
Aplicações no SAW - Sistema de Aprendizagem pela Web

Janine G. Moura, Leônidas O. Brandão

¹Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo (USP)
Caixa Postal 66.281 – 05315-970 – São Paulo – SP – Brasil
Telefone: 3091-9691

{janine,leo}@ime.usp.br

Resumo. Neste trabalho apresentamos o Sistema para Aprendizagem pela Web (SAW) e um módulo que temos utilizado para o ensino/aprendizagem de geometria, o sistema de geometria dinâmica iGeom. Apresentamos um novo recurso no SAW, que pode ser utilizado para o desenvolvimento de um dicionário de modo cooperativo. Este recurso foi desenvolvido para facilitar o desenvolvimento e publicação na Web de textos com construções interativas (via iGeom) e com demonstrações matemáticas. Apresentamos também alguns resultados do emprego da geometria dinâmica que motivaram este trabalho e os primeiros resultados sobre o emprego deste novo recurso para alavancar o nível de conhecimento em geometria de alunos de licenciatura.

Abstract. In this work we present the System for Web Learning (SAW) and a module for teaching and learning geometry. This module is a dynamic geometry software, named iGeom. We present a new SAW feature, that can be used to produce a collaborative dictionary. The development of this feature was motivated by previous classroom use of SAW+iGeom, with future math teachers. We also present a case study of the dictionary feature, that aimed to increase the geometry knowledge level of the future math teacher.

1. Introdução

Os computadores e as tecnologias relativas à Web têm sido bastante utilizados no ensino, existindo iniciativas de várias naturezas no emprego destes recursos. Duas destas iniciativas são os sistemas de gerenciamento de curso, como AulaNet [Fuks et al. 2004], WebCT [Goldberg and Salari 1997], Moodle [Moodle 2004] e Teleduc [da Rocha 2002], e os sistemas para **geometria dinâmica (GD)**, como iGeom [Brandão and Isotani 2003], Cabri [Laborder and Bellemain 1997] ou GSP [Jackiw 1995].

Os sistemas de gerenciamento dispõem de vários recursos genéricos, que podem ser empregados em quaisquer cursos via Web, como *fórum de discussão*, *chat* e ferramentas para avaliações do tipo múltipla-escolha. Entretanto, nestes sistemas a inserção de módulos específicos para aprendizado de conteúdos pode ser uma tarefa complicada, dependendo do tipo de módulo e de sistemas considerados é até mesmo inviável (no caso dos sistemas comerciais de código “fechado” não é possível alterá-los).

Este módulos podem incrementar a interatividade do sistema, ajudando os alunos na aprendizagem e facilitando algumas tarefas dos professores. Por este motivo os denotaremos por *módulos de aprendizagem*.

No caso específico da aprendizagem da geometria as avaliações do tipo “múltipla-escolha” não seria tão interessante quanto permitir que o aluno realize uma construção. Para isso seria conveniente incorporar ao sistema gerenciador um módulo de aprendizagem para geometria que possibilitasse construções. Por exemplo, os três sistemas de GD citados acima permitem sua utilização como *applet Java*¹, podendo portanto ser empregados para este fim.

Além disso, como as aplicações de cursos pela Web podem atender um grande número de alunos, seria muito útil que o *applet* tivesse um recurso de avaliação automática de exercícios (e de autoria de exercícios para o professor).

Estas premissas estão na base dos dois projetos aqui estudados, o *Sistema de Aprendizagem pela Web (SAW)* e o *iGeom - Geometria Interativa na Internet*. O SAW é um protótipo de sistema gerenciador de curso pela Web, concebido para aceitar módulos de aprendizagem na forma de *applets Java* com recursos de avaliação automática e comunicação (via métodos *HTTP* e *POST*). O *iGeom* é um sistema de GD implementado em *Java*, com vários recursos interessantes, como a gravação *scripts* com recorrências [Brandão and Isotani 2003].

O primeiro protótipo do SAW, utilizando o *iGeom*, foi em uma disciplina obrigatória para os alunos de licenciatura no Instituto de Matemática e Estatística da USP em 2004. Esta disciplina, *Noções de Ensino de Matemática usando o Computador (MAC118)*, tem todas suas aulas em laboratório, em geral com dois alunos por micro. As experiências no MAC118 têm sido as principais motivações para o desenvolvimento do *iGeom* e do SAW.

A partir das experiências realizadas em 2004 percebemos que uma deficiência na formação do aluno não era sanada com o uso do SAW com o *iGeom*: os alunos apresentaram dificuldades em elaborar demonstrações de teoremas simples de geometria. Mais que isso, constatamos que o uso intensivo de construções geométricas via sistema de GD reforçou o conceito errôneo de que a apresentação de um exemplo em que se verificava uma propriedade (no programa de GD) constituía uma prova matemática de que a propriedade valia sempre.

Assim, para nos certificarmos deste problema, no primeiro semestre de 2005, com o uso do SAWo *iGeom*na mesma disciplina, fizemos um experimento com uma construção que gerava uma elipse: solicitamos aos alunos que descobrissem qual era a figura gerada ao mover um ponto sobre uma circunferência (vide figura 1) e depois que demonstrassem estar correta sua conjectura. Rapidamente os alunos conjecturam se tratar de uma elipse, entretanto dos 15 alunos que enviaram resposta durante a aula, a menos de um, todos os demais alunos enviaram uma tentativa de demonstração utilizando uma expressão “dinâmica” que apenas verificava a propriedade $\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{r^2} = 1$, que caracterizaria a elipse. Na figura 1 apresentamos os arquivos do *iGeom* enviados por dois dos alunos durante a atividade.

O aluno da disciplina MAC118 deverá ser um professor de matemática, então é necessário que ele atinja rapidamente níveis elevados do conhecimento em geometria. Para isso sentimos necessidade de recursos no SAW que incentivasse/facilitasse a

¹A linguagem *Java* permite construir programas, denominados *applets*, que podem ser interpretados por navegadores Web.

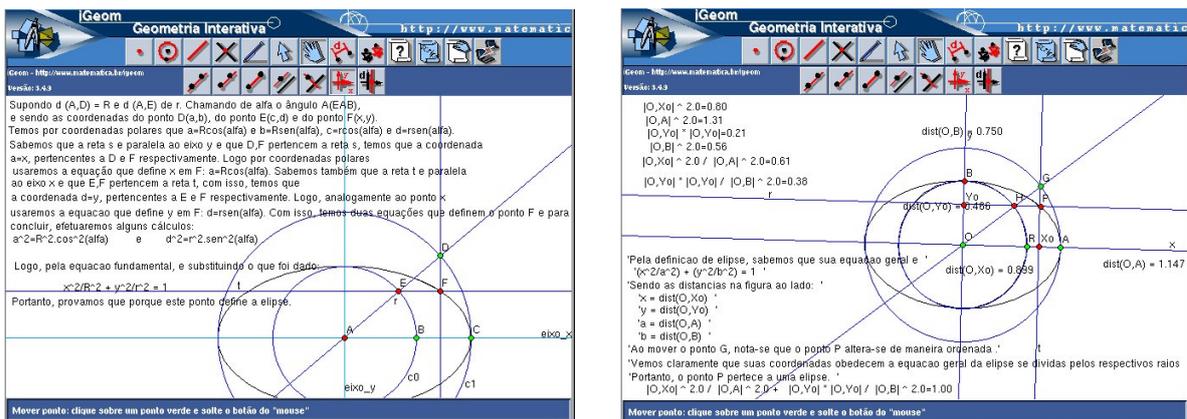


Figura 1: Tentativa de demonstração de dois alunos

elaboração de atividade em que o aluno precisasse apresentar provas matemáticas.

Neste artigo apresentamos uma solução que implementamos no SAW para suprir esta lacuna e que também poder ser utilizada na construção cooperativa de conteúdos.

2. Sistemas gerenciadores de cursos pela Web

Atualmente existem vários sistemas gerenciadores de cursos pela web. Nesta seção apresentamos alguns dos mais conhecidos.

- O *Teleduc* é um *software livre*, desenvolvido utilizando a linguagem PHP², Perl³ (para ferramenta de bate-papo) e o banco de dado MySQL⁴. Está sendo desenvolvido no NIED (Núcleo de Informática Aplicada a Educação) [da Rocha 2002] desde 1997. Tem como meta a formação de professores para a Informática na Educação.
- O sistema *Moodle* [Moodle 2004] é desenvolvido em PHP, podendo trabalhar com os bancos de dados MySQL, PostgreSQL⁵, Oracle⁶, Access⁷, Interbase⁸ e ODBC. O Moodle está disponível em mais de 50 idiomas e está sendo desenvolvido por uma grande comunidade abrangendo vários países. Seu código é livre.
- O *AulaNet* começou a ser desenvolvido em 1997 pelo Laboratório de Engenharia de Software da Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). Este sistema é *freeware* e foi desenvolvido utilizando as linguagens *Java* e *Javascript* e um banco de dados relacional compatível com ODBC [Fuks et al. 2003]. Atualmente, o AulaNet está disponível em português, inglês e espanhol. A EduWeb⁹ é distribuidora e representante exclusiva do sistema. A estrutura do ambiente AulaNet [Fuks et al. 2004], é baseado nos conceitos de cooperação, coordenação e comunicação.

²www.php.net

³www.perl.com

⁴www.mysql.com

⁵www.postgresql.org

⁶www.oracle.com.br

⁷office.microsoft.com

⁸www.borland.com/interbase

⁹www.eduweb.com.br

-
- O *WebCT* [Goldberg and Salari 1997] foi inicialmente desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação da Universidade British Columbia no Canadá, utilizando a linguagem *Java* e os bancos de dados Microsoft SQL¹⁰ e Oracle e atualmente está disponível em 14 linguagens.

3. SAW

A principal características do *SAW* que o diferenciam dos ambientes para educação a distância citados anteriormente é a possibilidade de incorporar módulos de aprendizagem na forma de *applets*. A idéia é que estes *applets* estejam relacionados com os tópicos (conteúdos) envolvidos no curso e incrementem a interatividade com o aluno.

Uma nova característica do *SAW* é seu módulo para produção de “textos”, contendo fórmulas matemática, imagens, *links* e construções interativas (no caso do uso do *iGeom*).

O *SAW* está sendo desenvolvido utilizando as linguagens PHP e Javascript e o gerenciador de banco de dados MySQL e terá brevemente seu código fonte disponibilizado na forma de “free software”.

A arquitetura do *SAW* é cliente/servidor, mas como citado acima, sua arquitetura prevê a incorporação de módulos de aprendizagem. Deste modo, parte das operações computacionais são executadas no computador cliente (por exemplo a avaliação de exercícios) diminuindo as chances de sobrecarga do servidor. Além disso, como cada *applet* tem seu próprio analisador de interação, os diferentes domínios podem dispor de diferentes formas de avaliação, tornando o sistema independente do domínio e utilizável em diversos contextos. Uma explicação mais detalhada desta arquitetura pode ser vista em [Isotani et al. 2004].

3.1. Estrutura do SAW

Os conteúdos no *SAW* são armazenados em seis diferentes tipos de componentes: cursos, aulas, tópicos, exercícios, textos e exemplos. Estes componentes estão divididos em 4 níveis: Curso está no nível 1, aula no nível 2, tópico no nível 3 e no nível 4 estão exercícios, exemplos e textos. Um componente do nível $i < 4$ é composto por um conjunto de componentes do nível $i + 1$, podendo haver dependência entre os componentes, ou seja, para que o aluno possa fazer um exercício e_i , que depende de um texto t_j e de um exercício e_k , precisará antes ler o texto t_j e resolver o exercício e_k .

A figura 2 mostra um exemplo de relação de dependência entre componentes do *SAW*. O armazenamento em componente visa facilitar o reuso de conteúdo. Por exemplo, uma determinada aula cadastrada no sistema pode fazer parte de diversos cursos.

Todo componente criado por um professor passa por um período¹¹ de teste onde somente o autor pode utilizá-lo e/ou alterá-lo, após o período de teste o componente fica liberado para todos os professores e não pode mais ser alterado. Isso evita que um professor altere um componente que está sendo utilizado em algum outro curso. Dessa forma, um componente c de nível $i + 1$ pode ser inserido em qualquer outro de nível i sem a necessidade de recriar um novo componente e a atualização deste implica na atualização

¹⁰www.microsoft.com/sql

¹¹o período de teste é determinado pelo autor do componente

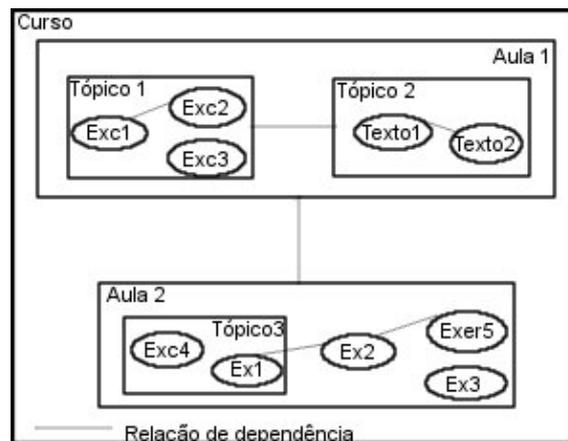


Figura 2: Exemplo de estrutura de um curso no SAW

de todos os componentes que o utilizam. Os componentes de último nível (como os exercícios), em geral, dependem do applet. Isso torna o ambiente de aprendizado mais interativo. Além disso, cada um destes componentes também pode ser editado pelo professor, dependendo dos recursos oferecidos pelo applet.

O SAW prevê a autoria de exercícios de forma *on-line* ou *off-line*. Na primeira forma o usuário/professor desenvolve seu exemplo/exercício diretamente no applet incorporado no sistema. Na forma *off-line* ele apenas envia (*upload*) seu arquivo previamente desenvolvido. Nas aplicações que fizemos, foi utilizado o *iGeom*, que permite ambas as opções. Um exemplo simples de exercício no *iGeom* é construir a mediatriz de dois pontos dados.

Todo exercício realizado pelo aluno é armazenado em banco de dados para que o professor possa verificar posteriormente a construção do aluno. Atualmente, quando o exercício está incorreto, o *iGeom* envia a solução do aluno em uma configuração que facilita a visualização do erro (contra-exemplo). Caso o professor perceba alguma inconsistência entre a solução do aluno e o que ele esperava com resposta, ele pode mudar a avaliação final do exercício do aluno no banco de dados.

3.2. Applets e *iGeom*

Para que os *applets* possam ser plenamente utilizados no SAW, eles precisam ter sistema de avaliação automática e mecanismo de comunicação (métodos HTTP e POST) [Isotani et al. 2004].

Atualmente o sistema dispõe de um *applet* com todas estas características, o *iGeom* [Brandão and Isotani 2003]. Entretanto já testamos um segundo *applet* com estas características para a introdução de conceitos de programação. E também está em desenvolvimento inicial um outro para ensino de funções, que poderá ser utilizado também no ensino de cálculo numérico no ensino superior. Estes programas serão futuramente disponibilizados a partir do “site” do *iMática* (<http://www.matematica.br>).

O *iGeom*, começou a ser desenvolvido no Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME-USP) em 2000, coordenado por um dos autores deste artigo. É um sistema implementado em *Java* e está disponível no endereço <http://www.matematica.br/igeom> [Brandão et al. 2004].

Outros sistemas de aprendizagem para ensino de matemática utilizam programas equivalentes ao *iGeom*, como os apresentados por [Kellar et al. 2003]. Porém estes programas não se comunicam com o sistema, inviabilizando a adaptação das páginas pelo sistemas de aprendizagem.

3.3. O Dicionário

O novo módulo do *SAW* que estamos denominando “dicionário” permite que o usuário produza textos com imagens estáticas e com *applets*, além de fórmulas matemáticas utilizando o *LaTeX*.

Este módulo permite diferentes usos, pelos diferentes tipos de usuários do sistema. Por exemplo, o professor pode utilizá-lo para produzir um texto explicativo de algum exercício.

O conceito do Dicionário foi desenvolvido de modo que o professor tenha informações precisas sobre os trabalhos desenvolvidos pelos alunos. Sua arquitetura é esquematizada na figura 3, sendo que:

- o administrador cadastra *tópicos* relativos aos cursos no sistema¹²;
- o professor cria o dicionário, libera vocábulos dos alunos (de modo que os demais possam vê-los) e *publica* o dicionário com os vocábulos já liberados;
- cada aluno pode criar um ou mais vocábulos pertencentes ao dicionário de sua turma, cada vocábulo deve estar associado ao menos a um tópico.

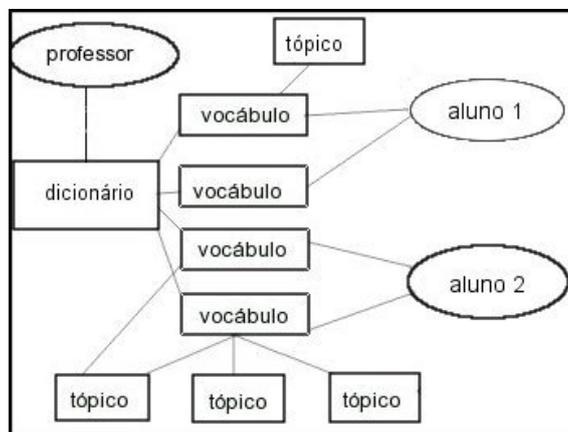


Figura 3: Arquitetura do dicionário

Na aplicação que fizemos neste semestre o objetivo foi produzir um *dicionário interativo de geometria*. Neste tipo de aplicação o professor pode deixar os alunos escolherem os vocábulos que produzirão e pode comentá-los, de modo que apenas o autor do vocábulo tenha acesso ao comentário. O professor também pode liberar vocábulos para que os demais alunos os vejam e neste caso eles também podem inserir comentários nestes.

O professor também pode *publicar* o dicionário com os vocábulos já liberados. Isso significa que o aluno poderá consultar o dicionário pelos vários índices disponíveis, um deles é gerado pela ordem lexicográfica dos vocábulos. A figura 4 apresenta um



Figura 4: Exemplo de uma publicação do dicionário

exemplo de publicação produzido na disciplina MAC118.

Este recurso também pode ser utilizado de modo parecido com uma *Wikipedia* [Aronsson 2002].

4. Aplicações

O *SAWe* o *iGeom* foi aplicado em dois cursos distintos, em 2004 e 2005 em uma disciplina do curso de licenciatura em matemática do IME-USP e no primeiro semestre de 2005 na Escola Lourenço Castanho da rede particular de ensino da cidade de São Paulo.

4.1. Escola Lourenço Castanho

No primeiro semestre de 2005, o SAW foi utilizado por professores e estudantes do primeiro ano do ensino médio, na disciplina de *Matemática II* (Geometria para o Ensino Médio). A experiência foi realizada com 4 salas de 30 alunos cada e com 2 professores. No planejamento da escola, no primeiro ano do Ensino Médio os alunos trabalham com construção geométrica, com uma aula semanal de 45 minutos, o que impossibilita o exame de muitas construções em sala. Para contornar esta limitação eram propostos vários exercícios para casa, sem a necessidade de entregá-los. Entretanto, isso não permitia uma avaliação individual do trabalho dos alunos, impossibilitando o professor identificar a dificuldade de cada aluno. Em 2004 esta disciplina resultou em mais de 80% dos alunos em recuperação no final do primeiro trimestre.

No primeiro trimestre deste ano o SAW foi utilizado como um projeto piloto. Todos os alunos foram convidados a utilizá-lo, mas seu uso não era obrigatório.

¹²Por exemplo, em Geometria, alguns tópicos poderiam ser “trigonometria”, “pontos notáveis num triângulo” e “polígonos regulares”

O uso do *SAW* com o *iGeom* foi feito de duas maneiras:

- nas duas primeiras semanas foi realizada uma introdução ao sistema (*iGeom* e *SAW*), utilizando o laboratório de informática da escola;
- no restante do semestre os alunos trabalharam no sistema fora do horário de aula, mas contando com plantões de dúvidas dos professores em alguns horários.

As aulas no sistema foram elaboradas pelos dois professores citados, com os mesmos exercícios utilizados nos anos anteriores, e os alunos tinham o período de até 14 dias para resolvê-los. Neste projeto procurou-se observar: o desempenho dos alunos que usaram o *SAW* em relação àqueles que não usaram e a relação entre as construções que os alunos fizeram no *iGeom* com as construções feitas em atividades com régua e compasso.

No final do trimestre observou-se que em torno de 40% dos alunos usaram o *SAW*. Dentre os que o usaram, 30% ficaram de recuperação, enquanto dentre os que não usaram o *SAW*, 70% ficaram de recuperação.

Um fato interessante observado foi que alguns alunos conseguiam fazer as construções no *iGeom* mas não conseguiam reproduzir o mesmo exercício usando régua e compasso, este é um fato que precisa ser analisado.

Notamos que os alunos não estavam habituados a estabelecer relações, por exemplo: Uma das aulas consistia em exercícios envolvendo a construção de polígonos (quadrado, triângulo equilátero, hexágono e pentágono) inscritos em uma circunferência. Observamos que para muitos alunos era desconhecido as características das figuras geométricas e assim, tiveram uma grande dificuldade para resolver o primeiro exercício (quadrado inscrito na circunferência) e alguns só conseguiram resolver com professor de plantão dando dicas, porém observamos que depois desta etapa os alunos conseguiam resolver os outros exercícios sem maiores dificuldades.

No segundo semestre serão realizadas mais aulas on-line porém agora os alunos terão obrigatoriedade de acessar o *SAW* e usar o fórum para esclarecer eventuais dúvidas. Pretendemos ainda fazer um experimento com a ferramenta Dicionário.

4.2. Disciplina MAC118

No primeiro semestre de 2004 e no primeiro semestre de 2005, o *SAW* com o *iGeom* foi utilizado na disciplina MAC118 em três turmas, uma diurna e duas noturnas, com dois professores e aproximadamente 150 alunos.

Em anos anteriores eram examinados cerca de 20 exercícios envolvendo geometria durante o semestre. Observávamos que poucos alunos participavam dando sugestões. A partir do uso do *SAW* e o *iGeom*, esta situação mudou muito. No primeiro semestre de 2005, por exemplo, a própria introdução ao *iGeom* foi feita utilizando quase que exclusivamente o *SAW*: foram propostos 10 exercícios ilustrando os recursos do *iGeom*. Em uma turma, a menos de um aluno que precisou sair antes do final, os demais fizeram com sucesso todos os exercícios durante a aula. Durante este semestre foram realizados mais de 70 exercícios.

Nestas experiências sentimos uma grande dificuldade nos alunos em elaborar demonstrações de geometria. Mais que isso, o uso intensivo da geometria dinâmica reforçava o conceito errôneo de prova matemática.

Na aplicação que fizemos foi criado um *Dicionário interativo de Geometria*. A idéia era construir um dicionário de modo cooperativo, cada aluno ficando responsável por um conjunto de vocábulos. Na turma que analisamos este trabalho, dos 49 alunos participantes, foram enviados 170 vocábulos. A figura 5, mostra uma parte de um vocábulo criado por um aluno.

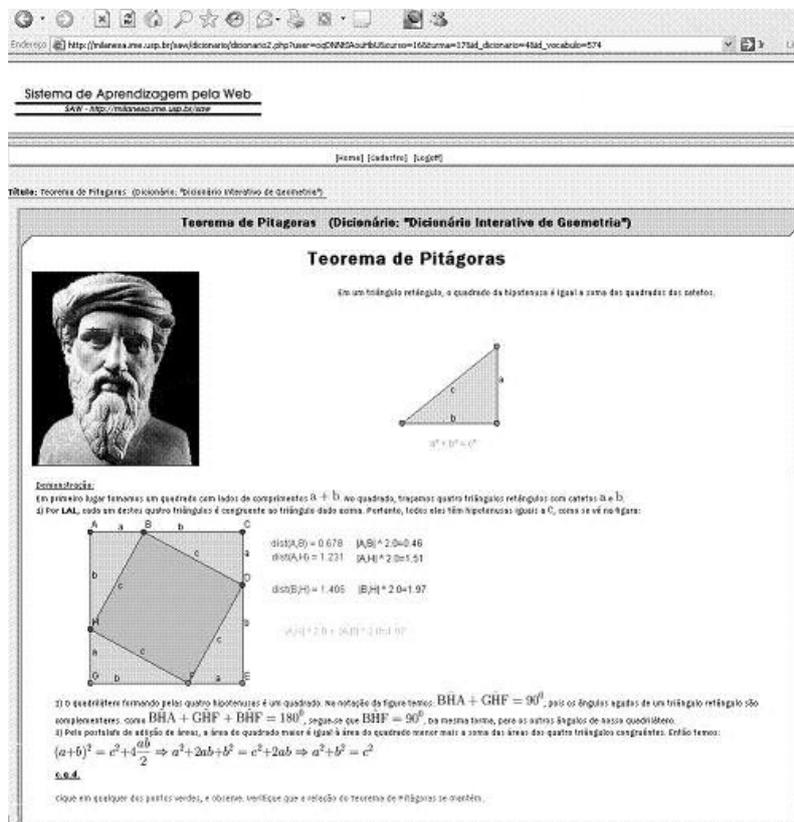


Figura 5: Exemplo de um vocábulo do Dicionário Interativo de Geometria de um aluno de MAC118

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste trabalho apresentamos alguns resultados de uso da geometria dinâmica no ensino, apontando alguns problemas de nível de conhecimento de geometria nas turmas consideradas. Estas aplicações motivaram o desenvolvimento de um novo recurso no SAW, que foi inserido no sistema como uma seção para desenvolvimento de dicionários interativos, que visa também fornecer um espaço que o aluno possa escrever texto com formalismo matemático.

Apresentamos alguns dados de aplicações do sistema com alunos de terceiro semestre de licenciatura, relativos a 2004 e a 2005, que sugerem que a quase totalidade deles desconhece como demonstrar um teorema de geometria. Também mostramos um experimento de 2005 que indica que a geometria dinâmica pode reforçar um conceito errôneo do que seja uma prova matemática.

Este trabalho deixa algumas questões que poderiam ser examinadas. Uma primeira é examinar em mais turmas o efeito da geometria dinâmica no entendimento

de prova matemática. Outra questão relacionada é se a cobrança de demonstrações pode ajudar o entendimento do conceito de prova matemática.

Um trabalho interessante seria integrar os módulos de gerenciamento de aulas interativas a algum sistema aberto, como o Moodle.

6. Referências

- Aronsson, L. (2002). Operation of a large scale, general purpose wiki website: Experience from susning.nu's first nine months in service. <http://aronsson.se/wikipedia.html>.
- Brandão, L. O. and Isotani, S. (2003). Uma ferramenta para ensino de geometria dinâmica na internet: igeom. In *Anais do Workshop sobre Informática na Escola*, pages 1476–1487. XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- Brandão, L. O., Isotani, S., and Moura, J. G. (2004). Saaw: Adaptive learning system on the web. In *Proceedings of the Webmedia & LA-Web Joint Conference*, page 121.
- da Rocha, H. V. (2002). Projeto teleduc: Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para educação à distância.
- Fuks, H., Gerosa, M., and Pimentel, M. (2003). Projeto de comunicação em groupware: Desenvolvimento, interface e utilização. In *XXII Jornada de Atualização em Informática, Anais do XXIII Congresso da SBC*, volume 2, Cap. 7, pages 295–338.
- Fuks, H., Gerosa, M., Raposo, A., and Lucena, C. (2004). O modelo de colaboração 3c no ambiente aulanet. *Informática na Educação: Teoria e Prática*, 7(1):25–48.
- Goldberg, M. W. and Salari, S. (1997). An update on webct (world-wide-web course tools) - a tool for the creation of sophisticated web-based learning environments.
- Isotani, S., Moura, J. G., and de Oliveira Brandão, L. (2004). Plug-ins based adaptive hypermedia system architecture (pibahs).
- Jackiw, N. (1995). *The Geometer's Sketchpad*. Berkeley: Key Curriculum Press/Trillas.
- Kellar, M., Zhang, R., Watters, C., Kaufman, D., and J. Borwein (2003). Dynamic composition of math lessons. In *Educational Technology & Society*, pages 100–111.
- Laborder, J. M. and Bellemain, F. (1997). *Cabri Geometry II*. Dallas: Texas Instruments.
- Moodle, D. G. (2004). Moodle - a free, open source course management system for online learning.