientemente, na medida em que propicia ao aprendiz uma visão distorcida e simplificada do mundo real. Neste sentido, é necessário aliar a este tipo de programa apresentações formais, leituras e discussões em sala de aula criando condições para o aprendiz fazer a transição entre a simulação e a realidade dos factos.

IV. 3.5 Jogos Educativos

Os programas de *software* do tipo jogos educativos estabelecem uma fonte de recreação com vista à aquisição de um determinado tipo de aprendizagem. Geralmente envolvem elementos de desafio ou competição. Muitos jogos são confundidos com simulação, pois utilizam algum tipo de habilidade. Porém neste tipo de *software*, utiliza-se variados recursos para despertar e motivar o aluno para a situação de aprendizagem.

Segundo Fonseca Jr. (1993) *apud* Campos (1994), os jogos educativos correspondem a um certo nível de desenvolvimento cognitivo. São biológica e culturalmente determinados e o autor supõe que há uma relação indissociável entre capacidade de solucionar problemas e tipos de problemas que o indivíduo enfrenta. Afirma ainda que, com os jogos, se aprende a negociar, a persuadir, a cooperar, a respeitar a inteligência dos adversários, a projectar consequências de longo prazo em um cenário, a ver o todo mais do que as partes.

Galvis (1992) refere que a utilização dos jogos depende, em boa medida, da necessidade educativa que se vai atribuir a este tipo de material e a forma como se vai utilizá-los. Como motivadores são de fato eficientes, refere o autor, pois favorecem a aprendizagem de experiências, conjecturas e de descobrimentos. Seu potencial de alcance é elevado, pois cumprem com os requisitos de um *software* do tipo exercício e prática, só que proporcionando uma experiência do tipo vivencial, próxima à realidade. Além disto, crianças e jovens dominam com desenvoltura este tipo de material.

IV. 3.6 Informativos

Esta categoria de *software*, segundo Niquini (1996), pode ser identificada quando os dados são apresentados sob formas de texto, gráficos ou tabelas. Estes tipos de *software* devem apresentar, como características principais, documentação de fácil entendimento e armazenamento de informação com capacidade adequada, de acordo com o nível do aluno, porém nem sempre estes aspectos são bem conseguidos no produto.

Enquadram-se nesta categoria, o *software* do tipo livro electrónico, como é o caso das enciclopédias interactivas, ou *software* que pretende apresentar uma informação específica a ser aprofundada, cujo conteúdo de leitura e interpretação é significativamente maior que a exercitação e prática de situações hipotéticas do mundo real.

Este tipo de material, caracteriza-se geralmente pela baixa capacidade de recursos para motivar o aprendiz, cabendo-lhe somente a sua própria motivação intrínseca para a aquisição do conteúdo, o que geralmente em situações de ensino/aprendizagem, não é suficiente, nem estimulante.

IV. 3.7 Hipertexto/Hipermédia

Hipertexto é comumente definido como uma forma não linear de armazenamento e recuperação de informações. Isto significa que a informação pode ser organizada em qualquer ordem, através de selecção de tópicos de interesse. (Kahn & Meyrowitz 1988). Desta forma, um hipertexto tem como principal característica a capacidade de interligar pedaços de textos ou outros tipos de informação entre si através do uso de palavras chave (Mendonça & Rocha 1993, *apud* Campos 1994).

Macdaid (1991), *apud* Campos (1994), define hipermédia como um estilo de construção de sistemas para a criação, manipulação, apresentação e representação da informação nos quais:

- a informação armazena-se em uma colecção de nós multimédias;
- os nós encontram-se organizados de forma explícita ou implícita em uma ou mais estruturas (habitualmente uma rede de nós conectados por *links*);
- os utilizadores podem ter acesso à informação e navegar através das estruturas disponíveis.

Campos (1994), refere que hipertexto, hipermédia e multimédia são particularmente adequados para a educação. Com a multimédia interactiva, isto é, com a possibilidade de uma dimensão reticular, não linear, há o favorecimento de uma postura exploratória diante do conteúdo a ser assimilado. Desta forma, a hipermédia estaria relacionada a uma aprendizagem activa. Midoro et al. (1992), *apud* Campos (1994), ressaltam que o produto de hipermédia e o processo de desenvolvimento de uma aplicação interessam, ambos, a educação. O produto de hipermédia consiste em sistemas que tornam possível a

disponibilidade de uma grande quantidade de material de aprendizagem estruturado. Este material é acessível a partir de uma máquina e, navegável através de ligações explícitas. O material de aprendizagem armazenado no produto de hipermédia envolve comunicação de instruções baseada em diferentes canais (texto, gráficos, audio, vídeo, etc...)

IV. 4. Conclusão do Capítulo

Todas estas abordagens tentaram compreender o ser humano e a maneira como se dá efectivamente o processo de aprendizagem. Muitas dessas premissas estão implícitas nos produtos educacionais informatizados que se encontram hoje no mercado. Muitos desses produtos trazem uma proposta educacional bastante evidenciada, estando construídos sob fortes princípios metodológicos e baseados em algumas dessas teorias. Já outros produtos não deixam claro, ou mesmo nem se preocupam com estes aspectos, reflectindo dessa forma a baixa qualidade do material.

De forma sucinta, pode-se afirmar que o enfoque algoritmo está representado pelas teorias behavioristas, ao passo que o enfoque heurístico pode ser representado pelas teorias cognitivas da aprendizagem. Assim, como propõe Dwyer na Tabela 4, pode-se estabelecer o seguinte quadro comparativo:

Enfoque educativo	Tipo de material educativo segundo a função que assume
Algoritmo	<p>Sistema tutorial</p> <p>Sistema de exercício e prática</p>
Heurístico	<p>Simulador</p> <p>Jogos educativos</p> <p>Micro-mundo exploratório</p> <p>Sistemas <i>experts</i></p>
Algoritmo e Heurístico	Sistemas Tutoriais Inteligentes de ensino/aprendizagem

Tabela 4: **Relações entre os enfoques e os tipos de função educativa que podem assumir os PEI**

É claro que todos esse tipos de materiais se complementam, uma vez que os enfoques e as funções educativas estão intimamente ligadas. O que é importante ressaltar no entanto, é que não basta apenas a utilização de uma determinada teoria educacional subjacente ao desenvolvimento do produto, para garantir que a aprendizagem efectivamente se efectue, mas sim que o uso do produto mediante o seguimento de uma determinada metodologia possa contribuir para a efectivação do processo de ensino/aprendizagem. Como refere La Taille (1990), o valor de um *software* educacional dependerá, em grande parte, do destino que lhe der cada docente.

É muito comum verificarmos a implementação no computador de uma série de informações que devem ser passadas ao aluno na forma de um tutorial exercício e prática ou jogo. Porém, como afirma Valente (1993:32), encontramos esta abordagem sendo usada como uma abordagem construtivista, ou seja *para propiciar a construção do conhecimento na “cabeça” do aprendiz, como se o conhecimento fossem tijolos que devem ser justapostos e sobrepostos na construção de uma parede. Nesse caso o computador tem a finalidade de facilitar a construção dessa “parede”. Embora nesse caso o paradigma pedagógico ainda seja o instrucionista, esse uso do computador tem sido caracterizado erroneamente como constructivista, no sentido piagetiano.*

Assim, as teorias aqui apresentadas devem servir de suporte para clarificar correctamente que tipo de corrente pedagógica segue cada tipo de PEI. Há que distinguir, em cada tipo de material, qual o propósito pedagógico subjacente, em função do modelo pedagógico que o sustenta.

Como foi referido na introdução deste trabalho, pretende-se definir o conceito de qualidade em *software* e propor uma técnica de avaliação de *software* educacional. Para tornar esta técnica possível, tomaram-se como referência os aportes da Ergonomia, da

psicologia da aprendizagem, e da engenharia de *software*. A integração dessas ciências servem como base de sustentação ao processo de avaliação de *Software* Educacional.

O Capítulo I mostrou como a engenharia de *software* define a questão da qualidade em *software*, através da normalização de processos. Com o Capítulo II, pretendeu-se ampliar a questão, mostrando a qualidade ergonómica de dispositivos interactivos, na perspectiva do utilizador. O Capítulo III restringe a questão e dá enfoque à utilização dos dispositivos interactivos aplicados à educação. Apresenta as categorias de *software* educacional e algumas correntes de psicologia da aprendizagem, como bases para conceptualização de qualidade em *software* educacional. O próximo capítulo trata da temática de avaliação de qualidade de *software* educacional e apresenta algumas metodologias utilizadas para esse fim.

Contudo, como se verá no a seguir, muitas dessas metodologias não levam em consideração a maneira como o indivíduo aprende, mas apenas a maneira como o *software* é concebido. Outras metodologias atêm-se apenas aos aspectos pedagógicos do produto, deixando de lado a consideração sobre a avaliação da interface dos mesmos. Porém, como visto anteriormente, qualidade em *software* educacional não é apenas o resultado de um produto que atenda aos critérios de usabilidade e critérios pedagógicos. Para atingir qualidade é necessário considerar os processos de desenvolvimento do produto e, nesse âmbito, a engenharia de *software* vem dar o seu contributo.

Com estes propósitos, pretende-se finalmente com o Capítulo VI, apresentar uma técnica de avaliação que prime pela integração dos conceitos até aqui apresentados.