

1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

1.1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho pretende investigar a utilização de recursos tecnológicos nos processos educacionais de Matemática, dando ênfase ao estudo de critérios para análise e seleção de ferramentas educacionais informatizadas, em especial de *sites* educacionais de Matemática na rede mundial de computadores – Internet.

Ele aborda duas vertentes da análise de recursos tecnológicos, interligadas em face do problema de investigação e complementares:

- sobre critérios para a análise e seleção de ambientes construtivistas de aprendizagem na Internet e
- sobre a ergonomia destes ambientes e de como ela pode contribuir para a aprendizagem numa proposta construtivista.

O texto é composto dos capítulos a seguir.

Capítulo 1 – apresenta a delimitação do problema, as hipóteses, os objetivos e considerações de ordem metodológica.

Capítulo 2 – apresenta uma fundamentação teórica para uso dos computadores nos processos educacionais, sob a visão de Lévy, Tikhomirov e Borba.

Capítulo 3 – apresenta uma discussão sobre os aspectos positivos e negativos da utilização da Internet como ferramenta educacional.

Capítulo 4 – apresenta o estudo sobre os critérios para análise e seleção de *sites* educacionais sob o paradigma construtivista.

Capítulo 5 - apresenta o estudo sobre os critérios para análise e seleção de *sites* educacionais sob o paradigma ergonômico.

Capítulo 6 – apresenta uma lista de critérios para a análise e seleção de *sites* educacionais sob os dois paradigmas analisados, bem como as contribuições advindas da observação de aspectos ergonômicos para aprendizagem, nas perspectivas adotadas.

Capítulo 7 – apresenta as conclusões do estudo e considerações para trabalhos futuros.

1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Analisando registros e estudos das mais variadas épocas da humanidade, observamos a dificuldade do homem em aceitar o novo e suas possibilidades. Qualquer que seja o período a ser estudado, temos indícios dos receios humanos frente às descobertas e achados do seu tempo. Foi desta forma com a descoberta do fogo, depois com a invenção da roda, a seguir com a formalização da escrita e, assim sucessivamente, até chegarmos à montagem da prensa de Gutenberg, à Revolução Industrial, ao telefone, ao rádio e à televisão. Agora é tempo do computador, da telefonia celular e do satélite.

Novamente surgem o medo do desconhecido e a necessidade de adequação às novidades. Estamos vivendo o tempo de acesso pleno à informação e esse fato é indubitavelmente uma das maiores transformações ocorridas no século XX.

Os avanços tecnológicos começam a ser utilizados praticamente por todos os ramos do conhecimento. As descobertas são extremamente rápidas e estão à nossa disposição com uma velocidade nunca antes imaginada. O advento do *chip*, que deu origem aos computadores atuais, talvez tenha sido o grande “achado” tecnológico deste milênio. A Internet, os canais de televisão a cabo, o CD-Rom, os recursos de multimídia estão presentes e disponíveis para todos aqueles que deles puderem se utilizar. Os investimentos globais em tecnologia estão tornando-a popular e permitindo que um número crescente de usuários a ela tenham acesso. A popularização dos equipamentos e computadores é uma necessidade de desenvolvimento mundial e uma tendência irreversível.

Esse aumento brutal de informações e recursos tecnológicos, aliado à velocidade das mudanças, faz com que estejamos permanentemente buscando atualização em relação aos novos estudos e às novas tecnologias. Estamos sempre a um passo de qualquer novidade.

Em contrapartida, na escola esta nova realidade faz com que nossos alunos estejam cada vez mais informados, atualizados e participantes deste mundo informatizado.

Esta realidade traz à tona uma nova fronteira educacional a ser explorada.

O profissional de magistério precisa estar completamente envolvido neste "boom" tecnológico e preparado para enfrentar as transformações que se vislumbram.

A Internet vem revolucionando a transmissão de informações e a comunicação entre as pessoas. Basta ligarmos o computador para que estejamos conectados, literalmente, ao mundo. Mais do que isso, essa ferramenta nos permite o acesso imediato às últimas tendências e descobertas nos mais distantes pontos do Planeta. A cada dia, milhares de novas pessoas estão se conectando a essa rede.

A despeito de todo esse avanço tecnológico, o magistério tem sido uma das profissões que menos proveito tem tirado dos recursos disponíveis.

Uma das poucas mudanças no ensino foi a introdução do quadro-negro. Caso ele fosse retirado da sala de aula, continuaríamos realizando um trabalho semelhante ao desenvolvido pelos professores do início da civilização. Seríamos hoje, em regra, cópias dos educadores gregos, que, ao passear pelas praias com seus discípulos, transmitiam-lhes, oralmente, todo o conhecimento armazenado em seus estudos.

A maioria das ciências tem gradativamente aumentado a utilização dos recursos e descobertas da tecnologia como uma utilíssima e fundamental ferramenta em suas atividades. É impressionante o avanço da Medicina, da Engenharia, da Física, da Robótica, apenas para citar algumas áreas do conhecimento.

No Brasil, a efetiva incorporação da tecnologia pelos processos educacionais ainda sofre, em contraposição ao que foi citado anteriormente, pelo vagar com que os professores, de forma geral, a estão utilizando. A maioria deles apresenta um grau de envolvimento muito pequeno com a informática nas atividades escolares e, em regra, ela ainda é vista com muita relutância. A falta de recursos e treinamento dos docentes, aliada à carência de equipamentos e instalações nas escolas, gera uma utilização substancialmente menor do que aquela demandada pela velocidade de integração da tecnologia ao cotidiano do homem. Segundo CHASSOT (1997, p. 1):

Se José de Anchieta, um dos pioneiros em educação no Brasil, entrasse hoje em nossas salas de aula muito pouco se surpreenderia, pois nossos métodos

e tecnologias são praticamente os mesmos por ele utilizados. Continua-se fazendo educação com artesanaria.

É fundamental que, além de se apropriar da tecnologia, o professor saiba como direcionar o seu uso, bem como o dos seus recursos. Entendê-los e dominá-los é o primeiro passo para utilizá-los com sucesso. O sub uso, ou a sua utilização equivocada pode ser mais prejudicial do que não incorporá-la ao processo educacional. Conhecer a ferramenta permite ao professor explorar todas as suas potencialidades. Utilizar os recursos tecnológicos é mais do que fazer pesquisas *on-line* ou resolver exercícios tradicionais, utilizando computadores e calculadoras (BORBA, 2000).

A Internet é, dentre as inovações tecnológicas, uma das ferramentas educacionais com maior possibilidade de agregar valor e ressaltar a importância dos professores. Faz-se necessário, entretanto, que estes mesmos professores estejam abertos a recebê-la. Alguns, mais reticentes ficarão à margem deste processo normal de evolução e, certamente, pagarão o ônus desta distância. Observe-se que não se trata de aderir a um modismo passageiro, mas a uma tendência mundial, sem volta ou retorno. PERRENOUD (2000, p. 131-132) também deixa clara a sua preocupação com a formação e a capacitação dos professores, para que eles utilizem a tecnologia com parcimônia e como aliada, além de prever que:

Os professores que não quiserem envolver-se nisso [A Internet] disporão de informações científicas e de fontes documentais cada vez mais pobres, em relação àquelas às quais terão acesso seus colegas mais avançados. Não se podem excluir certos paradoxos: alguns daqueles que têm os meios de um uso crítico e seletivo das novas tecnologias irão manter-se à parte, ao passo que outros se atirarão a elas de corpo e alma, sem ter a formação requerida para avaliar e compreender...

Os profissionais do século XXI precisam estar cientes de que, não estão mais competindo exclusivamente com seus colegas de turma de uma faculdade. Podemos citar o exemplo de um aluno formado em Administração de Empresas ou em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná. Ele concorre diretamente a um emprego, na fábrica de automóveis Renault, com um aluno formado na Universidade de Lyon, na França. Esta geração, que hoje começamos a preparar,

certamente exigirá muito mais de cada um dos seus professores do que nós exigimos dos nossos.

A utilização da Internet pode nos auxiliar a suprir as novas exigências educacionais a que estamos sujeitos. Ela é, certamente, um dos principais carros-chefes dentro do novo processo de ensino. Além de facilitar a comunicação entre as pessoas, o computador e a Internet podem revolucionar a escola por possibilitar uma educação massificada, mas, simultaneamente individualizada. Eles nos permitem oferecer acesso ao saber a uma massa enorme de pessoas que até então estava à margem do processo educacional. O seu uso permite-nos, contudo, que essa massificação aconteça de forma unificada e individualizada, tratando o indivíduo como único e permitindo que ele busque a informação mais útil e importante para a sua realidade, mesmo que ela seja completamente diferente daquela do seu colega de aula ou escritório.

Uma das principais características dos computadores é a de que eles favorecem a realização “prática” de algumas atividades. Ele pode se constituir, portanto, em um excelente instrumento para todos que interagem como usuário, desde que estejam convictos de que é a qualidade das interações que definirá as possibilidades e os limites desse instrumento no processo educativo (SILVA FILHO, 2000).

Ao utilizarmos atividades mediadoras para interagir com os fazeres e dizeres dos usuários, ouvindo o que eles têm a dizer, colocando a diversidade de referências existentes, vivendo com elas a extensão e a validade dessas referências, explicitando limites e contradições da convivência com os outros, crescem as possibilidades oferecidas pelo computador.

A Internet torna possível criar comunidades dinâmicas de aprendizagem nas quais os participantes podem fazer perguntas e trocar idéias. Segundo Ann Heide (HEIDE e STILBORNE, 2000), os ambientes de aprendizagem disponíveis por meio de tecnologias de telecomunicações podem, em breve, equiparar-se a um grau de interatividade anteriormente disponível apenas em situações de aprendizagem face a face.

Utilizando *sites* que permitam a interatividade, os alunos podem acessar atividades e recursos complementares que podem ser apresentados em uma grande variedade de mídias diferentes. Eles também podem interagir com o professor e outros alunos, além de compartilhar com eles os seus trabalhos.

Alguns autores defendem que o envolvimento em ambientes ativos e integrados de aprendizagem gera um interesse verdadeiro que, por sua vez, leva os alunos a assumirem maior responsabilidade pela aprendizagem, bem como se concentrarem mais e por períodos mais longos (D'EÇA, 1998). Segundo estes autores, estas características oferecem meios que permitem aos alunos concretizar um tipo de aprendizagem que mais os motiva, além de gerar um empenho ativo.

O uso da Internet, entretanto, está sujeito a problemas e características que merecem atenção. Um destes aspectos é o que trata da quantidade de informações disponíveis, bem como a diversidade dessas informações, que parecem jamais atingir um limite. A cada nova semana, ou até mesmo a cada novo dia, deparamo-nos com novas páginas educacionais.

Com a Matemática não tem sido diferente. Numa procura rápida pelo assunto “Matemática” nos principais *sites* de busca, são conseguidas entre mil e cem mil referências (fig. 1), apenas em língua portuguesa. Elas nos remetem aos mais variados tipos e modelos de *sites*. Tratam-se de locais onde encontramos as mais diversas informações: de resumos a fórmulas, de textos a projetos, de provas resolvidas a bancos de questões, entre inúmeros outros conteúdos. Temos então uma gama enorme de material para ser pesquisado, esmiuçado, analisado e que serve como um excelente apoio no preparo de aulas e atividades que envolvam a Matemática.

Observa-se, no entanto, que estes *sites*, em geral, não possuem maiores preocupações pedagógicas. Muitos deles são como que depósitos de materiais encontrados nas mais diferentes fontes, sem que guardem relação entre si ou que apresentem uma linha de tratamento pedagógica definida.

Em muitos casos observa-se uma clara preocupação pela “diagramação”, em detrimento ao conteúdo. As informações disponibilizadas não seguem qualquer

seqüência matemática razoável e, quase constantemente, as fontes e referências são omitidas ou suprimidas.

FIGURA 1:



Em poucos destes *sites* encontramos informações diferenciadas, que não estejam nos livros ou nas mídias já conhecidas (rádio, televisão, revistas e jornais). Tem-se a sensação de que o computador e a Internet estão se transformando em livros eletrônicos. A tão propalada interação com o usuário está longe de ser um fato.

O estudo aprofundado deste tema nos levanta a necessidade de encontrar caminhos que permitam selecionar páginas educacionais e *sites* de pesquisa onde as informações estejam dispostas segundo alguns critérios que lhes confirmem maior aproveitamento como ferramenta educacional.

Neste trabalho, entendemos critérios tal como definido por OLIVEIRA, COSTA E MOREIRA (2001, P. 124) “referenciais por meio dos quais procedemos à

avaliação de nós mesmos e de tudo aquilo com que interagimos, seja contexto, objeto ou pessoa”.

A definição destes critérios é um aspecto fundamental para que seja possível realizar a análise de *sites* educacionais de Matemática. Para que adotemos critérios adequados, certos aspectos devem ser levados em conta.

Um dos principais problemas na análise de *sites* é o de que, pelos critérios relacionados nos mais diversos autores, a quantidade de itens que deve ser analisada e o número de perguntas que devem ser respondidas torna o processo nada prático. Alguns autores chegam a listar mais de cem itens que devem ser analisados a fim de se estabelecer se o recurso computacional é ou não adequado a atividades pedagógicas.

Entendemos que a rotina e a prática pedagógica atual requerem que os professores sejam rápidos e ágeis nas suas decisões. Na escolha de *sites* educacionais não pode ser diferente. Desta forma, entendemos que os professores precisam ter acesso a uma lista com poucos critérios, que sirvam como indicativos da qualidade do *site*, e que os auxilie numa tarefa de análise rápida e eficiente.

A análise e seleção de materiais didáticos é sempre uma tarefa árdua e, por vezes, ingrata. Com a constante evolução das tecnologias de comunicação e informação, muitos pesquisadores têm se dedicado ao estudo de inserção tecnológica no contexto educacional. Para GAMEZ (1998), a grande quantidade de recursos tecnológicos disponíveis, entretanto, não é indicadora de qualidade.

Neste contexto, é importante questionar como escolher entre as inúmeras possibilidades disponíveis, *sites* educacionais que atendam as necessidades específicas dos processos de ensino e aprendizagem, segundo a linha pedagógica adotada e que apresentem características que lhe enquadrem como um recurso de fácil utilização. Evidencia-se, assim, a importância de escolher métodos e procedimentos a adotar, bem como eleger critérios de análise e verificação para avaliar a qualidade de um *site* educacional.

Ressalte-se que a qualidade é uma característica altamente subjetiva, pois está intimamente ligada ao usuário. Um mesmo *site* pode ser de alta qualidade para o professor e não o ser para os seus alunos.

Tendo em vista esta dificuldade, para verificar a qualidade de um *site* educacional há a necessidade de traçar objetivos específicos tendo em consideração os vários fatores que podem influenciar nos processos de análise. Para resolver este problema, buscaremos apoio em duas frentes: numa teoria epistemológica consistente e nos estudos ergonômicos de recursos tecnológicos.

Para desenvolver nosso trabalho, partimos da premissa que toda prática pedagógica reflete uma certa concepção do que seja ensinar e aprender. As decisões que são tomadas para a condução do trabalho pedagógico refletem, constantemente, esta concepção. Acreditamos, por opção e convicção, que é possível e desejável que *sites* educativos sejam desenvolvidos dentro de uma abordagem construtivista. Nosso trabalho se apóia, então, na epistemologia genética de Jean Piaget.

Com base em autores que se dedicaram a estudos sobre esta teoria e na sua relação com recursos tecnológicos, procuraremos relacionar critérios para análise e seleção de *sites* educacionais.

As características, que devem ser observadas e analisadas, dizem respeito à forma pela qual os *sites* se propõem a contribuir no processo educacional dos seus usuários. Acreditamos que a teoria epistemológica piagetiana pode nos auxiliar a delimitar alguns destes aspectos de análise.

Conforme Piaget, os indivíduos passam, durante o seu processo de desenvolvimento cognitivo, por algumas fases distintas. Segundo a nomenclatura usual da teoria piagetiana, temos o período sensório motor (do qual faz parte o pré-operatório), o período operatório concreto e o período operatório formal.

As observações das características inerentes aos processos de construção do conhecimento pelos alunos nos fornecem indicativos na delimitação de itens de análise de um *site*.

A interação entre o aluno e o professor, bem como entre o aluno e a máquina podem ser bons exemplos de critérios a serem considerados. A interatividade possível de ser conseguida com o uso da Internet deve ser aproveitada e incentivada, com o objetivo de torná-la ainda mais interessante e agradável. Teresa Almeida d'Eça afirma (D'EÇA, 1998, p. 37):

Parece-me incontestável que se aprende melhor fazendo, interagindo com materiais verdadeiros e concretos, por conseguinte, não é de admirar que a Internet contenha um enorme potencial em termos de ensino-aprendizagem. Por um lado ela requer um contato e uma interação permanentes com recursos humanos e/ou materiais; por outro, porque os recursos de que ela dispõe servem, como nenhum outro meio até hoje, fatores relevantes da aprendizagem – a visão, a audição, os colegas e o elemento escrito.

O estudo de autores que se dedicaram aos estudos ergonômicos de recursos tecnológicos, tais como *softwares* e *sites* de Internet nos apontará outros critérios, que serão relacionados e comporão a listagem final dos critérios de análise e seleção.

A ergonomia trata do estudo da organização racional do trabalho (KOOGAN e HOUAISS, 1993). No caso específico de recursos tecnológicos, a ergonomia trata do estudo de interfaces homem computador que permitam ao usuário utilizar o recurso de forma adequada e com o menor desgaste possível, tanto físico quanto intelectual. Ressalte-se que minimizar o desgaste intelectual significa direcionar a capacidade intelectual do usuário para atividades de cunho pedagógico. Desta forma, a ergonomia preocupa-se com que ele não se desgaste com aspectos técnicos e de navegação, podendo direcionar seus esforços intelectuais para a aprendizagem.

As recomendações ergonômicas para recursos tecnológicos permitem determinar a melhor maneira que as informações devem ser mostradas ao usuário durante sua interação com o sistema (FURTADO, 1999).

Entre os aspectos ergonômicos, vários podem ser considerados. Um bom exemplo é o estudo da questão da faixa etária a qual o *site* se destina. Seu conteúdo, aspectos de construção gráfica e diagramação devem estar de acordo com a clientela e seu nível de desenvolvimento psicológico.

Outro aspecto possível de ser considerado trata da navegabilidade. Um *site* educacional precisa ser desenvolvido de forma a observar a simplicidade, a clareza e a facilidade de acesso às informações desejadas. HARBECK e SHERMAN (1999, p.41) afirmam que a navegação deve ser objetiva e fácil para o usuário, por exemplo, a criança. “Crianças pequenas podem não ser capazes de imaginar como chegar a um local em particular de um *site* na Web. A navegação em um *site* deve ser mínima e fácil”.

Este aspecto é importante especialmente para crianças que estão iniciando seu envolvimento com a Internet. Estudos (GESTWICKI, In HARBECK e SHERMAN, 1999) mostram que crianças, por volta dos oito anos de idade, apresentam uma incapacidade de controlar seus músculos oculares para a leitura por mais de quinze ou vinte minutos. Desta forma, quanto mais rápida e fácil a navegação, mais adequado é o *site*, em especial para crianças desta faixa etária.

Tomando estas referências para a escolha e embasamento dos critérios selecionados, temos alguns indicadores que nos levam a optar por eles, em detrimento a tantos outros, que podiam ser escolhidos. Estas opções não descartam futuras inclusões, ou exclusões, que eventualmente venham ser consideradas oportunas, no decorrer de outros estudos.

É importante ressaltar que, mesmo dispondo de várias listas de critérios para análise e seleção de *sites* e softwares educacionais, elas tratam de forma estanque e sem interligação, de critérios construtivistas ou de critérios ergonômicos. Este fato é indicado por SOARES e NETO (1999), CYBIS et al (1999) e GAMEZ (1998). Segundo estes autores, há um hiato quando se trata de modelos de avaliação de *softwares* e *sites* educativos. GAMEZ (1998, p. 6) traduz com clareza esta deficiência:

O estudo de inúmeras metodologias para avaliar a qualidade em *software* [*site*] educacional, permite perceber que existe pouca ou quase nenhuma integração entre os aspectos relacionados com a interface homem computador, com os aspectos relacionados à cognição e aprendizagem. Grande parte das metodologias de avaliação encontradas na bibliografia não estabelecem uma clara integração dessas duas vertentes de estudo, primando ora pela definição de critérios de avaliação da interface dos sistemas, ora pela definição de critérios de avaliação pedagógica.

Tendo percebido a existência deste problema, consideramos estudos que indicam que ao direcionarmos o eixo da atenção no processo de avaliação de um *site* educacional, é requisito pedagógico mínimo a determinação da ferramenta adequada aos objetivos de aprendizagem a serem atingidos pelos usuários (CYBIS et al, 1999). Procuraremos, então, integrar as duas perspectivas, através da elaboração de uma lista

e critérios mínimos que devem ser observados para a análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática.

1.3 O PROBLEMA

O estudo de várias metodologias utilizadas para analisar e selecionar *sites* educacionais permite observar que existe pouca ou praticamente nenhuma integração entre os aspectos relacionados à aprendizagem com os aspectos relacionados aos estudos ergonômicos.

A quase totalidade das metodologias analisadas não estabelece uma integração clara entre estes aspectos. Percebe-se que os autores estudados optam por um ou outro aspecto. São poucos aqueles que procuram integrá-los, mas o fazem de modo superficial e nada prático.

Observando a existência deste problema pretende-se abordar esta temática através da integração das duas perspectivas, elaborando critérios mínimos para análise e seleção de *sites* educacionais de matemática.

Apresenta-se, então, a seguinte formulação do problema:

Que elementos e critérios mínimos considerar, a fim de construir uma proposta de análise e seleção de *sites* educacionais de matemática, através da integração de aspectos relacionados à avaliação ergonômica com aspectos ligados à aprendizagem?

1.4 PRESSUPOSTOS

O paradigma construtivista nos fornece a base teórico-pedagógica deste trabalho. Os princípios ou hipóteses pedagógicas serão mais facilmente concretizados se estiverem também subjacentes à própria construção do recurso tecnológico. Ou seja, no caso deste estudo, o *site* a ser utilizado deve ter atributos (ergonômicos e de funcionalidade) que propiciem ou mesmo incentivem o desenvolvimento de posturas autônomas de aprendizado.

Assim, este trabalho parte dos seguintes pressupostos:

1. As abordagens e fundamentos da ergonomia da informática, informática na educação e ciência cognitiva fornecem bases para auxiliar a construção de um modelo destinado a analisar e selecionar *sites* educacionais de matemática.
2. Uma lista de critérios para análise e seleção de *sites* educacionais deve ser composta de poucos critérios que permitam uma seleção rápida, eficiente e prática, a partir de indicadores mínimos de qualidade pedagógica e ergonômica.
3. Analisar e selecionar *sites* educacionais pressupõe considerar o estudo, de forma integrada, dos aspectos referentes à ergonomia e ao processo de ensino e aprendizagem do indivíduo.

1.5 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é elaborar uma proposta para análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática, conforme os paradigmas construtivista e ergonômico.

O objetivo específico é propor uma lista mínima de critérios que devam ser observados pelos professores para analisar, de forma prática e eficiente, *sites* educacionais de Matemática. Esta lista deve contemplar critérios que enquadrem o *site* dentro de uma perspectiva pedagógica construtivista e que indiquem um desenvolvimento ergonômico adequado.

Pretende-se, então, elaborar uma lista de critérios mínimos para análise de *sites* educacionais sob os paradigmas construtivista e ergonômico.

1.6 DEFINIÇÃO DO TIPO DE PESQUISA E CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

O trabalho aqui relatado situa-se na confluência das seguintes grandes áreas de pesquisa: ciência cognitiva e ergonomia de Interface Homem Computador. Através dessas áreas de confluência, são abordados modelos, métodos e processos para a análise e seleção de recursos tecnológicos. A pesquisa pode ser enquadrada na

categoria de uma pesquisa teórica, uma vez que seu objetivo é elaborar uma técnica para análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática, a partir de modelos e ferramentas já existentes na bibliografia.

Após a revisão bibliográfica, foram estudadas várias metodologias de análise e seleção de *sites* educacionais, que contribuíram para a confecção da lista de critérios mínimos para análise de *sites* educacionais sob os paradigmas construtivista e ergonômico.

Os ganhos educacionais conseguidos com a utilização da Internet nos processos educacionais são relatados com a finalidade de fundamentar a necessidade da existência de critérios para a análise e seleção de *sites* educacionais que realmente propiciem um agregar de valores.

Em seguida são analisadas várias metodologias para análise de recursos tecnológicos sob o paradigma construtivista, procurando identificar quais os critérios comuns, quais os de maior destaque e quais os critérios mínimos que comporão a lista final para análise e seleção de *sites* educacionais.

Analizamos, na seqüência, várias metodologias para análise de recursos tecnológicos sob o paradigma ergonômico, procurando, novamente, identificar quais os critérios comuns, quais os de maior destaque e finalizamos com a seleção dos que comporão a lista final de critérios mínimos para análise e seleção de *sites* educacionais. Neste aspecto em particular procuramos estabelecer uma interligação entre critérios ergonômicos e os ganhos pedagógicos que eles podem propiciar, fundamentados na abordagem construtivista.

Finalmente apresentamos a listagem final de critérios mínimos que podem ser observados para análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática, sob os dois paradigmas considerados.

Este trabalho está, a fim de tornar a sua leitura mais dinâmica, ilustrado por vários *sites* e telas de *softwares*. Ressaltamos, entretanto, que estes *sites* e *softwares* não foram analisados de forma geral, mas apenas nos quesitos específicos para os quais serviram de ilustração.

2. NOVAS TECNOLOGIAS¹ E SUA RELAÇÃO COM OS PROCESSOS EDUCACIONAIS

2.1 UMA VISÃO GERAL

A utilização de recursos tecnológicos, como elemento diferencial nas atividades escolares, vem se constituindo num dos principais campos de estudo, tanto para professores, quanto para pesquisadores na área de educação. Desde a invenção dos computadores, e sua entrada no mercado a preços compatíveis – ainda que não acessíveis a todos – muitos educadores tem desenvolvido atividades e propostas, visando a sua incorporação nos processos educacionais.

A invenção do computador pessoal é muito recente na história da humanidade. Apenas em meados da década de 1970 é que um grupo de pesquisadores, com projetos voltados a instituir novas bases para a informática, atingiu este intento². Observe-se ainda que, desde a sua invenção até a sua popularização, passou-se o tempo de menos de duas décadas. Após este período, a entrada dos computadores nas escolas se deu num ritmo acelerado (LÉVY, 1993; HEIDE e STILBORNE, 2000; D'EÇA, 1998).

A introdução dos recursos tecnológicos nos processos educacionais precisa se apoiar em fundamentos consistentes. Observa-se que em muitas escolas, especialmente nas ligadas à rede particular de ensino, este processo de utilização está mais fundamentado em necessidades de *marketing* do que em necessidades pedagógicas. Nas escolas da rede pública, por outro lado, este processo nem sempre está claro. Os professores, em muitas situações, são colocados em frente a computadores e outros equipamentos, sem que tenham sido preparados ou capacitados para utilizá-los.

As discussões sobre os benefícios e problemas decorrentes do uso da Internet, bem como quais as novas possibilidades relacionadas à cognição e aprendizagem que

¹ Vários autores têm tratado de novas tecnologias e recursos tecnológicos. Para Lévy, eles podem ser a escrita, a oralidade, as bibliotecas, entre outros. A expressão “novas tecnologias” presente neste texto se refere basicamente a computadores, calculadoras gráficas, Internet, sensores eletrônicos e similares.

² Ver mais sobre desenvolvimento da informática no apêndice.

ela pode nos trazer são, em regra, relegadas à segundo plano. Acreditamos que estas discussões são fundamentais para aqueles que desejam utilizar os recursos tecnológicos e entre eles a Internet, com sucesso em suas atividades pedagógicas.

Na intenção de contribuir para esta discussão, e melhor fundamentar nossas idéias, destacaremos alguns autores que abordaram estas questões, procurando enfocar as idéias centrais dos seus estudos e de que modo elas podem contribuir de forma efetiva ao nosso fazer pedagógico.

Iniciaremos este capítulo apresentando algumas idéias gerais para, em seguida, nos atermos às idéias de TIKHOMIROV, LÉVY e BORBA.

Na década de 1970, o russo OLEG TIKHOMIROV (1981) apresentou e discutiu três teorias sobre o uso dos computadores e a cognição. Ele as chamou de teorias da substituição, suplementação e reorganização.

Nas décadas de 1980 e 1990, o francês PIERRE LÉVY dedicou boa parte dos seus estudos à investigação da incorporação da informática pela sociedade e, em particular, na educação (LÉVY, 1991, 1993, 1998; PELLANDA E PELLANDA, 2000). LÉVY prega que os computadores criarão um novo estilo de humanidade. Ainda nos anos oitenta, Seymour Papert, pesquisador ligado ao Laboratório de Inteligência Artificial do MIT³ propõe e inicia o desenvolvimento da linguagem LOGO, que em muito contribuiu e ainda hoje contribui, para a utilização efetiva e diferenciada da informática na educação.

Na década seguinte, MARCELO BORBA propõe que estamos caminhando para um modelo em que os sujeitos atuam em sistemas ser-humano-mídias. A incorporação de recursos tecnológicos é por ele defendida com o argumento de que mais importante do que apontar quais os seus problemas é verificar quais as suas virtudes (BORBA, 1999b, p. 17).

Até hoje, também, ainda é discutido o que os alunos deixarão de saber se passarem a utilizar as novas tecnologias com frequência, ao invés de

³ Massachussets Institute of Technology.

concentrar a atenção sobre o que eles passam a aprender se essas novas tecnologias se fizerem presentes no cotidiano do ato de conhecer.

O desenvolvimento de pesquisas sobre a utilização destes recursos em educação matemática também tem crescido num ritmo bastante intenso e sustentável. O número de professores e pesquisadores envolvidos nesta área é significativo. Especificamente no Brasil, os estudos de BORBA (1994; 1999a; 1999b), BORBA e PENTEADO (2000; 2001), GRAVINA e SANTAROSA (1998) e PÓLA (2000) são bons exemplos deste fato.

Boa parcela dos trabalhos desenvolvidos sobre a educação matemática, apresenta a utilização de recursos tecnológicos como uma das suas importantes concepções e tendências. BEATRIZ D'AMBROSIO (1989) nos apresenta seis propostas de trabalho que visam a melhoria do ensino de matemática, segundo uma perspectiva construtivista. São elas: resolução de problemas, modelagem, etnomatemática, história da matemática, jogos matemáticos e o uso de computadores.

Para BEATRIZ D'AMBRÓSIO, estas propostas devem ser focadas de forma interligada, e não independentes. Algumas delas apresentam, inclusive, um grau de interdependência que, praticamente, as impede de ser consideradas isoladamente (D'AMBRÓSIO, 1989, p.18).

O mais interessante de todas estas propostas é o fato de que elas se complementam. É difícil, num trabalho escolar, desenvolver a matemática de forma rica para todos os alunos se enfatizarmos apenas uma linha metodológica única.

Alguns exemplos destas relações ficam evidentes quanto associamos resolução de problemas e modelagem, ou etnomatemática e história da matemática. São várias as possibilidades de associações e, em boa parte delas, o uso de computadores pode ser colocado de forma eficaz.

Vários pesquisadores brasileiros desenvolvem suas atividades focando o uso de tecnologias na educação. São educadores, filósofos, pedagogos e outros profissionais de áreas afins, que despendem esforços no sentido de incorporar a tecnologia à educação. Entre eles destacamos CROCHIK (1998), SILVA FILHO (2000), OLIVEIRA (1999) e PELLANDA e PELLANDA (2000). Acreditamos que a análise dos seus estudos nos leva ao convencimento de que o computador, e outros recursos tecnológicos, podem realmente somar importantes contribuições ao trabalho dos professores nas suas atividades educacionais.

É necessário e justificável, portanto, que estudemos os recursos tecnológicos, entre eles a Internet, a fim de transformá-los em opções pedagogicamente corretas, ou seja, cujo uso esteja embasado em teorias educacionais consistentes e consagradas. A incorporação destes recursos no processo educacional trará benefícios a todos os atores envolvidos, além de preparar os alunos para a utilização de tecnologias com as quais eles terão contato permanente durante toda a sua vida profissional futura.

Para entender como a tecnologia pode interferir nos processos educacionais, utilizaremos os estudos de LÉVY, TIKHOMIROV e BORBA. Os trabalhos de LÉVY e TIKHOMIROV são ligados à utilização de computadores pelo homem e quais as implicações deste uso para a sociedade. BORBA está preocupado no uso dos computadores no âmbito da educação matemática e, para tanto sustenta-se, entre outros, em LÉVY e TIKHOMIROV.

Acreditamos que uma análise conjunta destes três autores pode nos levar a uma fundamentação sustentável e consistente. O casamento das idéias destes três pesquisadores pode nos indicar uma linha de ação que interliga aspectos filosóficos a aspectos da educação matemática, sendo, portanto, a linha de trabalho aqui adotada.

2.2 OLEG TIKHOMIROV

TIKHOMIROV (1981) aborda a relação entre tecnologia e cognição. Ele nos apresenta três teorias que relacionam computadores e a atividade humana: substituição, suplementação e reorganização.

Segundo a teoria da substituição, os computadores são vistos como substitutos dos humanos, já que resolvem problemas cuja resolução, até então, era de exclusividade humana. Segundo o próprio autor, esta teoria trivializa o pensamento e deve, portanto, ser desconsiderada.

A teoria da suplementação sustenta que o computador complementa o ser humano. A máquina proporciona um aumento na capacidade e velocidade de resolução de alguns problemas que são de difícil solução para o homem. Segundo ele, uma vez que esta teoria apresenta uma visão apenas quantitativa do pensamento, desprezando o seu aspecto qualitativo, deve ser criticada. Para TIKHOMIROV o pensamento envolve mais do que a simples resolução de um problema, pois abrange também a sua formulação. Nas suas palavras (TIKHOMIROV, 1981, p.261):

A formulação de metas e o alcance das mesmas estão entre as mais importantes manifestações da atividade de pensamento. Por outro lado, as condições sob as quais uma meta é formulada não são sempre bem “definidas”... Conseqüentemente, o pensamento não é simplesmente a resolução de problemas: ele também envolve a sua formulação.

Na terceira teoria, a da reorganização, ele sustenta que o computador regula a atividade humana e que este tem diferenças fundamentais com a linguagem. Para ele, a informática exerce, então, papel semelhante àquele desenvolvido pela linguagem na teoria vygotskiniana, onde uma ferramenta não é apenas adicionada ao ser humano, mas realmente reorganiza a atividade humana.

De forma resumida, podemos dizer que, segundo TIKHOMIROV, os sistemas ser-humano-computador levam a uma nova forma de relação professor-aluno e podem

sugerir novas maneiras de legitimar e justificar descobertas na sala-de-aula (BORBA, 1994).

A sua grande contribuição, contudo, é sobre a visão de utilização da tecnologia na Educação. Segundo BORBA (1999a, p. 288):

Tikhomirov, entretanto, explicita algo que muitas vezes ainda não parece claro para parte da comunidade de Educação Matemática: temos que nos concentrar nos problemas que podem ser resolvidos pelos sistemas ser-humano-computador, e não no que deixamos de aprender devido à presença de novas tecnologias.

2.3 PIERRE LÉVY

LÉVY desenvolve pesquisas em tecnologias da inteligência, inteligência coletiva e inteligência artificiais, entre outras. Para ele os coletivos cosmopolitas compostos de indivíduos, instituições e técnicas não são somente meios ou ambientes para o pensamento, mas sim seus verdadeiros sujeitos. Desta forma, a história das tecnologias intelectuais condiciona a do pensamento (LÉVY, 1993).

LÉVY sustenta que uma tarefa que exige cooperação não se dá apenas entre atores humanos. Ela envolve também atores não humanos, tais como as tecnologias da inteligência que usamos: escrita, oralidade, informática, biblioteca e outras.

BORBA se utiliza destas idéias com muita propriedade, não se restringindo a segui-las, mas ampliando-as e adaptando-as às suas convicções. Isto pode ser ilustrado pela passagem (BORBA, 2000, p. 52):

Dessa forma a inteligência coletiva é viabilizada, de acordo com Lévy, pela informática, ao mesmo tempo em que, do meu ponto de vista, essa cria uma demanda por essa inteligência, por esse trabalho coletivo envolvendo atores humanos e não humanos.

As idéias centrais de LÉVY orbitam em torno de um novo modo de entender o mundo após o advento da popularização da informática pelos computadores pessoais. As mudanças no modo de pensar e agir serão, segundo ele, as mais sentidas pela humanidade. Duas das suas idéias principais dizem respeito ao que ele chama de Hipertexto e Espaço Cibernético.

A primeira noção conhecida de hipertexto foi desenvolvida por Vannevar Bush. Bush trata, entre outros tópicos, do armazenamento, registro e manuseio de informação. Ele lançou a idéia do “*memex*” ou “*memory extender*”, que se comporia de mesa, tela, um teclado, botões e alavancas, cuja finalidade seria gerenciar informações. Ele considerava que a mente humana não funcionava linearmente, mas através da associação de idéias. Suas propostas apresentam muitas semelhanças com o hipertexto tal como o conhecemos atualmente (LÉVY, 1993).

O hipertexto pode ser entendido como sendo o resultado de uma atividade na qual estão presentes vários atores, que atuam de forma simultânea, agregando contribuições, sem desprezar ou perder contribuições de outrem. As participações são claras, de modo que qualquer pessoa pode tomar ciência de quem foi o responsável por ela, e efetivas, ou seja, todas têm importância para o todo.

Outra característica de um hipertexto é a de que ele não se encerra jamais. É sempre possível que outras participações sejam efetivadas e que outros participantes continuem desenvolvendo-o.

Podemos entender o hipertexto como sendo um conjunto de nós ligados por conexões. No local dos nós podemos colocar palavras, imagens, sons, gráficos, documentos inteiros ou outros hipertextos. Estes itens não são ligados de forma linear, mas em forma reticular, mais próximo a uma estrela do que a uma linha. Navegar em um hipertexto significa desenhar um percurso numa rede que pode ser tão complicada quanto se deseje, pois cada nó pode conter uma rede inteira.

Estas idéias podem ser aproveitadas pelos educadores imaginando que cada um dos seus alunos é um dos nós da rede, e que as informações que ele traz são constituídas de infinitos nós, que por sua vez nos conduzem a infinitas redes. Ao

participar de forma ativa da construção de um hipertexto o indivíduo constrói as suas conexões e, ao participar do processo de tomada e descoberta do conhecimento, tende a assimilar este conhecimento com mais propriedade. Segundo LÉVY (1993, p. 40).

O hipertexto ou a multimídia interativa adequam-se particularmente aos usos educativos. É bem conhecido o papel fundamental do envolvimento pessoal do aluno no processo de aprendizagem. Quanto mais ativamente uma pessoa participar da aquisição de um conhecimento, mais ela irá integrar e reter aquilo que aprender. Ora, a multimídia interativa, graças à sua dimensão reticular ou não linear, favorece uma atitude exploratória, ou mesmo lúdica, face ao material a ser assimilado. É, portanto, um instrumento bem adaptado a uma pedagogia ativa.

A idéia de hipertexto, segundo LÉVY ainda está, entretanto, em desenvolvimento. Ela será atingida de forma mais geral quando a humanidade estiver totalmente integrada à utilização da tecnologia. Nas suas palavras (1993, p.30):

Hoje, portanto, não encontramos hipertextos universais, mas sim sistemas de porte modesto, voltados para domínios bem particulares, como a edição de obras de características enciclopédica em CD-ROM, o aprendizado e diversos programas de auxílio ao trabalho coletivo.

O espaço cibernético é outra idéia que merece ser destacada e analisada. Trata-se de um espaço onde estariam colocadas todas as memórias virtuais conhecidas, tais como as memórias informatizadas e as dos computadores. Este espaço é entendido como um espaço virtual no qual a comunidade conhece a si mesma e conhece seu próprio mundo (LÉVY, 1993).

Para LÉVY (In PELLANDA e PELLANDA, 2000, p. 13):

Com o espaço cibernético, temos uma ferramenta de comunicação muito diferente da mídia clássica, porque é nesse espaço que todas as mensagens se tornam interativas, ganham uma plasticidade e têm uma possibilidade de metamorfose imediata. E aí, a partir do momento em que se tem acesso a isso, cada pessoa pode se tornar uma emissora, o que obviamente não é o caso de uma mídia como a imprensa ou a televisão.

Segundo o autor o espaço cibernético pode beneficiar muitas áreas de interesse do homem, tais como a semiótica, a política, as artes, a arquitetura e urbanismo e a epistemologia. Nos ateremos a analisar suas implicações na epistemologia.

Para ele (LÉVY, 1993), antes da escrita o saber era ritual, místico e encarnado por uma comunidade viva, onde os seus mais alto representantes eram os velhos. Depois da escrita o saber era trazido pelo livro, onde o conhecimento se associa ao intérprete e não mais ao velho. Com o advento das bibliotecas o saber passou do interprete para o sábio ou erudito. No espaço cibernético o conhecimento passa a ser uma espécie de espaço de saber vivo e dinâmico, onde o seu portador é o coletivo. Estas transformações geram diferentes modos de aprender e de entender conhecimento. Segundo LÉVY (1991, p. 167):

Em resumo, em algumas dezenas de anos, o ciberespaço, suas comunidades virtuais, suas reservas de imagens, suas simulações interativas, sua irresistível proliferação de textos e de signos, será o mediador essencial da inteligência coletiva da humanidade. Com esse novo suporte de informação e de comunicação emergem gêneros de conhecimento inusitados, critérios de avaliação inéditos para orientar o saber, novos atores na produção e tratamento dos conhecimentos. Qualquer política de educação terá que levar isso em conta.

O entendimento das idéias de espaço cibernético e hipertexto passa pela observação de que elas estão intimamente ligadas a uma nova concepção na forma de transmissão e entendimento da informação. A evolução da transmissão de informação nas sociedades primitivas se deu na seqüência: fala, desenhos, escrita. O homem, inicialmente, transmitia informações oralmente, através da fala. Em seguida, passou a registrar histórias e relatar fatos através de desenhos e ilustrações (ainda nas paredes das cavernas) para, finalmente, desenvolver um sistema de escrita.

O desenvolvimento da informática segue em direção diametralmente oposta. Inicialmente os computadores foram projetados sob o paradigma da escrita, pois a comunicação entre usuários e máquina se dava exclusivamente através de códigos fontes de programas, que deviam ser digitados a cada nova tarefa a ser executada. Em

seguida, surgiram as interfaces gráficas, baseadas em desenhos e ícones, que visavam a facilitação do contato entre usuário e máquina. Hoje, caminhamos na direção de possibilitar que o usuário interaja com a máquina e emita comandos, bem como receba informações, através da fala.

Segundo (LÉVY, 1991) este novo caminho de desenvolvimento nos leva a quebrar paradigmas e nos abre novas possibilidades, que não devem ser desprezadas pelos educadores.

2.4 MARCELO BORBA

BORBA nos apresenta a idéia de um sistema novo, que rompe com a dualidade entre técnica e ser humano. Observa-se aqui, claramente, um ponto de intersecção entre as idéias de TIKHOMIROV e de LÉVY, unidas e transformadas por BORBA, com a finalidade de aplicá-las à Educação Matemática. Esta idéia é a do ser-humano-mídias..., onde, segundo o autor, as reticências significam que o pensamento é algo coletivo. Segundo as suas palavras (BORBA, 1999a, p. 294):

Entendo que transpassando a noção do sistema ser-humano-mídias... está um rompimento com a dicotomia entre a técnica e o ser humano, conforme proposto também por Lévy (1993). Ao mesmo tempo em que as técnicas se tornam cada vez mais humanizadas, na medida em que interfaces amigáveis são desenvolvidas buscando seduzir o usuário em geral, em nosso caso o estudante, vemos que as técnicas permeiam e condicionam o pensamento humano. As mídias vistas como técnicas, permitem que “mudanças ou progressos de conhecimento” sejam vistos como mudanças paradigmáticas impregnadas de diferentes técnicas desenvolvidas ao longo da história.

Vale a ressalva de que boa parte dos trabalhos atuais de BORBA se dá com o uso de calculadoras gráficas, e não com computadores, ainda que eles também estejam fortemente presentes. A sua argumentação (BORBA 1999b) quanto ao uso destas calculadoras é baseada nos aspectos de preço de aquisição e manutenção,

portabilidade, ausência da necessidade de local adequado e instalações elétricas próprias, já que elas se encaixam em salas de aula convencionais, e de que elas podem ser vistas como computadores munidos de alguns aplicativos e que ainda não tem capacidades de comunicação, via Internet, *fax* ou *modem*. Isto não invalida, entretanto, os seus argumentos quanto à utilização de outras tecnologias. Para defender a utilização de calculadoras gráficas são utilizados vários argumentos que servem para computadores, Internet e sensores ópticos, entre outros.

Não obstante as considerações anteriores, é fundamental reconhecer que a integração da grande massa dos professores na utilização de tecnologias, ainda está longe de ser um fato. Em vários trabalhos esta questão é abordada. Os problemas relativos à falta de capacitação de professores, baixos salários, carga horária desproporcional e políticas de investimentos governamentais são constantemente levantados e discutidos. Segundo BORBA (1999b, p. 16):

O problema pode ser resumido da seguinte maneira: o professor que tem uma carga horária extenuante se vê em dificuldades tanto para conseguir acompanhar a evolução tecnológica como para conseguir incorporar essas novas tecnologias à sua sala de aula.

Em paralelo, há discussões sobre a postura exigida do professor que opte por utilizar-se das novas tecnologias. Ele deve sair do foco de atenção principal, dividindo tanto com o computador, quanto com outros alunos, esta posição. Para BORBA (1999b, p. 16):

Tais dificuldades estão associadas à procura de “novas configurações” dentro da escola que possam acomodar a entrada destas novas tecnologias; às dificuldades das administrações escolares em se adaptarem à presença desses “novos atores tecnológicos”; e à própria insegurança do professor em ter que dividir o controle da informação na sala de aula com os softwares incorporados a essas novas tecnologias.

As “saídas” encontradas por alguns profissionais que, por motivos diversos, são pressionados a utilizar as tecnologias também merecem uma discussão. Segundo BORBA (2000, p. 60), elas são incorporadas de tal modo que modifiquem o menos possível a estrutura pedagógica já existente. Os recursos tecnológicos não são explorados na sua totalidade e nem de forma a conduzir o aluno a novas formas de trabalho. Eles se tornam apenas subterfúgios em atividades já existentes e nelas se encaixam de modo secundário.

Tentando conciliar a pressão crescente pelo uso da informática e as resistências frente a ela, vários professores adotaram uma opção domesticada, incorporando essa nova mídia como um apêndice a alterar um mínimo possível as práticas educacionais estabelecidas. Assim os computadores são utilizados apenas para exemplificar pós uma exposição teórica ou na primeira e na última aula de uma disciplina.

Esta postura é contrária àquela necessária para que tenhamos um bom aproveitamento das novas tecnologias. Elas permitem que, ao liberar os alunos de tarefas repetitivas, tais como a obtenção de pontos para a construção de gráficos, estes mesmos alunos se concentrem na discussão sobre os comportamentos destes gráficos. Desta forma, eles podem tecer conjecturas a respeito destes comportamentos e discutilas com o professor e com seus colegas. Estas discussões podem conduzir a conclusões interessantes e consistentes. A forma como o professor utiliza o computador permite verificar se ele possui preocupações pedagógicas ou apenas manipula os recursos tecnológicos. Segundo FRIEDMANN (In BORBA, 1999b), no primeiro caso temos uma postura de um educador que se preocupa com a formação do seu aluno, enquanto no segundo, há uma postura de instrutor.

Entre os muitos argumentos utilizados para incentivar os professores a utilizarem as novas tecnologias, um dos utilizados por BORBA (2000, p. 49) chama especial atenção: “A alfabetização letrada e a matemática hoje não são mais suficientes para garantir a cidadania”.

Estamos convictos que LÉVY, TIKHOMIROV e BORBA nos deixam clara a importância de utilizarmos novas tecnologias e estarmos preparados para inseri-las na nossa prática pedagógica. Surgem, entretanto, outros questionamentos: quais os reais benefícios que a utilização destas tecnologias, em especial da Internet, pode trazer aos processos educacionais? Quais os problemas efetivos que podem surgir a partir da sua utilização? Estas questões serão analisadas no próximo capítulo.

3. O USO DA INTERNET EM PROCESSOS EDUCACIONAIS

3.1 INTRODUÇÃO

O uso da Internet como ferramenta pedagógica vem apresentando um crescimento constante e efetivo. Mesmo se tratando de um recurso tecnológico recente, a sua incorporação, bem como dos computadores em geral, nos processos educacionais, está se consolidando como uma das boas novidades pedagógicas (OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA, 2001; LOLLINI, 1991; WEISS e CRUZ, 2001; TAJRA, 1999 e 2000; OLIVEIRA, 1999; SILVA FILHO, 2000; CROCHIK, 1998).

Esta incorporação está ocorrendo em virtude de características particulares da Internet que podem auxiliar as atividades escolares. A interatividade, a facilidade no acesso à informação e a comunicação dinâmica são algumas destas características que têm sido comumente citadas como diferenciais positivos que ela pode trazer aos processos educacionais (TAJRA, 1999; SOBRAL, 1999; D'EÇA, 1998).

TAJRA (2000, p. 127) elenca doze aspectos da utilização da Internet que podem trazer ganhos pedagógicos. São eles:

- Acessibilidade a fontes diversas⁴ de assuntos para pesquisas;
- Páginas educacionais específicas para a pesquisa escolar;
- Páginas para busca de *softwares*;
- Comunicação e interação com outras escolas;
- Estímulo para pesquisar a partir de temas previamente definidos ou a partir da curiosidade dos próprios alunos;

⁴ A autora usa a expressão “inesgotáveis”. Entendemos que por mais que a Internet abra novas perspectivas e possibilidades, elas ainda assim chegarão a um número finito, logo esgotável, de fontes e assuntos.

- Desenvolvimento de uma nova forma de comunicação e socialização;
- Estímulo à escrita e à leitura;
- Estímulo à curiosidade;
- Estímulo ao raciocínio lógico;
- Desenvolvimento da autonomia;
- Permite o aprendizado individualizado;
- Troca de experiências entre professores/professores, aluno/aluno e professor/aluno.

Outros autores também elencam aspectos positivos da Internet. SOBRAL (1999) agrupa várias atividades onde a utilização da Internet pode agregar valores consideráveis. Entre as atividades por ele destacadas podemos enfatizar a produção de materiais, a comunicação, que se torna mais dinâmica, a prática de leitura e o acesso direto a diversos dados.

A utilização da Internet pode ser abordada também, sob o aspecto de que objetivos queremos atingir com a sua implementação. D'EÇA (1998) nos apresenta alguns destes objetivos. Entre eles destacamos:

- Gerar e desenvolver a comunicação à escala global, alargando os horizontes do processo de ensino-aprendizagem.
- Aumentar o volume de informação disponível e a sua atualização.
- Mudar o foco da aprendizagem passando de absorção de informação para construção de conhecimento.
- Dar uma dimensão mais interdisciplinar ao currículo.

D'EÇA também observa que a Internet abre e alarga horizontes, permite desenvolver a capacidade de resolução de problemas e encaminha os alunos para a educação/formação contínua.

Para HEIDE e STILBORNE (2000, p. 23), a Internet, enquanto ferramenta pedagógica, auxilia o processo de construção e produção de conhecimento.

Utilizando a Internet como uma ferramenta, os alunos podem explorar ambientes, gerar perguntas e questões, colaborar com os outros e produzir conhecimento, em vez de recebê-los passivamente.

3.2 ASPECTOS POSITIVOS DO USO DA INTERNET COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL

Dentre os vários recursos e possibilidades destacados como aspectos positivos do uso da Internet nos processos educacionais, vamos nos ater a alguns que julgamos merecedores de mais destaque: a interação que ela permite, quer seja entre alunos, do aluno com o professor ou do aluno com a máquina, a facilidade de comunicação, a possibilidade de publicação de materiais e a facilidade de acesso à informação.

3.2.1 INTERAÇÃO

A possibilidade de tornar o processo educacional mais interativo – ou dinâmico – está presente em OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001, p. 12) que colocam a Internet como peça importante nos processos de interação e construção do conhecimento.

Embora haja uma tendência atual de utilização do computador na escola, que o coloca como recurso auxiliar do aluno na aquisição de informação pela Internet, mais especificamente pelo ensino a distância, pela consulta de enciclopédias eletrônicas, pelo intercâmbio com outros centros educacionais e pela produção e apresentação mais aprimoradas de trabalhos escolares, estes autores gostariam de reafirmar a importância de seu uso como ferramenta do professor em seu papel mediador no processo de construção do conhecimento. Se adequadamente usado, torna-se um instrumento capaz de

favorecer a reflexão do aluno, viabilizando a sua interação ativa com determinado conteúdo de uma disciplina ou de um conjunto de disciplinas.

A possibilidade de interação com a máquina e de gerar estruturas que possibilitem efeitos de simulação, levam o usuário a tomar contato com experiências até então inviáveis na prática, ao menos em curto espaço de tempo. Pode-se citar como exemplos a simulação dos efeitos do lançamento de uma bomba atômica sobre uma grande metrópole ou do desmatamento das margens de um rio, decorridas duas décadas. Podemos agregar a esta característica aquela que nos permite realizar o *download* de *softwares* que servirão como ferramentas auxiliares nos processos educacionais.

Dentro das possibilidades de interação, uma característica que merece destaque é a que permite ao usuário, definir qual o caminho mais adequado para a sua aprendizagem, utilizando-se, para tanto, dos hipertextos. Entendemos por hipertexto a navegação a partir de textos, imagens, vídeos, e quaisquer outros elementos que permitam acessar novas informações, de forma interativa e direta⁵. Utilizando os hipertextos cada aluno pode seguir por caminhos diferentes dentro de um mesmo assunto, chegando a resultados semelhantes, mas de forma individualizada que respeite às suas particularidades e especificidades. Segundo BARER (2001, p. 04):

A estrutura da informação, como mensagem se direciona particularmente a cada receptor incluindo em sua formação novas linguagens, como o som e a imagem. Um documento em hipertexto permite, em casos específicos, que cada receptor modifique a mensagem segundo seus conceitos de importância com que valoriza o documento, não sendo mais, somente leitor mas, atuando como se fosse mais um autor do texto.

A possibilidade de cada usuário traçar seus próprios caminhos, dentro da Internet, exige que tomemos alguns cuidados adicionais como “o que”, e “de que

⁵ Alguns autores diferenciam hipertexto: navegação a partir de textos, de hipermídia: navegação a partir de textos e imagens. Ver mais no capítulo 2.

forma” nossos alunos estão acessando determinados conteúdos. Segundo D’EÇA (1998, p. 31):

Como sistema de navegação, a Web permite uma grande liberdade de ação e de movimento, dentro da ‘ordem anárquica’ que nela reina. Temos acesso instantâneo à informação e uma enorme capacidade de escolha, que tem de ser muito bem feita, pois há bom e mau.

SILVA (2000) faz um estudo bastante completo do hipertexto, ampliando e diversificando a idéia. Seu trabalho analisa as diferenças e semelhanças entre as diversas propostas de hipertexto, desde Vannevar Bush, passando por Theodore Nelson e Pierre Lévy. Ele propõe, então, o que chama de “Hipermissão”, como sendo um documento ou obra que “contenha democracia informacional, proximidade com o modo humano de processamento de idéias, estrutura rizomática e interatividade, particularmente no seu fundamento permutabilidade – potencialidade” (SILVA, 2000, p. 154). Uma análise mais rigorosa de sua obra, nos permite concluir que a hipermissão pode ser entendida como o hipertexto levado “às últimas consequências”. Entendendo, então, hipermissão como uma extensão de hipertexto, podemos nos apropriar das idéias de Silva para avaliar o uso da Internet, em especial do hipertexto, como uma ferramenta que possibilita a interação e que privilegia o indivíduo e suas particularidades (SILVA, 2000, p. 157).

A obra hipermediática existe em estado potencial, portanto necessariamente inacabada. Ela pressupõe que o leitor-usuário faça ‘o trabalho de finalização provisória’. O proponente (autor) ‘concebe não exatamente a obra, mas os seus elementos e o seu algoritmo combinatório, ao passo que cabe ao leitor realizar a obra’ à sua maneira, aproximando-se das pretensões daquele ou distanciando-se absolutamente. De qualquer modo, ocorre co-criação, hibridação, participação, intervenção, permutabilidade e potencialidade. Ou seja, a obra hipermediática permite a expressão de interatividade em todos os seus fundamentos.

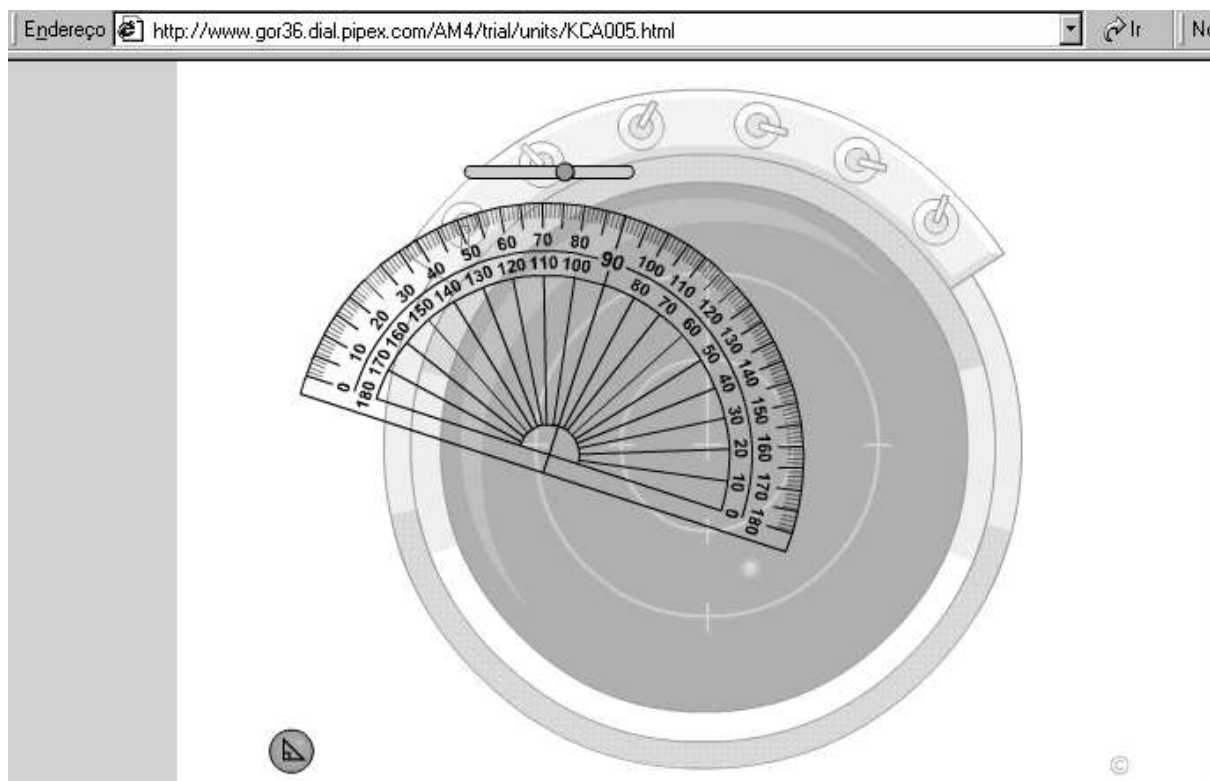
Podem-se destacar também os recursos de hipertexto possibilitando uma navegação mais atrativa e interessante pelo assunto. Ao agregar imagem, som, vídeos e animações cria-se um novo modelo de documento, que leva o usuário a assimilar o conteúdo de forma mais efetiva (NETTO, 1998, p. 26).

A presença da Internet nas escolas vem se tornando cada vez mais significativas. Nos EUA, a partir do 'NetDay96', expandiu-se uma campanha na Califórnia e em outros estados para garantir o acesso das escolas em geral à Internet, a custo mínimo, e foram divulgadas pesquisas segundo as quais a Internet facilita a aprendizagem. Alexander⁶ (1997) menciona uma investigação feita em distritos escolares urbanos com alunos de escolas elementares, na qual foi constatado que estudantes com acesso à Internet superaram os colegas que não tiveram esse acesso. Os resultados da pesquisa revelaram superioridade dos alunos ligados à Internet em nove critérios de aprendizagem, que incluíram maior compreensão de um tópico e mais competência em manipular informações.

Na figura a seguir (fig. 2) encontra-se um bom exemplo de *site* que oferece ferramentas que visam a uma interação do usuário com o objeto de estudo. Ao trabalhar com ângulos ele nos oferece várias atividades que permitem a manipulação de objetos, simulando situações e verificando resultados. Especificamente na tela apresentada, simula-se a leitura de pontos e ângulos num radar hipotético.

⁶ A obra citada é, segundo a bibliografia do autor: Alexander, S. 1997. "Computers and information systems". 1997 *Britannica Book of the Year*. Chicago: Encyclopaedia Britannica. Pp. 180-182.

FIGURA 2:



3.2.2 COMUNICAÇÃO

Outro fator relevante na defesa do uso da Internet em processos educacionais, é o que permite uma maior facilidade de comunicação entre os personagens destes processos. Alunos, professores, pais e diretores podem conseguir, através do *e-mail*, *chat*⁷, ICQ⁸, IRC⁹, entre outros, uma comunicação mais efetiva, rápida e eficaz do que a conseguida através dos meios de comunicação tradicionais, como telefone, telegramas e cartas.

⁷ Sala de *chat*: local, disponibilizado na rede a partir de *sites* específicos, destinado a troca instantânea de mensagens entre usuários.

⁸ ICQ – *I Seek You*: variação do *chat* que permite selecionar as pessoas com quem se deseja conversar.

⁹ IRC – *Internet Relay Chat*: variação do *chat* que exige um programa específico de conexão ao servidor.

Vale lembrar que o motivo primeiro de desenvolvimento da Internet, ainda com finalidades militares, era o de permitir a troca de arquivos, mensagens e informações entre computadores localizados em regiões afastadas¹⁰. Esta característica permitiu que este aspecto da rede se desenvolvesse quantitativamente e qualitativamente. Hoje dispomos de um sem número de possibilidades de troca de informações que nos permitem estar em contato com inúmeras pessoas, bancos de dados, bibliotecas e outras fontes de informação. Isto leva a uma nova realidade que pode e deve ser explorada pedagogicamente.

Pelo computador, os alunos podem conversar com outros, em localidades remotas. Podem participar de jogos, gincanas *on-line* e atividades programadas, que geram mudanças significativas na sua forma de entender o mundo e a realidade que os cerca. Segundo HEIDE e STILBORNE (2000, p. 26):

Os alunos que tem as oportunidades aqui descritas [*semelhantes às relacionadas anteriormente*] já começaram a fazer suas próprias mudanças de paradigma concernentes ao seu lugar no mundo e ao seu relacionamento com ele. Quando adultos, esses alunos terão vantagens em suas habilidades, experiências e perspectivas sobre aqueles que foram confinados dentro das próprias salas de aulas e comunidade.

Vale ressaltar que a expressão “confinados” está sendo utilizada no sentido de “restringir-se” e não de “limitar-se” ou “prender-se”, como é mais usualmente entendida. Deste modo, significa que alunos que tiveram oportunidade de tomar contato com a Internet e suas possibilidades terão, quando adultos, vantagens sobre aqueles que não a tiveram. O texto não deve ser entendido como uma afirmação de que a sala de aula seja um lugar semelhante a uma prisão ou um centro de confinamento forçado.

Ainda segundo HEIDE e STILBORNE, apesar da atenção dada à *Web*, o correio eletrônico – troca de mensagens pela Internet – é, para muitos, o principal palco da Internet.

¹⁰ Veja mais sobre a origem da Internet no apêndice.

Para D'EÇA a comunicação permitida pela Internet gera uma interatividade que se constitui no seu principal atributo. Para ela (1998, p. 35)

A Internet é um meio de comunicação com duas componentes distintas, mas fulcrais: pessoas e informações. Quer se trate de aceder a pessoas, quer de aceder exclusivamente a informação, a interatividade é o seu atributo principal. No meu ponto de vista é o seu grande trunfo, aquele que torna a Internet um meio privilegiado de ensino, e provavelmente é característica que de futuro mais contribuirá para que exista maior motivação e apetência pela aprendizagem.

E mais adiante:

A interatividade põe os alunos a 'comunicar' entre si, com professores, especialistas e, em alguns casos, elementos da comunidade; ela aproxima os alunos daquilo que os rodeia, da 'sua' realidade, quer humana, quer material; ela confere autenticidade, objetividade, concretismo e pragmatismo à aprendizagem.

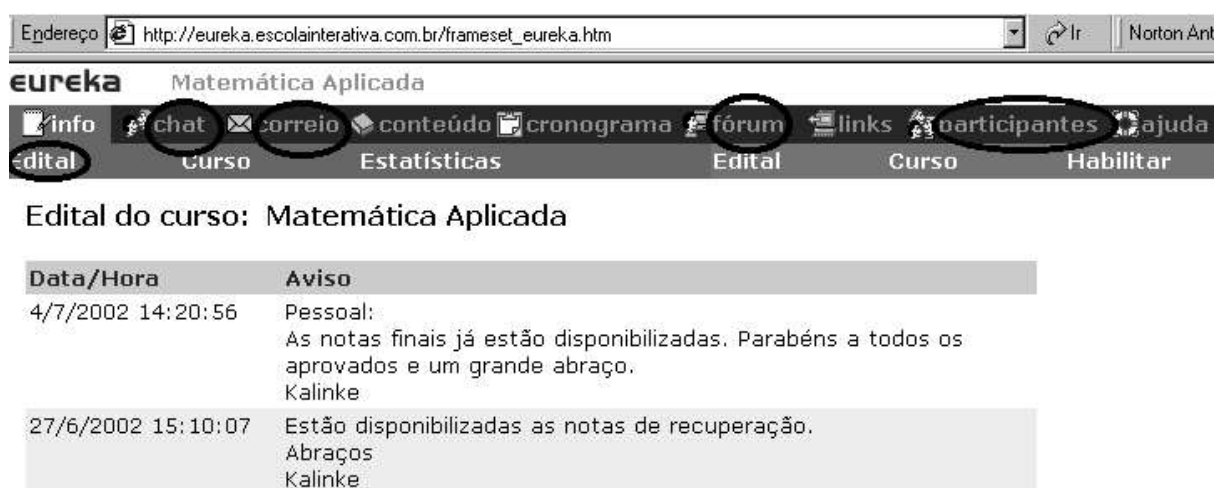
A facilidade de comunicação gerada pela Internet nos leva também a rever o preparo das nossas aulas, bem como os conteúdos a serem abordados e a forma pela qual esta abordagem se dará. Devido a uma maior e mais constante comunicação entre professor/aluno e alunos entre si, ficam facilitados muitos dos processos educacionais, possibilitando novas formas de trabalho e novas abordagens. Para TAJRA (2000, p. 128):

A Internet traz muitos benefícios para a educação, tanto para os professores como para os alunos. Com ela é possível facilitar as pesquisas, sejam grupais ou individuais, e o intercâmbio entre os professores e alunos, permitindo a troca de experiências entre eles. Podemos mais rapidamente tirar as nossas dúvidas e dos nossos alunos, sugerir muitas fontes de pesquisas. Com todas estas vantagens será mais dinâmica a preparação da aula.

Esta visão é compartilhada por SILVA (2000), para quem a comunicação e a interatividade também estão intimamente ligadas.

Um exemplo interessante de ferramenta que permite, e incentiva, a comunicação entre os envolvidos no processo educacional, é o ambiente de aprendizagem colaborativa Eureka (fig. 3), que pode ser utilizado para cursos à distância via *Web* ou como uma sala de aula virtual para complementar as atividades desenvolvidas nas salas de aula tradicionais.

FIGURA 3:



3.2.3 PUBLICAÇÃO DE MATERIAIS

Podemos destacar também a valorização da produção intelectual dos nossos alunos. Com a possibilidade de publicação dos seus trabalhos e projetos na *Web*, abre-se uma nova perspectiva de divulgação desta produção, que poderá atingir um grande número de pessoas, fazendo com que as atividades desenvolvidas na escola sejam conhecidas e se tornem pontos de referência (positivos ou negativos) sobre determinados assuntos.

Esta possibilidade leva-nos a estabelecer uma nova forma de diálogo com a comunidade, seja a acadêmica ou apenas a dos vizinhos de bairro. Projetos e trabalhos

que antes da Internet tinham sua vida útil restrita ao tempo de duração das famosas feiras de ciências, tornam-se mais presentes e passam a fazer parte da vida da sua comunidade. Enquanto antes os alunos apresentavam seus trabalhos de pesquisa de preços em supermercados para aprender sobre cálculos de juros, descontos e números relativos, entre outros importantes assuntos, agora eles podem, sem prejuízo do que já estava sendo feito, elaborar listas de preços e disponibilizá-las aos moradores da sua região, a custo zero, criando assim um serviço de apoio à comunidade (HEIDE e STILBORNE, 2000; TAJRA, 1999: 2000).

D'EÇA coloca a possibilidade de divulgação de trabalhos e atividades na Internet como uma nova forma de estímulo ao desenvolvimento do senso de responsabilidade dos alunos. Para ela (1998, p. 42):

Os estudantes passam de receptores passivos a receptores-produtores ativos de informação, opinião e conhecimento. Eles podem não só dar voz às suas idéias, como receber feedback. Conseqüentemente, contribuir para a Internet acarreta a necessidade de maior rigor e cuidado no conteúdo e na apresentação dos trabalhos. Nasce, espontaneamente, um grande sentido de responsabilidade e um extremo empenho e orgulho em publicar algo que esteja 'impecável'.

A imagem a seguir (fig. 4) ilustra um exemplo de *site* que publica trabalhos de alunos, sob a supervisão de um professor orientador.

FIGURA 4:



3.2.4 ACESSO À INFORMAÇÃO

A facilidade de acesso a informações, para pesquisas individuais ou em grupo, é mais um fator que merece destaque (HEIDE e STILBORNE, 2000; TAJRA, 2000). Para SOBRAL (1999, p. 12), “...um exame atento desses itens revela que a Internet é essencialmente um meio de obtenção e troca de informações, logo, um ambiente ideal para a pesquisa de diferentes temas”.

Este mesmo autor elenca algumas características de pesquisas na Internet que justificam a sua incorporação neste processo educacional. São elas¹¹ (SOBRAL, 1999, p. 87):

1. Oferece um número praticamente ilimitado de recursos.
2. Requer uma palavra-chave para pesquisar e não tem, ao contrário da biblioteca, uma organização precisa.
3. Promove o esforço pessoal de pesquisa.
4. Não resulta de um esforço de reunir todas as informações relevantes: cada *site* determina que material apresentar, o que pode deixar alguns assuntos em segundo plano.
5. O formato eletrônico dos dados facilita sua obtenção.
6. Facilita a descoberta de múltiplos pontos de vista sobre um mesmo assunto.
7. É facilmente atualizável, podendo conter as informações mais recentes.
8. Requer que se desenvolva uma boa capacidade de selecionar aquilo que se precisa, evitando o supérfluo.
9. Não parte, dada sua generalidade, das necessidades específicas dos usuários.

Devido ao enorme volume de informações que encontramos disponíveis, as tarefas de pesquisa ficam facilitadas e enriquecidas. Temos acesso a inúmeras fontes, em bibliotecas, bancos de dados, universidades, escolas, páginas pessoais, e uma enormidade de outras possibilidades que estão surgindo sistematicamente. Este volume

¹¹ No original do autor há um décimo item: “*Pode estar sobrecarregada no momento em que se procura alguma coisa*”. Não o incluímos neste momento por estarmos preocupados apenas nos aspectos positivos do uso da Internet para a pesquisa educacional. Ao final do capítulo trataremos de alguns pontos negativos que devem ser considerados, quando, então, o incluiremos.

de informações pode auxiliar a disseminação do conhecimento e a sua respectiva democratização. Segundo NETTO (1998, p. 31):

O que se perde de vista, em grande parte dos debates e discursos, contra ou pró, sobre tecnologia da educação, educação a distância, computadores nas salas de aula, televisão educativa, videocassetes a serviço do ensino, etc., é a virtude visceralmente democrática desses recursos tecnológicos, quanto ao acesso e à absorção de informações de todos os tipos – científicas, tecnológicas, artísticas, econômicas, históricas, religiosas, filosóficas..., abertas a todos quantos quiserem recorrer a essas informações e a fazer uso delas.

A Internet, entretanto, não pode, nem deve, ser a única fonte de pesquisa do professores e alunos. Ela deve ser entendida como mais uma possibilidade que está ao nosso alcance. Para OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001, p. 9):

Se até há pouco tempo livros, apostilas, jornais e revistas eram a principal fonte de pesquisa, hoje também *se integram* a esses recursos os CD-ROMs e as páginas de Internet, bem como as áudio e videoconferências. ... O ato de ensinar e aprender ganha *novo suporte* com o uso de diferentes tipos de software educacional, de pesquisa da Internet e de outras formas de trabalho pedagógico com o computador¹².

Este ponto de vista é compartilhado por D'EÇA (1998, p. 44), quando coloca a Internet como mais um e não único recurso a ser utilizado. Para esta autora a Internet é peça fundamental, mas não única, na geração de novos tipos de aprendizagem, mais centrada no aluno, mais baseada em investigação e em respostas a questões.

A atualidade da informação disponível [na Internet] é uma vantagem adicional inegável. É freqüente acessarmos a um arquivo que teve a sua última atualização poucos dias antes, ou até mesmo no próprio dia em que o consultamos. Esta capacidade de resposta é imbatível quando *comparada com outros meios*, nomeadamente o documento impresso, o livro ou mesmo

¹² Grifo nosso.

o CD-ROM. A Internet dá-nos ainda a possibilidade de comparar rápida e eficientemente informações provenientes de diversas fontes¹³.

Outro aspecto positivo diz respeito à possibilidade de acesso a informação no momento em que o usuário considerar mais oportuno (HEIDE e STILBORNE, 2000; SILVA, 2000). Sabemos que as pessoas possuem hábitos diferenciados e horários alternativos. A Internet possibilita que cada usuário possa ter acesso a informação nos horários que lhe sejam mais apropriados.

Temos um bom exemplo da quantidade e variedade de informações que podemos encontrar na Internet observando a página de abertura dos grandes sites de busca (fig. 5). Procuramos destacar as seções que podem apresentar boas oportunidades pedagógicas.

FIGURA 5:



¹³ Grifo nosso.

3.3 ASPECTOS NEGATIVOS DO USO DA INTERNET COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL

É certo que a Internet também pode apresentar algumas características que não sejam interessantes ou benéficas para finalidades educacionais. TAJRA (2000), D'EÇA (1998), HEIDE e STILBORNE (2000), SOBRAL (1999), e SETZER (2001) discorrem sobre algumas delas, elencando, entre outras, que a quantidade de informações pode levar à perda de foco no assunto principal, além da facilidade de dispersão durante a navegação, a falta de fidedignidade de muitas informações, a lentidão de acesso em função da qualidade das linhas telefônicas, os efeitos colaterais das máquinas, tais como sonolência, resignação e sensação de impotência intelectual e a possibilidade de acesso a informações não educacionais, como pornografia, drogas e materiais explosivos, por exemplo.

A quase totalidade dos autores que apontam estes problemas também é eficaz em apontar as respectivas soluções. Parece consenso que estes aspectos não devem ser desconsiderados, sob pena de agravarmos problemas pré-existentes ou de nos depararmos com novos problemas, ao invés de obtermos melhorias nos processos educacionais. Por outro lado eles não nos parecem suficientemente preocupantes para que abandonemos o uso da Internet como ferramenta educacional.

A constante monitoração dos usuários, bem como a mescla de tecnologias com outras formas de trabalho, podem suprir, a contento, os problemas com os quais, eventualmente, nos deparemos. Para D'EÇA a conscientização e a orientação dada aos alunos podem servir como ótimas estratégias para minimizar os problemas referentes ao excesso de informações, informações sem fidedignidade, ou de informações que, devido ao interesse não educacional, devam ser desconsideradas. Segundo ela (D'EÇA, 1998, p. 50):

Como tentar evitar este tipo de situação? Com uma planificação muito bem estruturada, diretrizes bem definidas e opções de links bem delineadas, para

procurar impedir que os alunos enveredem por caminhos semelhantes e se dispersem, em detrimento do essencial. Por outro lado, concordo com Judy Salpeter, em “Is Safe out there on the Net”¹⁴, quando diz que é importante que os estudantes tomem consciência de que a utilização da Internet é um privilégio a que têm direito para fins meramente educativos. Compete ao professor alertar para isso, estar atento ao que se passa e exercer vigilância adequada, como em qualquer aula tradicional.

Ainda que a expressão “vigilância adequada” esteja, a nosso modo de ver, mal colocada, uma vez que não se enquadra numa proposta construtivista, entendemos que a idéia central desta autora, neste particular, reside na presença ativa do professor, orientando e auxiliando seus alunos. Esta presença pode ser entendida como fundamental nos processos educacionais. Nos processos construtivistas não é diferente. Cabe ao professor saber encaminhar as atividades que devem ser desenvolvidas e estar presente para resolver e contornar problemas que eventualmente venham acontecer, como em qualquer aula tradicional.

TAJRA (2000, p. 129) também alerta para a necessidade de orientação dos alunos:

Muitas vezes, os alunos localizam informações em páginas que nunca foram visitadas pelos professores. Qual o papel do professor diante desta nova realidade? Promover o confronto das informações localizadas, verificar a validade delas, procurando sempre estimular o senso crítico do aluno.

Outro aspecto negativo, e bastante peculiar da utilização da Internet, é observado por HEIDE e STILBORNE (2000). Trata-se da possibilidade de plágio ou venda de pesquisas e trabalhos prontos aos alunos. É certo que este tipo de atividade existe desde há muito tempo antes da Internet. Esta veio apenas dar-lhe mais evidência e profusão. As próprias autoras dão indícios de como resolver, ou ao menos minimizar, este problema (HEIDE e STILBORNE, 2000, p. 273):

¹⁴ A referência do texto citado é: SALPERT, Judy. Is it Safe out there on the Net? Editorial. **Technology & Learning**. Out, 1995, p. 6.

Um modo de evitar que os alunos sejam tentados a utilizar esses serviços é incorporar elementos únicos em uma atribuição que sejam difíceis de copiar genericamente, como inserir em que uma [sic] análise literária seja feita do ponto de vista de um personagem da história.

Os aspectos negativos que dizem respeito à lentidão no acesso aos *sites*, sobrecarga no momento do acesso, qualidade das linhas telefônicas ou dos equipamentos – *modem*, computadores e cabos, por exemplo – devem ser analisados sobre dois aspectos: o tecnológico e o político.

No que tange aos aspectos tecnológicos, estamos caminhando a passos largos para a solução dos problemas. As tecnologias de cabo, *modem* e rádio estão melhorando a velocidade de conexão e tornando-a mais segura e eficiente. Segundo CRATO (2001), ao final da década de 1950, um cabo telefônico podia transmitir algo em torno de 1800 conversas simultâneas. Hoje, uma fibra óptica pode comportar um número próximo a 6,4 milhões de conversas, o que equivale a dizer que pode transmitir o conteúdo de noventa mil enciclopédias, em apenas um segundo. A conexão dedicada, que permite uma linha telefônica de alta velocidade destinada exclusivamente à Internet, bem como os novos equipamentos e a melhoria na qualidade destes equipamentos são exemplos de investimentos que permitem um avanço nas condições de conexão e a conseqüente diminuição nos problemas ligados a este aspecto.

No que diz respeito aos aspectos políticos, devemos utilizar os meios disponíveis para sensibilizar nossos governantes a investir em equipamentos, treinamento e qualificação dos profissionais envolvidos. Vários autores estão demonstrando preocupação com o distanciamento que pode vir a surgir entre os que dominam a informática e aqueles para quem ela não passa de um sonho distante (SOFFNER, 2000; DIMENSTEIN, 1997; LITTO, 2000). Tem-se aqui um problema social, que deve ser analisado e discutido por profissionais responsáveis e capacitados para tanto.

Os aspectos negativos apresentados até aqui possuem como paralelo o fato de serem citados por autores que, em geral, defendem o uso da Internet como ferramenta educacional de alto valor. Por outro lado há aqueles que discordam desta posição e são reticentes quanto ao computador e suas tecnologias associadas. Um exemplo marcante deste modo de pensar está presente em SETZER (2001). A análise minuciosa de sua obra pode gerar, indubitavelmente, um material extenso para ótimas reflexões.

Trata-se, entretanto, de um material que pode ser discutido e refutado, com muitos dos argumentos já colocados anteriormente. A título de exemplo podemos nos ater a algumas das suas colocações. Ressalte-se que não é nosso objetivo desmerecer ou refutar toda a obra do autor. Pelo contrário: se a estamos discutindo é porque acreditamos que ela agrega valor às discussões educacionais e deve ser analisada cuidadosamente. Nosso objetivo é apenas mostrar que, mesmo os argumentos mais consistentes, contrários ao uso da Internet e computadores – e a obra de Setzer os apresenta - podem ser discutidos e contra-argumentados.

SETZER diz (2001, p. 28):

Quando um jogador erra um serviço, num jogo de tênis, ele se frustra; mas não sabe se o próximo serviço vai estar certo.... Mas com o computador tem-se a certeza absoluta de que existe um comando ou uma combinação de comandos que executam a operação desejada. Enquanto não descobre que comando ou combinação de comandos são esses, a pessoa é tomada por um estado obsessivo de excitação puramente intelectual.

Podemos refutar esta crítica utilizando as palavras do próprio autor. Se o indivíduo é tomado por uma excitação intelectual, então ele está pensando, raciocinando, desenvolvendo a sua capacidade intelectual. E isso nos parece imensamente interessante, especificamente nos processos educacionais.

SETZER diz (2001, p. 34):

Uma criança que usa a Internet para procurar informações não tem nenhuma restrição, a menos que os pais instalem os chamados “filtros”... Essas

informações não tem nenhum contexto para a criança e representam o que se pode chamar de educação “libertária”... Uma ferramenta de adulto, completamente descontextualizada, está sendo dada a crianças e jovens, novamente provocando um processo de amadurecimento precoce, permitindo-lhes entrar em contato com informações que não são apropriadas para sua maturidade e ambiente.

Acreditamos que as colocações de D’EÇA (1998) e TAJRA (2000) já citadas anteriormente sobre a necessidade de conscientizar as crianças e jovens para o uso da Internet sejam suficientes para refutar estes argumentos. Podemos ainda citar que pornografia, drogas, e outras informações indesejadas, também estão presentes em jornais, revistas e programas de televisão. O que precisamos é orientar nossos alunos e não afastá-los da realidade.

SETZER diz (2001, p. 199):

A Internet exige um enorme esforço de autocontrole. O lixo informativo nela armazenado está crescendo exponencialmente. É preciso muito critério para uma pessoa concentrar-se e buscar apenas o que lhe é útil, não ser atraído para baboseiras perniciosas e despendar apenas o tempo necessário para obter as informações procuradas.

Qualquer criança, com um mínimo de conhecimento da Internet sabe direcionar as suas pesquisas com as modernas ferramentas de busca e procura. A indicação prévia e orientada de *links* e *sites* específicos, bem como o direcionamento prévio, que deve ser dado pelo professor a seus alunos, facilmente minimizam, se não resolvem totalmente, estes problemas. Se o professor não direciona ou orienta seus alunos deve-se trabalhar com este professor, capacitá-lo e treiná-lo, ao invés de alijar nossos jovens dos recursos tecnológicos.

Poderíamos estender esta discussão por muitas páginas. Não é, entretanto, este o nosso objetivo. Entendemos que um trabalho desta envergadura mereça alguém mais capacitado e preparado a fazê-lo. Acreditamos, contudo, ter atingido os objetivos a que nos propomos no início desta discussão.

3.4 A NECESSIDADE DOS CRITÉRIOS DE ANÁLISE

Vários autores, já citados anteriormente, colocam que para ser bem aproveitada, a Internet exige que os professores indiquem *sites* e *links* aos seus alunos, a fim de organizar, direcionar e qualificar os trabalhos e atividades.

É comum encontrarmos, seja em revistas especializadas, jornais e informativos escolares, por exemplo, indicações de *sites* interessantes aos alunos e que devem ser visitados. Dificilmente encontramos, entretanto, quais os critérios utilizados para esta seleção. Normalmente a indicação se dá apenas por ser um *site* que pertence a uma determinada categoria. Esta categoria pode ser, por exemplo, disciplinas de Ensino Médio. Desta forma, são agrupados *sites* de Matemática, de História, de Química, e das demais disciplinas. Esta seleção não leva em conta aspectos educacionais ou pedagógicos. Em geral, as características observadas para selecionar os *sites* tratam de aspectos ligados à apresentação e navegação.

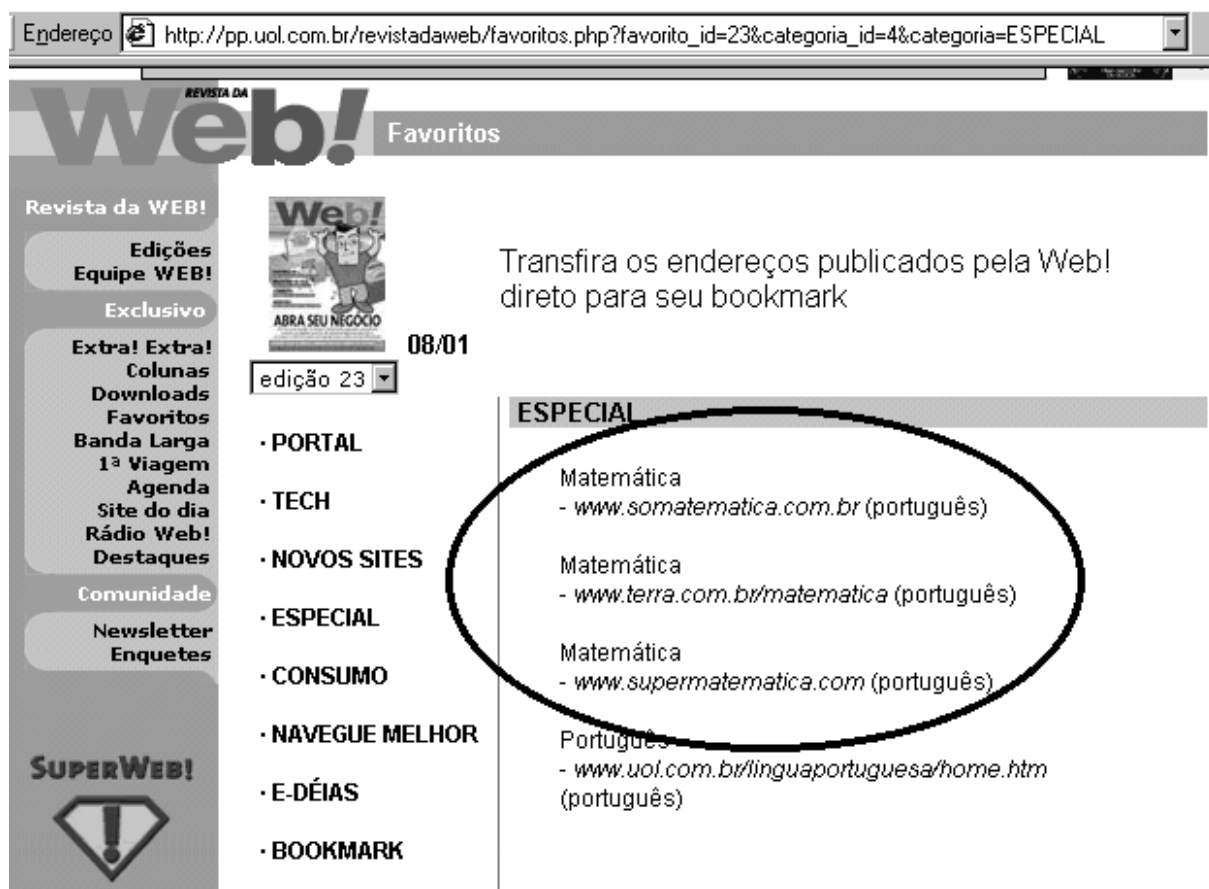
Temos bons exemplos destes critérios de seleção na “Revista da Web!”¹⁵. Tratou-se de uma das mais conceituadas publicações sobre *sites* de Internet, com circulação nacional e grande tiragem. Na sua edição 23 – Ano 2, de agosto de 2001, foram selecionados *sites* que tratam de assuntos ligados ao assunto “Vestibular”. Entre os grupos selecionados encontramos: portais que tratam do tema, cursinhos pré-vestibulares e *sites* de matérias, separadas em Biologia, Física, Geografia, História, Inglês, Matemática, Português e Química, além de outros *sites* ligados ao assunto. Ainda que se trate de uma publicação impressa, acrescentamos, em forma de imagem (fig. 6) a tela do *site* desta edição.

Segundo a orientação da revista¹⁶, “todos os *sites* indicados na Revista da Web! recebem notas com base no conteúdo, no *design* e na navegabilidade”.

¹⁵ Publicação mensal da Editora Abril, que seleciona e indica *sites* da Internet.

¹⁶ Pág. 9, sob o título: “Aviso aos Navegantes”.

FIGURA 6:



A análise é feita por um mesmo profissional. Não há qualquer referência à análise do *site* por um professor ou especialista nas disciplinas citadas. Desta forma, a nota com base em conteúdo nos parece ficar altamente prejudicada, uma vez que entendemos ser necessário um profissional da área para poder avaliá-lo. Observa-se, também, que não há qualquer análise de cunho pedagógico ou próprio de cada disciplina, atentando às suas particularidades e especificidades.

Ressalte-se que este não é, entretanto, o objetivo da revista. Sua intenção é selecionar *sites* que apresentem vasto conteúdo, bom *design* e facilidade de navegação. E isto ela faz com muita competência, pois os *sites* selecionados atendem, também segundo a nossa análise a estas características.

Uma análise pedagógica precisa, em contraponto ao que encontramos neste modelo de seleção, estar apoiada em critérios de análise mais claros, objetivos e, principalmente, em teorias consistentes.

Acreditamos, portanto, que seja necessário indicarmos alguns critérios, segundo os quais os profissionais de ensino possam analisar *sites* educacionais. Seguindo estes critérios os *sites* estarão em consonância com algumas características que os tornarão aptos a serem explorados pelos alunos e lhes proporcionar avanço nos processos educacionais. Como já citamos no início do texto, acreditamos que as teorias construtivistas e ergonômicas podem nos oferecer bons subsídios para este trabalho.

Com este objetivo, no capítulo seguinte abordaremos como a teoria construtivista pode nos auxiliar a analisar e selecionar *sites* educacionais de Matemática. Na sequência repetiremos o processo enfocando a teoria ergonômica.

4. CRITÉRIOS PARA ANÁLISE E SELEÇÃO DE *SITES* EDUCACIONAIS SOB O PARADIGMA CONSTRUTIVISTA

4.1 INTRODUÇÃO

Em virtude das dificuldades de se verificar a qualidade de um *site* educacional, há a necessidade de que sejam traçados objetivos específicos, que levem em consideração os vários fatores que podem influenciar os processos de análise. Para resolver este problema, buscaremos apoio em duas frentes: numa teoria epistemológica consistente e nos estudos ergonômicos de recursos tecnológicos.

Este capítulo tratará especificamente da questão da análise em relação a uma teoria epistemológica.

Para desenvolver nosso trabalho, partimos da premissa que toda prática pedagógica, reflete uma certa concepção do que seja ensinar e aprender. As decisões que são tomadas para a condução do trabalho pedagógico, refletem constantemente, esta concepção. Acreditamos, por opção e convicção, que é possível e desejável que *sites* educativos sejam desenvolvidos dentro de uma abordagem construtivista. Nosso trabalho se apóia, então, na epistemologia genética de Jean Piaget.

Com base em autores que estudaram esta teoria e sua relação com recursos tecnológicos, procuraremos relacionar critérios para análise e seleção de *sites* educacionais.

Abordaremos a posição de autores que tratam de ambientes construtivistas de aprendizagem e que definem critérios para análise de recursos tecnológicos sob este prisma. Elencaremos, a seguir, embasados nestes autores, um grupo de critérios que servirá para orientar os professores na escolha de *sites* de Internet, que apresentem seus conteúdos disponibilizados em consonância com a teoria da epistemologia genética de Jean Piaget.

4.2 AMBIENTES CONSTRUTIVISTAS DE APRENDIZAGEM

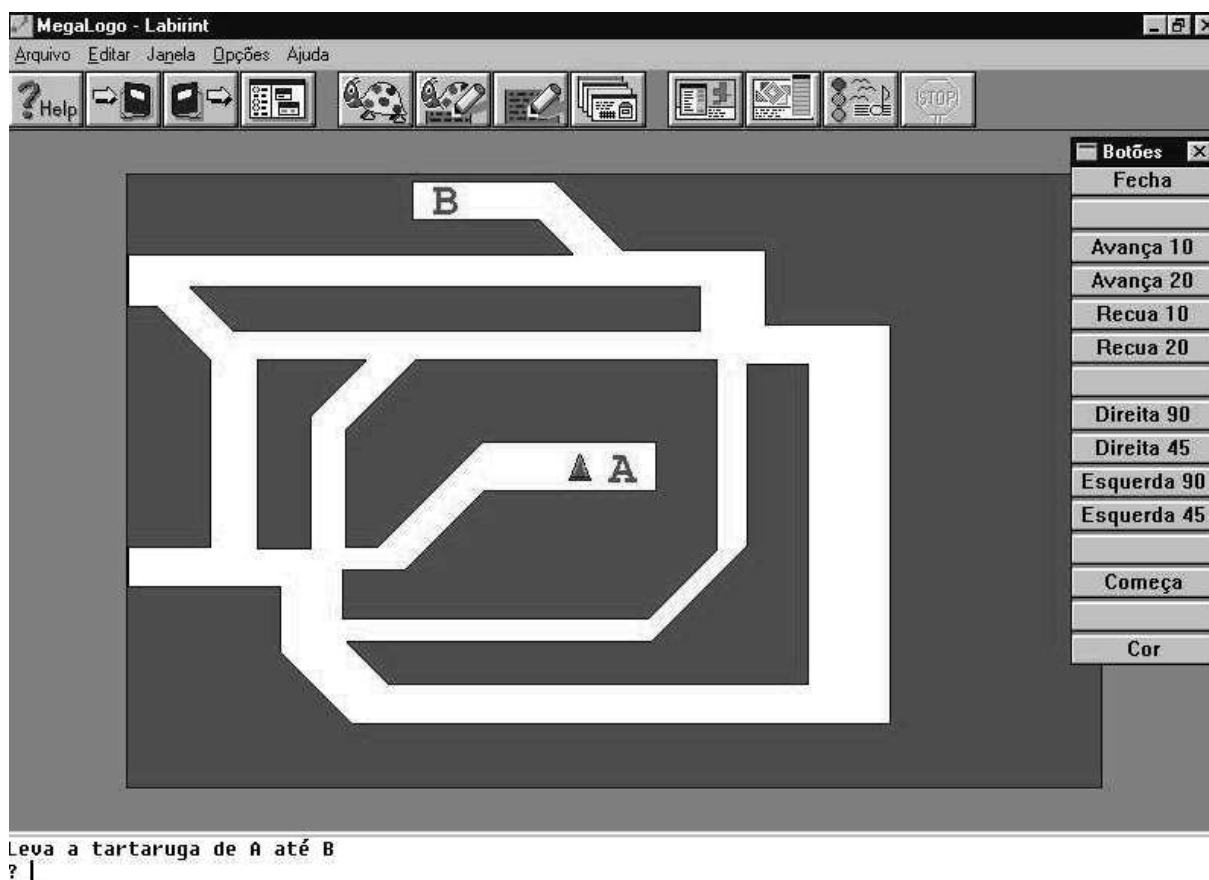
Se considerada a perspectiva de Piaget, para que este estudo seja bem sucedido devemos pensar não mais em *sites* educacionais, mas em ambientes construtivistas de aprendizagem na Internet. Trata-se de *sites* educacionais na Internet, onde os conteúdos estão disponibilizados em consonância com a teoria epistemológica genética Piagetiana (GRAVINA e SANTAROSA, 1998; FERREIRA et al, 1998).

Este ambiente deve prever que todo desenvolvimento cognitivo, será efetivado ao ser baseado em uma interação entre sujeito e objeto. Se faz necessário que haja uma atitude do objeto que perturbe as estruturas do sujeito, a fim de que este tente acomodar-se à nova situação, criando condições de assimilação do objeto, dando origem às sucessivas adaptações do sujeito ao meio, com o constante desenvolvimento do seu cognitivismo (FERREIRA et al, 1998). Esta caracterização se aplica tanto para materiais didáticos tradicionais, como livros e apostilas, quanto para *softwares* educacionais e *sites* de Internet.

Nesta abordagem podemos observar que um ótimo exemplo de ambiente construtivista de aprendizagem é a linguagem LOGO¹⁷ (fig. 7). Trata-se de uma ambiente onde o conhecimento não é repassado para a criança, mas onde ela, interagindo com os objetos do sistema, desenvolve conceitos. Entretanto, os objetos com os quais a criança interage, devem tornar manipuláveis estes conceitos (OLIVEIRA, COSTA, e MOREIRA, 2001; OLIVEIRA, 1999).

¹⁷ Sistema computacional gráfico produzido por Seymour Papert.

FIGURA 7:



Num ambiente de aprendizagem construtivista os alunos possuem mais responsabilidade sobre o gerenciamento de suas tarefas e o seu papel no processo é de colaborador ativo. A ênfase deve ser centrada no pensamento crítico, a avaliação deve ser qualitativa, o processo educacional é centrado no aluno e a interação se faz com o mundo real (CUNHA, CAMPOS e SANTOS, 1999).

Para REIS e PAULA (1999), o ambiente precisa contribuir para o enriquecimento do processo educativo, como gerador de interações e não só como indicador de caminhos. Deve privilegiar o debate, sugerir inovações, apresentar tecnologias que possam influenciar positivamente o processo educativo e favorecer a tomada de novas abordagens pedagógicas.

Para OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001), os pontos principais a serem observados, conforme uma concepção construtivista de aprendizagem, dizem respeito

à mediação permanente do professor, que deve envolver um planejamento didático-pedagógico, o estabelecimento de etapas e estratégias de aprendizagem, além da ênfase à lógica de aprendizagem e não à simples organização estrutural do conteúdo, do privilégio ao trabalho interativo com grupos de alunos, e do tratamento dado ao erro.

Segundo estes autores, a presença de erros nas respostas do aluno deve oportunizar novas informações sobre os assuntos que estão sendo trabalhados. Estas informações devem favorecer uma melhor compreensão do tema, possibilitando que o aluno interprete, sob novas perspectivas, o conteúdo da questão resolvida erroneamente. Deve-se, além disso, evitar que o aluno seja exposto à mesma questão quando sua resposta esteja equivocada. Devem ser propostas novas questões sobre o mesmo tema, mas com outro enfoque, permitindo-lhe olhar para o problema sob outra perspectiva.

Em situações de acerto deve-se estimular a importância da descoberta, de novos desafios, possibilitando uma experiência maior em relação ao objeto do conhecimento com o qual se está interagindo.

Nos dois casos, erro e acerto, a forma de retorno dada ao aluno deve ser desenvolvida com cuidado. Não se julga adequado, segundo estes autores, dar estímulos estranhos ao conteúdo, tais como “parabéns, você acertou” ou “repita a questão”. Este procedimento reflete a crença de que pela manipulação de reforços e punições se chega à aprendizagem. Segundo os autores (OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA, 2001, p. 117):

Esse tipo de tratamento de respostas, aliás, em termos de Informática da Educação, coloca a relação homem-máquina num plano inaceitável, em que o aluno é levado a assumir um papel de estrita submissão ao computador, em oposição ao que é esperado em termos de contribuição que essa ferramenta pode efetivamente trazer para o processo de ensino e aprendizagem.

Ainda segundo estes autores, é fundamental que um ambiente construtivista de aprendizagem informatizado, não seja uma forma de otimizar a prática pedagógica,

mas sim um veículo de transformação. É de se esperar que este ambiente seja capaz de ampliar as interações entre o aluno e o conteúdo, com a devida mediação do professor.

FERREIRA et al (1998) aborda as possibilidades construtivistas em ambientes virtuais sob três aspectos principais: a interação do aluno com o objeto de estudo, a transformação do professor em “educador-educando” e o tratamento dado ao erro e à avaliação.

No que trata da interação entre o aprendiz e o objeto de estudo, FERREIRA et al coloca que ela deve ir muito além do apertar de teclas ou escolher opções de navegação. Deve, sim, integrar o objeto de estudo à realidade do sujeito, estimulando-o e desafiando-o. Este processo deve permitir que as novas situações possam ser adaptadas às estruturas cognitivas existentes, possibilitando o seu desenvolvimento. A interação deve abranger não apenas o universo aluno - computador, mas também o aluno - aluno e aluno – professor.

Quanto à transformação do professor em “educador-educando”, o autor coloca que se deve retirar o poder e a autoridade do professor, transformando-o num facilitador, que tem como objetivo liberar a curiosidade e abrir tudo ao questionamento e à exploração, ao invés de ser um simples repassador de conhecimentos. Poderíamos questionar a posição do autor quanto à “retirar o poder e a autoridade do professor”. Optamos, entretanto, por nos ater à idéia de entender o professor como um facilitador, que se preocupa em atizar a curiosidade dos alunos, ao invés de ser apenas um retransmissor de conhecimentos. Desta forma, ele se imporá pelo conhecimento e não precisará utilizar a autoridade que lhe é conferida pela posição que ocupa. Entendemos o texto como sendo uma indicação de que o professor deve se impor pelo conhecimento e não pela autoridade, o que não significa que ela não deva estar presente.

Em relação ao erro e a avaliação, sua posição é semelhante à já colocada pelos autores anteriormente citados. Para FERREIRA et al (1998), conforme Piaget, o erro deve ser entendido como uma importante fonte de aprendizagem, e a avaliação deve levar isto em conta.

Observa-se que a preocupação maior deste autor é com a posição adotada pelos professores, quando eles trabalham com ambientes construtivistas de aprendizagem. Para ele é fundamental que os professores sejam parte do processo de aprendizagem, dominando o “saber”, o “saber fazer” e o “saber fazer fazer”. Segundo FERREIRA et al (1998, p.5):

Resumindo, pode-se concluir que o quesito mais importante para a construção de um "ambiente construtivista" é que o professor realmente conscientize-se da importância do "educador-educando", e que todos os processos de aprendizagem passam necessariamente por uma interação muito forte entre o sujeito da aprendizagem e o objeto, aqui simbolizando como objeto o todo envolvido no processo, seja o professor, o computador, os colegas, o assunto. Somente a partir desta interação completa é que poderemos dizer que estamos "construindo" novos estágios de conhecimento, tanto no aprendiz como no feitiço.

GRAVINA e SANTAROSA (1998) tratam especificamente de aprendizagem da Matemática em ambientes informatizados, sob uma perspectiva construtivista.

Segundo estas autoras, a teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget auxilia a compreender que o pensamento matemático é, em essência, semelhante ao pensamento mais geral. Esta afirmação baseia-se no fato de que ambos requerem habilidades como intuição, senso comum, apreciação de regularidades, senso estético, representação, abstração e generalização, entre outros. A diferença entre eles está no universo de trabalho. Na Matemática os objetos são de caráter abstrato e os critérios para o estabelecimento de verdades são rigorosos.

Ainda no estágio inicial de desenvolvimento (período sensório-motor), nos processos de construção e coordenação de esquemas, evidencia-se o uso de regras que se assemelham às da lógica. As semelhanças entre associação *versus* a noção matemática de união, generalização *versus* inclusão e restrição *versus* interseção podem ser observadas. Percebe-se uma construção espontânea de estruturas lógico-matemáticas, que se aproximam daquelas utilizadas no desenvolvimento do conhecimento matemático. Pode-se induzir que é a gênese do pensamento matemático.

Da criança ao adulto os objetos mudam de natureza. De físicos passam a abstratos, mas permanecem com uma concretude, dada pela representação mental ou

simbólica a eles associada. É sobre estes objetos que são aplicadas as ações mentais. No processo de aprendizagem da Matemática, esta transição na natureza dos objetos é um ponto importante.

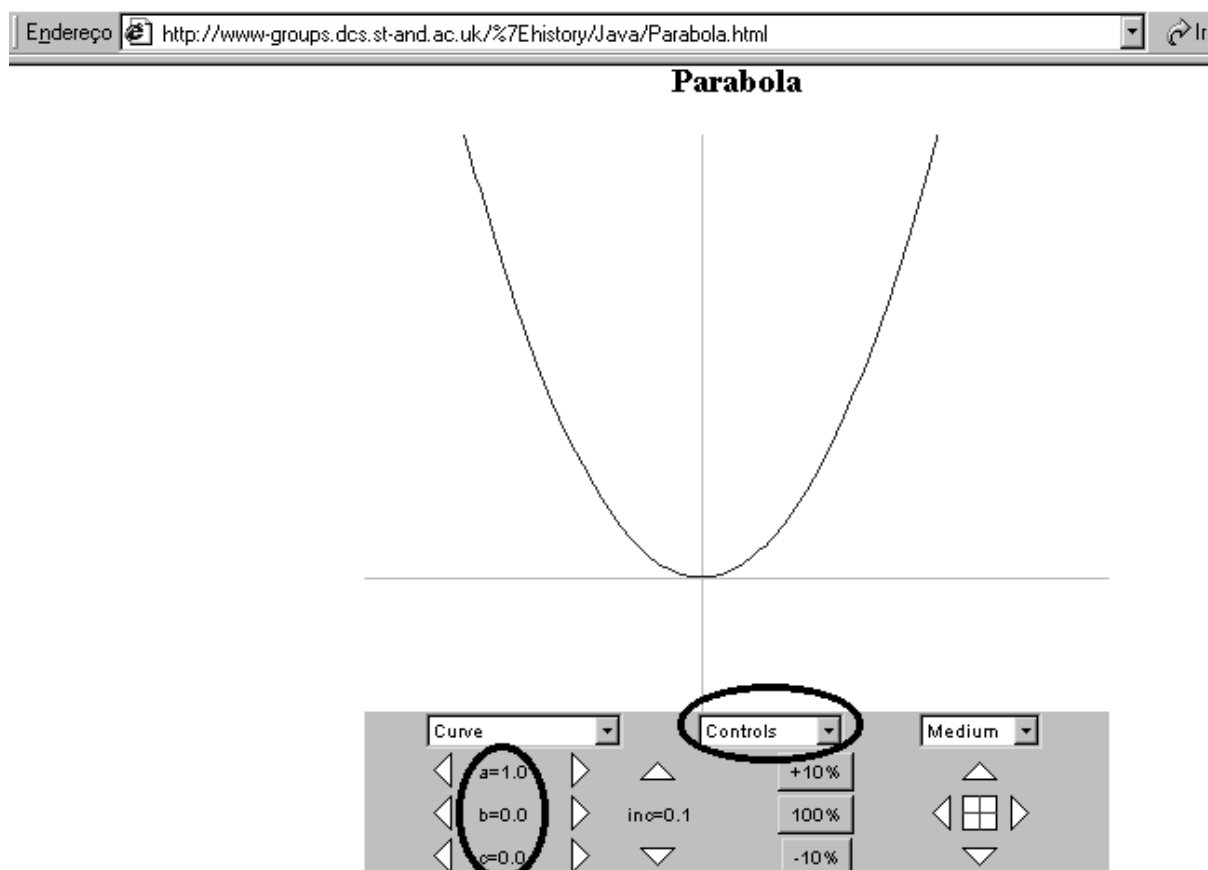
No início do aprendizado o mundo físico é repleto de objetos concretos, o que leva a um processo normalmente natural. Na construção de conceitos mais complexos e abstratos, entretanto, não há, comumente, suportes materializados. Nesta fase entra em cena a concretização mental, que nem sempre é natural e exige uma ação mental intensa.

É neste contexto que os computadores podem auxiliar os processos de ensino e aprendizagem da Matemática. Para estas autoras, os ambientes informatizados apresentam-se como ferramentas de grande potencial, frente aos obstáculos inerentes ao processo de aprendizagem. O computador permite que objetos abstratos, pois surgiram de construções mentais, possam ser manipulados, tornando-os concretos, pois existem na tela do computador. (GRAVINA e SANTAROSA, 1998, p. 2)

Já dispõe-se de programas com características que os tornam potentes ferramentas para o ensino e aprendizagem da Matemática dentro de uma perspectiva construtivista... São programas onde os alunos podem modelar, analisar simulações, fazer experimentos, conjecturar. Nestes ambientes os alunos expressam, confrontam e refinam suas idéias, e ‘programam’ o computador sem precisar usar recursos de linguagem de programação, diferentemente do que acontece com micro-mundos no ambiente Logo. Utilizam, pelo contrário, processos de representação muito próximos dos processos de representação com "lápiz e papel", não sendo-lhes exigido o conhecimento e domínio de uma nova sintaxe e morfologia, aspectos inerentes a uma linguagem de programação.

Um exemplo de *site* onde o aluno pode manipular o objeto de estudo, fazer simulações, experimentos e conjecturas, está ilustrado a seguir (fig. 8). Trata-se de um *site* onde está disponibilizada uma ferramenta que permite ao usuário observar o comportamento de uma parábola quando se alteram os seus coeficientes.

FIGURA 8:



Para GRAVINA e SANTAROSA, os ambientes informatizados podem ser utilizados, na aprendizagem da Matemática, de duas formas distintas, sendo ambas válidas: através de atividades de expressão ou de atividades de exploração. Nas atividades de expressão o aluno cria os seus modelos para expressar suas idéias. As concretizações mentais são exteriorizadas e os ambientes são veículos de materialização de idéias, pensamentos e ações do sujeito. Nas atividades de exploração, o aluno se depara com um modelo previamente preparado, que deve ser explorado, analisado e entendido. A compreensão do modelo e o entendimento dos princípios de construção envolvidos são estímulos ao raciocínio e favorecem a construção de relações e conceitos.

Ao analisar os autores citados, além de extensa bibliografia sobre o assunto, observamos a presença de algumas características comuns na caracterização de um

ambiente de aprendizagem construtivista. Podemos destacar, entre elas, a necessidade de que o ambiente contemple a interação, o tratamento dado ao erro, a necessidade de mediação do professor e o fato de ser um ambiente dinâmico.

Estas características apontam para a indicação de critérios a serem considerados oportunamente neste trabalho, para a análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática.

4.3 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE AMBIENTES CONSTRUTIVISTAS DE APRENDIZAGEM EXISTENTES NA LITERATURA CONSULTADA

Para se falar de critérios para análise de ambientes construtivistas de aprendizagem, faz-se necessário observar, a princípio, que a quase totalidade dos autores deixa clara a dificuldade em se elaborar critérios para avaliação de recursos tecnológicos. Esta dificuldade está intrinsecamente ligada à subjetividade de muitos destes critérios. Para garantir a adequabilidade de um recurso tecnológico em relação a seus usuários, uma avaliação restrita à objetividade do produto em si é insuficiente, já que não leva em conta a subjetividade do sujeito no processo de conhecimento (OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA, 2001; SANTOS, MELO e SEGRE, 2002).

É evidente a dificuldade de avaliar se o uso de um *site* educacional contribui positivamente para o processo educacional, sem que se defina o que é qualidade para este tipo de recurso. Normalmente, a seleção de *sites* se dá entre aqueles que estão disponíveis, são compatíveis com as equipes de trabalho e apresentam ligação com o que está sendo ensinado e não através da definição de critérios específicos para avaliar a qualidade.

È necessário observar que um *site* pode ser utilizado por diferentes atores e que o grau de satisfação certamente variará de acordo com as perspectivas individuais destes. Pode suceder, por exemplo, de um *site* atender às expectativas do professor, sendo, portanto adequado para ele, mas não atender aos alunos, sendo, sob esta perspectiva, deficiente.

Feitas estas observações, vê-se que muitos autores apresentam algumas listas de critérios que devem ser observados para que um ambiente de aprendizagem possa ser considerado construtivista. Encontramos critérios para avaliação de sistemas de aprendizagem com o auxílio de recursos ligados à informática em RAMOS (1991: 1996), REIS e PAULA (1999), GRAVINA e SANTAROSA (1998), OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001), SANTOS, MELO e SEGRE (2002), CUNHA, CAMPOS e SANTOS (1999), FLEMMING, LUZ e COELHO (2002) e outros.

Para RAMOS (1991), o processo de avaliação da utilização dos recursos computacionais na educação, sob o prisma do construtivismo, apresenta dificuldades inerentes ao próprio construtivismo. Na abordagem construtivista os objetivos a serem atingidos no processo educacional, não se expressam através da obtenção de comportamentos que devam ser mensuráveis. Logo, os recursos tecnológicos devem ser olhados de um patamar acima, procurando observar se eles apresentam as características globais que lhes permitam integrar a relação de ambientes construtivistas. RAMOS (1991, p. 5) elenca três categorias deste tipo de recursos:

- Ambientes de simulações: aqueles em que os recursos computacionais levam ao enriquecimento cognitivo da experiência ampliando o leque das informações assimiláveis.

Este enriquecimento pode se dar via a introdução de interfaces que permitam a captação e o tratamento simultâneo de uma grande massa de dados. Pode dar-se também via a facilidade na repetição do experimento um grande número de vezes o que permitiria a criação de uma sensibilidade mais aguçada a respeito do relacionamento das variáveis envolvidas na experiência. Mas principalmente, por permitir maior flexibilidade em alguns casos e noutros por permitir o controle a nível ideal, das variáveis de entrada do modelo, o computador pode possibilitar a realização da experiência sob condições dificilmente obtidas na realidade.

- Jogos educativos: trata-se de recursos que pretendem introduzir uma componente lúdica às simulações.

- Outros tipos de uso: aqueles que não sejam destinados à simulação ou que possam ser enquadrados na classificação de jogos.

Segundo a autora, o fundamental na avaliação de um ambiente construtivista de aprendizagem com recursos computacionais, deve caminhar no sentido de definir:

1. o potencial cognitivo da proposta
2. o nível de satisfação e de interesse demonstrado pelos alunos
3. o nível de sociabilização fomentado entre os alunos
4. o nível de interação permitido entre o ambiente e o aprendiz.

Entre as propostas desta autora, verifica-se a existência da análise do trabalho desenvolvido junto aos alunos, para que se possa avaliar o seu nível de satisfação, interesse e sociabilização. Desta forma, a avaliação de um *site* deveria se dar após a sua utilização. Na nossa proposta, procuraremos elencar critérios que permitam uma escolha antes de utilizar o *site* junto com os alunos. Desta forma, estes itens ficam prejudicados, ainda que possam agregar valor ao querermos analisar um *site* educacional.

REIS e PAULA (1999) concebem um ambiente de aprendizagem na Internet que deve apresentar três elementos básicos: uma comunidade participante, um contexto de investigação e um espaço cooperativo.

A comunidade participante é formada pelo aprendiz, em conjunto com o tutor/orientador e com o grupo ou grupos de trabalho, interessados nos recursos existentes. Relacionando a utilização destes meios, existem os índices de visitação, que retratam a exploração do ambiente pelo visitante, o  ndice de contribuição, que avalia o aspecto cooperativo da participação do visitante e o  ndice de desempenho, que é uma estatística baseada na atuação de um participante.

O contexto de investigação é composto por uma região, sem limites especificados e rígidos, que reúne os participantes e objetos de estudo representados pelos problemas encontrados a partir dos casos que precisam ser estudados. A interação no ambiente se d  através dos objetos, que são elementos encontrados nas vertentes do curso, semelhantes ao mundo real, ainda que com enfoques específicos voltados ao fornecimento de informações didáticas e   construção de aprendizagem.

O espaço cooperativo é a associação entre serviços disponíveis em uma ação do curso e os participantes, cuja finalidade é facilitar a comunicação entre os aprendizes e

o professor/tutor. Este espaço possui uma memória que possibilita aos participantes a manutenção dos dados de suas interações e o acesso às informações de cooperações anteriores. O espaço cooperativo atua sobre a interação entre os participantes, tornando-se um dos pontos de cooperação mais importantes do ambiente proposto.

Os autores apontam que este ambiente deverá:

1. contribuir para o enriquecimento do processo educativo, como gerador de interações e não só como indicador de caminhos.
2. privilegiar o debate.
3. sugerir inovações.
4. apresentar tecnologias que possam influir positivamente no processo educativo.
5. favorecer a tomada de novas abordagens pedagógicas.

Neste modelo, a interação desempenha papel central. O caráter cooperativo é obtido através da troca dos aprendizes entre si e com o orientador, possibilitando aos iniciantes a possibilidade de aprender com os mais experientes e estes, por sua vez, avançarem mais na construção dos seus conhecimentos. Segundo os autores (REIS e PAULA, 1999, p. 4):

Ressalte-se a adequação do modelo conceitual de aprendizagem baseada em casos, onde o aprendiz como centro do processo tem o poder de tomada de decisões, gerenciamento de sua própria aprendizagem e precisa para isso interagir com seus pares.

GRAVINA e SANTAROSA (1998) apresentam três características que devem estar presentes nos ambientes informatizados construtivistas. Para estas autoras, estes ambientes devem apresentar algumas características elementares:

1. devem ser meios dinâmicos.
2. devem ser meios interativos.
3. devem permitir a modelagem ou simulação.

Por meios dinâmicos, elas entendem aqueles que oferecem a possibilidade de que a representação de um objeto matemático passe a apresentar caráter dinâmico. Este dinamismo, obtido pela manipulação direta sobre as representações que se

apresentam na tela do computador, tem, segundo estas autoras, reflexo nos processos cognitivos, especialmente nas concretizações mentais.

Esta característica permite transformar os sistemas de representação do conhecimento matemático, que tem, tradicionalmente, caráter estático. Este caráter trata o significante como um conjunto de símbolos, palavras ou desenhos a serem memorizados, o que dificulta a construção do significado. Através da manipulação de objetos representados na tela do computador, o significante passa a ter representação mutável, diferente da representação estática dos meios físicos conhecidos, tais como o lápis e papel ou o giz e o quadro negro. A manipulação deste significante auxilia a construção dos seus significados.

Os meios interativos são aqueles que oferecem suporte as concretizações e ações mentais do aluno, pela representação dos objetos matemáticos na tela do computador e na possibilidade de manipular estes objetos através desta representação. Um meio interativo não pode frustrar o aluno, nas suas atividades exploratórias, que estejam associadas a atividades mentais.

Para estas autoras, um bom exemplo de meio interativo é aquele que possibilita, entre outras ferramentas, uma que permita a captura de procedimentos realizados. Este recurso possibilitaria gravar, automaticamente, os procedimentos ou passos, adotados pelos alunos no decorrer das suas explorações. Estes arquivos podem servir como importante ferramenta de interação entre o professor e o aluno e dos alunos entre si. Nas palavras destas autoras (GRAVINA e SANTAROSA, 1998, p. 11):

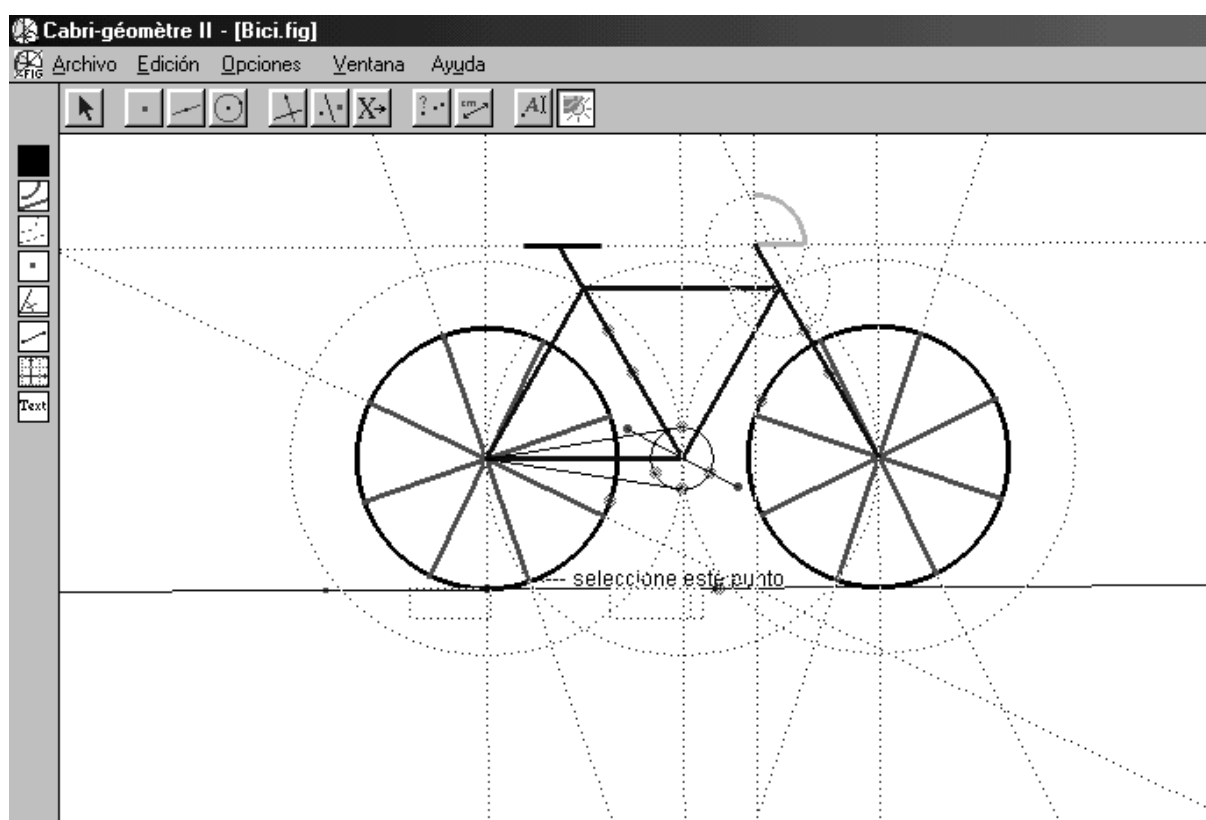
Vê-se assim o ambiente favorecendo a construção de conjeturas, o que exige raciocínios mediados pelo constante processo de ‘assimilação versus acomodação’. É claro que a construção do conhecimento vai além e não se realiza enquanto a argumentação matemática explícita não torna evidente o ‘por que desta propriedade’.

Por meios que permitam a modelagem ou simulação, entendem, as autoras, aqueles que permitem aos alunos explorarem fenômenos de natureza matemática complexa, como as simulações de crescimento populacional ou de outros sistemas dinâmicos. Mesmo que os alunos não possuam grande formação matemática, estas

atividades exploratórias servem como “germes” de idéias matemáticas. A modelagem ou simulação com o uso do computador possibilita também, tratar a Matemática como ferramenta para resolução de problemas em outras áreas de conhecimento.

Estas autoras apresentam o software Cabri-géomètre (fig. 9) como exemplo de ambiente que apresenta estas características.

FIGURA 9:



OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001) também estabelecem critérios para avaliação de recursos tecnológicos (*softwares* educativos) desenvolvidos em ambientes construtivistas. Estes autores agrupam os critérios em quatro grandes grupos, interligados entre si: fundamentação pedagógica, conteúdo, interação aluno – *software* – professor e programação. Cada um destes grupos compreende vários itens, totalizando cinquenta e dois critérios de análise.

Como a proposta dos autores trata de *softwares* educativos e o objetivo deste estudo é tratar de *sites* de Internet entendemos que há semelhanças que podem, e devem, ser aproveitadas. Não obstante, há algumas diferenças importantes entre as duas tecnologias, tais como a necessidade de instalação dos *softwares*, o que não acontece com os *sites*, que devem ser observadas. Relacionaremos, então, os critérios de análise propostos pelos autores, que são adaptáveis à tecnologia em questão e que se relacionam a ambientes construtivistas de aprendizagem.

No grupo da fundamentação pedagógica, que é relativo à base pedagógica que permeia o desenvolvimento das atividades, os autores elencam os seguintes critérios:

1. Deve haver uma explicitação dos fundamentos pedagógicos que embasam o *site* educacional.
2. Deve haver uma consistência pedagógica, evidenciada por pistas que favoreçam uma coerência entre a teoria pedagógica escolhida e a prática pedagógica viabilizada.

No grupo que trata do conteúdo, relativo aos níveis de exigência para o trabalho com a área de conhecimento selecionada são relacionados os seguintes critérios:

3. Adequação ao conteúdo trabalhado.
4. Excelência do *site* como ferramenta didática, sem substituto à altura, para o conteúdo abordado.
5. Ausência de erros conceituais.
6. Correção da organização lógica do conteúdo.
7. Correção da representação do conteúdo.
8. Correção das simplificações do conteúdo.
9. Atualidade do conteúdo.
10. Atualidade da metodologia.
11. Adequação do conteúdo ao público alvo.
12. Adequação do conteúdo ao currículo escolar.
13. Apresentação de diferentes alternativas de abordagem.
14. Possibilidade de aprofundamento.
15. Indicação de pré-requisitos necessários.

16. Retrabalho com conhecimentos prévios

No grupo que trata da Interação entre aluno – *site* (*software*) – professor, são colocados os seguintes critérios de análise:

17. O vocabulário e as estruturas de frases são adequados ao público-alvo.
18. Há universalidade da linguagem, possibilitando a sua utilização por um universo maior de usuários.
19. Há organização em módulos, permitindo a navegação não linear.
20. Há uma memória interna, que permite ao usuário manter registro do ponto onde estava num momento de interrupção, garantindo-lhe a continuidade em outro momento.
21. Há a possibilidade de integrar o *site* com outros recursos tecnológicos, a fim de ampliar o potencial de utilização.
22. Há atratividade.
23. Há desafios pedagógicos capazes de provocar desequilíbrios cognitivos no usuário.
24. Há estímulo à participação do usuário no prosseguimento das atividades.
25. A carga cognitiva de cada tela permite ao usuário uma aprendizagem sem sobrecarga.
26. Há o favorecimento de uma interação imediata do usuário com o *site*.
27. Há compatibilidade das atividades com o nível de conhecimento esperado do usuário.
28. A presença de erros e acertos nas respostas dos alunos leva a novas informações, a fim de favorecer a compreensão do assunto.
29. Há a presença de hipertexto em quantidade e qualidade adequadas.
30. Há a adequação de recursos de imagem e animação às atividades pedagógicas em quantidade e qualidade adequadas.
31. Há adequação dos recursos de efeitos sonoros em quantidade e qualidade adequadas.
32. Há a possibilidade de interação intragrupo.
33. Há a possibilidade de interação intergrupos.

- 34. Há a possibilidade de interação transgrupos.
- 35. Há orientação didático-pedagógica para o professor.
- 36. Há inclusão de múltiplos recursos, que favoreça, a atuação do professor.

No grupo de programação, que trata da implementação satisfatória do que foi especificado e projetado, são abordados critérios de fidedignidade, legibilidade e documentação, que serão tratados no próximo capítulo, que aborda ergonomia de *software*.

Observa-se que há outros aspectos selecionados e não presentes nesta lista, que não tratam da prática pedagógica em si, mas de conceitos de navegabilidade, estética, atratividade e outros, que serão tratados por nós como recursos ergonômicos, merecendo um capítulo à parte neste trabalho. Por outro lado, há vários itens que poderiam, a nosso entendimento, estar unidos num único, tais como a possibilidade de interação de grupos. Segundo a nossa perspectiva, o professor, que é, em última análise, a quem se destina este trabalho, precisa de ferramentas que lhe permitam praticar, com rapidez e segurança, a análise e seleção de *sites* da Internet. A diminuição da quantidade de critérios, através do agrupamento daqueles que sejam semelhantes, pode auxiliar este processo.

Para que atinjamos estes objetivos, entendemos que a quantidade de itens observados não pode se apresentar em número elevado. Assim, procuraremos, ao final deste capítulo, propor alguns poucos critérios de análise que englobem, de forma geral, os critérios apontados pelos autores citados. Isto não significa, sob nosso ponto de vista, que, especialmente para efeitos acadêmicos, os critérios levantados por OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001) devam ser desconsiderados. Muito pelo contrário. Trata-se de uma excelente ferramenta de análise e seleção, que peca apenas pela abrangência e quantidade de itens que precisam ser observados. Este modelo não pratica uma característica essencial, sob a perspectiva dos professores, que é a de possuir praticidade.

Outros autores, em contrapartida, trabalham com grupos por demais reduzidos de itens, o que também pode acarretar em prejuízo de análise, agora por falta, em contrapartida àqueles que pecam por excesso.

SANTOS, MELO e SEGRE (2002) exemplificam este modelo de análise. Inicialmente, os autores revelam que as mudanças tecnológicas na área da informática e tecnologias associadas não alteraram, ainda, o perfil conservador dos ambientes de construção, aplicação e administração de atividades educacionais à distância. Estes ambientes, segundo os autores, potencializam os recursos técnicos da Internet, mas mantêm uma concepção pedagógica inadequada às demandas educacionais e econômicas atuais.

Estes autores propõem as seguintes diretrizes para análise e seleção de sistemas voltados para educação à distância apoiados na Internet:

1. Características Gerais do Ambiente: visa analisar funcionalidades do ambiente como um todo¹⁸.
2. Apoio ao Professor: tem como meta analisar o suporte que o ambiente fornece para o planejamento didático das atividades educacionais e das aulas, sua confecção, atualização e monitoramento.
3. Apoio ao Aluno: são analisados os recursos que o sistema dispõe para tornar a interação do aluno com o ambiente rica e estimulante.

Observa-se nestes autores uma seleção de critérios tão abrangentes que dificulta aos professores a certeza de que uma análise embasada apenas nela pode levar a escolhas adequadas.

CUNHA, CAMPOS e SANTOS (1999) apresentam quatro padrões que descrevem as diretrizes para o planejamento e o desenvolvimento de sistemas para a educação à distância. Estes padrões devem ser utilizados ao se desenvolver ambientes projetados para sistemas que necessitem identificar as ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas que devam constar do mesmo, para sistemas participativos de cursos à distância, para planejar a participação dos alunos nos cursos e para melhorar a livre navegação na *Web*. Os padrões tratam de

1. Ferramentas de Comunicação.
2. Ambiente Educacional Participativo

¹⁸ Estas características são analisadas em mais detalhes no estudo sobre ergonomia da ambientes informatizados. Ver capítulo 5.

3. Participação dos Alunos

4. *Sites* Relacionados

Segundo os autores, no que tange à dispositivos de comunicação, um *site* deve disponibilizar ferramentas síncronas e assíncronas, de forma que barreiras geográficas e temporais sejam rompidas e a aprendizagem cooperativa incentivada. Dentre as ferramentas síncronas mais indicadas estão o *chat* e a vídeo-conferência. Já entre as assíncronas merecem destaque, para os autores, o *e-mail*, os fóruns e listas de discussão e os quadros de aviso.

Para criar um ambiente educacional participativo, deve-se permitir a definição de metas e contextos, para incentivar a construção do conhecimento e a participação do aluno no processo, bem como considerar a não linearidade, a escolha de caminhos navegacionais por parte do aluno e a liberdade na busca da informação. Deve-se também propor problemas realistas, interessantes e relevantes para os alunos onde seja possível testar diversas soluções, além de estimular a colaboração, o diálogo e a negociação no trabalho em grupo, como forma de estimular múltiplas abordagens.

No que diz respeito ao padrão de participação dos alunos, o *site* deve incentivar esta participação, disponibilizando facilidades que permitam questionar e sugerir atividades para relacionar o processo educacional, com suas áreas de interesse. Deve-se permitir, ao aluno, também publicar as informações geradas por ele, além de prover dispositivos que possibilitem o seu atendimento individualizado.

Neste particular, relativo à publicação de páginas e atividades de alunos na Internet, SANTANCHÈ e TEIXEIRA (2000, p. 2) emitem opinião idêntica. Para estes autores:

Produzir páginas e publicá-las na Internet, tem se mostrado uma atividade pedagógica de grande riqueza. O processo de produção das páginas desenvolve a capacidade de reunir, sintetizar e organizar informações, que serão dispostas na mesma, bem como habilidades artísticas para a apresentação estética destas informações em conjunto com cores, imagens e outras mídias disponíveis.

No tocante a um padrão para *sites* relacionados, CUNHA, CAMPOS e SANTOS (1999), indicam que os *sites* de educação devem, necessariamente, incentivar a livre navegação na Internet para a busca de informações.

FLEMMING, LUZ e COELHO (2002) descrevem alguns referenciais teóricos adotados quando da elaboração de material didático, para a educação à distância no contexto da Educação Matemática. São eles:

1. O uso de linguagens especiais.
2. O uso da semiótica.
3. O uso do contexto histórico.
4. O uso de jogos e recreações.

No uso de linguagens especiais, os autores colocam que, no contexto didático, ao se utilizar uma linguagem específica, como é o caso da linguagem matemática, deve-se buscar a universalidade - todos devem compreender da mesma maneira o conteúdo semântico dos termos utilizados, a verificabilidade – o que se afirma deve ser demonstrado, a clareza – deve-se ser exato e objetivo e a precisão – se referir às coisas com exatidão.

O uso da semiótica¹⁹, segundo os autores, justifica-se devido às discussões, em educação, sobre a construção do conhecimento. Neste aspecto, o termo representação tem significados muito importantes. Ao trabalhar um conhecimento científico identificam-se três tipos de representações: as mentais, as internas ou computacionais e as semióticas. Estas últimas estão identificadas com a representação de um objeto de estudo com diferentes linguagens.

Para estes autores a proposta didática de um *site* que trate da matemática não pode deixar de lado o uso do contexto histórico, que pode servir como ponto de partida e fonte de inspiração para reflexões, tanto do professor como do usuário. O entendimento da evolução do conhecimento matemático, permite aos educadores produzir estratégias para facilitar a construção do conhecimento dos alunos. Um exemplo de contexto histórico é encontrado ao final deste texto, como Apêndice.

¹⁹ Ciência que estuda os signos e sistemas de significação.

Trata-se de um histórico do desenvolvimento dos computadores e da informática, enfocando a participação e contribuição de matemáticos nestes processos.

O uso de jogos e recreações deve estar incluído entre as estratégias de desenvolvimento de materiais didáticos, pelas suas qualidades intrínsecas de desafio à ação voluntária e consciente. Segundo os autores a sua utilização propicia a utilização de diversas linguagens, de diversas representações semióticas e oferece subsídios motivacionais, além de incentivar a criatividade.

Outros autores também tratam de estabelecer critérios para análise e seleção de recursos informatizados com abordagem construtivista. As abordagens, entretanto, estão, a nosso modo de entender, em consonância com o que foi exposto até aqui.

Optamos, portanto, em estabelecer um paralelo entre os autores analisados, objetivando, assim, determinar quais os critérios de desenvolvimento devem estar presentes num *site* educacional de matemática que esteja inserido numa proposta construtivista.

Estes critérios serão considerados como os primeiros a estarem presentes numa listagem final (*checklist*) para que possamos selecionar *sites* de Internet que se adequem a atividades educacionais que adotem esta linha de atuação pedagógica.

4.4 ANÁLISE DOS AUTORES CITADOS

Observa-se que entre os autores analisados, muitas das propostas são comuns e semelhantes. Isto se deve ao fato de estarem embasadas numa mesma teoria cognitiva. Os aspectos não coincidentes surgem de análises particulares de cada autor ou até mesmo devido ao grau de profundidade, com que cada um deles aborda a questão da delimitação de critérios, para que um ambiente informatizado seja ou não considerado construtivista.

Observando os paralelos entre estes autores, elaboramos a análise a seguir. Nela estão citados itens colocados pelos autores para que um ambiente informatizado possa ser considerado adequado à proposta pedagógica construtivista.

Selecionamos quatro critérios, presentes na maioria dos autores analisados, e que estão separados em dois grupos: aqueles inerentes a qualquer ambiente construtivista de aprendizagem e aqueles exclusivos da Internet, a fim de que ela seja entendida como numa nova ferramenta educacional, do ponto de vista construtivista.

No grupo que engloba características relativas a ambientes construtivistas de aprendizagem, temos o primeiro critério, que trata da interação do usuário com o objeto de estudo, com outros usuários e, no caso de recursos computacionais, com o próprio computador e o segundo critério que aborda o tratamento dado ao erro, que entendemos ser de fundamental importância numa abordagem construtivista. Para RAMOS (1991, p. 4):

Sob este ponto de vista fica claro que as metodologias de avaliação de software devem avançar na direção de levar em consideração o paradigma educacional subjacente ao software a ser avaliado, sob pena de barrar a produção e utilização de muitos aplicativos que não atendam os requisitos de uma visão pedagógica, imbricada na metodologia adotada.

Dentro deste grupo, temos o aspecto que trata da necessidade de que o ambiente deva ser um meio que propicia a interação. A interação é hipótese básica e fundamental conforme a epistemologia genética de Piaget. Logo, além de estar claramente presente nas propostas de todos os autores, é condição *sine qua non*, para que um ambiente de trabalho seja considerado construtivista. Com os ambientes informatizados, especificamente *sites* de Internet, não é diferente.

Vale a ressalva de que esta interação deve acontecer entre o aluno e o professor, dos alunos entre si e entre aluno e computador. Ela se dá quando o usuário tem participação ativa no processo educacional. Sendo assim, deve-se possibilitar que os usuários desenvolvam atividades exploratórias relativas ao conteúdo apresentado, bem como oferecer-lhe suporte para que suas ações mentais, sejam concretizadas através de manipulações das representações dos objetos matemáticos, na tela do computador (GRAVINA e SANTAROSA, 1998; REIS e PAULA, 1999).

Outras ferramentas essenciais no *site* são as que possibilitem a comunicação entre os usuários. Esta comunicação pode acontecer através de listas de discussão,

disponibilização dentro do *site*, de murais de avisos ou recados e a troca de *e-mails* entre os envolvidos num determinado estudo ou interessados em determinado conteúdo, entre outras possibilidades (CUNHA, CAMPOS e SANTOS. 1999). Um exemplo de comunicação num *site* pode ser encontrado nas salas de *chat*, ilustradas a seguir (fig. 10).

FIGURA 10:



O segundo critério que consideraremos, neste primeiro grupo, será o que se dedica ao tratamento dado aos erros cometidos pelos usuários.

Vale ressaltar que estamos tratando de erros no aspecto cognitivo durante a construção de conhecimentos e não de erros do sistema informatizado ou outros erros de características técnicas, tais como; erro de acesso, travamento do sistema e outros similares.

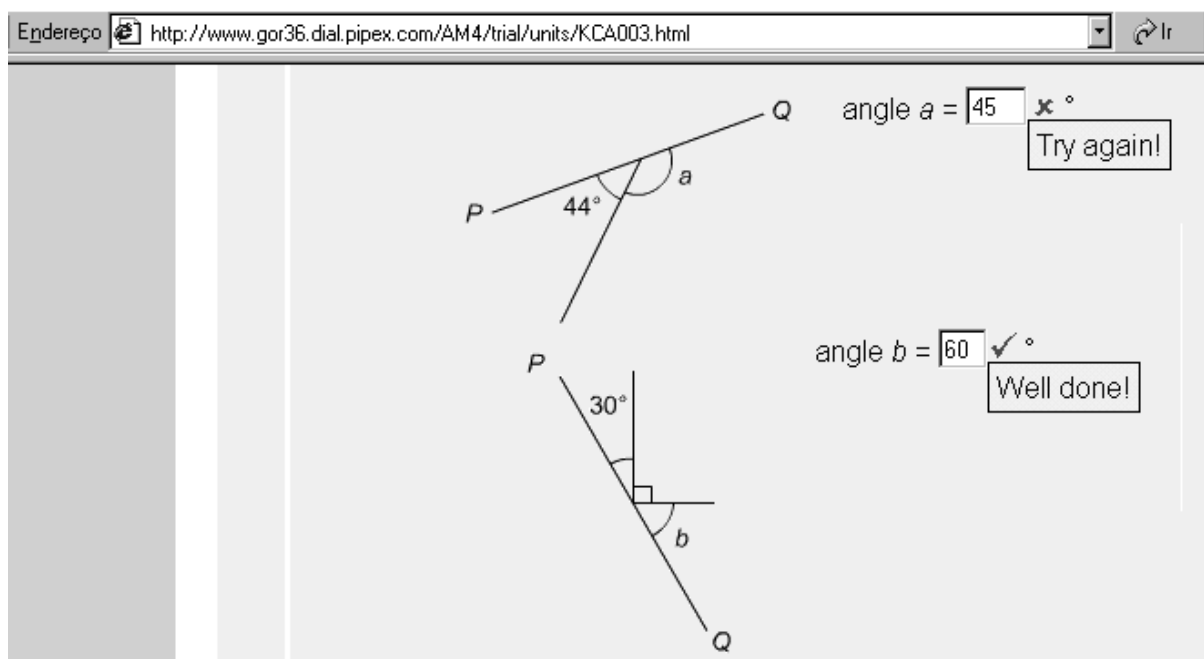
Nossa preocupação é com o retorno dado as respostas equivocadas, dadas pelo usuário às questões essenciais no seu processo de construção do conhecimento. Numa

abordagem construtivista o erro é uma fonte de aprendizagem importante. O aluno deve sempre questionar-se sobre as conseqüências de suas atitudes e a partir dos seus erros ou acertos, ir construindo seus conceitos. Nesta abordagem, ao invés de servir apenas para verificar o quanto do que foi repassado para o aluno foi realmente assimilado, uma avaliação, mesmo que constituída de um único questionamento, deve conduzir a novas abordagens e reflexões.

Deste modo, um *site* que esteja inserido dentro de uma prática pedagógica construtivista, deve possibilitar que o usuário, caso incorra em erro, reveja os conteúdos abordados sob um novo enfoque, reavalie sua resposta, encare a questão sob novos aspectos. Deve-se evitar ou até mesmo impedir que o *site* corrija uma resposta errada, imediatamente. O erro deve ser entendido como uma possibilidade de novas abordagens e uma necessidade de retomada de conceitos, que ainda não estão bem assimilados pelo usuário (FERREIRA et al, 1998).

As atividades propostas devem evitar apresentar situações de acerto e erro, onde o usuário receba, de forma estanque, mensagens da forma “Parabéns, você acertou” ou “Você errou! O correto seria ...” (fig. 11). A troca com o usuário deve se dar de forma mais ampla, permitindo a sua reelaboração e construção efetiva do conhecimento. As atividades e materiais disponibilizados devem levar o aluno a refletir sobre seus erros, proporcionando a reflexão, apresentando possibilidades de argumentação com a utilização de exemplos e contra-exemplos, ao invés de apenas fornecer respostas prontas e correções imediatas (OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA, 2001).

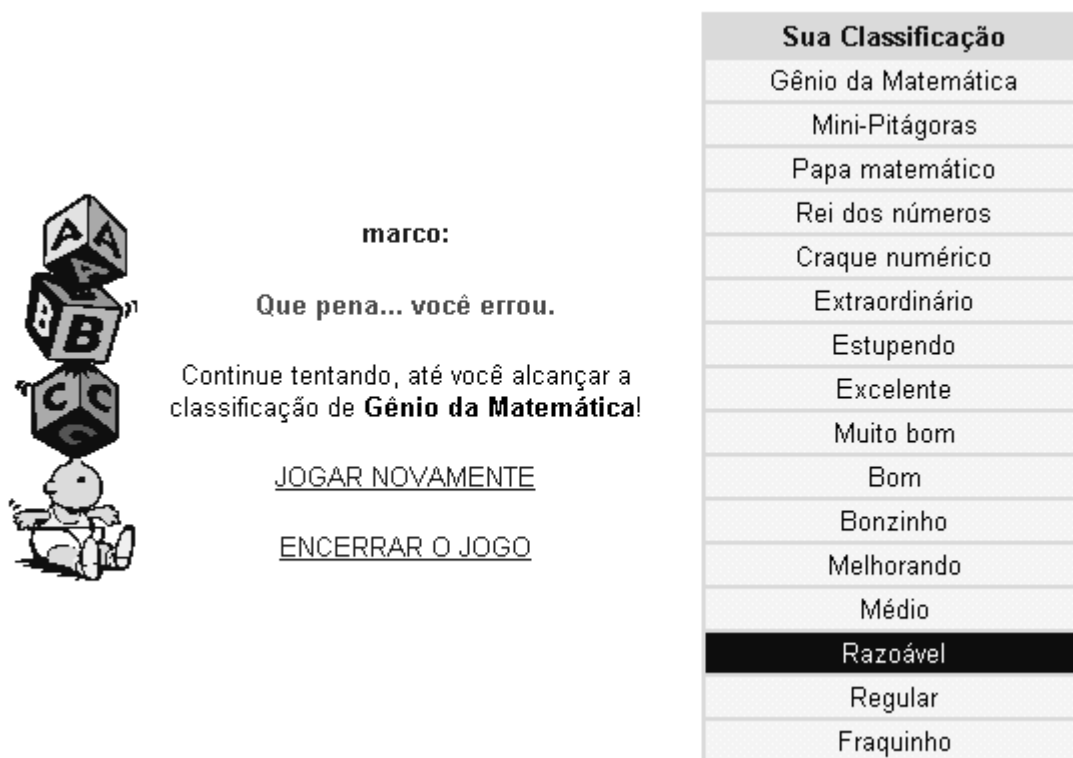
FIGURA 11:



O critério de análise do tratamento dado ao erro além de ser um aspecto importante da teoria piagetiana, está presente diretamente nos trabalhos de GRAVINA e SANTAROSA (1998) e OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001).

Nos demais autores, observamos a sua colocação de forma implícita. Isto pode ser observado em RAMOS (1996), ao citar como critério o potencial cognitivo da proposta. REIS e PAULA (1999) destacam a importância de sugerir inovações e favorecer a tomada de novas abordagens pedagógicas. Estes aspectos estão totalmente imersos no tratamento dado ao erro. CUNHA, CAMPOS e SANTOS (1999) evidenciam, como item de análise, a necessidade de que a participação do aluno seja efetiva, através de questionamentos e resolução de problemas onde se possam testar diversas soluções. Entendemos que o tratamento dado ao erro está presente, mesmo que não explícito, também nestes autores. A imagem a seguir (fig. 12) ilustra outro *site* que disponibiliza atividades sem preocupações em tratar o erro segundo uma abordagem construtivista.

FIGURA 12:



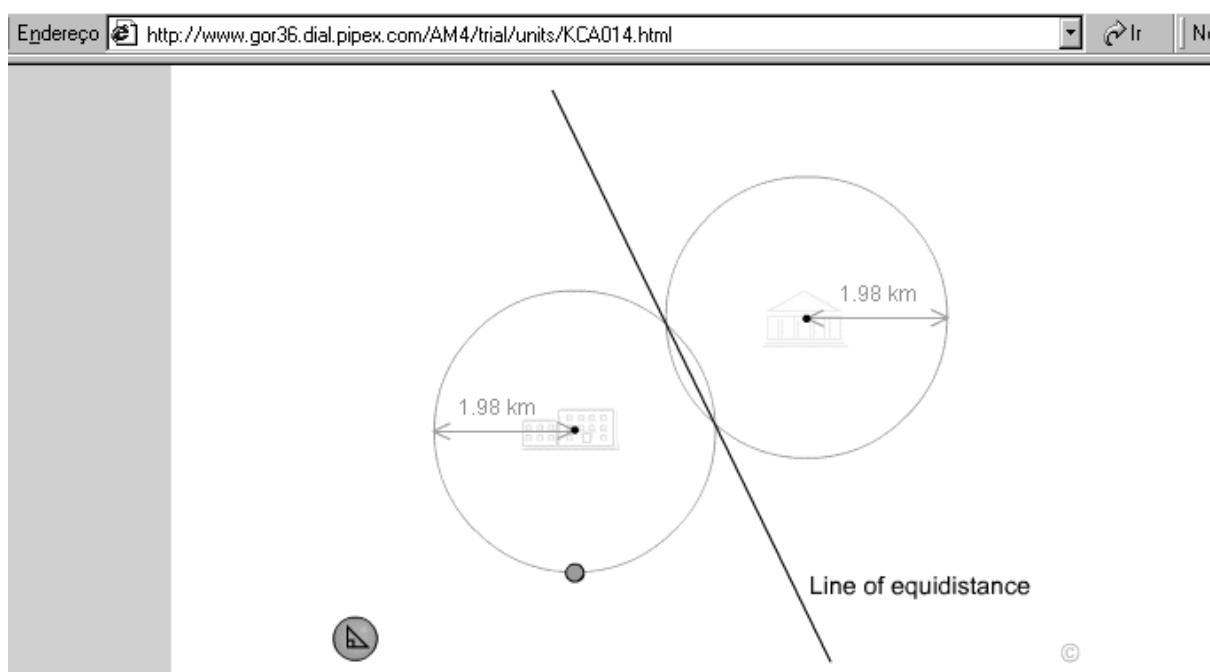
No segundo grupo, que trata de características relativas ao uso da Internet como ferramenta educacional, está inserido o critério de análise do dinamismo do *site* e o critério relativo à utilização de tecnologias que possibilitem modelagens, simulações e inovações. Estas tecnologias são importantes diferencias que a Internet pode agregar aos processos educacionais, numa plataforma construtivista de aprendizagem. Segundo GAVIS (In RAMOS, 1991, p. 4):

... o computador deve ser usado no processo ensino-aprendizagem, antes de qualquer outra coisa, como um meio para implementar o que com outros meios não seria possível ou seria difícil obter. Diferentemente do que alguns educadores temem, não se trata de implementar com o computador a ação de outros meios educativos cuja qualidade está bem demonstrada. Este raciocínio não é estranho, se considera que o computador é um bem escasso e também custoso, cujo uso deve oferecer o máximo de benefícios, neste caso educativo... .

Neste grupo, que engloba os critérios relativos à Internet, iniciamos destacando o que trata da necessidade de que o ambiente seja dinâmico. Este dinamismo se consegue através da manipulação direta dos objetos no *site*. A manipulação torna objetos abstratos em concretos, favorecendo assim os processos de construção do conhecimento. Desta forma devemos privilegiar *sites* onde os objetos não estejam apresentados de forma estática, mas onde o dinamismo esteja presente, levando à facilitação da construção dos seus significados pelos usuários.

A imagem a seguir (fig. 13) ilustra um exemplo de *site* que apresenta atividades que estimulam a participação do usuário. Neste exemplo específico, o aluno define qual o perímetro circular de cada elemento e o *site* traça a linha eqüidistante entre eles.

FIGURA 13:



Este item está muito presente nos trabalhos de GRAVINA e SANTAROSA (1998), OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001), RAMOS (1991; 1996) e REIS e PAULA (1999). Consideramos, então, que sua inclusão numa listagem final está bem fundamentada e apoiada nos trabalhos consistentes destes autores.

O último tópico a ser analisado dentro desta proposta, diz respeito a disponibilização de ferramentas e tecnologias que possibilitem modelagens, simulações e inovações.

Este critério de análise está presente em todos os autores analisados. Trata-se de um item que ilustra a importância da Internet como ferramenta educacional inovadora. Pois apresenta diferenciais que não encontramos nos materiais pedagógicos tradicionais, tais como livros e apostilas. O uso de novas ferramentas se justifica essencialmente pelo que de novo elas podem agregar ao processo educacional e que resulta em ganhos efetivos aos atores envolvidos. Entendemos que estes dois aspectos são exemplificadores e geradores em potencial de ganhos pedagógicos.


Nesta abordagem, é necessário que um *site* disponibilize aos seus usuários, ferramentas que possibilitem a realização de experimentos que envolvam conceitos avançados, de tal forma que os usuários possam explorar qualitativamente as relações matemáticas que se evidenciam nas representações visuais disponíveis.

No caso específico da modelagem, devem ser disponibilizados recursos que permitam aos usuários construir modelos que possibilitem a explicitação, manipulação e compreensão das relações entre as variáveis que controlam o fenômeno estudado. Nestes processos, os aspectos de *feedback* visuais, oferecidos pelo computador são recursos importantes para o ajuste de idéias, que levarão à equilíbrio e construção de conceitos (GRAVINA e SANTAROSA, 1998).

Para OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001), a excelência de uma ferramenta didática que se utilize do computador, está no fato de não haver outro tipo de ferramenta, que a substitua com vantagens no trabalho com seu conteúdo didático.

Um exemplo de *site* que disponibiliza ferramentas para simulações, modelagens e inovações está ilustrado a seguir (fig. 14).

FIGURA 14:

SUPER MATEMÁTICA Exatidão no saber		 LIVRARIA DO CHAIN (041) 264-3484		ntão re esse!		
HOME	LIVRO	Matemática na Escola	Projetos	Estudo	Download	Links
DOWNLOAD Matemática Provas de Vestibular Diversão Aplicativos		Pteacher (57 Kb)	Trabalha com polinômios. O usuário digita um polinômio e o programa realiza operações sobre o polinômio (fatoração, simplificação,...). Arquivo .exe. Freeware.			
		Raízes (105 Kb)	Calcula as raízes de um polinômio de segundo grau. Simples e fácil de usar. Arquivo .exe. Freeware.			
		Tetraedro regular (11 Kb)	A planificação do tetraedro regular, para recortar e montar. Arquivo bmp.			
		Triâng. (47 Kb)	Este programa resolve problemas de triângulos cujo é necessário o emprego da lei dos senos ou da lei dos cossenos. Um típico problema é o que você tem três elementos de um triângulo e precisa encontrar os outros três elementos desconhecidos. Este programa desenha o referido triângulo calculando todos os seus elementos (lados e ângulos internos),e ainda informando perímetro e área. Arquivo .exe.			
		Un (67 Kb)	Permite visualizar uma sucessão bem como o cálculo dos seus termos, a partir do termo geral. Arquivo .exe. Freeware.			
		Venn (170 Kb)	Venn é um programa para a visualização pelo diagrama de Venn de conjuntos e de operações com conjuntos (União, Intersecção, diferença, complementar relativo e em relação ao universo), ainda existem dois jogos para testar os conhecimentos sobre conjuntos. Arquivo .exe. Freeware.			

4.5 CRITÉRIOS SELECIONADOS

Temos, então, listados quatro itens para análise de *sites* educacionais sob o paradigma da teoria construtivista. Eles farão parte de uma lista maior, que será complementada com critérios para a análise de *sites*, sob o paradigma da ergonomia.

No paradigma construtivista, os critérios selecionados, com base na pesquisa bibliográfica realizada, foram reunidos em dois grupos, de seguinte forma:

- ◆ Critérios inerentes a ambientes construtivistas de aprendizagem.
 - ⊕ O *site* deve disponibilizar ferramentas que possibilitem a interação do aluno com o professor, dos alunos entre si e do aluno com o computador.
 - ⊕ O *site* deve tratar o erro como uma possibilidade de novas abordagens da questão, sob outros prismas e com novas formas de tratamento.

◆ Critérios em que Internet é entendida como uma nova ferramenta educacional, do ponto de vista construtivista.

⊕ O *site* deve ser um ambiente dinâmico, permitindo a manipulação dos objetos, modificando sua condição de abstratos em concretos.

⊕ O *site* deve disponibilizar ferramentas e tecnologias que possibilitem modelagens, simulações e inovações.

Estes quatro critérios farão parte de uma listagem final, que comporá um *checklist* para análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática. Ressalve-se que, conforme já colocamos anteriormente, estes critérios por si só não indicam que o *site* seja construtivista. Por outro lado, a sua ausência caracteriza que o *site*, dificilmente se enquadra nesta categoria.

Desta forma, caso os critérios sejam verificados, podemos afirmar que o *site* tem uma forte tendência a ser um ambiente de aprendizagem construtivista. A confirmação desta tendência pode se dar através da utilização de listas de critérios mais extensas e detalhadas, tais como a proposta por OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001). Se, por outro lado, estes critérios não estiverem presentes, podemos afirmar que o *site* dificilmente se enquadrará na categoria de ambiente construtivista, uma vez que não atende a preceitos elementares desta categoria.

Como indicado desde o início deste trabalho, nos apoiamos na delimitação de critérios embasados nas teorias construtivista e ergonômica. Neste capítulo foi abordada a parte relativa ao construtivismo. No capítulo seguinte nosso objetivo será estudar os aspectos relativos à teoria ergonômica.

5. CRITÉRIOS PARA ANÁLISE E SELEÇÃO DE *SITES* EDUCACIONAIS SOB O PARADIGMA ERGONÔMICO

5.1 ERGONOMIA DE *SITE*

Pode-se entender ergonomia como sendo o estudo científico das relações entre homem e máquina, visando a uma segurança e eficiência ideais, no modo como um e outra interagem (HOUAISS, 2001). Etimologicamente, o termo significa o estudo das leis do trabalho. Trata-se de uma ciência interdisciplinar baseada nas teorias e princípios da Antropometria, Fisiologia, Psicologia e Engenharia, entre outras, cujo principal objetivo é a adaptação das condições de trabalho às características físicas e psicológicas do homem (GAMEZ, 1998).

Para CYBIS et al (1999) a ergonomia trata dos conhecimentos científicos do homem e de sua aplicação na concepção e construção de máquinas e ferramentas que garantam a facilitação de um desempenho global em determinado sistema. Ou seja, das condições que afetam diretamente uma situação de trabalho em seus aspectos técnicos, econômicos e sociais.

Segundo LIDA (In SOUZA, 1998) a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Nesta concepção, o trabalho tem uma abrangência ampla. Sendo relativo não apenas ao uso de máquinas e equipamentos utilizados para transformar materiais, mas também, a todas as situações em que ocorre o relacionamento entre o homem e o seu trabalho. Nesta abordagem, a ergonomia, parte do conhecimento humano para desenvolver o projeto do trabalho, ajustando-o às capacidades e limitações do homem.

Para WISNER (1987) a ergonomia é o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia.

Na categoria dos dispositivos, citados por WISNER (1987), podemos incluir os sistemas computacionais, ambientes de trabalho e a organização do trabalho (SOUZA,

1998, GAMEZ, 1998). Os *sites* de Internet se encaixam na categoria de sistemas computacionais, juntamente com os *softwares* educacionais e os *softwares* de autoria, entre outros.

A Internet está se tornando um dos principais meios de comunicação e de divulgação de materiais educacionais. A *home-page* é a principal e mais popular porta de acesso a estes materiais. Embora existam recursos tecnológicos para a criação de *home-pages*, não se constata melhorias quanto à apresentação e estrutura de seus tópicos, que muitas vezes estão mal estruturados (SOARES e NETO, 1999).

Observa-se que em muitos dos *sites* disponíveis não há uma preocupação com critérios ergonômicos na construção e elaboração das páginas. As informações estão apenas “colocadas” dentro das páginas, sem maiores preocupações com a usabilidade, legibilidade e flexibilidade²⁰, por exemplo.

Os usuários de computadores têm freqüentemente se deparado com dispositivos cada vez mais sofisticados. SOUZA (1998), defende que é necessário envolver a ergonomia na concepção desses dispositivos, em vez de tentar corrigir problemas quando eles já estão em pleno uso.

As recomendações ergonômicas, permitem determinar a melhor maneira como as informações devem ser mostradas ao usuário, durante sua interação com o sistema. Dois exemplos de recomendações ergonômicas que ilustram este fato, são as que indicam que devemos mostrar somente as informações mais necessárias e de permitir ao usuário controlar o diálogo com o sistema (FURTADO, 1999).

Observe-se que mostrar as informações mais necessárias não significa sonegar informações ou direcionar as atividades dos alunos. Por outro lado, significa que informações desnecessárias ou que não sejam condizentes com as atividades em andamento devem ser eliminadas. Desta forma, numa perspectiva construtivista, as informações devem ser todas relativas às atividades em questão, permitindo, dentro delas, que o usuário decida qual o melhor caminho a seguir e interaja com o sistema como considerar mais adequado. Esta interação, entretanto, deve estar sempre sob o controle do usuário. O sistema deve permitir-lhe repetir, cancelar, avançar ou

²⁰ Estes conceitos serão descritos e analisados durante o capítulo.

retroceder conforme entenda conveniente e apropriado para assimilar os conteúdos em questão.

A observação de conceitos da ergonomia no desenvolvimento de *sites* educacionais, e de *softwares* educacionais em geral, pode auxiliar o desenvolvimento de vários processos cognitivos. A forma como se processa a interação, homem-computador, é um dos tópicos principais no estudo da utilização das ferramentas que o homem vem desenvolvendo na área da informática.

Esta interação se dá, na maioria dos casos, através das interfaces homem-computador. Por interface entende-se como sendo um dispositivo que serve de limite comum a duas entidades comunicantes que se exprimem numa linguagem específica, que além de assegurar a conexão física, deve permitir a tradução de uma linguagem para outra. A interface homem-computador é a que estabelece a conexão entre a imagem externa do sistema e o sistema sensorio motor do homem (RAMOS, 1996).

A interface homem-computador estuda as dificuldades relacionadas com a relação existente entre o homem e a máquina, tendo como objetivo último, o alcance de um equilíbrio entre conforto, segurança e eficiência do utilizador, face aos produtos e ferramentas informatizadas. Para GAMEZ (1998, p. 2):

A ergonomia de interação homem-computador pode ser aplicada a qualquer dispositivo interativo, e sua conseqüente relação com o grau de satisfação do utilizador, irá determinar a qualidade ergonômica do dispositivo.

Os objetivos do desenvolvimento ergonômico de um *site* educacional são proporcionar funcionalidades que supram as necessidades dos utilizadores, buscar a intuitividade, a facilidade e a eficiência na sua utilização.

Especificamente nos recursos educacionais, as interfaces dos *sites* devem ser criativas e cativarem a curiosidade dos usuários. Não é mais suficiente, apenas atender às suas necessidades e expectativas. Elas precisam também surpreendê-los, fornecendo mais recursos interativos, do que somente uma simples navegação na recuperação de informações ou nos processos tradicionais de hipertexto (SOUZA, 1998).

A utilização de recomendações e recursos ergonômicos no desenvolvimento de *sites* educacionais, pode trazer ganhos efetivos aos processos pedagógicos. Estudos preliminares (CYBIS et al, 1999) afirmam que quando ocorre integração entre as propriedades de usabilidade e aprendizagem, é garantido maior sucesso no processo de aprendizagem. Segundo estes autores (CYBIS et al, 1999, p. 6):

Acredita-se que a garantia dos critérios de usabilidade identificados num software educacional, não é suficiente para assegurar a sua qualidade pedagógica. Há que se verificar quando e como a usabilidade e a aprendizagem se integram. Entende-se que a qualidade de um software educativo está diretamente relacionada à integração dos critérios de usabilidade e dos objetivos de aprendizagem, sendo possível verificar a seguinte hipótese: 'Há uma integração entre usabilidade e aprendizagem verificável na relação interação homem-computador'.

O homem, a partir do seu aparato sensorio motor, interage com o meio ambiente em que está inserido. Nesse sentido, o uso dos conhecimentos e técnicas de ergonomia cognitiva, conduzem à concepção de sistemas computacionais melhor adaptados ao usuário e às suas tarefas (SOUZA, 1998).

Estas relações entre ergonomia de sistemas computacionais e psicologia cognitiva podem ser benéficas por proporcionar conhecimento sobre o usuário. Pela identificação e explanação das naturezas e causas dos problemas que eles encontram e por proporcionar a modelagem de ferramentas e métodos que auxiliem na construção de interfaces mais fáceis de usar.

Entendemos, então, que a análise de critérios ergonômicos para o desenvolvimento de *sites* educacionais, pode e deve se dar em consonância com os ganhos pedagógicos que estes critérios podem trazer aos processos pedagógicos. É sob este prisma que analisaremos trabalhos e pesquisas que tratem da definição de critérios para desenvolvimento de *sites* educacionais sob o paradigma ergonômico.

5.2 CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE *SITES* SOB O PARADIGMA ERGONÔMICO EXISTENTES NA LITERATURA CONSULTADA

Ainda que se trate de um campo relativamente novo de estudo, as características de desenvolvimento ergonômico de recursos computacionais, principalmente *softwares* e *sites* educacionais, tem merecido a atenção de vários autores.

De modo geral, os autores analisados apresentam uma lista ou relação de critérios e recomendações para que recursos tecnológicos, especificamente *software* e *sites* educacionais, sejam adequados do ponto de vista ergonômico. Na maioria dos casos, observamos que as listas encaixam-se em duas situações: ou são por demais extensas, apresentando trinta, cinquenta ou até mesmo mais de cem itens, ou são por demais abrangentes, deixando em aberto muitas questões e não indicando critérios objetivos e práticos para análise. É importante salientar que muitos autores tratam de aspectos semelhantes, ainda que com nomenclaturas distintas.

Será nosso objetivo apontar alguns critérios que estejam presentes em vários autores e que venham a contribuir efetivamente com os processos de aprendizagem, sob uma perspectiva construtivista.

Neste trabalho vamos destacar e analisar os trabalhos sobre análise ergonômica de recursos computacionais de OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001), CYBIS et al (1999), SOARES e NETO (1999), SOUZA (1998), HARBECK e SHERMAN (1999), RAMOS (1991; 1996) e GAMEZ (1998).

OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001) discorrem sobre a avaliação de *software* educativo como um todo, segmentada em quatro grandes grupos, identificados como; Interação aluno-*software*-professor, Conteúdo, Fundamentação pedagógica e Programação. Dentro destes grupos são observados cinquenta e dois critérios de análise de *softwares* educacionais.

Mesmo não havendo uma análise específica de ergonomia, ela está presente em muitos dos critérios citados pelos autores. No quesito análise da programação, os autores subdividem dois grupos: confiabilidade conceitual, que trata da implementação satisfatória de tudo que foi especificado e projetado e facilidade de uso, que trata da

facilidade de interação do usuário com o programa e da viabilidade da utilização do programa ao longo do tempo. Neste subgrupo, relativo à facilidade de uso, encontramos vários critérios ergonômicos, dentro da perspectiva de que ergonomia é uma ciência que trata do estudo da organização racional do trabalho. São eles:

1. Legibilidade: possibilidade de diferentes usuários entenderem o programa com relativa facilidade. A legibilidade pressupõe que o recurso analisado apresente clareza (funções codificadas de forma clara e de fácil entendimento), estrutura (organização e apresentação hierárquica das partes que compõe o programa) e rastreabilidade (identificação pelo usuário dos caminhos por ele já percorridos).
2. Manutenibilidade: avalia a facilidade com que o programa pode ser adaptado a fim de atender às necessidades de modificação que surgem depois do seu desenvolvimento.
3. Operacionalidade: facilidade de utilização do programa em diferentes configurações de equipamento e de produção de resultados. A operacionalidade, pressupõe que o produto possua compatibilidade (possibilidade de utilização em diferentes configurações de equipamentos) e oportunidade (produção de resultados em tempo hábil).

Observe-se que por tempo hábil entende-se o tempo adequado à necessidade de cada sujeito. Sendo assim, numa proposta construtivista, o tempo não deve ser controlado ou limitado de forma a forçar o indivíduo a fornecer respostas em espaços de tempo insuficientes para a sua aprendizagem. Por outro lado, o tempo não pode ser por demais prolongado após as respostas do sujeito. Tão logo elas sejam emitidas, devem ser processadas pelo sistema e retornadas ao usuário, levando-lhe a novos questionamentos, em caso de acertos, ou a outras abordagens da questão, em caso de erro.

4. Reutilizabilidade: avalia a possibilidade do reaproveitamento total ou parcial de funções desenvolvidas para um programa em outras aplicações.
5. Documentação: presença de informações pertinentes que permitam que as necessidades de informação dos usuários sejam satisfeitas. Para que a documentação de um *software* educacional seja eficiente, ele deve apresentar

um manual técnico, que disponibilize as informações relativas ao equipamento mínimo, que permite que o programa seja executado; um guia de apoio pedagógico ao professor, que garanta a presença de informações importantes, para que o professor possa ampliar as possibilidades de desempenhar melhor as suas funções, quando da utilização do produto; um manual do aluno, que deve ser um material atrativo para levá-lo a se interessar pelo seu objeto de conhecimento; informações da capa, relativo à presença de informações mínimas, mas adequadas, em local de fácil acesso para o consumidor; e a apresentação da capa, onde se deve investir num projeto agradável e sugestivo.

No quesito documentação podemos, e devemos, realizar algumas adequações entre *softwares* e *sites* educacionais. Ainda que não seja visível num primeiro momento, ambos possuem estruturas muito semelhantes. Podemos adequar os tópicos citados no item anterior sem muita dificuldade.

Quando o autor trata de manual técnico, podemos entender este item, nos *sites* educacionais, como a necessidade de que haja referências sobre qual a melhor configuração de vídeo para o *site* em questão, qual o tipo de *browser*²¹ mais adequado, qual a capacidade de memória necessária para que se execute determinado aplicativo e algumas outras recomendações semelhantes.

O guia de apoio pedagógico ao professor e o manual do aluno podem estar disponibilizados no *site*, em forma de *help* ou mesmo numa seção específica.

As informações de capa, bem como a sua apresentação, também estão presentes nos *sites*, no que se convencionou chamar de *home*, ou página inicial, que corresponde, no *site*, à capa de *softwares* ou de revistas, por exemplo. Percebe-se, então, que estes quesitos podem se aplicar tanto a *softwares*, quanto a *sites* educacionais, sem maiores implicações.

O item facilidade de uso também está presente, segundo os autores, na interação aluno-*software*-professor. Dentro dele podemos destacar os seguintes critérios:

²¹ Programa específico para navegação em *sites* de Internet. Os mais comuns são o Netscape e o Internet Explorer.

6. Instruções: existência de instruções claras e objetivas para a utilização do produto.
7. Ícones e botões: ferramentas de interação do aluno com o conteúdo a ser trabalhado, que não exijam a utilização freqüente de outros recursos.
8. Auxílio e dicas: elementos cuja presença torna oportuna o esclarecimento de dúvidas durante o desenvolvimento do programa de ajuda.
9. Navegabilidade: possibilidade de acessar com facilidade todas as partes do produto.
10. Mapeamento: presença de um sistema de informações para o usuário, que esclareça sua localização no produto e que indique quais os caminhos já percorridos e quantos ainda estão disponíveis.
11. *Layout* de tela: verifica se as telas possuem visuais esteticamente adequados, com textos bem distribuídos, imagens e animações pertinentes ao contexto, efeitos sonoros oportunos que auxiliem os indivíduos que o estão utilizando. Sem que afetem outros usuários presentes no mesmo recinto e falas adequadas ao conteúdo que está sendo trabalhado.

CYBIS et al (1999), abordam a integração entre usabilidade e aprendizagem em estudos sobre ergonomia de *softwares* educacionais. Segundo estes autores, esta integração pode ser um facilitador na aprendizagem. Por usabilidade eles entendem a propriedade da interface homem-computador, que confere qualidade a um *software*, referindo-se à qualidade de uso do produto. Ela é medida pela extensão de alcance dos objetivos propostos, em relação ao uso dos recursos a serem gastos, para atingir as metas pretendidas e a dimensão na qual os usuários concluem que o sistema geral seja aceitável. Segundo os autores (CYBIS et al, 1999, p.2):

Os fatores de qualidade da usabilidade compõem-se de eficiência, efetividade e satisfação. Para avaliar esses fatores, eles precisam ser decompostos em subfatores e posteriormente em medidas de usabilidade.

Por eficiência entende-se o fato do software ou *site* ser apropriado para determinada função ou tarefa. Efetividade é a capacidade que eles tem de atingir o seu

objetivo real. A satisfação está ligada ao prazer do usuário, advindo da realização do que se espera ao utilizar recursos tecnológicos.

Os critérios de CYBIS et al (1999) para avaliação ergonômica de *softwares*, estão apoiados em dezoito itens, presentes no *checklist* denominado Ergolist, desenvolvidos pelo SoftPólis, núcleo Softex de Florianópolis no estado de Santa Catarina e pelo Laboratório de Utilizabilidade – LabUtil²², da Universidade Federal de Santa Catarina.

Esta lista de critérios, denominada Ergolist, constitui-se numa ferramenta de verificação de usabilidade que é resultado da associação de alguns critérios principais, definidos anteriormente, com critérios deles desdobrados, passíveis de uma aplicação prática e objetiva, disponível em rede. Segundo CYBIS et al (1999, p.4):

Em 1990, com o intuito de tornar os conhecimentos de ergonomia de interfaces homem/computador facilmente disponíveis, Dominique Scapin realizou um estudo objetivando a organização de tais conhecimentos. Para isso, Scapin definiu um conjunto de critérios de usabilidade, que posteriormente (em 1993) foi reavaliado por ele e Cristian Bastien, resultando em uma lista com oito critérios principais... . A reavaliação de Scapin e Bastien resultou nos seguintes critérios principais a serem observados na elaboração de um checklist: condução, carga de trabalho, controle explícito, adaptabilidade, gestão de erros, consistência, significado de códigos e compatibilidade.

Os critérios presentes na Ergolist são os seguintes:

1. Presteza: verifica se o sistema informa e conduz o usuário durante a interação.
2. Agrupamento por localização: verifica se a distribuição espacial dos itens traduz as relações entre as informações.
3. Agrupamento por formato: verifica os formatos dos itens como meio de transmitir associações e diferenças.
4. *Feedback*: avalia a qualidade do *feedback* imediato às ações do usuário.
5. Legibilidade: verifica a legibilidade (estado do que é legível) das informações apresentadas nas telas do sistema.

²² UFSC/SENAI-SC/CTAI

6. Concisão: verifica o tamanho dos códigos e termos apresentados e introduzidos no sistema.
7. Ações mínimas: verifica a extensão dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário.
8. Densidade informacional: avalia a densidade informacional (relação quantidade de informação versus tamanho da tela) das telas do sistema.
9. Ações explícitas: verifica se é o usuário quem comanda explicitamente as ações do sistema.
10. Controle do usuário: avalia as possibilidades do usuário controlar o encadeamento e a realização das ações.
11. Flexibilidade: verifica se o sistema permite personalizar as apresentações e os diálogos.
12. Experiência do usuário: avalia se usuários com diferentes níveis de experiência, têm iguais possibilidades para atingir seus objetivos.
13. Proteção de falhas do sistema: verifica se o sistema oferece as oportunidades para o usuário prevenir eventuais falhas do sistema ²³.
14. Mensagens de falhas do sistema: avalia a qualidade das mensagens de falhas do sistema enviadas aos usuários em dificuldades.
15. Correção de falhas do sistema: verifica as facilidades oferecidas para que o usuário possa corrigir as falhas do sistema cometidas.
16. Consistência: avalia se é mantida uma coerência no projeto de códigos, telas e diálogos com o usuário.
17. Significados: avalia se os códigos e denominações são claros e significativos para os usuários do sistema.
18. Compatibilidade: verifica a compatibilidade do sistema com as expectativas e necessidades do usuário em sua tarefa.

²³ No original, ao invés de “falhas do sistema” aparece a expressão “erros”. Utilizaremos “falhas do sistema” para caracterizar erro no sentido ergonômico, diferenciando-o, assim, do erro no sentido pedagógico.

Cada um destes itens desdobra-se em questões, que variam entre um mínimo de três e um máximo de vinte e uma, perfazendo um total de cento e oitenta e um itens a serem observados.

Esta lista de critérios é apontada como uma das referências para análise de *softwares* educacionais, ainda que com ressalvas por SILVA FILHO (2000) e GAMEZ (1998), que baseia-se em CYBIS et al, entre outros autores, para formular o que chama de TICESE – Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de *Software* Educacional.

SOARES e NETO (1999) propõe uma metodologia de desenvolvimento de *home-pages* educativas considerando recomendações ergonômicas. Segundo estes autores, apesar do surgimento de várias metodologias que orientam a modelagem e implementação dos diversos tópicos de uma *home-page* educacional, ainda nos ressentimos de metodologias que não sejam complexas de serem seguidas, devido ao grau de detalhamento das etapas que as constituem. Além disso, elas não consideram os diversos estudos ergonômicos relativos aos aspectos de interação homem-computador. Para os autores, mesmo quando as metodologias consideram as recomendações ergonômicas, elas falham por não utilizarem formas alternativas para expressá-las, utilizando-se apenas do hipertexto. Nas palavras dos autores (SOARES e NETO, 1999, p. 1):

Por exemplo, não basta somente fornecer sugestões ao desenvolvedor da *home-page*, de que ele precisa conhecer as necessidades do usuário da *home-page* para que ele obtenha este conhecimento. Um estudo realizado por Harmut et al (1999) mostra que, quando as sugestões são vivenciadas pelos usuários através de suas próprias experiências, elas são muito mais facilmente absorvidas.

As recomendações ergonômicas consideradas por estes autores referem-se a:

1. possibilidade de reduzir a carga de trabalho do usuário, controlando, por exemplo, a quantidade de informações apresentadas num determinado momento. Este controle visa a apresentar ao usuário apenas as informações relativas ao assunto estudado naquele momento, eliminando as informações relativas a outros assuntos ou a especificações técnicas. Desta forma, numa

proposta construtivista, não há direcionamento sobre as atitudes do usuário, mas apenas a eliminação de informações desnecessárias ou que não estejam relacionadas ao tema que está sendo abordado.

2. maneira como o usuário é conduzido no “diálogo”, fornecendo, por exemplo, *feedbacks*;
3. possibilidade de evitar e reduzir a ocorrência de falhas no sistema.
4. capacidade das interfaces se adaptarem às necessidades do usuário, fazendo uso de técnicas de inteligência artificial e estudos cognitivos;
5. escolha de denominações significativas para os usuários e
6. organização dos dados necessários à realização de um função do sistema.

SOUZA (1998) indica que é possível inferir que, sendo a multimídia um caso particular de um programa computacional, e, sendo a ergonomia de *software*, também um caso particular da prática ergonômica, é possível trabalhar com as abordagens ergonômicas no desenvolvimento de multimídia. Segundo o autor (SOUZA, 1998, p. 23):

A partir desse campo específico, o conceito de prática ergonômica tem muito o que contribuir não só para a fase de concepção, mas também para a produção e a avaliação de aplicações que utilizam interfaces multimídia.

Para este autor, as abordagens que podem contribuir para o desenvolvimento de produtos com interface multimídia melhor adaptados aos usuários são:

1. métodos de *design* de interação homem-computador que procurem envolver os usuários em todos os aspectos do desenvolvimento de sistemas;
2. o projeto de abordagens sociotécnica diz respeito ao sistema homem-computador variáveis e convenientes do ponto de vista tanto social quanto técnico;
3. o método do projeto sistemático para interface multimídia, está direcionado à análise das informações baseadas em tarefas, ao tempo de duração da informação, as características que prendem a atenção do usuário e à sincronização de mais de um tipo de mídia diferente;

4. o modelo estrela tenta refletir mais fielmente o que os projetistas fazem na realidade e enfatiza o papel central da avaliação;
5. o projeto de sistemas homem-computador, necessita reconhecer as necessidades organizacionais, assim como as locais e considerar a situação de trabalho como um todo, não somente o problema percebido;
6. uma visão do ponto de vista “dialética” também é necessária. O ciclo de desenvolvimento de um *software* não é linear. Nem todos os aspectos relativos ao processo de desenvolvimento podem ser prescritos.

Ainda segundo este autor, embora sejam vistas várias técnicas e modelos de análise da tarefa, elas ainda o são como sendo um tanto intuitivas ou mesmo simplistas.

HARBECK e SHERMAN (1999) citam sete princípios para o desenvolvimento de *sites* apropriados para crianças. Segundo estes princípios, um *site* deve apresentar as seguintes características.

1. Simplicidade, clareza e desenho concreto. A navegação no *site* deve ser mínima e fácil.
2. Supervisão de um adulto. As atividades para crianças, na Internet, devem ser desenvolvidas de modo a incluir a supervisão de um adulto, que deve prover informações, direcionar a atenção e encorajar a participação.
3. Progressivo e individualizado. Deve haver atividades indicadas para diferentes níveis de desenvolvimento, idades, habilidades, e voltadas a privilegiar as diversidades e particularidades.
4. Atividades integradas. Os *sites* não devem apenas envolver e relatar assuntos de áreas correlatas, eles devem também combinar aspectos físicos, cognitivos, emocionais e experiências sociais.
5. Ativo e agradável. A criança deve apreciar as atividades e envolver nelas aspectos físicos e cognitivos.
6. Relevante para o usuário. Os tópicos direcionados à crianças devem ser temáticos. Os temas devem ser interessantes e contextualizados.

7. Explorar múltiplas opções. Os *sites* de Internet devem proporcionar explorações, resoluções de problemas e discussões.

Para RAMOS (1996), o computador pode ser entendido como mais uma ferramenta disponível à ação humana. Segundo esta autora, o sistema deve tanto se acomodar ao trabalho prático num domínio externo ao mesmo, quanto introduzir funções adicionais e opções que expandam e amplifiquem os objetivos das tarefas a serem realizadas. Por este motivo, a relação existente entre a funcionalidade do sistema computacional e as tarefas que os usuários pretendem efetivar não é simples. Nas suas palavras (RAMOS, 1996, p. 122):

O uso de um sistema computacional envolve o usuário num mapeamento dos seus objetivos na estrutura e funcionalidade do sistema. A complexidade dessa tarefa de mapeamento depende parcialmente dos esforços do projetista em entender e considerar no seu projeto as necessidades inerentes à tarefa.

Esta autora indica, embasada nos trabalhos de BARTHET, que na utilização de um *software* interativo, o ergônomo preocupa-se em estudar a interação homem-máquina continuamente, observando: a sucessão das operações que é autorizada pelo *software*; a linguagem de interação, concernente aos dados e comandos trocados entre o homem e a máquina, aos níveis léxico e sintático; os dispositivos de entrada e saída, juntamente com os de resposta percebidos pelo usuário, bem como, o tratamento de erros e a ajuda para utilização e aprendizagem.

Apoiada em BARTHET e em outros autores, entre eles COUTAZ (1990), CAREY et al (1989) e SELLEN e NICOL (1990) a autora sintetiza algumas recomendações ergonômicas para a interface de aplicações interativas. São elas:

1. Sucessão de operações: trata da adequação entre a ordem das operações fixadas pela máquina e aquela necessária ao operador para efetuar sua tarefa. Neste item deve-se observar: qual o tipo de encadeamento; se livre, guiado ou automático; se há a possibilidade do encadeamento variar segundo o grau de experiência e do tipo do usuário; se há a possibilidade de acesso a todas as informações a todo o momento; se o usuário pode sair, anular ou interromper, com retorno ao mesmo ponto, uma transação a todo o momento; se é possível

fazer uma chamada a uma operação qualquer, a partir de uma outra e voltar a primeira; se é possível transferir as informações de uma aplicação para outra.

2. Linguagem de operação: é quem vai permitir que o usuário expresse, a partir de um vocabulário e de uma sintaxe, as operações que ele deseja que a máquina efetue, assim como lhe permitirá interpretar as respostas que são oferecidas após a execução das operações solicitadas. Recomenda-se que se evite a utilização de códigos numéricos, utilizando-se preferencialmente a língua natural, ou se optando por códigos mnemônicos. O uso de ícones também é recomendado.

Segundo a autora, a sintaxe de uma linguagem de interação é formada pelo conjunto de regras que permitem expressar comandos mais complexos a partir de combinações entre os mesmos. Ela deve ser simples e homogênea, a fim de evitar riscos de falhas no sistema e favorecer a formação de automatismos. “A presença de exceções será fatalmente fonte de erros (falhas no sistema)²⁴. A homogeneidade é desejável não somente dentro de uma aplicação, mas também entre uma aplicação e outra” (RAMOS, 1996, p. 138).

3. Os tempos de resposta: trata de qual o tempo ideal para as respostas fornecidas pelo sistema. Segundo a autora o tempo de resposta ideal está na faixa de dois segundos. Quando se situa entre dois e quatro segundos têm-se a impressão de espera e acima de quatro segundos o tempo é considerado muito longo. Especialmente se o diálogo necessitar uma memorização a curto tempo e se não existirem mensagens fixadas no vídeo.

Como a autora trata da análise de *softwares* educativos, este aspecto fica particularmente prejudicado na análise de *sites* educacionais. O tempo de acesso, das respostas e de mensagens na Internet está intimamente ligado ao tipo e à qualidade da conexão estabelecida. Conexões que se utilizam de linhas telefônicas comuns são mais lentas do que as realizadas por cabos ou modems de alta velocidade. Logo nos parece inviável tratar deste quesito, como critério para análise de *sites* educacionais. Já que ele é difícil de ser controlado pelos responsáveis pelo desenvolvimento do sistema e

²⁴ Acréscimo nosso

sujeito a muitas variáveis externas que afetam diretamente sua *performance*. Vale, entretanto, a recomendação de que as respostas enviadas pelo *site* devem ser tão rápidas quanto possível, evitando-se que as páginas demorem a carregar e mostrando ao usuário qual o tempo aproximado que seus aplicativos necessitam para rodar no sistema.

4. O tratamento de falhas do sistema: trata das falhas cometidas pelo sistema, e não de erros do usuário na emissão de respostas a perguntas formuladas. Segundo a autora, há dois tipos de falhas: as de execução, provenientes, por exemplo, do fato de se apertar teclas erradas e as de intenção, provenientes de má interpretação do sentido dos comandos ou da significação dos procedimentos. A autora recomenda que estas falhas sejam assinaladas imediatamente e de que para a sua correção o usuário deve poder rever facilmente a operação ou a linha onde ela se situa e deve poder anular a totalidade ou as partes do trabalho que foram executadas depois dela.

GAMEZ (1998) elabora a proposta de uma técnica para inspecionar conformidade ergonômica de *software* educacional. Esta técnica foi chamada, por ele, de TICESE – Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de *Software* Educacional. O autor procurou estabelecer uma integração entre os critérios ergonômicos de inspeção de usabilidade com critérios pedagógicos, para a avaliação de *software* educacional.

Para GAMEZ (1998), o *software* educacional deve possuir como características; ser fácil de utilizar, ser amigável para o usuário, ser fácil de compreender, favorecer a assimilação de conteúdos, possuir aspectos motivacionais que despertem e mantenham a atenção do usuário, ser capaz de atrair e conquistar o interesse dos usuários e verificar o grau de compreensão dos alunos, bem como suas dificuldades, entre outros aspectos.

Na sua técnica de inspeção ergonômica, o autor distingue duas avaliações: a avaliação da qualidade da documentação e a avaliação do produto. Elencaremos a seguir os critérios ergonômicos citados por este autor, deixando de citar os critérios estritamente pedagógicos, uma vez que estes já foram abordados no capítulo anterior.

Na avaliação da qualidade da documentação são observados cinco quesitos, citados a seguir.

1. Presteza: avalia a maneira como a informação é apresentada, a sua organização e a capacidade de orientação do utilizador na realização de determinadas operações, além de avaliar os meios utilizados para levar o usuário a realizar ações específicas.
2. Consistência: refere-se à consistência e homogeneidade na estrutura de apresentação das informações, tais como os aspectos relacionados com a sua apresentação gráfica.
3. Legibilidade: trata das características formais das informações apresentadas na documentação que possam facilitar ou dificultar a leitura. São observados aspectos relativos a cor, formato e tamanho de letras, contraste letras/fundo, espaçamento entre palavras, linhas e parágrafos, comprimento da linha e ausência de erros ortográficos.
4. Densidade informacional: diz respeito à carga de trabalho do usuário de um ponto de vista perceptivo e cognitivo, em função do conjunto total de itens de informação que lhe é apresentado e não de cada elemento ou item individual.
5. Significado de códigos e denominações: trata da adequação entre objeto ou a informação apresentada ou pedida e a sua referência. Segundo o autor, códigos e denominações significativas possuem uma forte relação semântica com seu referente. Sendo assim, termos pouco expressivos para o usuário podem causar problemas de condução que podem levá-lo a cometer erros.

Nestes aspectos, vale a ressalva de que os *sites* não possuem materiais impressos, mas podem disponibilizar manuais e fichas para serem impressos ou consultados *on-line*. Podemos afirmar que é importante, segundo GAMEZ (1998), que haja uma documentação que acompanhe o produto, mesmo que seja disponível *on-line*, para orientar o professor e alunos, e que ela esteja em conformidade com os critérios por ele indicados.

Na avaliação da qualidade do produto são observados nove quesitos:

1. Condução: refere-se aos meios disponíveis para aconselhar, orientar, informar e conduzir o usuário na interação com o computador. Está subdividido em quatro critérios:
 - 1.1 Presteza: refere-se à capacidade do *software* em orientar o usuário na obtenção de um determinado objetivo pedagógico, fornecendo-lhe ferramentas e meios para o atingir.
 - 1.2 Qualidade das opções de ajuda: avalia a conformidade da opção de ajuda oferecida e sua qualidade em orientar os usuários na busca de informações específicas ou na resolução de problemas.
 - 1.3 Legibilidade: diz respeito às características léxicas das informações apresentadas na tela que possam dificultar ou facilitar a leitura destas informações.
 - 1.4 *Feedback* imediato: trata das respostas do sistema às ações do usuário. Segundo o autor é interessante que as respostas sejam fornecidas de forma rápida, no momento apropriado e de forma consistente com cada tipo de transação.
2. Agrupamento e distinção de itens: diz respeito à organização visual dos itens de informação, de alguma maneira relacionados entre si. Deve levar em conta a localização e algumas características gráficas para indicar as relações entre os vários itens mostrados, para indicar se eles pertencem ou não a uma dada classe, ou ainda para indicar diferenças entre classes. Está subdividido em agrupamento e distinção por localização e por formato.
3. Adaptabilidade: trata da capacidade do sistema de reagir conforme o contexto e as necessidades e preferências do usuário. Está subdividido em flexibilidade, que se refere à capacidade da interface em se adaptar às variadas ações do usuário e consideração da experiência do usuário, que trata do respeito aos níveis de experiência individuais.
4. Controle explícito: trata do processamento explícito pelo sistema das ações do usuário e do controle que ele tem sobre o processamento de suas ações pelo

sistema. Subdivide-se em dois critérios: ações explícitas do usuário e controle do usuário.

5. Gestão de falhas do sistema: diz respeito aos mecanismos que permitem evitar ou reduzir a ocorrência de falhas do sistema. Subdivide-se em proteção contra falhas, qualidade das mensagens de falhas do sistema e correção das falhas.
6. Carga de trabalho: diz respeito a todos os elementos da interface que tem um papel importante na redução da carga cognitiva e perceptiva do usuário e no aumento da eficiência do diálogo. Está subdividido em:
 - 6.1 Brevidade: corresponde ao objetivo de limitar a carga de trabalho de leitura e entradas e o número de passos. Está subdividido em concisão e ações mínimas.
 - 6.2 Carga informacional: avalia se a carga de conteúdo informacional apresentada é confortável e adequada ao usuário, em relação aos conteúdos teóricos e práticos abordados.
 - 6.3 Densidade informacional: trata da carga de trabalho do usuário sob o ponto de vista perceptivo e cognitivo, em relação ao conjunto total de itens de informação apresentados.
7. Significado dos códigos e denominações: diz respeito a adequação entre o objeto, informação apresentada ou pedida e sua referência.
8. Homogeneidade: refere-se ao modo como as escolhas na concepção da interface são conservadas idênticas em contextos idênticos e diferentes em contextos diferentes, de uma tela para outra.
9. Compatibilidade: refere-se às relações que possam existir entre as características do usuário na realização de suas tarefas e a organização das apresentações, das entradas e do diálogo de uma dada aplicação.

O trabalho de GAMEZ (1998) procura estabelecer ligações entre critérios ergonômicos e pedagógicos. Vale a ressalva de que, segundo nosso entendimento, a sua proposta está mais ligada aos aspectos ergonômicos do que aos pedagógicos. A proposta peca também, ainda segundo nossa visão, por ser muito extensa, exigindo do analisador um tempo para análise que, normalmente, não está disponível ao professor.

Feitas estas considerações, ensejamos destacar que se trata, indubitavelmente, de uma das propostas mais abrangentes e bem formuladas, para análise de *softwares* educacionais sob a perspectiva ergonômica, com que nos deparamos na literatura.

Outros autores também procuram estabelecer critérios para análise e seleção de recursos informatizados sob aspectos ergonômicos. Em vários deles são oferecidas algumas regras para a construção e o desenvolvimento de *sites*. Acreditamos, entretanto, que os autores analisados neste trabalho refletem boa parte dos trabalhos relacionados ao nosso estudo.

5.3 ANÁLISE DOS AUTORES CITADOS

A análise comparativa entre os autores tem por objetivo estabelecer um paralelo entre os critérios citados, objetivando determinar, segundo estes autores, quais devem estar presentes na análise de um *site* educacional de matemática que esteja inserido numa proposta ergonômica.

Estes critérios serão incluídos numa listagem final (*checklist*) para que possamos selecionar *sites* de Internet que se adequem a atividades pedagógicas. A escolha dos itens que comporão esta lista está relacionada a dois fatos: a sua presença na maioria dos autores analisados e a sua relevância para a prática pedagógica, dentro de uma proposta construtivista.

Observe-se que a presença de indicativos de qualidade referentes aos critérios apontados não indica, obrigatoriamente, qualidade ergonômica. Procuramos elencar alguns critérios que são necessários, mas não suficientes, para a observação da qualidade ergonômica de *sites* educacionais de Matemática.

Desta forma, a ausência de algum dos itens selecionados, num eventual processo de análise, pode indicar que o *site* apresenta falhas na sua construção e que necessita de uma análise mais detalhada sobre suas virtudes e defeitos. Para este aprofundamento recomendamos a aplicação completa da ErgoList ou da TICESE.

De modo semelhante, caso o *site* esteja em consonância com os critérios apresentados, entendemos que ele pode ser utilizado em atividades educacionais, sem prejuízo de ordem ergonômica ou educacional.

Nesta perspectiva, o primeiro critério ergonômico selecionado, e que está presente em praticamente todos os autores analisados, trata da Legibilidade.

Por Legibilidade entendemos a capacidade do *site* em transmitir, de forma clara, simples e direta, as suas informações para o usuário, através de texto, ícones, sons ou imagens. Um *site* com boa legibilidade apresenta informações claras, é bem redigido, livre de equívocos conceituais, permite que o usuário se situe no seu interior e tenha facilidade no entendimento do significado de ícones e botões.

Para que um *site* possua características positivas de legibilidade a linguagem de interação deve utilizar um vocabulário que privilegie a linguagem dos usuários. Quando necessário e possível deve-se utilizar códigos mnemônicos, pictogramas e ícones (RAMOS, 1996).

É importante salientar que os ícones devem ser claros e objetivos.

A legibilidade das informações pode servir como um ponto inicial de aprendizagem para novos conceitos. Para GAMEZ (1998, p. 177) o desempenho dos alunos melhora quando a apresentação da informação leva em conta as características cognitivas e perceptivas dos utilizadores.

Uma boa legibilidade facilita a leitura da informação apresentada e contribui para a compreensão dos conteúdos e para alcançar os objetivos pedagógicos propostos.

SOUZA (1998) defende que a abordagem semiótica pode beneficiar no projeto da interface que está atribuída especificamente à elaboração de signos que reflitam não somente a linguagem profissional, mas também os meios pelos quais os usuários realizam suas tarefas. Segundo SOUZA (1998, p. 38):

Nesse sentido, os signos que representam os meios pelos quais os usuários realizam suas tarefas são os do tipo ícone e as metáforas de interface. Na prática, eles representam uma analogia ao mundo profissional real do usuário. Essa representação não deve somente atender às necessidades e

expectativas dos usuários com relação à realização de suas tarefas, mas acima de tudo a interface deve surpreendê-lo, pois o computador é uma máquina muito mais poderosa e fornece mais vantagens que um mero auxílio no desempenho de tarefas automatizáveis.

OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001) preconizam que, para possuir legibilidade, um *site* deve apresentar clareza na codificação de funções, organização e apresentação hierárquica das partes que o compõe e permitir que o usuário identifique quais os caminhos que ele já percorreu. Esta identificação pressupõe a presença de um mapa do *site*, para orientação.

Uma boa legibilidade pode auxiliar os processos cognitivos dos alunos uma vez que permitirá que ele concentre todos os seus esforços no objeto de estudo, sem desvios ou desarranjos cognitivos no entendimento do *site*.

Ao privilegiar a linguagem dos usuários, o critério legibilidade pressupõe que o *site* identifique qual o público alvo a que se destina. Desta forma, a linguagem para crianças situadas na faixa etária entre sete e doze anos é diferente daquela utilizada para crianças entre doze e quinze anos, por exemplo.

Para uma boa legibilidade, o *site* deve apresentar uma preocupação com a delimitação do seu público alvo. Ele precisa também deixar claro para que faixa etária está destinado. Caso seja voltado para crianças, as limitações naturais, tais como a dificuldade de leitura prolongada, ou de leitura de textos digitalizados em letras muito pequenas, devem ser observadas. O conteúdo, na forma pela qual se apresenta e no plano em que se solicita a sua interpretação, deve ser apropriado à faixa etária à qual o *site* se destina.

Entendemos que deste modo, a legibilidade pode ser encarada como um critério que vem ao encontro dos pressupostos teóricos de Jean Piaget, uma vez que estes trabalham com estágios de desenvolvimento cognitivo. Se entendermos que cada estágio possui uma linguagem própria, então é necessário que um *site* educacional trabalhe com estas diferentes formas de linguagem de acordo com o público a que se destina.

Outro critério ergonômico que deve estar presente na análise de *sites* educacionais trata da sua documentação.

OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001) afirmam que a presença de informações pertinentes, que permitam sanar as necessidades de informação dos diferentes tipos de usuários, deve ser satisfeita. A documentação, para tanto, deve ser composta de um manual técnico, de um guia de apoio pedagógico ao professor, de um manual do aluno e de informações na página principal ou inicial do *site*.

Para GAMEZ (1998), a documentação deve orientar a tarefa de compreensão do sistema e auxiliar na redução de desapontamentos e experiências frustrantes causadas pela dificuldade de navegação. Ela deve orientar o usuário para que ele compreenda o *site* e tenha as informações necessárias para navegar por ele. A documentação deve estar organizada e suscitar o convite à leitura.

O *site* deve oferecer recursos através dos quais são fornecidas explicações em telas opcionais de ajuda. Segundo GAMEZ (1998, p. 176):

Estas opções visam contribuir para a superação das dificuldades que os usuários enfrentam na interação com o sistema ou permitir que encontrem instruções de utilização desejadas. A opção de menu ajuda, quando bem orientada, conduz o usuário e facilita-lhe a aprendizagem tanto do sistema como dos conteúdos teóricos do *site* educacional.

RAMOS (1996), baseada em BARTHET e em SELLEN e NICOL, recomenda que os *sites* possuam guias de utilização e funcional, que respondam fundamentalmente à perguntas como “o que eu posso fazer com isto?”; “o que é isso?”; “para que é isso?”; “como é que eu faço isso?”; “por que isto aconteceu?”; “onde é que eu estou?”. Isto pode ser conseguido com a disponibilização de manuais ou de ajudas *on-line*. Outra observação fundamental para a autora é a de que sistemas de ajuda devem ser auto-explicativos, isto é, não devem necessitar auxílio para serem utilizados.

HARBECK e SHERMAN (1999) afirmam que um *site* deve ter a orientação de um adulto. Esta orientação pode se dar tanto de forma presencial quanto de forma *on-line*, através de manuais ou ajudas.

A disponibilização de manuais é fundamental no direcionamento das atividades, tanto para professores, quanto para alunos. Uma mesma atividade pode ser

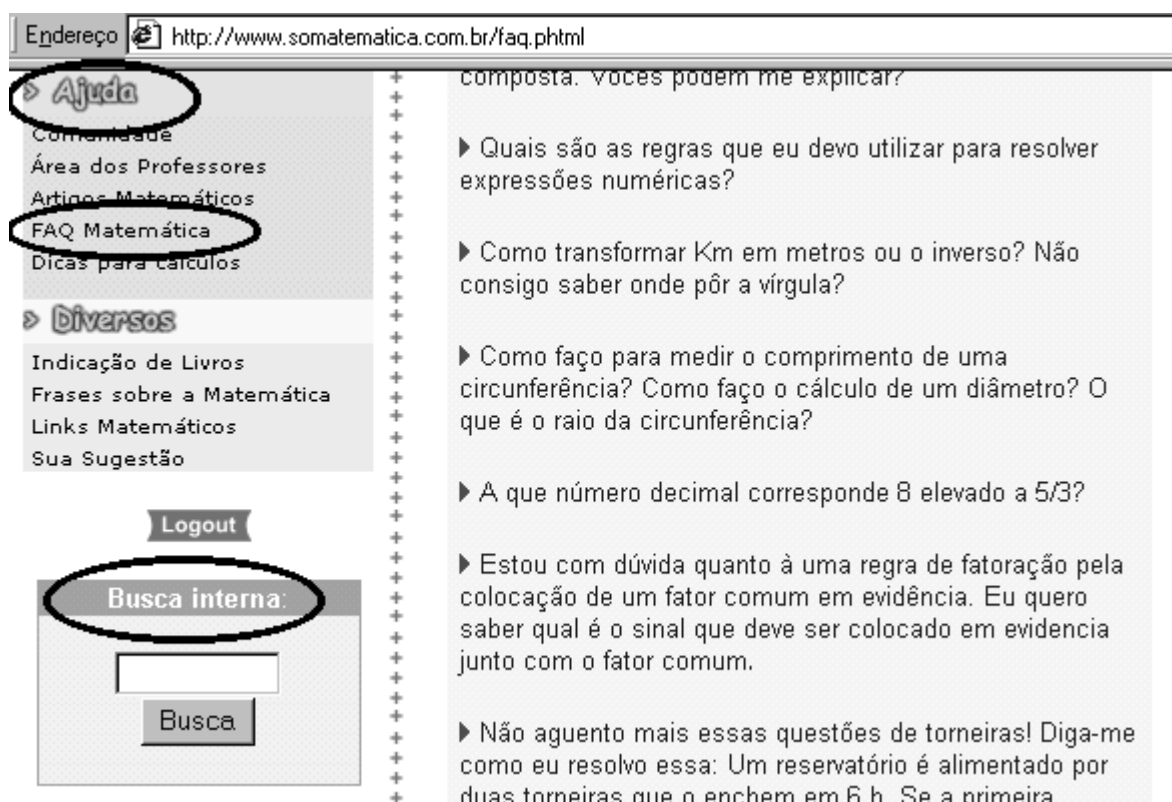
desenvolvida de diferentes formas, dependendo de que concepção pedagógica esteja subjacente à prática em questão.

O professor também precisa ser orientado sobre como conduzir as atividades do *site* com seus alunos. Ele deve estar ciente sobre, para que público se destina o *site*, quais as prováveis seqüências de atividades, quais estratégias utilizadas e de que modo pode se dar a avaliação, bem como qual o tratamento dado à questões respondidas de forma equivocada pelos alunos.

Os alunos, por sua vez, precisam saber o que as atividades esperam deles e onde pretendem levá-los, bem como quais os pré-requisitos necessários e quais as formas de ajuda e orientação disponíveis.

Deste modo, um *site* educacional precisa disponibilizar um manual de apoio pedagógico ao professor, um manual do aluno, um mapa do *site* e um sistema de ajuda *on-line* (fig. 15). Este material deve ser diagramado de tal forma que sua impressão seja rápida e disponibilizado de modo a permitir um acesso rápido e fácil.

FIGURA 15:



O terceiro critério que adotamos, embasados nos autores analisados, trata da facilidade de uso do *site*. Este critério passa, obrigatoriamente, pela avaliação da navegabilidade do *site*. Por navegabilidade, entende-se como a facilidade de movimentar-se entre as opções dentro do *menu*, ou entre diferentes *menus* numa mesma estrutura.

Para apresentar boa navegabilidade, um *site* deve possibilitar que o usuário acesse, com um mínimo de ações (cliques do *mouse*) qualquer parte do *site*, além de permitir que o usuário controle as ações, que a sua interface seja agradável e que haja um encadeamento lógico entre as operações e ações.

OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001) tratam da facilidade de uso de recursos tecnológicos segmentando-a em dez sub-itens: instruções, ícones e botões, auxílio e dicas, linguagem *versus* público alvo, universalidade da linguagem, estrutura, navegabilidade, mapeamento, memória e integração.

Estes autores definem navegabilidade como sendo a possibilidade de acessar com facilidade todas as partes do sistema. Entendemos que esta definição é muito restrita, já que podemos compreender navegabilidade através de noções mais amplas, entendendo-a como a facilidade de utilização de forma mais abrangente, ao invés da simples possibilidade de acesso a todo o sistema.

CYBIS et al (1999) aponta que os *sites* devem prever que o usuário se utilize de ações mínimas e explícitas para desenvolver suas atividades. As ações mínimas dizem respeito à extensão dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário. As ações explícitas tratam das relações entre o processamento pelo computador e as ações do usuário. Essa relação deve ser explícita, de modo que o computador processe somente as ações solicitadas e apenas quando for solicitado a fazê-lo.

Para CYBIS et al (1999, p. 5) o controle do usuário é um importante indicativo da qualidade de um *site* educacional:

Tal critério se refere ao fato de que os usuários deveriam estar sempre no controle do processamento do sistema (por exemplo, interromper, cancelar,

suspender e continuar). Cada ação possível do usuário deve ser antecipada e opções apropriadas devem ser oferecidas.

HARBECK e SHERMAN (1999) indicam que um *site* deve apresentar simplicidade, clareza e desenho concreto, além de ser atrativo e agradável. Segundo estes autores, a navegação em *sites* educacionais deve ser mínima e fácil, além de permitir que a criança aprecie as atividades e envolva nelas aspectos físicos, cognitivos, emocionais e experiências sociais.

RAMOS (1996) coloca como uma das principais características de *sites* educacionais a adequação entre a ordem das operações fixadas pela máquina e aquela necessária ao operador para efetuar sua tarefa. Para esta autora, deve haver a possibilidade de o encadeamento das atividades, que pode ser livre, guiado ou automático e variar segundo o nível de experiência do usuário. Ainda segundo ela, o usuário deve ter acesso a todas as informações a todo o momento, podendo sair, anular ou interromper suas atividades a qualquer tempo, podendo retornar ao ponto de parada a qualquer instante.

GAMEZ (1998) trata da navegabilidade através do agrupamento e distinção de itens, do controle explícito e da carga de trabalho. Para ele, a construção do *site* deve considerar organização visual dos itens de informação e a sua localização, a fim de indicar as relações entre os itens apresentados. Ele trata do controle explícito de modo análogo à CYBIS et al, subdividindo-o em ações explícitas e controle do usuário.

No tocante à carga de trabalho, GAMEZ (1998) propõe que se limite a carga de trabalho de leitura e entradas e o número de passos do usuário, observando os aspectos de ações mínimas e de concisão das informações, além de observar se a carga informacional é confortável e adequada. Segundo o autor GAMEZ (1998, p. 188):

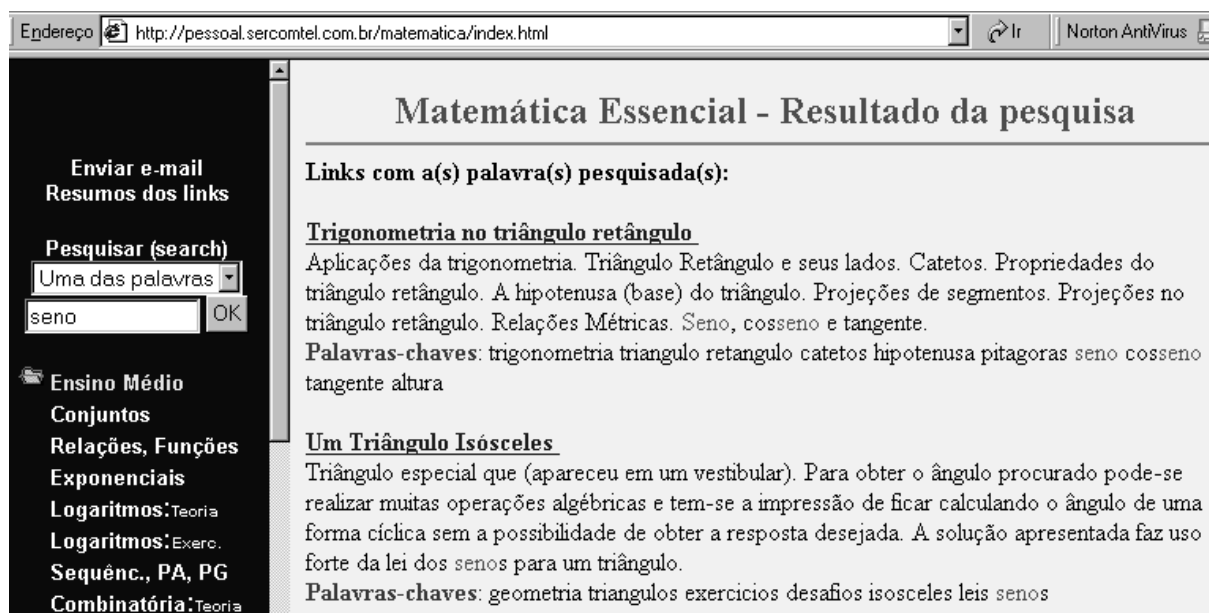
A capacidade de memória de curto termo é limitada. Conseqüentemente, quanto menos entradas, menor a probabilidade de cometer erros, Além disso, quanto mais sucintos forem os itens, menor será o tempo de leitura.

E mais adiante (GAMEZ 1998, p. 189):

Quanto mais numerosas e complexas forem as ações necessárias para se chegar a uma meta, a carga de trabalho aumentará e com ela a probabilidade de ocorrência de erros (falhas no sistema)²⁵.

SOARES e NETO (1999) também elencam a possibilidade de redução da carga de trabalho como uma das recomendações ergonômicas que devem ser consideradas. Um modo interessante de facilitar a navegação pelo *site*, é através do uso de palavras-chave, que permitem ao usuário encontrar, com facilidade, o assunto que lhe interessa (fig. 16).

FIGURA 16:



Deste modo, um *site* ergonomicamente adequado, deve apresentar, segundo os autores analisados, características que permitam verificar a sua legibilidade, boa documentação e navegabilidade.

²⁵ Acréscimo nosso

5.4 CRITÉRIOS SELECIONADOS

Temos, então, listados três critérios para análise de *sites* educacionais sob o paradigma ergonômico. Estes critérios comporão uma lista maior, que será apresentada no próximo capítulo, em forma de *checklist*.

No paradigma ergonômico, os critérios selecionados, com base na pesquisa bibliográfica realizada são os seguintes:

◆ Critérios ergonômicos selecionados para análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática.

⊕ O *site* deve apresentar legibilidade.

Por legibilidade entendemos a disponibilização das informações em linguagem clara, simples e direta, apropriada ao público a que se destina e de fácil entendimento.

⊕ O *site* deve disponibilizar uma documentação.

Por documentação entendemos que o *site* apresente, no mínimo, manuais para o professor e para o aluno, bem como ajuda *on-line* e mapa do *site*.

⊕ O *site* deve ser um ambiente que privilegie a navegabilidade.

Por navegabilidade entendemos a possibilidade de acessar com facilidade todas as partes do *site*, observação das características de ações mínimas, facilidade de uso, controle pelo usuário, dimensionamento da carga de trabalho e a possibilidade de interromper e ação e a ela retornar, a qualquer tempo, sem prejuízo de continuidade.

Ressalve-se que, conforme já destacamos anteriormente, estes critérios por si só não indicam que o *site* tenha bom desenvolvimento ergonômico. Por outro lado, a sua ausência caracteriza que o *site* dificilmente se enquadra nesta categoria.

Desta forma, caso os critérios sejam verificados, podemos afirmar que o *site* tem possibilidades de ser ergonomicamente apropriado. A confirmação desta tendência

pode se dar através da utilização de listas de critérios mais extensas e detalhadas, tais como a proposta por GAMEZ (1998). Se, por outro lado, estes critérios não estiverem presentes, podemos afirmar que o *site* dificilmente será ergonômicamente bem desenvolvido, uma vez que não atende aos preceitos elementares desta.

No próximo capítulo agruparemos os sete critérios selecionados até este momento e analisaremos como eles podem estar relacionados.

6. A RELAÇÃO ENTRE ERGONOMIA E APRENDIZAGEM NOS CRITÉRIOS SELECIONADOS

6.1 INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores selecionamos sete itens que devem ser observados num *site* educacional de Matemática para que ele possa ser considerado adequado, do ponto de vista das teorias construtivista e ergonômica.

Estes itens estão separados em duas categorias: os relativos aos aspectos construtivistas e os relativos a aspectos ergonômicos. A ergonomia pode ser entendida, num *site* educacional, como essencial para que a aprendizagem possa ocorrer. A observação de aspectos ergonômicos possibilita que os critérios cuja origem está na teoria construtivista possam ser mais bem explorados. Caso o *site* apresente as características ergonômicas apontadas neste trabalho, ele estará, de forma direta, auxiliando a exploração das características construtivistas, no máximo da sua potencialidade. Desta forma, a ergonomia se constitui numa espécie de “pano de fundo”, necessário para que as atividades construtivistas do *site* sejam bem sucedidas. Assim como numa sala de aula tradicional temos necessidade de carteiras, quadro-negro, giz e demais ferramentas, que se tornam peças fundamentais para os processos educacionais, num *site* educacional os seus aspectos ergonômicos constituem estas ferramentas. Elas não são, por si só, responsáveis pela aprendizagem, mas dão subsídios e condições técnicas adequadas para que ela ocorra.

De modo geral, os critérios elencados nos capítulos anteriores podem constituir, ainda que apenas para finalidades ilustrativas, o seguinte *checklist* (tabela 1):

Critério		Sim	Não
Critérios relativos a aspectos construtivistas	O <i>site</i> disponibiliza ferramentas de interação?		
	O <i>site</i> trata o erro como possibilidade de uma nova abordagem da questão?		
	O <i>site</i> é um ambiente dinâmico?		
	O <i>site</i> disponibiliza ferramentas e tecnologias que permitem modelagens e simulações?		
Critérios relativos a aspectos ergonômicos	O <i>site</i> apresenta boa legibilidade?		
	O <i>site</i> disponibiliza documentação?		
	O <i>site</i> possui boa navegabilidade?		

Acreditamos que estes itens se inter-relacionam, estando intimamente ligados a uma proposta construtivista de *sites* educacionais de Matemática, mesmo aqueles relacionados à ergonomia. Vamos, a seguir, analisar cada critério individualmente, procurando justificar a afirmação de que critérios ergonômicos também podem contribuir para a aprendizagem, segundo uma perspectiva construtivista.

6.2 FERRAMENTAS DE INTERAÇÃO

Por ferramentas de interação entendemos recursos que possibilitem a interação do usuário com o sistema, com outros usuários e com o professor ou responsável pelo *site*. A interação é hipótese básica e fundamental na epistemologia genética de Piaget. Logo, é condição fundamental para que um *site* seja considerado construtivista. A interação se dá quando o usuário participa ativamente do processo educacional. Para tanto, deve-se possibilitar que os usuários desenvolvam atividades exploratórias relativas ao conteúdo apresentado, bem como oferecer-lhes suporte para que suas ações mentais sejam concretizadas através de manipulações das representações dos

objetos matemáticos, na tela do computador. Segundo GRAVINA e SANTAROSA (1998, p. 10):

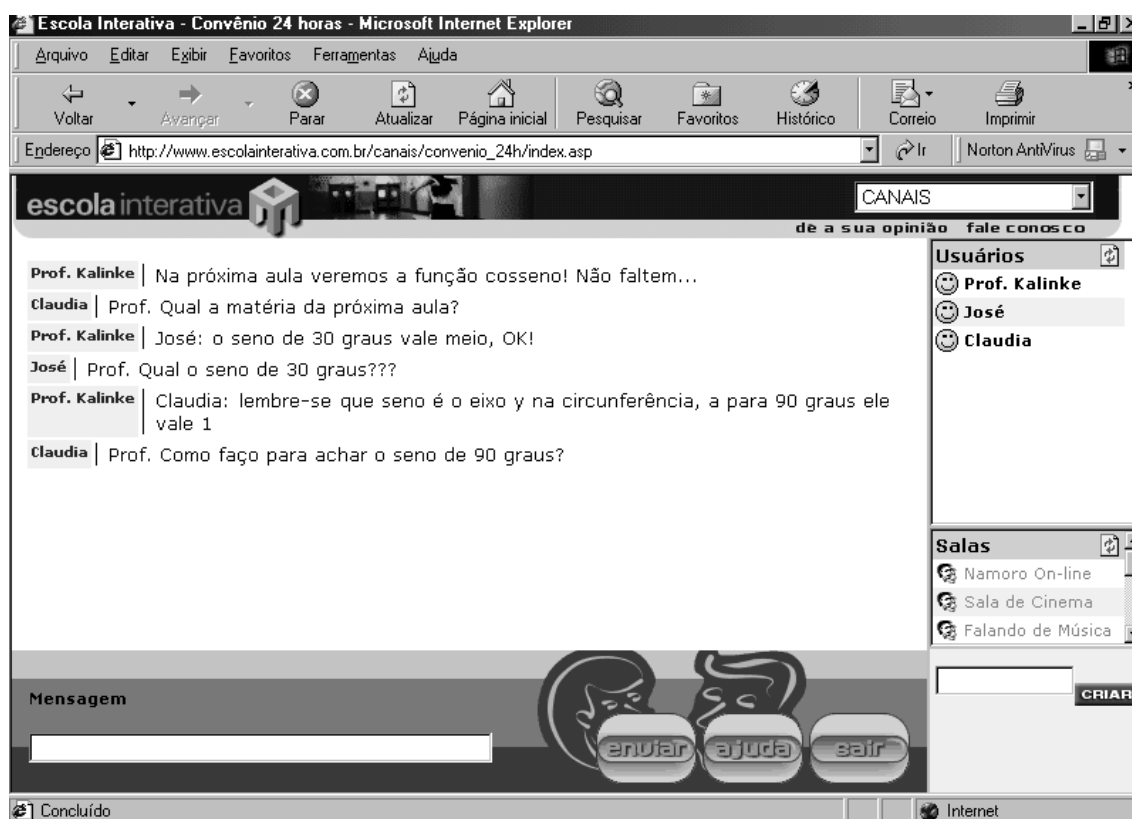
A “reação” do ambiente, correspondente a ação do aluno, funciona como “sensor” no ajuste entre o conceito matemático e a sua concretização mental. Um meio que pretenda ser interativo, na medida do possível, não deve frustrar o aluno nos procedimentos exploratórios associados as suas ações mentais.

As ferramentas de interação do usuário com o sistema, ou com o objeto de estudo, são aquelas que permitem a sua manipulação. Tratam-se de recursos que possibilitam ao usuário interagir com o objeto, alterando suas propriedades, seu modo de exibição na tela, suas configurações, cores e demais atributos. Podemos entender, então, que deve ser permitido e possibilitado ao usuário o maior contato possível com o objeto de estudo.

Para implementar uma boa interação, o *site* deve disponibilizar, também, ferramentas de comunicação, tanto síncronas quanto assíncronas.

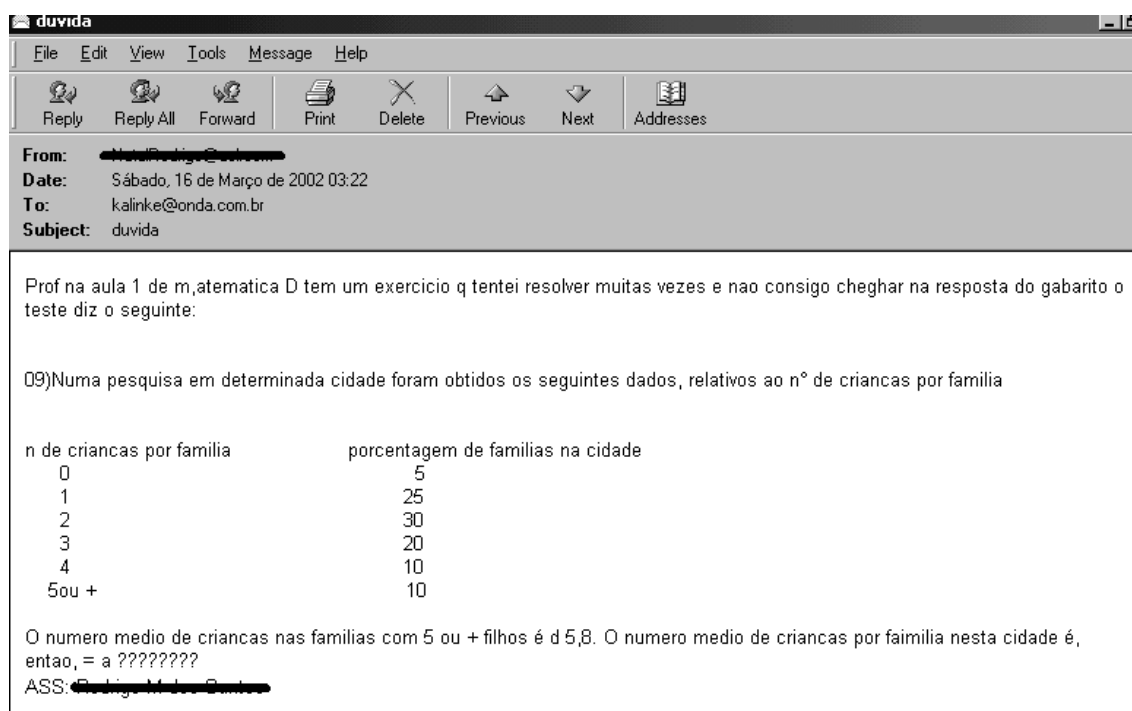
As ferramentas síncronas são aquelas que possibilitam a comunicação entre os usuários em tempo real, tais como as salas de *chat* e o ICQ. Tratam-se de espaços virtuais onde os participantes podem comunicar-se através do computador, por meio de mensagens, sons e imagens, em tempo real. Assim, imediatamente após o envio de uma mensagem ela pode ser recebida, lida e respondida pelo interlocutor. Ainda que sejam ferramentas essenciais nos processos educacionais, elas apresentam o inconveniente de necessitar que os dois interlocutores estejam conectados à Internet simultaneamente. A seguir (fig. 17) temos o exemplo de um diálogo em sala de *chat*, envolvendo três participantes, sendo um professor e dois alunos.

FIGURA 17:



As ferramentas de comunicação assíncronas são aquelas que permitem a troca de informações em qualquer tempo, tais como o *e-mail*, os murais de aviso e os fóruns de discussão dos *sites*. São ferramentas que permitem a troca de mensagens entre os usuários, mas que não necessitam que ambos estejam conectados simultaneamente. Esta característica lhes impõe a virtude de permitir que os usuários troquem informações respeitando as condições, agendas e particularidades de cada indivíduo. Por outro lado, como os usuários não estão, necessariamente, conectados ao mesmo tempo, dúvidas que necessitem de respostas imediatas ficam prejudicadas, pois serão respondidas apenas quando o “destinatário” estiver disponível. A seguir (fig. 18) temos um exemplo da utilização do *e-mail* para atividades pedagógicas.

FIGURA 18:



6.3 TRATAMENTO DO ERRO

Por tratamento do erro, entendemos que as atividades disponibilizadas no *site* devem entender o erro como sendo uma nova possibilidade de aprendizagem. Ao cometer um erro o aluno não deve ser imediatamente corrigido, mas sim levado a refletir sobre a sua resposta e, através de uma nova abordagem do assunto, tratar a questão sob outro prisma. Numa proposta construtivista, o erro faz parte do processo de aprendizagem e não deve ser utilizado para expor o aluno a situações vexatórias ou inadequadas.

Um *site* que tenha preocupações exclusivas em fornecer quantas respostas o alunos acertou (fig. 19) precisa ser analisado com mais atenção.

FIGURA 19:

Resultado da prova	
Confira o seu desempenho na prova!	
Número total de questões	4
Número de questões que você acertou	0
Porcentagem de acertos na prova	0%
Desempenho final	PÉSSIMO

O *site* precisa fornecer ao aluno outras questões, sob o mesmo assunto, mas com novos enfoques. Pode também propor algumas questões que levem os alunos a desenvolver uma nova forma de olhar para o assunto que está sendo tratado. Segundo OLIVEIRA, COSTA E MOREIRA (2001, p. 117):

Assim, a presença de erros na resposta do aluno deve dar oportunidade a novas informações sobre a temática que está sendo trabalhada, a fim de favorecer a melhor compreensão daquele assunto e possibilitar que o aluno interprete, com novas perspectivas, o conteúdo da questão anterior.

A indicação de desempenho com afirmações como “péssimo” também não contribui para o aprendizado dos alunos. De outra forma, pode servir como forte fator de desestímulo e desinteresse pela continuidade do processo.

Por outro lado, nos acertos dos alunos, é importante enfatizar a existência de novos desafios, que auxiliem a garantir maior contato com o objeto de conhecimento com o qual o aluno está interagindo, a fim de possibilitar seu melhor aproveitamento.

Sendo assim, é fundamental que haja uma preocupação em como tratar as respostas dos alunos. Esta preocupação deve residir não apenas nas palavras e expressões a serem utilizadas, mas, fundamentalmente, no fato de preocupar-se em indicar novos caminhos, adequar as informações, rever conceitos e permitir ao sujeito que o seu erro sirva como fonte de aprendizagem.

6.4 AMBIENTE DINÂMICO

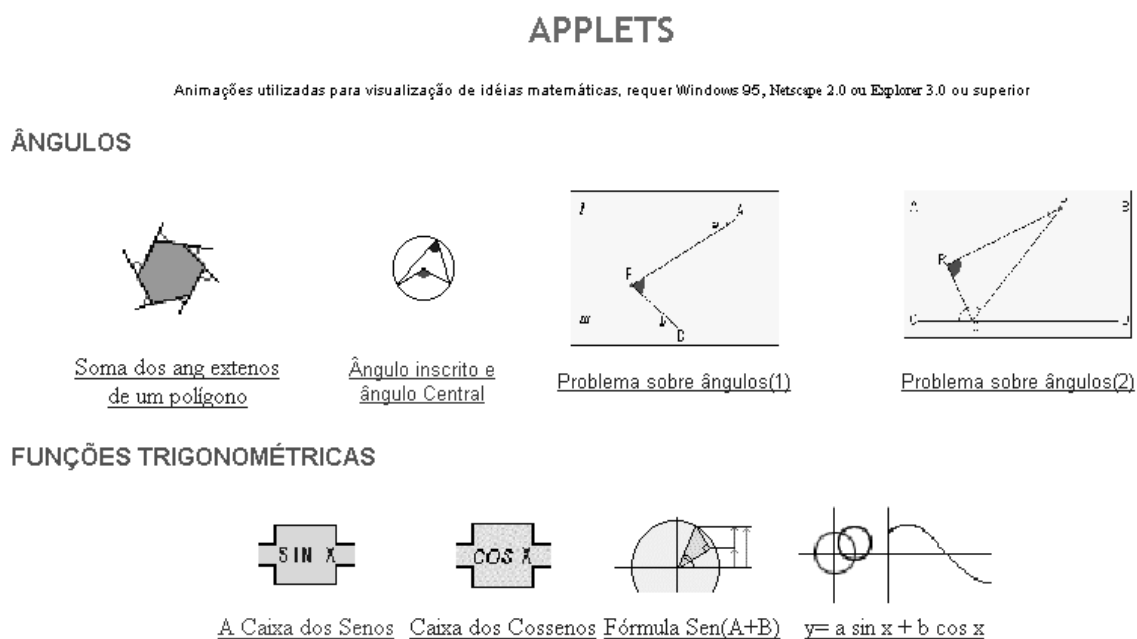
Por ambiente dinâmico entendemos aquele que possibilita ao aluno manipular os objetos dentro do próprio *site*, ou através de ferramentas por ele disponibilizadas. A manipulação, ao tornar objetos abstratos em concretos, favorece os processos de construção do conhecimento. Segundo a perspectiva construtivista, ao manipular os objetos o indivíduo desenvolve relações que lhe auxiliam a entender os conteúdos a ele relacionados.

Um *site* dinâmico permite que os objetos nele disponibilizados possam ser organizados, alterados, manipulados e transformados pelos alunos, a fim de que se adaptem às necessidades de cada indivíduo. Para GRAVINA e SANTAROSA (1998, p. 10):

A instância física de um sistema de representação afeta substancialmente a construção de conceitos e teoremas. As novas tecnologias oferecem instâncias físicas em que a representação passa a ter caráter dinâmico, e isto tem reflexos nos processos cognitivos, particularmente no que diz respeito às concretizações mentais. Um mesmo objeto matemático passa a ter representação mutável, diferentemente da representação estática das instâncias físicas tipo “lápiz e papel” ou “giz e quadro-negro”.

Um *site* dinâmico (fig. 20) deve disponibilizar recursos que permitam ao usuário manipular o objeto de estudo, visando, assim, auxiliar as suas concretizações mentais.

FIGURA 20:

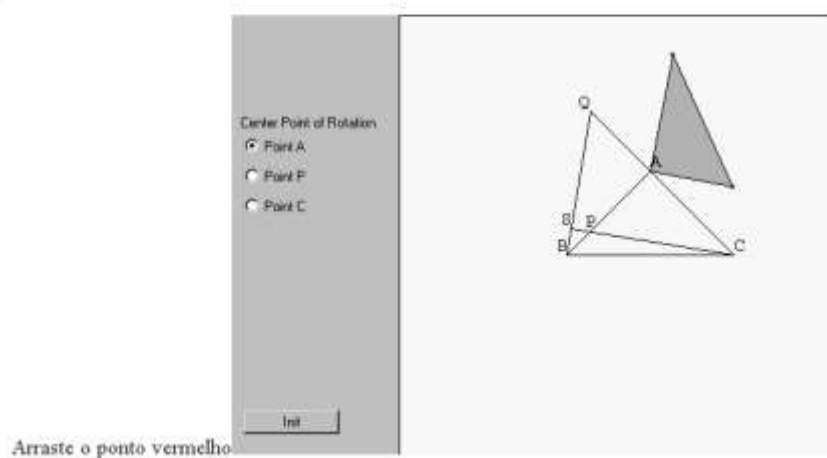


Um exemplo destes recursos é o que permite ao usuário trabalhar com congruência de triângulos (fig. 21). Trata-se de um *site* que permite encontrar um triângulo congruente a um triângulo que o próprio usuário construa inicialmente.

FIGURA 21:

1. Arraste o ponto P e fixe uma posição sobre AB. Pressione o botão "Define point P".
2. Escolha o centro de rotação A, B, ou C.
3. Arraste o ponto vermelho. Faremos então a rotação do triângulo APC sobre o ponto central.

Applet



Com a utilização de recursos que possibilitem este dinamismo, o aluno pode atuar sobre objetos matemáticos num contexto abstrato, mas ele tem como suporte a representação destes objetos na tela do computador, enriquecendo, através da multiplicidade de desenhos, a sua concretização mental (GRAVINA e SANTAROSA, 1998). Esta multiplicidade permite, em um curto espaço de tempo, a exploração de uma vasta gama de exemplos e situações, promovendo assim um importante diferencial advindo da utilização dos computadores em processos educacionais. Um grande número de situações podem ser observadas, exploradas e analisadas, diferentemente de quando nos restringimos a utilizar apenas o quadro-negro e o giz, uma vez que estes nem sempre oferecem condições para que a multiplicidade esteja presente²⁶.

6.5 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS QUE POSSIBILITEM MODELAGENS, SIMULAÇÕES E INOVAÇÕES

A utilização de recursos tecnológicos deve ser justificada como um diferencial que realmente agregue valores aos fazeres pedagógicos de alunos e professores. Não se justifica, portanto, utilizar a Internet apenas porque ela está à disposição ou para “inovar” nas atividades pedagógicas, incentivados por modismos passageiros. Para OLIVEIRA, COSTA E MOREIRA (2001, p. 118):

A utilização de SE²⁷ [sites educacionais] só faz sentido quando essa ferramenta se mostra um meio mais adequado para ajudar o estudante a superar os seus percalços e conflitos cognitivos na construção de um certo conhecimento que historicamente tenha se mostrado menos acessível a ele por meio de recursos mais convencionais.

²⁶ Como exemplo, podemos citar um experimento em que o aluno observa o comportamento do gráfico de uma função quadrática da forma $f(x) = ax^2 + bx + c$ quando se variam as constantes a , b e c . Mudando o sinal de a observa-se a mudança na concavidade do gráfico da parábola. Variando c observa-se o gráfico “abaixar” ou “subir”. Finalmente, pode-se estudar o que ocorre ao gráfico quando a constante b é variada. Note que, com isso, o aluno explora uma gama de aspectos numéricos e gráficos da função, observando sua inter-relação. Esta multiplicidade de possibilidades visuais permite um enriquecimento da percepção intuitiva das propriedades da função quadrática, inclusive de propriedades algébricas (incluindo propriedades envolvendo as raízes, por exemplo).

²⁷ Softwares educacionais

Os *sites* devem, para tanto, disponibilizar ferramentas que possibilitem a realização de experiências, modelagens e simulações. Devem ser ferramentas que permitam explorar, de forma qualitativa, as relações matemáticas existentes.

GRAVINA e SANTAROSA (1998) indicam que a principal característica da modelagem reside na explicitação, manipulação e compreensão das relações entre as variáveis que controlam um fenômeno. Para estas autoras, o *feedback* visual oferecido pela tela do computador se transforma num importante recurso para a construção do conhecimento.

A utilização de ferramentas de autoria intuitivas²⁸ incentiva a criatividade do usuário e auxilia os seus processos de descoberta e de construção do conhecimento, uma vez que estes estão ligados à disponibilização de hiperdocumentos²⁹, sistemas especialistas³⁰ e simuladores³¹ (GAMEZ, 1998).

Um exemplo de *site* que disponibiliza novas tecnologias é apresentado a seguir (fig. 22). Trata-se de uma página que permite que os alunos façam vários cálculos *on-line*. Deste modo, eles podem direcionar seus esforços para entender as relações existentes nos objetos de estudo, sem maiores preocupações com cálculos que nada lhes acrescentariam neste momento da aprendizagem. A capacidade do usuário fica direcionada para construir as relações com o objeto, ficando o *site* encarregado de oferecer cálculos que comprovem ou rejeitem as suas hipóteses.

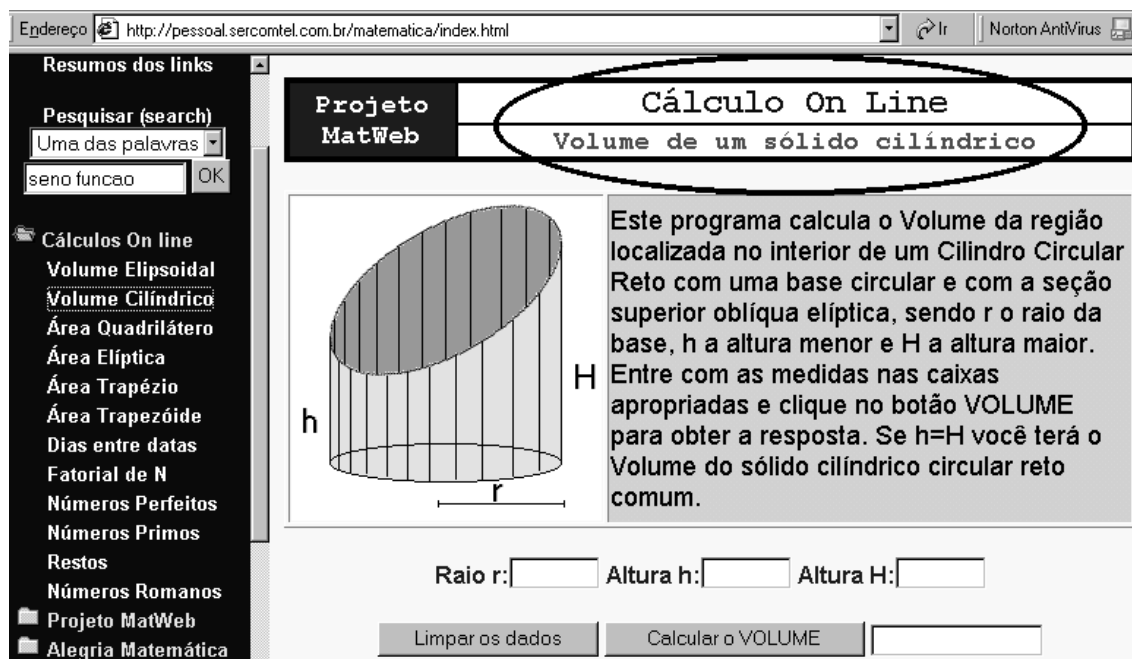
²⁸ São *softwares* que permitem a elaboração de apresentações, modelos e, em alguns casos, simulações, sem que seja preciso dominar uma linguagem de programação, uma vez que estas ferramentas apresentam uma interface com o usuário que elimina a necessidade deste domínio.

²⁹ Documentos onde aparecem ligações com outros documentos, sejam eles textos, imagens, sons, ou de outros formatos, através de *hyperlinks*. Ver mais no capítulo 2.

³⁰ São sistemas que permitem ao usuário desenvolver tarefas específicas. Um exemplo de sistema especialista é o que permite a busca por palavra-chave, por exemplo.

³¹ Aplicativos ou programas executáveis que permitem a simulação de situações e sua respectiva visualização na tela do computador.

FIGURA 22:

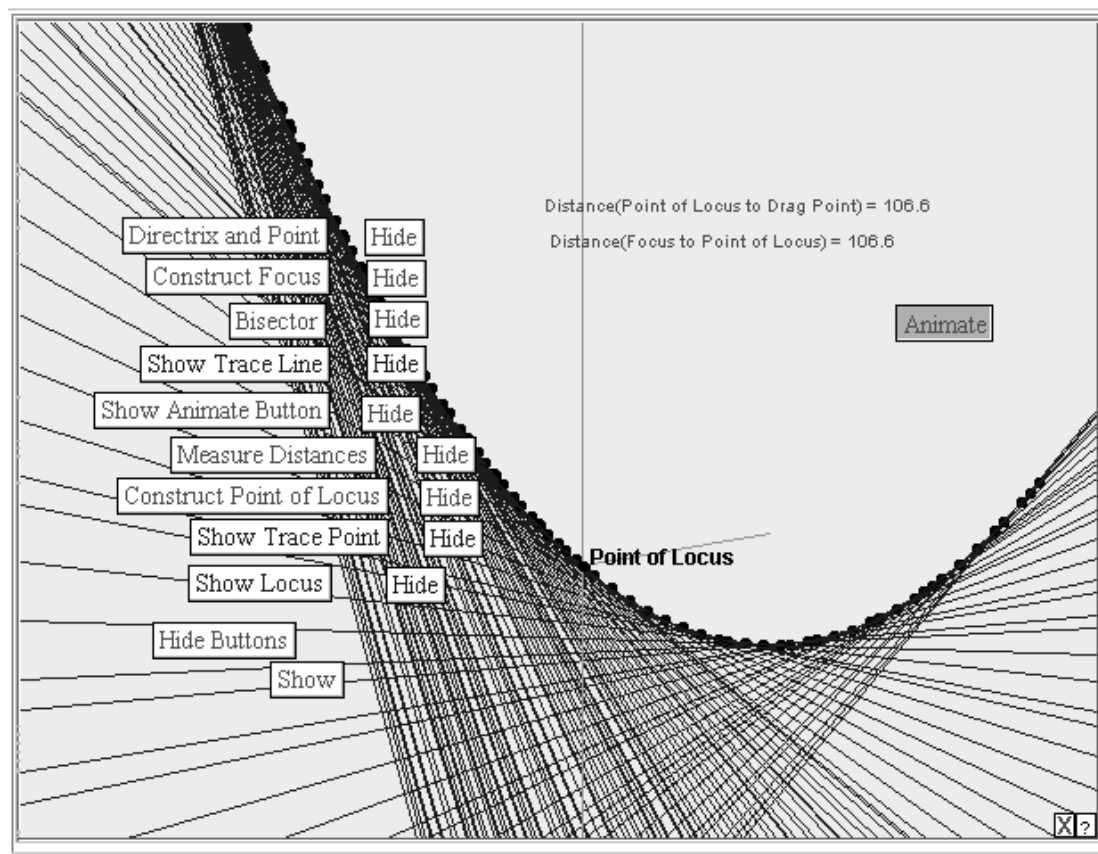


Ainda para GRAVINA e SANTAROSA, a simulação permite realizar experimentos envolvendo conceitos mais avançados. Nas simulações o computador se responsabiliza pela complexidade analítica do modelo, enquanto os alunos exploram as relações matemáticas que aparecem no dinamismo das representações visuais. Segundo as autoras (GRAVINA e SANTAROSA, 1998, p. 12):

Esta abordagem permite que os alunos, ainda sem grande formação matemática, explorem fenômenos de natureza matemática complexa, mas que do ponto de vista puramente qualitativo são fecundos “germes” de idéias matemáticas.

Um exemplo de dinamismo de relações visuais pode ser encontrado no *site* ilustrado a seguir (fig. 23). Trata-se de uma página que permite, após a indicação de alguns parâmetros pelo usuário, observar a construção de uma parábola pelas suas retas tangentes. A imagem que vai surgindo na tela do computador permite que os alunos estabeleçam conjecturas, suponham resultados e verifiquem, visualmente, estes resultados.

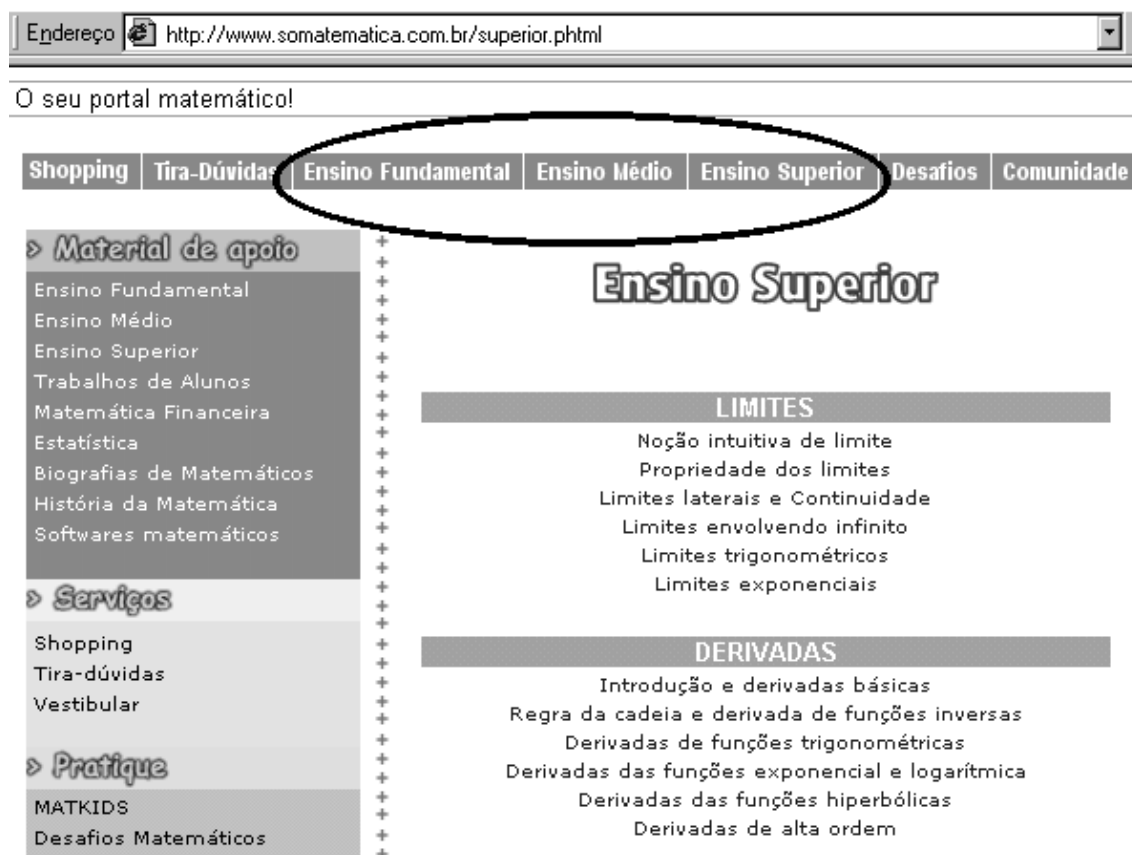
FIGURA 23:

Constructing A Parabola (Java Window)**6.6 LEGIBILIDADE**

Por legibilidade entendemos a disponibilização das informações em linguagem clara, simples e direta, apropriada ao público a que se destina e de fácil entendimento.

Um *site* que tenha boa legibilidade se preocupa em deixar claro a que faixa etária se destina e em criar áreas específicas, direcionadas a grupos particulares de usuários. Deste modo, é necessário que haja uma indicação de para que faixa etária ou grupo o *site*, ou uma parte dele, está voltado (fig. 24).

FIGURA 24:



Não basta, entretanto, que o *site* direcione os usuários para páginas e assuntos que estejam dentro do seu interesse. É necessário que, dentro de cada grupo, as especificidades sejam respeitadas. A linguagem utilizada, por exemplo, deve estar em conformidade com a faixa etária a que o *site* se destina. O tamanho das letras e o contraste entre cores de fundo e cores de letras também deve merecer atenção.

Páginas direcionadas a crianças devem apresentar letras maiores e textos mais curtos, pois indivíduos nesta faixa etária apresentam uma incapacidade para controlar seus músculos oculares por mais de vinte minutos (GESTWICKI, In HARBECK e SHERMAN, 1999).

A cor das letras, assim como o seu estilo, também deve ser observada. O contraste entre letras e fundo de tela não deve ser visualmente agressivo ou cansativo. Letras escuras sobre fundos escuros ou letras claras sobre fundos claros devem ser

evitadas. É recomendável que se trabalhe com tipos de letras simples e fáceis de ler, com cores escuras sobre fundos claros, facilitando a visualização do texto e evitando desgaste visual desnecessário (GAMEZ, 1998). Os textos não devem ser extensos por demais e, sempre que possível, devem ser mesclados com imagens, ilustrações ou, preferencialmente, objetos animados.

Uma boa legibilidade pressupõe, também, a utilização de ícones e botões que auxiliem a navegação pelo *site*. Estes elementos, entretanto, devem ser de fácil entendimento e devem evitar a dubiedade. Um ícone deve representar exatamente o que se deseja que ele represente. Deve-se evitar dupla, ou falsa interpretação. O usuário deve estar ciente de qual será a próxima ação ou página a ser visitada, ao clicar sobre um determinado botão de ação ou *hiperlink*.

A observação destas características de legibilidade podem auxiliar os processos cognitivos, especialmente numa proposta construtivista. Estudos preliminares (CYBIS et al, 1999) indicam que quando ocorre integração entre as propriedades de usabilidade³² e aprendizagem, é garantido maior sucesso no processo de aprendizagem. Uma das principais características da usabilidade reside na legibilidade.

GAMEZ (1998) também indica que uma boa legibilidade favorece a compreensão e assimilação dos conteúdos educacionais. Segundo ele, quando a apresentação da informação leva em consideração as características cognitivas e perceptivas dos usuários, o desempenho deles melhora. Deste modo, uma boa legibilidade, além de facilitar a leitura da informação apresentada, contribui para a compreensão dos conteúdos e para atingir os objetivos pedagógicos propostos.

Para Piaget, os indivíduos apresentam estágios de desenvolvimento cognitivo particulares. Para o desenvolvimento cognitivo são determinantes, entre outros, a necessidade de verificação e conservação do sentido das idéias e das palavras (OLIVEIRA, 1999).

Segundo OLIVEIRA (1999), o computador pode ser entendido como um excelente instrumento na prevenção e solução de problemas de aprendizagem. Para

³² Segundo o Cybis et al (1999): “trata-se de uma propriedade da interface homem computador que confere qualidade a um *software* [*site*], referindo-se à qualidade de uso do produto”.

justificar esta afirmação, a autora destaca sete qualidades que podem ser apontadas no uso dos computadores numa proposta construtivista. Entre elas, destacamos as três a seguir (OLIVEIRA, 1999, p. 156):

1. o computador dispõe suas informações de forma clara, objetiva e lógica, facilitando a autonomia do usuário, favorecendo a exploração espontânea.
2. trabalha com uma disposição espacial das informações, que pode ser controlada continuamente pela criança através de seu campo perceptivo visual, apoiando o raciocínio lógico.
3. Através de recursos de multimídia, pode combinar imagens pictóricas ou gráficas, numa infinidade de cores e formas, com sons verbais e/ou musicais, com movimentos, criando uma verdadeira trama de combinações possíveis, integrando a percepção, em suas múltiplas formas, ao raciocínio e à imaginação, de forma fluente, pessoal e cheia de vida.

A autora não faz separação entre recursos tecnológicos que atendam, ou não, às características por ela elencadas. Ela analisa o uso do computador como se todos os recursos disponíveis, sejam eles *softwares* ou *sites* educacionais apresentassem estas características. Vamos abordar esta questão sob dois prismas: *sites* que apresentem informações de forma clara, objetiva e lógica, bem como uma disposição espacial das informações e a combinação de imagens com sons e movimentos, auxiliam processos de aprendizagem, especialmente numa perspectiva construtivista; nem todos os *sites* apresentam informações desta forma.

A disponibilização de informações de forma adequada só acontece nos *sites* que apresentem qualidade ergonômica no quesito legibilidade. Logo, uma boa legibilidade pode auxiliar, segundo os autores citados e o nosso entendimento, os processos educacionais, especialmente numa proposta construtivista.

6.7 DOCUMENTAÇÃO

Por documentação, entendemos que o *site* apresente, no mínimo, manuais para o professor e para o aluno, assim como ajuda *on-line* e mapa do *site*.

Esta documentação deve servir para auxiliar tanto os professores quanto os alunos, nos processos educacionais. Os manuais, ao apresentarem a descrição dos objetivos educacionais, são importantes guias, fornecendo informações sobre os objetivos a que o *site* se destina, que assuntos pretende desenvolver e qual a faixa etária mais apropriada dos seus usuários. A opção de ajudas *on-line*, quando bem orientada, facilita a aprendizagem dos conteúdos teóricos num *site* educacional (GAMEZ, 1998).

No tocante ao professor, a documentação serve para auxiliá-lo a preparar as atividades, familiarizando-o com os recursos disponíveis no *site*. Ela deve apresentar uma descrição das ferramentas disponíveis, indicando como utilizá-las, quais as suas características, necessidades técnicas e indicações pedagógicas. Uma boa documentação deve apresentar o que os responsáveis pelo *site* procuraram atingir com o seu desenvolvimento. Desta forma, ela deve apresentar objetivos claros e estratégias de desenvolvimento bem definidas.

Numa perspectiva construtivista, em situações de ensino e aprendizagem, é fundamental uma mediação permanente do professor. Ele é o indivíduo capaz de realizar os ajustes necessários entre o conteúdo a ser aprendido e a atividade cognitiva de quem aprende. Para OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA, uma boa documentação pode auxiliar o professor a extrair o máximo de um recurso tecnológico, ao indicar a utilização adequada deste recurso em relação à proposta pedagógica sob a qual ele foi desenvolvido. Nas suas palavras (2001, p. 115):

Concluindo, é importante esclarecer que, mesmo que a equipe produtora de *software [site]* educativo tenha tido um grande empenho em imprimir a um programa uma base interacionista, isso não o torna necessariamente construtivista. A sua utilização é que, em muitos casos, garantirá a coerência necessária entre a sua concepção e a prática pedagógica na qual está inserido. Daí a importância de o *software [site]* ser acompanhado de um guia de apoio pedagógico ao professor.

Para os alunos, a documentação deve oferecer manuais de ajuda, com a finalidade de sanar dificuldades técnicas, que auxiliem, por exemplo, a utilizar determinadas ferramentas tecnológicas inovadoras, simuladores e outros recursos que

estejam disponibilizados. O aluno deve encontrar informações que o auxiliem a instalar programas executáveis ou manipular aplicativos. Estas informações devem indicar, por exemplo, qual o tamanho do executável a ser instalado, qual a extensão do arquivo que ele está prestes a abrir e qual a sua aplicação (fig. 25).

FIGURA 25:

Wingrap (36 Kb)	Programa para construir gráficos de equações, em duas ou três dimensões. Permite a rotação dos eixos em gráficos tridimensionais e tem recursos como zoom e mudança de cor da equação e dos eixos. Arquivo .exe. Freeware.
Winmatrix (73 Kb)	Trabalha com matrizes, determinantes e sistemas lineares. Realiza operações entre matrizes, calcula determinantes e resolve sistemas. Arquivo .exe. Freeware.
Car32 geometria (845 Kb)	Serve para trabalhar com geometria dinâmica, semelhante ao Cabri-Géomètre. Shareware com algumas funções desabilitadas.
Graphmática (408 Kb)	Mais um aplicativo destinado à construção de gráficos. Shareware
Winplotz (224 Kb)	Programa para desenhar gráficos e sólidos geométricos.
Ukmath (478 Kb)	Vários programas num só, para calcular Matrizes, determinantes, cálculo diferencial, e muito mais.
Conversão (168 Kb)	Excelente aplicativo que realiza a conversão de unidades matemáticas e físicas. Freeware.
Mymath (458 Kb)	Utilitário para confeccionar provas com as quatro operações básicas. Ideal para professores do ensino fundamental. Shareware.
Graphcalc (538 Kb)	Excelente programa que trabalha simultaneamente com gráficos e com uma calculadora. Freeware.

O mapa do *site* indica ao usuário onde ele está, dentro do mesmo, permitindo que ele se localize com facilidade, podendo ir e vir entre as atividades e materiais disponibilizados com autonomia e rapidez.

Numa perspectiva construtivista, as atividades dos alunos devem ser auto dirigidas e baseadas em ambientes que valorizem a participação criativa e dinâmica. Uma boa documentação favorece que os alunos dirijam as suas atividades conforme suas necessidades e estágios individuais de desenvolvimento cognitivos. Um mapa do *site*, por exemplo, favorece a autonomia, ao permitir que o usuário possa fazer, desfazer e refazer qualquer atividade, sabendo que poderá, a qualquer momento, se orientar em que local se encontra dentro do *site* (GAMEZ, 1998).

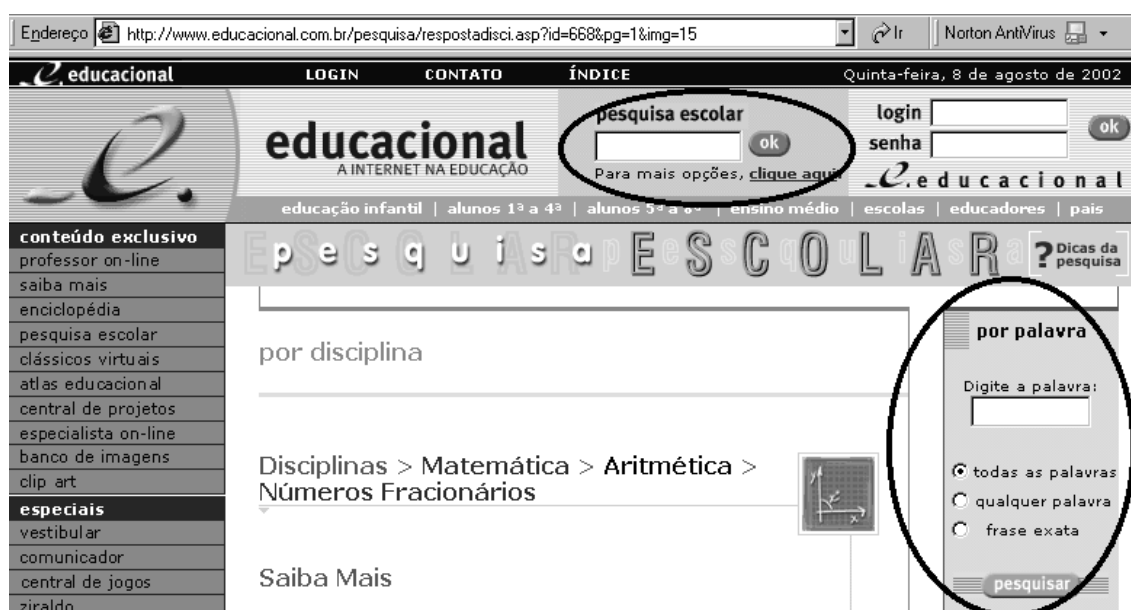
6.8 NAVEGABILIDADE

Por navegabilidade entendemos a possibilidade de acessar com facilidade todas as partes do *site*, a observação das características de ações mínimas³³, a facilidade de uso, o controle pelo usuário, o dimensionamento da carga de trabalho e a possibilidade de interromper a ação e a ela retornar, a qualquer tempo, sem prejuízo de continuidade.

Uma boa navegabilidade auxilia, sobremaneira, os processos de aprendizagem numa perspectiva construtivista. As características de ações mínimas e dimensionamento da carga de trabalho, por exemplo, ao serem observadas, permitem que o usuário não seja distraído por informações desnecessárias, ficando mais atento às atividades propostas e, quanto menos numerosas forem as ações necessárias para se realizar uma tarefa, mais efetiva será a aprendizagem (GAMEZ, 1998).

Uma forma de privilegiar a navegabilidade é a disponibilização de busca por palavras-chave (fig. 26). Através dela, o usuário pode encontrar facilmente o assunto que busca, sem precisar navegar desnecessariamente por páginas que não estejam relacionadas ao objeto de estudo em questão.

FIGURA 26:



³³ Por ações mínimas entende-se que o usuário deve realizar o menor número de cliques no *mouse* ou de toques no teclado para chegar a determinada seção do *site*, onde se encontra seu objeto de estudo.

OLIVEIRA (1999, p. 156), ao afirmar que o computador pode ser visto, dentro de uma proposta construtivista, como um excelente instrumento na prevenção e solução de problemas de aprendizagem, justifica sua afirmação com sete itens, dos quais já citamos três quando trabalhamos com legibilidade. Entre os outros itens, encontramos:

[O computador] exige também que o usuário tenha consciência do que quer, se organize e informe de modo ordenado o que quer fazer, digitando [navegando] corretamente.

Para que o usuário possa se organizar e navegar “corretamente” é necessário que o *site* tenha uma boa navegabilidade. Caso contrário, por melhor que seja a organização individual, este aspecto ficará prejudicado.

Já foi citado que, numa abordagem construtivista, o aluno deve ter autonomia para dirigir as suas atividades conforme suas necessidades e estágios individuais de desenvolvimento cognitivo. Esta autonomia pressupõe que ele possa navegar livremente pelo *site*, tecendo suas próprias redes de informações, caminhando por diferentes trajetórias, construindo seus próprios caminhos. Sem que haja uma boa navegabilidade estes processos ficam, invariavelmente, prejudicados. Segundo OLIVEIRA, COSTA e MOREIRA (2001, p. 113);

Uma boa navegabilidade do programa [*site*], além de possibilitar que usuários diferentes percorram caminhos diversos mais adaptados aos seus esquemas de pensamento ou mesmo aos seus interesses – aprendizagem do conteúdo, esclarecimentos ou revisão – pode tornar o *software* [*site*] tão versátil que alunos que o percorreram numa ocasião anterior podem fazê-lo novamente, sem que lhes seja retirado o componente da surpresa.

Uma boa navegabilidade favorece, então, segundo os autores citados e o nosso entendimento, a aprendizagem sob uma perspectiva construtivista.

6.9 CONCLUSÃO

Podemos perceber que os sete itens selecionados para que se faça a análise de um *site* educacional de Matemática estão, todos, intimamente ligados a aspectos relacionados à perspectiva construtivista de aprendizagem.

Temos, desta forma, um *checklist* que permite aos professores selecionar, com poucos critérios, *sites* educacionais de Matemática, que estejam com seus conteúdos disponibilizados segundo uma perspectiva construtivista e com preocupações ergonômicas.

A junção entre estas duas concepções permite que professores e alunos possam utilizar estes *sites* com ganhos educacionais e de modo a permitir que o computador seja encarado como uma importante ferramenta pedagógica.

Alguns aspectos mais particulares, tais como a não conclusão sobre a qualidade do *site* em alguns casos, devem, entretanto, ser observados. Isto será feito no próximo capítulo, que trata da conclusão deste trabalho e de recomendações para futuros estudos.

7. CONCLUSÃO FINAL

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo principal propor uma lista com critérios para análise e seleção de *sites* educacionais de Matemática, baseada em aspectos ligados às teorias construtivista e ergonômica.

Era objetivo do trabalho que esta lista apresentasse poucos critérios, a fim de facilitar o seu processo de utilização pelos professores, bem como justificar os itens ligados à ergonomia evidenciando a sua integração com aprendizagem, segundo uma perspectiva construtivista.

A elaboração desta lista de critérios originou um *checklist*, que pode ser utilizado para verificar se um *site* de Matemática apresenta seus conteúdos disponibilizados de forma a privilegiar uma abordagem pedagógica construtivista e de modo ergonomicamente adequado. Verificamos que a disponibilização de conteúdos segundo algumas características ergonômicas selecionadas pode auxiliar o processo de construção de conhecimentos, segundo as perspectivas adotadas.

O fato de se tratar de uma lista com apenas sete critérios possibilita que a análise seja rápida e eficiente, ainda que, eventualmente, não definitiva. Entendemos que os professores, em função da grande carga de atividades a que estão sujeitos, precisam utilizar, sempre que possível, ferramentas que lhes permitam despendar o menor tempo possível. Deste modo, a preocupação em elaborar uma ferramenta de apoio ao professor nos parece satisfeita.

Por outro lado, a análise realizada com base nesta lista pode não ser conclusiva.

A não observação, num *site* de Matemática, dos critérios selecionados indica que ele, certamente, não está enquadrado numa proposta construtivista e que seus materiais não estão disponibilizados de modo a privilegiar a ergonomia do *site*. Este *site* não se enquadrará numa prática pedagógica construtivista e que tenha preocupações ergonômicas.

A observação dos critérios selecionados, por sua vez, pode não indicar, conclusivamente, que o *site* seja construtivista e ergonomicamente adequado.

O fato de apresentar os critérios selecionados nos fornece fortes indicativos de que o *site* está enquadrado numa proposta construtivista e de que seus conteúdos estão disponibilizados com preocupações ergonômicas. Esta conclusão pode, entretanto, não ser verdadeira.

Há a possibilidade, ainda que remota, de encontrarmos *sites* que atendam aos critérios selecionados, mas não sejam adequados aos processos educacionais. Quando houver a necessidade de realizar uma verificação confirmativa da qualidade do *site* recomendamos a utilização da TICESE – Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de Software Educacional – desenvolvida por Luciano GAMEZ e que pode ser utilizada também para *sites*, sem maiores prejuízos. Outra ferramenta que pode auxiliar este processo de confirmação da qualidade do *site* é a ERGOLIST, desenvolvida pelo SoftPólis, núcleo Softex de Florianópolis e pelo Laboratório de Utilizabilidade – LabUtil, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Observa-se, então, que a lista de critérios propostos deve ser utilizada como uma das possíveis ferramentas de análise de *sites*, e não de forma isolada e definitiva. A sua observação pode, também, oferecer subsídios para o desenvolvimento de *sites* educacionais de Matemática.

Finalmente, consideramos que os objetivos do trabalho foram atingidos. Verificou-se que a Internet é uma ferramenta com grande potencial para auxiliar os processos educacionais. A sua utilização, entretanto, requer alguns cuidados específicos e inerentes a ambientes de aprendizagem informatizados. A escolha dos *sites* a serem utilizados é um destes cuidados. Apresentou-se uma proposta para auxiliar esta escolha, baseada em poucos critérios, ligados às perspectivas construtivista e ergonômicas, evidenciando com estas podem contribuir com aquelas.

7.2 CONSIDERAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Entendemos ser fundamental a continuidade de pesquisas e trabalhos que visem a contribuir para que a utilização de recursos tecnológicos, em especial da Internet, torne-se viável e efetiva nos processos educacionais.

Para tanto, é imprescindível que se continue a pesquisar como estes recursos interferem nos processos de aprendizagem e quais as reais conseqüências advindas da sua utilização.

No caso específico deste trabalho, pretende-se desenvolver algumas atividades posteriores. Entre elas, destacamos:

- Analisar, entre os *sites* educacionais de Matemática mais acessados, quais os que se enquadram dentro dos critérios selecionados.
- Disponibilizar os critérios, para consulta dos interessados, em forma de *site*. Pretende-se com esta atitude gerar uma discussão sobre os critérios, envolvendo mais professores e profissionais da área educacional.
- Construir um *site* que atenda aos critérios selecionados e validar, como ele, os critérios selecionados.

Com a realização destas atividades pretende-se contribuir, ainda mais, para a inserção da Internet nos processos educacionais, como uma ferramenta de grande potencial e que, bem utilizada, pode ser de grande valia para que professores e alunos vençam barreiras e avancem numa caminhada rumo a uma educação que torne a sociedade mais equânime e justa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAVA, S. et al. **Ciberespaço e formações abertas: rumo a novas práticas educacionais**. Tradução de: Fátima Murad. Porto Alegre, RS: Artmed, 2002.
- ALENCAR, E. S. de (org.). **Novas contribuições da psicologia aos processos de ensino e aprendizagem**. São Paulo: Cortez, 1992.
- BARER, A. de A. **O tempo e o espaço da ciência da informação**. Disponível em: <<http://www.ax.apc.org/~aldoibct/tempespa.htm>> Acesso em: 10 jan. 2002.
- BELLONI, M. L. **Educação a Distância**. Campinas, SP: Autores Associados, 1999.
- BORBA, M. C.; PENTEADO, M. (org.). **A Informática em Ação: formação de professores, pesquisa e extensão**. São Paulo: Olho d'Água, 2000.
- BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2001.
- BORBA, M. De C. Tecnologias Informáticas na Educação Matemática e Reorganização do Pensamento. In: BICUDO, M. A. V. (org.). **Pesquisas em educação Matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999a.
- BORBA, M. de C. et al. **Calculadoras Gráficas e Educação Matemática**. Rio de Janeiro: Art Bureau, 1999b.
- BORBA, M. de C. **A Model for Students Understanding in a Multi-representational Environment**. In PONTE, J. e MATOS, J.(Eds.). *Proceedings of PME 18*. V. 2, PP. 104 – 111, 1994.
- BOYER, C. B. **História da Matemática**. Tradução de: Elza F. Gomide. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- BRITO, M. R. F. de. **Psicologia da Educação Matemática: teoria e pesquisa**. Florianópolis, SC: Insular, 2001.

BRUN, J. **Didática das Matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. Tradução de Renato Alberto T. Di Dio. São Paulo: EPU, 1979.

CARAÇA, B. de J. **Conceitos Fundamentais da Matemática**. 3ª Edição, Lisboa: Gradiva, 2000.

CHASSOT, A. **Professores e professoras para o próximo milênio**. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/secdr/profes.htm>> Acesso em: 29 jan. 1999.

COELHO, M. I. M. **Ambientes interativos de aprendizagem e de trabalho por www: fatores de avaliação e de design**. Disponível em: <<http://netpage.em.com.br/mines/artribie98.htm>> Acesso em: 18 jan. 2002.

COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. **Desenvolvimento Psicológico e Educação: Psicologia Evolutiva**. Tradução de: Marcos A. G. Domingues. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

CRATO, N. **Era digital**. Disponível em: <http://www.malhatlantica.pt/mestrado/era_digital.htm> Acesso em: 10 set. 2001.

CROCHIK, J. L. **O Computador no Ensino e a Limitação da Consciência**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.

CUNHA, L. M.; CAMPOS, F. C. A.; SANTOS, N. **Educação a distância: padrões para projetos de sistemas**. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/tise99/html/papers/projetos/>> Acesso em: 10 jan. 2002.

CYBIS, W. de A. et al. **Ergonomia em software educacional: a possível integração entre usabilidade e aprendizagem**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~ihc99/Ihc99/AtasIHC99/art24.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2002.

D'AMBROSIO, B. S. Como ensinar matemática hoje? **Temas e Debates, SBEM**, Brasília, ano II, n. 2, p. 15-19, 1989.

D'EÇA, T. A. **Net Aprendizagem: A Internet na Educação**. Porto – Portugal: Porto Editora, 1998.

DIMENSTEIN, G. **Aprendiz do Futuro: cidadania hoje e amanhã**. São Paulo: Ática, 1997.

DOLLE, J. M. **Para Compreender Jean Piaget**. Tradução de: Regina Vasconcellos. Rio de Janeiro: AGIR Editora Ltda, 1997.

ECO, U. **Como se faz uma tese**. Tradução de Gilson Cesar Cardoso de Souza. São Paulo: Perspectiva, 2000.

ELKIND, D. **Ensaio Interpretativos Sobre Jean Piaget**. Tradução de: Narceu de Almeida. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1972.

FERREIRA, L. de F et al. **A evolução dos ambientes de aprendizagem construtivistas**. Disponível em: <<http://penta.ufrgs.br/~luis/Ativ1/AmbApC.html>> Acesso em: 17 jan. 2002.

FERREIRA, O. C. e SILVA JÚNIOR, P. D. **Recursos Audiovisuais no Processo Ensino-Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1986.

FLEMMING, D. M.; LUZ, E. F.; COELHO, C. **Desenvolvimento de material didático para educação a distância no contexto da educação matemática**. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/texto12.doc>> Acesso em: 20 jan. 2002.

FUCHS, W. **A Matemática Moderna**. Tradução de Marianne Arnsdorff e José Manasterski. São Paulo: Editora Polígono, 1970.

FURTADO, E. **Integrando fatores humanos no processo de desenvolvimento de interfaces homem-computador adaptativas**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~ihc99/Ihc99/AtasIHC99/art25.pdf>> Acesso em: 31 jan. 2002.

GAMEZ, L. **TICESE – Técnica de inspeção de conformidade ergonômica de software educacional**. Portugal, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Humana). Universidade do Minho.

GATES, B. **Estrada do Futuro**. Tradução de Beth Vieira e outros. São Paulo: Companhia das letras, 1995.

GRAVINA, M. A.; SANTAROSA, L. M. **A aprendizagem da matemática em ambientes informatizados**. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/117.html>> Acesso em: 10 jan. 2002.

HARBECK, J.; SHERMAN, T. **Seven Principles for Developmentally Appropriate Web Sites For Young Children**. Educational Technology, v. 39, n. 4, p. 39-42, jul./ago. 1999.

HEIDE, A.; STILBORNE, L. **Guia do Professor Para a Internet: completo e fácil**. Tradução de: Edson Furmankiewz. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 18ª Edição. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

KUPSTAS, M. (org). **Ciência e Tecnologia em debate**. São Paulo: Moderna, 1998.

LÉVY, P. **A Ideografia Dinâmica: rumo a uma imaginação artificial?** Tradução de: Marcos Marcionilo e Saulo Krieger. São Paulo, Loyola, 1998.

LÉVY, P. **As Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Tradução de: Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1993.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Tradução de: Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1991.

LITTO, F. **Telecentros Comunitários -- Uma Resposta à “Exclusão Digital”**. Disponível em: <http://www.uol.com.br/aprendiz/n_colunas/f_litto/index.htm> Acesso em: 05 dez. 2000.

LOLLINI, P. **Didática & Computador: Quando e como a informática na escola**. Tradução de Antonio Vietti e Marcos J. Marcionilo. São Paulo: Loyola, 1991.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DO BRASIL. **Em Aberto: tendências na Educação Matemática.** Brasília, 1994.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DO BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Ensino Médio. Brasília, 1998.

MORAES, R. de A. **Informática na Educação.** Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

MORO, M. L. F. **Aprendizagem Construtivista da Adição/Subtração e interações sociais: O percurso de três parceiros.** Curitiba, 1998. Tese (Professor Titular de Psicologia da Educação) – Setor de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina.

MORO, M. L. F. Implicações da Epistemologia Genética de Piaget para a Educação. **Revista Psicologia da Educação.** São Paulo, n. 7/8, p. 99-121, 2º sem. 1998 e 1º sem. 1999.

NETO, M. de C. **Ergonomia de interfaces www para cidadãos com necessidades especiais.** Disponível em: <<http://www.minerva.uevora.pt/simposio/comunicacoes/ergoweb/>> Acesso em: 31 jan. 2002.

NETTO, S. P. **Telas que Ensinam. Mídia e Aprendizagem: do cinema ao computador.** Campinas, SP: Alínea, 1998.

OLIVEIRA, C. C. de; COSTA, J. W. da; MOREIRA, M. **Ambientes Informatizados de aprendizagem: produção e avaliação de software educativo.** Campinas: Papirus, 2001.

OLIVEIRA, O. L. de; BARANAUSKAS, M. C. **Interface entendida como um espaço de comunicação.** Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~ihc99/Ihc99/AtasIHC99/art7.pdf>> Acesso em: 31 jan. 2002.

OLIVEIRA, V. B. de (org). **Informática em Psicopedagogia.** São Paulo: Editora SENAC, 1999.

PELLANDA, N. M. C.; PELLANDA, E. C. **Ciberespaço: Um Hipertexto com Pierre Lévy.** Porto Alegre, RS: Artes e Ofícios, 2000.

PERRENOUD, P. **Novas Competências para Ensinar**. Tradução de: Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. Tradução de: Octavio Mendes Cajado. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1999.

PIAGET, J. **Observaciones Sobre La Educacion Matemática**. In: Second International Congress on Mathematical Education, 1973, Cambridge University Press, p. 79-87.

PIAGET, J. **Seis Estudos de psicologia**. Tradução de: Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. São Paulo: Forense Universitária, 2001.

PÓLA, M. C. R. **Une approche interactive pour um meilleur apprentissage de la géométrie descriptive**. Québec, 2000. Tese (Doutorado em Tecnologia Educacional) – Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval.

RAMOS, E. M. F. **Análise ergonômica do sistema hipernet buscando o aprendizado da cooperação e da autonomia**. Florianópolis, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Setor de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Santa Catarina.

RAMOS, E.; MENDONÇA, I. J. **O fundamental na avaliação do software educacional**. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EDUCACIONAL, 1991, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~edla/publicacoes.html>> Acesso em: 12 jan. 2002.

REIS, E. M.; AZEVEDO, J. M.; MOREIRA, L. J. P. **Desenvolvimento e avaliação de um ambiente construtivista de aprendizagem a distância para a formação continuada de professores: os primeiros passos da academia virtual**. Disponível em: <<http://www.edudistan.com/ponencias/E%20Macedo%20Ris-J%20Manhaes%20de%20Azevedo-L%20J.P.%20Moreira.html>> Acesso em: 19 jan. 2002.

REIS, E. M.; PAULA, F. C. de. **Ambiente construtivista de aprendizagem a distância na Internet: planejamento e arquitetura inicial.** Disponível em: <<http://www.abed.org.br/texto06.doc>> Acesso em: 20 jan. 2002.

SANTANCHÈ, A.; TEIXEIRA, C. A. C. **Construindo e explorando o conhecimento de componentes educacionais embutidos em hiperdocumentos.** Disponível em: <<http://www.nuppead.unifacs.br/construindo.pdf>> Acesso em: 19 jan. 2002.

SANTOS, N.; MELO, W.; SEGRE, L. **Sistemas de autoria para cursos a distância apoiados em tecnologias da Internet.** Disponível em: <http://www.cos.ufrj.br/~neide/artigos/analise_sistemas.htm> Acesso em: 19 jan. 2002.

SETZER, V. W. **Meios Eletrônicos e Educação: Uma visão alternativa.** São Paulo: Escrituras, 2001.

SILVA FILHO, J. J. da. **Computadores: super-heróis ou vilões?** Florianópolis: NUP, UFSC, 2000.

SILVA, M. **Sala de Aula Interativa.** Rio de Janeiro: Quartet, 2000.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica: a questão da democracia.** Tradução de: Abigail Lins e Jussara de Loiola Araújo. Campinas, SP: Papirus, 2001.

SOARES, W.; NETO, S. **Elaboração de uma metodologia de desenvolvimento de home-pages educativas considerando recomendações ergonômicas.** Disponível em: <<http://www2.insoft.softex.br/~scie/1999/WashingtonSSNeto-ElabHomePages.html>> Acesso em: 10 jan. 2002.

SOBRAL, A. **Internet na Escola: o que é, como se faz.** São Paulo: Loyola, 1999.

SOFFNER, R. K. **Redes de informação: novo paradigma na educação?** Disponível em: <<http://www.bibli.fae.unicamp.br/revcomtec/art01.pdf>> Acesso em: 21 dez. 2001.

SOUZA, D. C. de. **Hipermídia aplicada ao ensino técnico de nível médio.** Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Setor de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Santa Catarina.

STEWART, I. In **Handbook of applicable Mathematics**, vol IV: Analysis, cap. 14, pp. 591 – 621.

TAJRA, S. F. **Informática na Educação: Novas Ferramentas Pedagógicas Para o Professor da Atualidade**. São Paulo, Érica, 2000.

TAJRA, S. F. **Projetos em Sala de Aula: Internet**. São Paulo, Érica, 1999.

TENÓRIO, R. M. **Cérebros e Computadores: A complementaridade analógico-digital na informática e na educação**. São Paulo: Escrituras, 1998.

THORNBURG, D. **2020: Visões para o Futuro da Educação**. Disponível em: <<http://www.tcpd.org/thornburg/handouts/2020visionsport.html>> Acesso em: 15 fev. 1999.

TIKHOMIROV, O. K. **The theory of activity changed by information technology**. In Engeström, Y.; Miettinen, R.; Punamäki, R. (Ed.). *Perspectives on Activity Theory*. New York: Cambridge University Press. pp. 347 – 359, 1999.

TIKHOMIROV, O. K. **The Psychological Consequences of Computarization**. In Wertsch, J. V. (Ed.). *The Concept of Activity in Soviet Psychology*. New York: M. E. Sharpe Inc. pp. 256 – 278, 1981.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Checklists – 18 itens de ergonomia**. Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/check.htm>> Acesso em: 04 fev. 2002.

VALLIN, C. **Como usar o Computador na Escola**. Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/escola/prof/art19.htm>> Acesso em: 10 fev. 1999.

VASCONCELOS, C. dos S. **Para onde vai o professor? Resgate do professor como sujeito de transformação**. São Paulo: Libertad, 1998.

VIEIRA, F. M. S.; MATOS, M. L.; MAIA, R. B. **NTE Virtual: interação, colaboração e aprendizagem em rede**. Disponível em: <<http://www.proinfo.gov.br/biblioteca/textos/txntevirtual.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2002.

WEISS, A. M. L.; CRUZ, M. L. R. M. **A Informática e os Problemas Escolares de Aprendizagem**. 3ª Edição, Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho - ergonomia: método & técnica**. São Paulo: FTD, 1987.

9. FONTES DE IMAGENS

FIGURA 1: **SITE Altavista, busca por Matemática.** Disponível em: <http://www.altavista.com/sites/search/web?q=matematica&pg=q&avkw=tgz&kl=pt> Acesso em: 24 jul. 2002.

FIGURA 2: **Atividade interativa com transferidor.** Disponível em: <http://www.gor36.dial.pipex.com/AM4/trial/units/KCA005.html> Acesso em: 24 jul. 2002.

FIGURA 3: **Página inicial de curso no site “eureka”.** Disponível em: http://eureka.escolainterativa.com.br/frameset_eureka.htm Acesso em: 10 jul. 2002.

FIGURA 4: **Página com projetos de alunos.** Disponível em: <http://www.supermatematica.com> Acesso em: 01. jul. 2002.

FIGURA 5: **Página inicial do site de busca “Cadê”.** Disponível em: <http://br.cade.yahoo.com/> Acesso em: 30 jun. 2002.

FIGURA 6: **Página do site da “Revista da Web!”, edição 23 – ano 2 - agosto de 2001.** Disponível em: http://pp.uol.com.br/revistadaweb/favoritos.php?favorito_id=23&categoria_id=4&categoria=ESPECIAL Acesso em: 10 jul. 2002.

FIGURA 7: **Tela com atividade no software MegaLogo.** *Software MegaLogo*, versão 1.1, versão Luso-Brasileira CNOTINFOR.

FIGURA 8: **Atividade com Parábola.** Disponível em: <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/%7Ehistory/Java/Parabola.html> Acesso em: 24 jul. 2002.

FIGURA 9: **Tela com atividade no software Cabri-géomètre II.** *Software Cabri-géomètre II*, versão 1.0 MS Windows.

FIGURA 10: **Tela com entrada para sala de chat sobre Matemática.** Disponível em: www.somatematica.com.br/comunidade.phtml Acesso em: 29 jul. 2002.

FIGURA 11: **Tela com exercícios corrigidos on-line.** Disponível em: <http://www.gor36.dial.pipex.com/AM4/trial/units/KCA003.html> Acesso em: 29 jul. 2002.

FIGURA 12: **Tela com resposta a exercício resolvido de forma errada.** Disponível em: <<http://www.somatematica.com.br/matkids/jogo.phtml>> Acesso em: 28 jul. 2002.

FIGURA 13: **Tela com atividade realizada *on-line* sobre eqüidistância.** Disponível em: <<http://www.gor36.dial.pipex.com/AM4/trial/units/KCA014.html>> Acesso em: 10 jul. 2002.

FIGURA 14: **Tela de *site* que disponibiliza ferramentas para simulações e modelagens.** Disponível em: <<http://www.supermatematica.com>> Acesso em: 20 jun. 2002.

FIGURA 15: **Tela de *site* que disponibiliza ajuda *on-line*.** Disponível em: <www.somatematica.com.br/faq.phtml> Acesso em 29 jul. 2002.

FIGURA 16: **Tela de *site* que permite busca por palavra-chave.** Disponível em: <<http://pessoal.sercomtel.com.br/matematica/index.html>> Acesso em: 29 jul. 2002.

FIGURA 17: **Tela de sala de *chat*.** Realizada numa sala disponível em: <http://www.escolainterativa.com.br/canais/convenio_24h/index.asp> Acesso em: 06 ago. 2002.

FIGURA 18: **Tela de e-mail.** *Software* Microsoft Outlook Express 5.

FIGURA 19: **Tela com mensagem de erro.** Disponível em: <<http://www.somatematica.com.br/prova.phtml>> Acesso em: 31 jul. 2002.

FIGURA 20: **Tela de *site* com recursos dinâmicos.** Disponível em: <<http://sites.uol.com.br/sandroatini/applets.htm>> Acesso em: 02 ago. 2002.

FIGURA 21: **Tela com atividade sobre simetria de triângulos.** Disponível em: <<http://sites.uol.com.br/sandroatini/semtria.htm>> Acesso em: 03 ago. 2002.

FIGURA 22: **Tela de *site* que permite cálculos *on-line*.** Disponível em: <<http://pessoal.sercomtel.com.br/matematica/index.html>> Acesso em: 30 jul. 2002.

FIGURA 23: **Tela de construção de uma parábola.** Disponível em: <<http://www.mste.uiuc.edu/dildine/sketches/parabola.htm>> Acesso em: 28 jul. 2002.

FIGURA 24: **Tela com identificação de público alvo.** Disponível em: <<http://www.somatematica.com.br/superior.phtml>> Acesso em: 05 ago. 2002.

FIGURA 25: **Tela com arquivos para *download*.** Disponível em: <<http://www.supermatematica.com/>> Acesso em: 30 maio 2002.

FIGURA 26: **Tela com busca por palavra-chave.** Disponível em:
 <<http://www.educacional.com.br/pesquisa/respostadisci.asp?id=668&pg=1&img=15>>
 Acesso em: 05 ago. 2002.

FIGURA 27: **Blaise Pascal.** Disponível em:
 <<http://www.jogosdeazar.hpg.ig.com.br/pascal.html>> Acesso em: 10 nov. 2001.

FIGURA 28: **Pascalina.** Disponível em:
 <<http://www.jogosdeazar.hpg.ig.com.br/pascal.html>> Acesso em: 10 nov. 2001.

FIGURA 29: **Gottfried von Leibniz.** Disponível em:
 <<http://jmk.com.br/map151/leibniz.htm>> Acesso em: 15 nov. 2001.

FIGURA 30: **Máquina de calcular de Leibniz.** Disponível em:
 <<http://www.objetivopf.hpg.ig.com.br/leibniz.htm>> Acesso em: 15 nov. 2001.

FIGURA 31: **Charles Babbage.** Disponível em:
 <<http://www.cotianet.com.br/BIT/hist/babbage.htm>> Acesso em: 15 nov. 2001.

FIGURA 32: **Dispositivo mecânico de Babbage.** Disponível em:
 <<http://www.cotianet.com.br/BIT/hist/babbage.htm>> Acesso em: 15 nov. 2001.

FIGURA 33: **Norbert Wiener.** Disponível em:
 <http://www.escolaemcasa.com.br/index/divulgacao_cientifica/DivulgacaoI/momentos/home%20page/wiener.htm> Acesso em: 10 dez. 2001.

FIGURA 34: **John von Neumann.** Disponível em:
 <<http://www.universotodao.com.br/links/07-divcient1/neumann.htm>> Acesso em: 10 dez. 2001.

FIGURA 35: **Alan Turing.** Disponível em:
 <<http://www.cotianet.com.br/BIT/hist/turing.htm>> Acesso em: 20 nov. 2001.

FIGURA 36: **Máquina de Turing.** Disponível em:
 <<http://www.cotianet.com.br/BIT/hist/turing.htm>> Acesso em: 20 nov. 2001.

FIGURA 37: **Claude Shannon.** Disponível em:
 <http://www.malhatlantica.pt/mestrado/era_digital.htm> Acesso em: 7 out. 2001.

FIGURA 38: **Idéia binária de Shannon.** Disponível em:
 <http://www.malhatlantica.pt/mestrado/era_digital.htm> Acesso em: 7 out. 2001.

APÊNDICE

A PARTICIPAÇÃO DE MATEMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS

1 INTRODUÇÃO

A incorporação dos computadores e suas tecnologias agregadas, especialmente a Internet, nos processos educacionais, vem se dando num ritmo de constante crescimento. A disseminação da Internet e dos recursos a ela associados tem despertado o interesse de pesquisadores de diversas áreas. Na área educacional não é diferente.

No âmbito da Educação Matemática o uso de recursos tecnológicos também assume posição de destaque. A utilização da Internet está se tornando uma praxe em muitas escolas, especialmente naquelas situadas nas grandes cidades e ligadas à iniciativa privada. Na *Web*, os professores de Matemática têm encontrado uma forte aliada para vencer as barreiras, que a disciplina tradicionalmente coloca para boa parte dos alunos.

As novas tecnologias, entretanto, podem apresentar mais ligações com a Matemática do que as que avistamos num olhar imediato. A participação de matemáticos para que os computadores e a Internet atingissem o estágio atual vai muito além da aplicação e utilização em sala de aula. Eles são responsáveis diretos por descobertas, estudos e trabalhos considerados fundamentais no desenvolvimento de novas tecnologias. Em contrapartida, pouco destaque tem sido dado a esta participação. Nas publicações que tratam da história da Matemática são poucos os autores que se dedicaram a mostrar ou indicar as contribuições dos matemáticos ao desenvolvimento dos recursos tecnológicos. De forma geral, encontramos algumas referências a contribuições isoladas, sem indicar quais os encadeamentos que levaram a determinados avanços, bem como quais as conseqüências destes avanços. É objetivo deste texto abordar este assunto. Iniciamos traçando um breve histórico do

desenvolvimento dos computadores e da Internet. A seguir abordamos a participação de matemáticos nestes processos, evidenciando a sua importância para a evolução destas tecnologias.

2 O DESENVOLVIMENTO DOS COMPUTADORES

A busca do homem por equipamentos que o auxiliem a tomar decisões e a resolver problemas é antiga. Caso entendamos o ábaco como um instrumento cuja finalidade é nos auxiliar a manipular os números e suas operações, podemos observar que esta busca remonta há mais de cinco mil anos.

Encontramos, ainda no século XVII, o registro das primeiras máquinas de calcular, mesmo que extremamente primitivas e rudimentares. Charles Babbage vislumbrou, no início do século XIX, dispositivos capazes de manipular informações, desde que estas fossem convertidas em números.

Foi durante o século XX, entretanto, que estas máquinas tornaram-se parte efetiva de nossas vidas. Data do início deste século o surgimento da notação binária, que possibilitou o aproveitamento dos circuitos elétricos em calculadoras. Esta notação, somada à necessidade de acelerar os cálculos de tabelas, especificamente para finalidades militares, levou, na década de quarenta, à construção do ENIAC – *Electronic Numerical Integrator and Calculator*. O ENIAC, com suas trinta toneladas, 17 mil válvulas e 1500 relés, estava mais para uma calculadora gigante do que para um computador, tal como os que conhecemos atualmente (D'EÇA, 1998).

Uma visão interessante do início da era da informática moderna, e de como eram vistos os computadores neste período, pode ser encontrado em FUCHS (1970, p. 258), nos primórdios da década de 1970:

Pois todos esses dispositivos, sejam ábacos, caixas registradoras ou computadores eletrônicos, são dispositivos de contagens; isto é, eles nada mais fazem do que fornecer um aperfeiçoamento técnico ao processo de “contar nos dedos”. A palavra em latim que significa dedo é *digitus*, daí o nome de “dígitos” para os números de zero a nove, e daí o termo “computador digital”.

No início da década de 1960, com o surgimento dos transistores, tornou-se viável a construção dos circuitos integrados, que deram, mais tarde, origem aos chips de computador. Data deste período o início do uso efetivo da informática por exércitos e estruturas governamentais. Em decorrência do tamanho, do alto custo e da falta de utilidade doméstica destes equipamentos, eles estavam restritos ao uso estatal ou a algumas grandes corporações.

Nesta mesma época um grupo de jovens californianos iniciou o que se veria mais tarde ser o processo de invenção do computador pessoal. Os primeiros equipamentos nada mais eram do que máquinas enormes, sem teclados, sem tela, com capacidade de memória muito pequena e que não podiam ser programados. Segundo LÉVY (1993), eles não serviam praticamente para nada. Sua única finalidade era o divertimento de construí-los.

Na década de 1970, com o surgimento da linguagem Basic (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code* ou código de instrução simbólica de propósito geral para iniciantes), os computadores primários caminharam na direção de se tornarem dispositivos programáveis, capazes de obedecer a determinados comandos e emitir alguns resultados.

Chegou-se, então, ao equipamento que conhecemos nos dias atuais. Não se trata da máquina enorme que os exércitos e empresas já dispunham há algum tempo, mas de pequenos aparelhos, capazes de cálculos gigantescos, com grande capacidade de memória e que cabem na bolsa escolar de qualquer estudante.

3 O SURGIMENTO DA INTERNET

Paralelamente à transformação dos computadores em equipamentos domésticos, estava surgindo uma rede de comunicações, que permitisse a troca de arquivos e mensagens entre eles. Esta rede culminou com a criação da Internet.

Este período, do início da troca de arquivos entre computadores até a criação da Internet, nos moldes da *World Wide Web* (www), está descrita em vários trabalhos.

Destacamos os de LÉVY (1993), GATES (1995) e D'EÇA (1998), que nos oferecem uma visão abrangente e completa.

O projeto inicial de desenvolvimento de uma rede de comunicação entre computadores atendia essencialmente a finalidades militares. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos envolveu-se num projeto intitulado ARPAnet – *Advanced Research Projects Agency* -, que objetivava criar uma rede descentralizada de comunicações capaz de resistir a um bombardeamento ou ataque nuclear, que, à época da guerra fria, era tido como provável. Desta forma, em 1969 o Pentágono criou a sua própria rede. O objetivo principal era que os envolvidos em projetos militares, trabalhando em locais diferentes dos Estados Unidos, pudessem compartilhar recursos e informações. A troca de mensagens, necessária e fundamental para que a rede obtivesse êxito, culminou com a criação dos *e-mails*. O espírito da rede neste período era o de possibilitar que, em caso de destruição parcial da sua estrutura, os arquivos seguissem por uma rota que não tivesse sido atingida, garantindo assim a integridade e integralidade das informações (D'EÇA, 1998).

Esta rede foi, até o fim da década de 1980, uma rede governamental a serviço de laboratórios militares e departamentos científicos. A partir do momento em que ela se tornou conhecida de acadêmicos e pesquisadores, ganhou novas utilidades e abriu uma série de novas possibilidades.

Foi criada, então, a NSFNET (*National Science Foundation NETwork*), que objetivava estabelecer a ligação entre cinco centros de super computadores, localizados em cinco grandes universidades, facilitando a investigação acadêmica. A NSFNET foi a primeira rede que permitiu acesso universal a instituições de ensino superior.

O sucesso desta rede levou à desativação da ARPAnet, no início da década de 1990. Paralelamente, a ligação das empresas à Internet, e a redução dos preços dos equipamentos, criaram o substrato necessário para o desenvolvimento da rede e trouxeram um potencial de crescimento até então abafado. Entre as suas

potencialidades estão o comércio eletrônico, a facilidade de comunicação e a sua implementação em finalidades educacionais. Segundo D'EÇA¹ (1998, p. 23):

Ela [a Internet] abriu as portas para o Mundo, tal como os nossos navegadores o fizeram há quinhentos anos quando venceram inúmeras barreiras e deram a conhecer novos mundos ao Mundo. A Internet tem hoje uma função semelhante - não só derruba barreiras de sexo, idade, cor, distância, tempo, cultura e educação, entre outras, como permanentemente disponibiliza novos mundos (de conhecimento) ao mundo. Falar da Internet é falar de uma sala de aula sem paredes, de uma gigantesca biblioteca, de uma gigantesca base de dados, de um gigantesco museu, de um incomensurável volume de informações, de uma interação sem precedentes de computadores e pessoas, acessível vinte e quatro horas por dia.

A última, mas não menos importante contribuição para que a Internet se transformasse numa ferramenta presente e de fácil manuseio, foi a criação da *World Wide Web*, que assume uma dimensão multimídia e torna a navegação acessível até mesmo a iniciantes na sua utilização.

4 A CONTRIBUIÇÃO DOS MATEMÁTICOS

O envolvimento de matemáticos com a tecnologia, para auxiliar as suas atividades, sejam elas a resolução de problemas da chamada “matemática pura”, sejam relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem, sempre foi efetivo.

A sua relação com a tecnologia, entretanto, não fica reduzida à aplicação. Muito do desenvolvimento dos computadores e das tecnologias a eles associadas contou com a participação efetiva e decisiva de matemáticos.

Este envolvimento tem como marco inicial o nome de Blaise Pascal (1623 - 1662). O francês Pascal demonstrou, desde menino, um talento matemático natural. Filho de outro matemático eminente, Etienne Pascal, Blaise participou desde os quatorze anos, junto com seu pai, das reuniões informais do Padre franciscano Marin Mersenne, filósofo e físico francês, em Paris (BOYER, 1999).

¹ Pesquisadora portuguesa, o que justifica a referência a “navegadores que desbravaram novos mundos”.

Considerado um virtuoso em Matemática, ele contribuiu para diversas áreas deste campo de conhecimento e também da Física. Seus estudos sobre probabilidade, geometria e cônicas ficaram perpetuados.

Uma das suas maiores contribuições para a posteridade, entretanto, se deu quando por volta dos dezoito anos, dedicou-se a planejar uma máquina de calcular, da qual conseguiu vender aproximadamente cinquenta unidades. Sua calculadora mecânica era, na verdade, um dispositivo para contar.

A máquina de Pascal chegou, algumas décadas depois, ao matemático alemão Gottfried von Leibniz (1646 - 1716). Leibniz estudou teologia, direito, filosofia e matemática. Segundo BOYER (1999), ele é considerado, por alguns, o último sábio a conseguir conhecimento universal. Suas grandes contribuições à Matemática, dizem respeito ao desenvolvimento do cálculo diferencial e integral, onde disputa com Newton a posição de figura principal.

No aspecto de recursos tecnológicos, sua contribuição reside no aperfeiçoamento da máquina de Pascal. A sua calculadora era capaz de multiplicar, dividir e extrair a raiz quadrada. As calculadoras mecânicas, movidas por discos e engrenagens desenvolvidas depois das calculadoras de Leibniz, foram utilizadas até serem substituídas por outras eletrônicas.

Algum tempo depois de Leibniz, o matemático inglês Charles Babbage (1791 - 1871) voltou-se ao estudo das máquinas de calcular. Babbage é considerado, por muitos, como o pai dos computadores. Professor de matemática em Cambridge, ele concebeu a idéia de um dispositivo mecânico capaz de executar uma série de cálculos. Este equipamento seria movido a vapor e usaria cavilhas, rodas dentadas, cilindros e outros componentes mecânicos que estavam presentes na era industrial em que ele viveu (BOYER, 1999).

Mesmo sendo uma estrutura mecânica, ele previu que ela poderia seguir conjuntos mutáveis de instruções, servindo assim a diferentes funções. Para tanto, ele percebeu que haveria a necessidade de criar uma nova forma de linguagem, que se destinaria a permitir que a máquina fosse programável, através de uma série de

instruções condicionais, que lhe permitiriam modificar suas ações em respostas a diferentes situações.

Babbage foi um dos primeiros estudiosos a perceber que uma única máquina poderia servir a uma série de diferentes propósitos.

Nos anos seguintes vários matemáticos trabalharam com as idéias de Babbage. Na década de 1940 alguns deles construíram um computador eletrônico baseado nos princípios da máquina analítica de Babbage. Entre os envolvidos neste desenvolvimento podemos destacar Alan Turing, Claude Shannon, Norbert Wiener e John von Neumann.

Turing (1913 – 1954) foi um matemático inglês, oriundo da Universidade de Cambridge, que propôs o que ficou conhecido como Máquina de Turing. Trata-se de um dispositivo que trabalhava de forma mecânica utilizando algoritmos para efetuar cálculos. O esquema de Turing torna possível a formulação de algoritmos pela máquina de Turing correspondente (GATES, 1995).

Dado um problema, ela pode resolvê-lo com a utilização de papel e um dispositivo de escrita. Neste papel, em forma de uma longa tira, são anotados os passos individuais de cálculo. Esta tira ficou conhecida como “fita computadora” da máquina de Turing. A máquina se utiliza das quatro operações elementares e das instruções contidas na tira. A cada movimento desta, para frente ou para trás, um novo passo é indicado ou uma nova operação é resolvida. O seu funcionamento é controlado por um grupo de instruções, cujo esquema pode ser padronizado ou tabelado. Segundo FUCHS (1970, p. 268):

A máquina de Turing pode calcular todas as funções que um calculador “finito” pode calcular num procedimento de passo a passo. E, afinal de contas, todos nós somos calculadores “finitos”. Vastos trechos da paisagem matemática podem ser assim revelados, por meios puramente mecânicos.

Comparativamente, pode-se afirmar que a máquina de Turing era a sua própria versão de uma calculadora de uso geral, capaz de receber instruções para trabalhar com praticamente qualquer tipo de informação (GATES, 1995).

Claude Shannon (1916 - 2001) e Norbert Wiener (1894 – 1964) deram contribuições decisivas para o desenvolvimento da informática. Eles foram os responsáveis pelos primeiros passos na utilização da notação binária, que seria, mais tarde, a base para a linguagem dos computadores. É para ela que as informações são traduzidas, armazenadas e utilizadas nos equipamentos informatizados.

A notação binária está baseada na idéia de que contamos até dez apenas porque temos dez dedos. Como o computador não tem “dedos”, podemos utilizar outros sistemas de contagem que sejam mais práticos. A notação binária consiste nas idéias de aberto ou fechado, sim ou não, ligado ou desligado. Assim, elas são representadas pelos números 0 e 1, ou seja, se uma determinada chave está aberta ela recebe o número 0, se está fechada, o número 1.

A transcrição da numeração decimal para a numeração binária está fundamentada na mudança da base dez para base dois. Pode-se tomar como exemplo o número 25. Nestas duas bases ele fica representado da seguinte maneira:

Base dez: $25 = 2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$. Representando o número na base dez, temos 25.

Base dois: $25 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$. Representando o número na base dois, temos 11001.

Observa-se que é possível estabelecer uma relação biunívoca entre os dois sistemas de numeração. Deste modo, na notação binária, o sistema de numeração decimal fica traduzido da seguinte forma (tabela 2):

DECIMAL	CONVERSÃO	BINÁRIO
1	$1 \cdot 2^0$	1
2	$1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	10
3	$1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	11
4	$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	100
5	$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	101
6	$1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	110
7	$1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	111
8	$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	1000
9	$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	1001
10	$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	1010

Este sistema permite que as informações sejam duplicadas e repassadas adiante sem erros ou duplas interpretações. Enquanto os cálculos com números binários são pouco atraentes devido ao grande número de dígitos que seria preciso manipular, a tabuada de multiplicação se reduz a poucas relações. Toda e qualquer informação pode ser convertida em números usando apenas os algarismos zero e um. Em linguagem computacional cada 0 e 1 é chamado de *bit*. Um vez convertida a informação, ela pode ser armazenada numa longa cadeia de *bits*. Essas cadeias de números são o que chamamos de informação digital.

Apesar da conveniência de converter qualquer informação para representações digitais, o número de bits pode crescer muito rapidamente, o que pode levar a saturação da capacidade de memória da máquina ou provocar a lentidão na execução de cálculos e tarefas. Este é o principal motivo que nos leva a procurar computadores cada vez mais potentes e com capacidades de cálculos maiores.

Outro expoente matemático de grande importância no desenvolvimento da informática foi o húngaro John von Neumann (1903 – 1957). Neumann desenvolveu seus estudos na Alemanha, Suíça e Estados Unidos. Para muitos estudiosos, von Neumann foi um dos mais extraordinários pensadores do século XX (FUCHS, 1970).

Além de trabalhar com economia matemática e teoria dos jogos, von Neumann foi pioneiro na informática, ao propor uma solução para um dos maiores problemas ligados à construção e operacionalidade das máquinas.

Os computadores, tais como eram construídos, possuíam um sem número de válvulas. Devido principalmente ao aquecimento, ocasionado pelo funcionamento constante e simultâneo, a quantidade de válvulas que queimavam durante o trabalho causava sérias restrições ao seu uso e exigia manutenção constante. A título de ilustração, o ENIAC, já citado anteriormente, com suas 17 mil válvulas, necessitava um exército de empregados, tanto para manutenção quanto para alterar a posição de todos os seus cabos, a fim de que uma nova função fosse executada. Vale observar que esta mudança de cabos deveria ser efetuada a cada vez que se desejasse executar uma nova função (LÉVY, 1993).






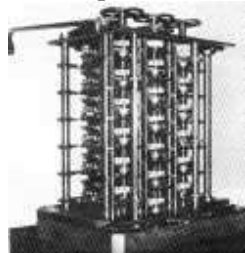


Foi von Neumann quem propôs um modelo de equipamentos que permitisse seu funcionamento sem a necessidade de mudanças de cabos. A “Arquitetura de von Neumann” como ficou conhecida, baseia-se em princípios entre os quais o de que o computador poderia executar novas tarefas a partir de instruções armazenadas na memória e não mais na alteração física de cabos. Segundo GATES (1995) von Neumann criou o paradigma que até hoje é seguido pelos computadores digitais. Ao se colocar as idéias de von Neumann em prática surgiu o computador moderno, próximo do que conhecemos atualmente.




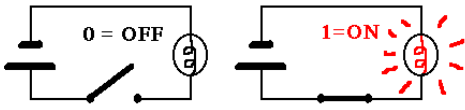
A partir da década de 1960 o desenvolvimento dos computadores começou a se intensificar. A quantidade de recursos financeiros destinados para este fim aumentou substancialmente, dando aos grandes projetos força adicional. Estes projetos, em geral, eram compostos por vários grupos, que envolviam físicos, engenheiros e matemáticos. Com o avanço da informática e as especificidades que foram surgindo, outros profissionais se fizeram necessários. Hoje os grupos de desenvolvimento são multidisciplinares, envolvendo inclusive profissionais das áreas biológicas e humanas.

5 SÍNTESE DA CONTRIBUIÇÃO DOS PRINCIPAIS MATEMÁTICOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INFORMÁTICA (tabela 3).

Podemos conseguir uma visão geral da contribuição de matemáticos no desenvolvimento da informática através do quadro de síntese a seguir, que coloca os principais matemáticos envolvidos neste processo e suas contribuições mais importantes, em ordem cronológica. Na elaboração deste quadro procuramos acrescentar retratos destes personagens, bem como ilustrações que caracterizem suas contribuições.

Quadros como este são comuns e bastante difundidos, especialmente na Internet. Entretanto eles apresentam contribuições de vários profissionais, das mais variadas áreas de atuação, sem separá-los em grupos específicos. Ao elaborarmos este quadro sintético foi nosso objetivo abordar apenas personagens intimamente ligados à Matemática.

NOME	ÉPOCA	CONTRIBUIÇÃO:																						
<p>Pascal (fig. 27)</p> 	1623-1662	 <p>Criou uma máquina de calcular, que ficou conhecida como “Pascalina” (fig. 28)</p>																						
<p>Leibniz (fig. 29)</p> 	1646-1716	<p>Aprimorou a máquina de Pascal. (fig. 30)</p>  <p>O sistema de Leibniz é hoje utilizado em cálculos mecânicos. Toda vez que um cálculo é realizado, a manivela é girada uma vez. A adição ou a subtração são feitas pela seleção de uma das engrenagens. A seguir, a roda dentada é posicionada sobre o número a ser somado ou subtraído do total. Quando a manivela é girada, a roda dentada sempre apenas a travessa correspondente ao número. O movimento é então transferido para o mostrador. É este um mecanismo que move uma posição no mostrador das dezenas a cada volta das rodas de unidade.</p>																						
<p>Babbage (fig. 31)</p> 	1791-1871	<p>É considerado o “pai dos computadores”. (fig. 32)</p> 																						
<p>Wiener (fig. 33)</p> 	1894-1964	<p>Desenvolveu, em conjunto com Shannon, a idéia de notação binária.</p> <table><thead><tr><th>Decimal</th><th>Binário</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>11</td></tr><tr><td>4</td><td>100</td></tr><tr><td>5</td><td>101</td></tr><tr><td>6</td><td>110</td></tr><tr><td>7</td><td>111</td></tr><tr><td>8</td><td>1000</td></tr><tr><td>9</td><td>1001</td></tr><tr><td>10</td><td>1010</td></tr></tbody></table>	Decimal	Binário	1	1	2	10	3	11	4	100	5	101	6	110	7	111	8	1000	9	1001	10	1010
Decimal	Binário																							
1	1																							
2	10																							
3	11																							
4	100																							
5	101																							
6	110																							
7	111																							
8	1000																							
9	1001																							
10	1010																							
<p>von Neumann (fig. 34)</p> 	1903-1957	<p>Propôs a “Arquitetura de von Neumann”, paradigma seguido até hoje pelos computadores digitais.</p>																						

<p>Turing (fig. 35)</p> 	<p>1913-1954</p>	<p>Propôs a Máquina de Turing, que trabalhava de forma mecânica para resolver cálculos matemáticos. (fig. 36)</p> 
<p>Shannon (fig. 37)</p> 	<p>1916-2001</p>	<p>Desenvolveu, com Wiener a idéia de notação binária. (fig. 38)</p> 

Do que foi apresentado, temos que os matemáticos sempre figuraram como peças chaves no desenvolvimento de novas tecnologias. A sua participação no processo evolutivo dos computadores e das tecnologias a eles associadas sempre foi efetiva e de grande importância.

Esta participação destacada fica evidente não só pelos nomes citados neste texto. É preciso lembrar que, normalmente, estes pesquisadores trabalham em grupo, envolvendo vários colaboradores e incentivadores. Por certo, em cada um dos personagens destacados, há uma série de ligações com outros matemáticos, cujas contribuições foram decisivas para o conjunto final da obra.

Ainda hoje os matemáticos estão presentes no constante desenvolvimento e aperfeiçoamento dos computadores e aplicativos a eles relacionados. A evolução dos computadores tem exigido que os softwares, os equipamentos periféricos (*scanners*, impressoras, *modems*, entre outros) e as redes de telefonia (para internet, intranet e *e-mail*) também se desenvolvam em ritmo compatível.

Estes desenvolvimentos e avanços estão sendo conseguidos por grupos multidisciplinares, compostos de engenheiros, administradores, físicos, químicos, economistas, médicos, psicólogos e matemáticos. Da mesma forma que é irreal afirmar

que os matemáticos são os personagens principais nestes grupos, também seria irreal, segundo nosso entendimento, afirmar que sem eles teríamos atingido o grau de desenvolvimento atual.