

---

## **PHYSI-ASSESSMENT – Uma Proposta de Ferramenta Automatizada para Avaliação a Distância com o Uso de Expressões Matemáticas**

**Alexandre Lopes Machado<sup>1</sup>, Felipe Afonso de Almeida<sup>1</sup>, José Silvério Edmundo Germano<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Divisão de Engenharia Eletrônica e Computação – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

<sup>2</sup> Divisão de Física – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Pç Marechal Eduardo Gomes, n 50 – Campus do CTA - 12228-900 - São José dos Campos –  
SP - Brazil

alexlm@terra.com.br, felal@ida.liu.se, silverio@fis.ita.br

**Resumo.** *As estratégias de avaliação aplicadas nas Ferramentas Gerenciadoras de Ensino a Distância existentes são do tipo questões fechadas (do tipo teste e afins) e questões discursivas (com correção manual). No ambiente de ensino a distância em desenvolvimento no ITA, a possibilidade de inclusão de outras formas de avaliação automatizadas para aplicações em ciências exatas está sendo analisada, não se limitando somente a questões fechadas e preservando o feedback instantâneo ao aprendiz. Este artigo apresenta a proposta de um Sistema de Avaliação aplicado a ciências exatas, e que pode ser integrado a uma Ferramenta Gerenciadora de EAD. Este sistema possui as seguintes características: a) questões fechadas (testes) b) questões dissertativas que podem ser resolvidas através de um ambiente que permita a manipulação de símbolos matemáticos.*

**Palavras-chave:** *ensino a distância, avaliação em ensino a distância, ferramentas gerenciadoras de EAD, MathML, apoio automatizado.*

**Abstract.** *Assessment systems employed within distance learning management tools used to have assessment strategies with closed questions of test type, and discursive questions with hand correction. On the distance learning environment developed at ITA-The Aeronautical Institute of Technology, the possibility of including new ways of automated assessment to be applied to exact sciences has been analyzed, not limited to closed questions and preserving real time feedback to the student. This paper presents a proposal of Assessment Systems applied exact sciences that can be integrated to distance learning management tools, with the following goals: a) closed questions (tests) b) written questions that can be resolved through an environment that allows the manipulation of mathematical symbols.*

**Key-words:** *distance learning, distance learning assessment, distance learning management tools, MathML, automatic support.*

---

## 1. Introdução

A Educação a Distância - EAD [Peters 1999/2003] é uma alternativa de educação que proporciona acesso a diferentes fontes de informação. Ela propicia o acesso de estudantes tardios a qualificações e amplia a qualidade do conteúdo transmitido e da aprendizagem proporcionada, e pode ser considerada como uma alternativa de minimizar a evasão escolar.

No sistema tradicional de ensino presencial, a aprendizagem é massificada e proporcionada no ritmo da média, deixando Alunos de uma mesma turma em diferentes níveis de conhecimento e aprendizagem, ocasionando desinteresses por parte dos Alunos e, conseqüentemente, a evasão escolar.

A mudança da concepção dos cursos presenciais para cursos a distância poderá vir resolver a uma série de dificuldades enfrentadas por Professores de regiões distantes dos grandes centros, como por exemplo, a escassez de tempo e recursos para deslocamento. Hoje, os avanços das tecnologias de informação e comunicação oferecem ferramentas que podem viabilizar o EAD, de modo a alcançar os Professores e Alunos em suas localidades, seja na escola ou em suas residências.

Na EAD, um dos pontos relevantes é o acompanhamento da evolução do aprendiz durante um curso, através da aplicação de avaliações. A avaliação da aprendizagem a distância normalmente aplica estratégias similares às estratégias utilizadas no ensino presencial, privilegiando questões fechadas (com testes) de forma a permitir a sua correção automática[Hentea 2003].

Este artigo descreve uma proposta de um Sistema de Avaliação aplicado a ciências exatas com as tradicionais questões fechadas e também, questões dissertativas que podem ser resolvidas através de um ambiente que permita a manipulação de símbolos matemáticos.

A seção 2 descreve o processo de avaliação e as estratégias de avaliação aplicadas em Ensino a Distância. A seção 3 descreve a estrutura da ferramenta *PHYSI-ASSESSMENT* e um detalhamento das funcionalidades presentes, e finalmente, a seção 4 encerra o artigo com as considerações finais do trabalho.

## 2. O Processo de Avaliação

Acredita-se que o desejo de Especialistas em Avaliação que apregoam a quebra de velhos paradigmas de avaliação do ensino presencial já começa a ser ouvida e melhor compreendida. Nos dias de hoje, a avaliação da aprendizagem está vivendo uma nova era. A maioria dos docentes ainda ignoram as características de uma avaliação democrática, justa, qualitativa e significativa [Haydt 2000]. Porém outros, além de conhecer os novos paradigmas, já estão à procura de novas formas, técnicas e instrumentos que permitam colocar a teoria em prática.

Segundo [Bloom 1971], um aluno pode desenvolver as seguintes habilidades durante um processo de aprendizagem: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. A principal finalidade da avaliação da aprendizagem é a de verificar se tais habilidades foram adquiridas pelo aluno.

Ainda segundo [Bloom 1971], uma avaliação pode ser classificada em 3 tipos: Formativa, Somativa e Qualitativa.

A Avaliação Formativa possui as seguintes características gerais:

- Baseia-se num processo contínuo considerado em todos os estágios da aprendizagem;
- Permite ao Professor aperfeiçoar os seus cursos, na medida em que eles avançam;

- 
- Facilita a adaptação de cursos e seus conteúdos; e
  - Propicia a identificação de lacunas no Plano de Ensino.

A Avaliação Somativa possui as seguintes características gerais:

- Baseia-se na avaliação da eficiência geral do curso;
- Pode representar o início do desenvolvimento de um Plano de Revisão e oferecer informações básicas para a elaboração de um novo Plano, Programa ou Curso; e
- Não propicia ajuda aos atuais estudantes, uma vez que é realizada ao final do Curso.

A Avaliação Qualitativa possui as seguintes características gerais:

- É subjetiva e envolve um maior escopo e aprofundamento nas informações;
- É de difícil tabulação, porém apresenta-se mais flexível e dinâmica;
- Não se limita a questões pré-planejadas; e
- Permite abertura para outros comentários.

## **2.1. O Processo de Avaliação em Ensino a Distância e Suas Estratégias**

Os mecanismos de avaliação constituem-se num ingrediente importante na estratégia de ensino / aprendizagem, principalmente na EAD. A interatividade possível por meio do uso da Internet torna-se um diferencial importante no gerenciamento da aprendizagem à distância.

Em uma estrutura de EAD, as avaliações são individualizadas através de questões escolhidas aleatoriamente. Cada avaliação pode ser configurada para exibir correções e resultados instantâneos aos participantes. A existência de suportes de avaliação em todos os módulos garante um necessário "*feed-back*" ao Aluno e faz parte de toda uma estratégia pedagógica.

Além disso, cursos aplicados por meio de EAD costumam ser personalizados. Após os alunos participarem das avaliações, novos conteúdos são adicionados automaticamente, dependendo do desempenho de cada aluno. Isso permite que os Alunos com dificuldades tenham conteúdos de reforço, ou que os Alunos com os melhores desempenhos possam prosseguir mais rapidamente que outros.

A auto-avaliação *on-line*, com resultados imediatos, apóia o Aluno no seu processo de aprendizagem. A existência de uma base de dados com os resultados de todas as avaliações, acessível aos alunos, permite que o participante identifique claramente o seu desempenho e os seus progressos.

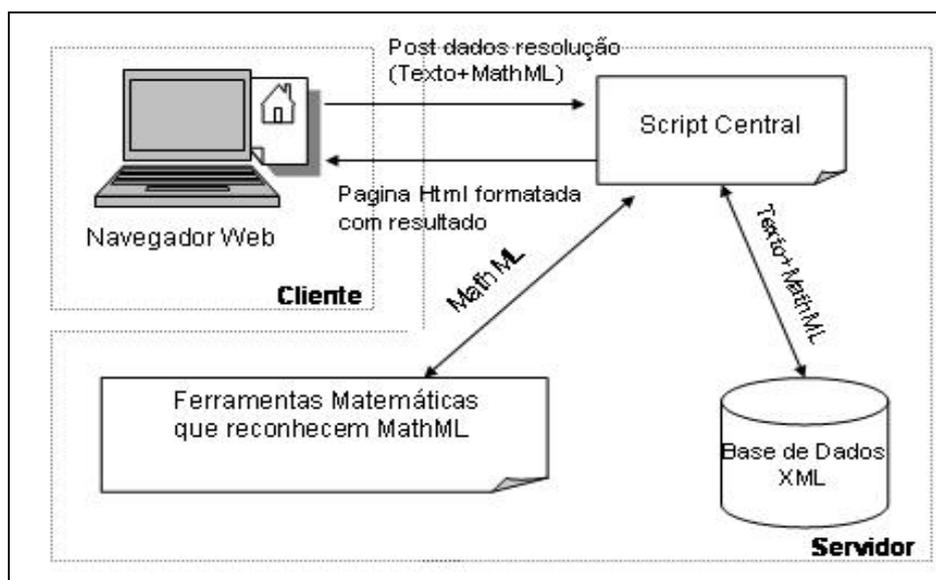
Sendo assim, a maior parte das estratégias de avaliação aplicadas nas ferramentas gerenciadoras de EAD são similares às aplicadas ao ensino presencial tradicional. Essas estratégias utilizam-se de avaliação formativa, e para que elas possam ser implementadas, privilegiam-se questões fechadas, de forma a permitir a sua correção automática.

A próxima seção descreve a *PHYSI-ASSESSMENT* como uma proposta de ferramenta de avaliação a distância que poderá ser integrada a uma Ferramenta Gerenciadora de EAD.

### 3. Ferramenta PHYSI-ASSESSMENT

O *PHYSI-ASSESSMENT* é uma ferramenta de avaliação a distância. Ela privilegia a funcionalidade de *feedback* instantâneo ao aprendiz. Suas principais características são: questões fechadas e questões dissertativas que podem ser resolvidas através de um ambiente que permita a manipulação de símbolos matemáticos.

A ferramenta possui arquitetura cliente/servidor e esta sendo desenvolvida para execução tanto no âmbito da Intranet como da Internet. A Figura 1 ilustra a estrutura funcional da ferramenta, dividida entre cliente e servidor. No lado do cliente, observa-se apenas a presença do navegador web. Na próxima seção será descrito o requisito necessário de navegador web. No lado do servidor, observa-se a presença de três componentes, sendo eles: 1) script central, responsável pela *interface* entre o cliente e servidor e, no servidor, entre a base de dados XML e as ferramentas matemáticas; 2) a base de dados XML responsável pelo armazenamento geral dos dados da ferramenta; 3) a integração com uma ferramenta matemática que reconheça MathML e que realizará computação numérica para a resolução das equações matemáticas. As linhas tracejadas da figura 1 ilustram a delimitação entre o cliente e servidor. As setas indicam o fluxo de informações durante os processos entre o cliente e o servidor.



**Figura 1. Estrutura da ferramenta PHYSI-ASSESSMENT**

A elaboração de uma avaliação consiste na definição de quais questões serão do tipo resoluções fechadas (testes) ou expressões dissertativas, onde o aluno elabora sua resolução para o problema através de um editor de equações matemáticas. As questões fechadas são testes do tipo múltipla escolha e verdadeiro / falso.

Após a definição do tipo de questões a ser inserida, é feito o preenchimento de um campo com o enunciado da questão. Para as questões fechadas, devem ser inseridas as alternativas possíveis e a correta dentre elas. Para as questões dissertativas, o Professor deve inserir o resultado correto da questão para comparação com o resultado final de cada aluno, gerado pela ferramenta matemática. Ele pode inserir diretamente o resultado correto ou executar a interface do Editor Web de Equações Matemáticas e desenvolver a sua resolução para a questão.

Depois de elaborada a avaliação, o Professor a disponibiliza para os alunos. Os Alunos se identificam na ferramenta e iniciam a avaliação. A ferramenta permite a edição das resoluções antes de finalizar a avaliação. Isso propicia que o aluno navegue entre as páginas, no

---

caso da avaliação possuir um número de questões que excedam uma página, e retorne a uma determinada questão para inserir uma nova resolução. A avaliação somente será finalizada e submetida ao servidor quando o aluno desejar, respeitando o limite de tempo definido para a sua realização, caso houver.

Para as questões fechadas, o aluno escolhe a alternativa que julgar correta e a seleciona nas opções da ferramenta. As resoluções das questões dissertativas serão escritas através do Editor Web de Equações Matemáticas, que será descrito na seção 3.2.

Após a finalização da avaliação, as resoluções são submetidas pelo navegador e armazenadas na base de dados XML da ferramenta. O eXtensible Markup Language – XML [Bray 2000] é uma linguagem para a descrição de documentos estruturados e dados e representa o padrão para troca de dados, publicações e documentos eletrônicos. Ela é uma linguagem baseada em *tags* e extensível, onde o usuário cria a sua própria linguagem.

O padrão XML foi escolhido como a base de dados pelo fato de ser uma linguagem padrão de *tags* e pelo rápido armazenamento e leitura dos dados, uma vez que cada resolução dissertativa será armazenada como atributo de um *tag* em um documento XML.

Após o armazenamento da avaliação, inicia-se o processo de validação automatizado das resoluções de cada Aluno, para a geração dos resultados instantâneos. A validação das questões fechadas com testes é feita através da comparação da resolução de cada aluno com o estabelecido pelo professor como correto. Esta comparação propicia a disponibilização dos resultados instantâneos. A resolução das questões dissertativas com expressões matemáticas será descrita na seção 3.2.

A próxima seção descreve a linguagem MathML que será utilizada pelo Editor Web de Equações Matemáticas. Ela permitirá um padrão de troca de dados do editor web da ferramenta *PHYSI-ASSESSMENT* com as ferramentas matemáticas que realizam computação numérica, além de propiciar a exibição de expressões matemáticas no navegador web.

### 3.1 MathML(Mathematical Markup Language)

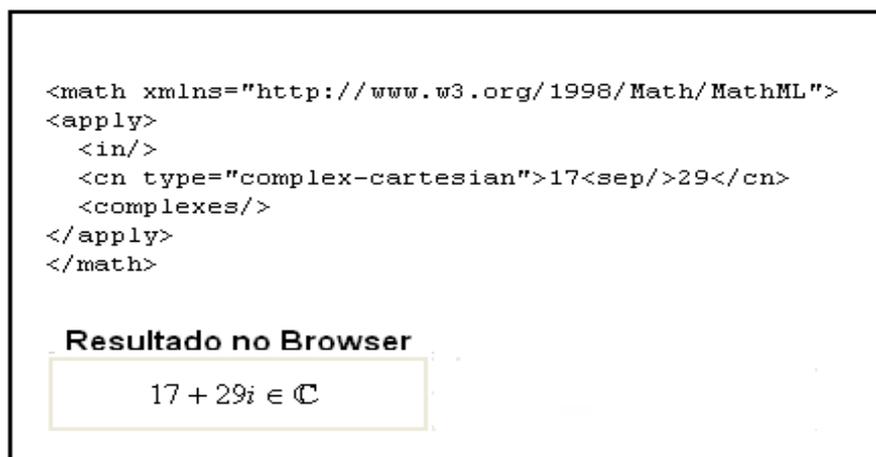
Para o uso na Web, existem linguagens de marcação com o uso de *tags* (a exemplo do HTML) derivadas do padrão XML, como a linguagem MathML (Mathematical Markup Language), reconhecida pelo W3C (World Wide Web Consortium)

MathML é uma aplicação de XML, descrevendo a notação matemática e capturando sua estrutura e conteúdo. A característica de MathML é permitir que a notação matemática possa ser enviada, recebida e processada na World Wide Web, da mesma forma que HTML proporcionou esta funcionalidade por texto [Ausbrooks 2001].

Atualmente, somente os navegadores Netscape versão 7.0, Mozilla e Amaya podem apresentar MathML[Mito 2003].

Contudo, existem alguns pacotes (*plug-ins*) que renderizam marcações MathML para serem visualizadas nos navegadores Internet Explorer a partir da versão 5.0 e Netscape a partir da versão 6.1. Dentre eles estão os *plug-ins* MathPlayer, para o navegador Internet Explorer, e o TechExplorer, para o navegador Netscape e Internet Explorer[Mito 2003].

A figura 2 demonstra um exemplo de *tags* no padrão MathML e o resultado mostrado do browser.



**Figura 2. Exemplo de estrutura de um código MathML**

A próxima seção descreve o Editor Web de Equações Matemáticas e o processo de resolução das questões dissertativas com expressões matemáticas.

### 3.2. Editor Web de Equações Matemáticas utilizando MathML

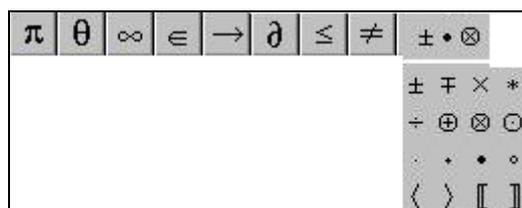
Uma ferramenta de avaliação em EAD aplicada a ciências exatas tem como necessidade básica o trabalho e manuseio de expressões com símbolos matemáticos. A matemática utiliza uma linguagem de símbolos para expressar formalismos e traz consigo a vantagem de transcender idiomas e socializar a informação de forma sincrética. A linguagem matemática é concisa – com apenas alguns símbolos, podem ser expressas idéias que necessitam de muitas explicações em linguagem coloquial – e precisa – sem dupla interpretação [Mito 2003].

O editor web de equações matemáticas é chamado em todas questões com resolução dissertativa. Ele é visualizado através de uma janela *pop-up*.

A ferramenta possui uma interface GUI que é bastante intuitiva, onde o aluno constrói complexas equações matemáticas através de *clicks*. A interface GUI é composta de três partes, sendo elas:

- 1) Palheta de ícones com símbolos matemáticos;
- 2) Espaço de edição de expressões, onde são inseridos e manipulados os símbolos matemáticos;
- 3) Modelos com expressões matemáticas de exercícios propostos.

A palheta de ícones possui diversos símbolos utilizados na construção de expressões matemáticas, sendo mais de 200 símbolos diferentes como, por exemplo, somatórios, integrais, operandos, etc. A Figura 3 ilustra a palheta de ícones com alguns símbolos matemáticos, presentes na ferramenta.



**Figura 3. Palheta de Ícones com Símbolos Matemáticos**

O espaço de edição é o local onde através de *clicks* nos ícones desejados ou digitação, são inseridos e editados os símbolos matemáticos. Através da combinação destes símbolos, são elaboradas equações matemáticas. A Figura 4 ilustra o espaço onde são editadas, criadas e carregadas as expressões elaboradas pelo aluno ou armazenadas na ferramenta.

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\frac{n!}{r!(n-r)!}$$

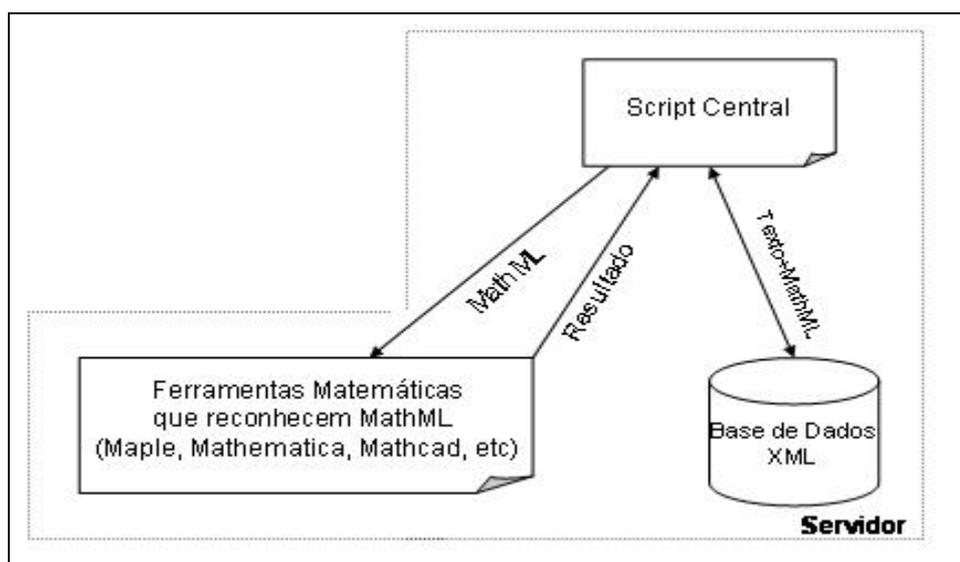
**Figura 4. Espaço de Edição de Equações Matemáticas**

Os modelos propostos são arquivos carregados e armazenados na ferramenta contendo exercícios propostos, sendo estes sugeridos para fixação do conteúdo apresentado ao aluno.

As questões dissertativas com expressões matemáticas editadas ou os modelos propostos carregados na ferramenta geram *tags* MathML. Essas *tags* serão geradas em cada clique feito em algum ícone da palheta de ícones e visualizadas através do uso desta linguagem de marcação reconhecida pelos navegadores web.

Após o armazenamento destas *tags* na base de dados, elas são enviadas através do script central para uma ferramenta matemática.

Atualmente, para a representação de símbolos e expressões matemáticas, são usadas ferramentas que realizam computações numéricas, simbólicas e gráficas (Maple, Mathematica, Mathcad) ou ferramentas para edição de fórmulas (WebEQ da Design Science, Equation Editor da Microsoft ou editores Latex com módulo matemático). A maior parte das ferramentas que realizam computação numérica são compatíveis com o padrão MathML [Mito 2003]. A figura 5 ilustra este processo. As setas indicam o fluxo de informações durante a troca de dados entre o script central, a base de dados e a ferramenta matemática.



**Figura 5. Processo de resolução das questões dissertativas**

---

Através da integração do Editor Web de Equações Matemáticas com as Ferramentas Matemáticas que realizam computação numérica, por meio do uso do padrão MathML, é possível retornar de forma instantânea se a resolução para uma determinada questão discursiva esta correta ou não. Esse processo é feito por meio da comparação do resultado retornado pela ferramenta e do resultado correto inserido pelo Professor e armazenado anteriormente.

Durante essa verificação, não são tratadas pelo Editor Web de Equações Matemáticas detalhes como, por exemplo, a inversão de fatores em expressões matemáticas que não alteram a reposta. Esse tipo de problemática será tratado de forma diferente de acordo com a Ferramenta Matemática integrada à *PHYSI-ASSESSMENT*.

Após esta validação, a ferramenta faz a contagem de acertos entre as questões fechadas e as questões dissertativas e então gera uma pagina pré-formatada com o resultado final obtido. Essa página é submetida ao Aluno que poderá ter conhecimento de seu resultado logo após o termino da avaliação.

A resolução com maior detalhamento desenvolvida por um aluno para uma questão dissertativa poderá incrementar automaticamente a base de dados de modelos propostos, para utilização como exercício de fixação de conteúdo para as próximas turmas.

#### 4. Considerações Finais

A avaliação da aprendizagem em EAD constitui um desafiante problema que motiva especialistas a empreender estudos e pesquisas, buscando maior compreensão dos caminhos percorridos e das soluções mais bem sucedidas. Em geral, a EAD utiliza-se de estratégias de avaliação similares às estratégias aplicadas no ensino presencial. As questões fechadas são normalmente as estratégias de avaliação aplicadas nas ferramentas gerenciadoras de EAD [Hentea 2003].

Os testes fechados trazem benefícios como a resolução instantânea e automática e, a criação de uma base de dados evolutiva de testes, que poderá ser reutilizada em avaliações futuras. Porém, possuem problemas como a fácil memorização de questões e suas respectivas soluções corretas, o que torna sem efeito a aplicação de uma avaliação.

A resolução de textos dissertativos é um problema de difícil implementação computável, pois envolve dentre outros fatores padrões de escritas, etc. A ferramenta CyberQ [CyberQ 2004], concebida para atuar especificamente em avaliação, possui algumas funcionalidades para análise de texto. Segundo [Hack 2000], baseada num modelo conceitual, ela possui alguns mecanismos de análise sintática, análise de comentário e análise de predicado. A análise sintática dos textos é realizada através dos índices *fleisch*, que são sistemas inteligentes baseados em regras e técnicas avançadas de sentenças onde sílabas, palavras e comprimento de sentenças são contadas. Utiliza-se uma estratégia em que a combinação dos dados dos índices *fleisch* define o estilo de cada aluno. Esta técnica permite definir, no decorrer do tempo e com exemplos suficientes, o progresso acadêmico dos estudantes.

Por outro lado, a aplicação de avaliação em disciplinas de ciências exatas permite a automatização com menor dificuldade de questões dissertativas, uma vez que a maioria das resoluções para estas questões implicam em expressões matemáticas.

A ferramenta *PHYSI-ASSESSMENT* como proposta de um sistema de avaliação a distância para ser aplicado em ciências exatas propõe novas funcionalidades como o editor web de equações matemáticas apresentadas neste artigo. Essas características poderá ser uma alternativa para agregar novas funcionalidades na aplicação de avaliação do ensino/aprendizagem a distância, mantendo a resolução automática e a geração de um "feedback" instantâneo ao aluno.

---

Pelo fato de ser uma ferramenta independente, é possível a sua incorporação à outras ferramentas gerenciadoras de EAD existentes, como um módulo externo.

## Referências

- Ausbrooks, R. et al. (2001) “Mathematical Markup Language – Version 2.0 (Second Edition)”, Disponível em <<http://www.w3.org/TR/MathML>> Acessado em : março de 2004.
- Bloom, Benjamin S. et al. (1971) “Manual de Avaliação Formativa e Somativa do Aprendizado Escolar”. Livraria Pioneira Editora: São Paulo. SP.
- Bray, Tim et al. (2000) “Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition), Disponível em <<http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006>>, Acessado em : março de 2004
- Campos, Gilda (2002) “Avaliação em cursos on-line. Formação e Treinamento On-line”. Escola Internet. Colunas. Revista TI. Disponível em <[http://www.timaster.com.br/revista/colunistas/ler\\_colunas\\_emp.asp?cod=522](http://www.timaster.com.br/revista/colunistas/ler_colunas_emp.asp?cod=522)> Acessado em: março de 2002.
- CyberQ (2004), Apollo da InterEd, Disponível em <<http://www.intered.com>> Acessado em: janeiro de 2004.
- Hack, Luciano Emilio (2000) “Mecanismos Complementares para a avaliação do Aluno na Educação a Distância”, dissertação mestrado UFRGS, Porto Alegre, RS, Abril 2000.
- Haydt, Regina Cazux (2000) “Avaliação do processo Ensino-Aprendizagem”. Editora Ática: São Paulo. 6a Edição.
- Hentea, Mariana et al. (2003) “A Perspective on Fulfilling the Expectations of Distance Education” In: CITC4’03, October 2003, Lafayette, Indiana, USA.
- Marc, J. (2001) “E-learning”, Makron Books: São Paulo.SP.
- Mito, Ingrid de Vargas et al. (2003) “ ChatMath – Uma Ferramenta para Troca de Formalismos Matemáticos na Web” In: Simpósio Brasileiro de Informática e Educação, SBIE, 2003, Rio de Janeiro. Anais (disponível em meio digital)
- Peters, Otto (1999) “Didática do ensino a distância”, Editora Unisinos: São Leopoldo. RS.
- Peters, Otto (2003) “A educação a distância em transição”, Editora Unisinos: São Leopoldo. RS.