

# Sistemas de Geometria Interativa e Tutores Inteligentes: desafios e perspectivas de uma abordagem conjunta

Danilo L. Dalmon<sup>1</sup>, Seiji Isotani<sup>2</sup>, Leônidas O. Brandão<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo (IME-USP)  
Rua do Matão, 1010, CEP 05508-090 – São Paulo – SP – Brazil

<sup>2</sup>Human-Computer Interaction Institute – Carnegie Mellon University  
5000 Forbes Avenue, Pittsburgh, PA 15213 – EUA

{ddalmon, leo}@ime.usp.br, isotani@acm.org

**Abstract.** *Many Interactive Geometry Systems (IGS) have been studied in the last two decades and their contributions to the teaching of geometry have been documented. In the same time, Intelligent Tutoring Systems have raised as a promising field to improve computer-aided education. This article describes some challenges about using these two technologies in classrooms and discusses how a system that uses both can help teaching and learning process.*

**Resumo.** *Nas últimas duas décadas, vários sistemas de Geometria Interativa (GI) foram estudados, e seus benefícios foram documentados em diversas publicações. Ao mesmo tempo, os Sistemas de Tutores Inteligentes (STI) surgiram como aplicações promissoras para melhorar a aprendizagem dos alunos. Este artigo descreve alguns desafios enfrentados ao utilizar estas tecnologias em salas de aula e discute, para um sistema que possui ambas, perspectivas e possíveis contribuições.*

## 1. Introdução

Sistemas de *Geometria Interativa* (**GI**) são programas que facilitam uma abordagem construtiva para a aprendizagem de geometria. Esta é proporcionada atualmente por diversos sistemas, como *Cabri-Geomètre*, *Geometer's Sketchpad*, *C.a.R.*, *Cinderella* e *iGeom*. Programas de GI permitem a manipulação livre dos objetos geométricos, calculando em tempo real as propriedades dos objetos dependentes daquele movimentado, mostrando para o usuário a nova configuração. A utilização da GI em salas de aula proporciona diversos benefícios aos professores e alunos [Brandão et al. 2006], assim como novas dificuldades e problemas de utilização.

Com o intuito de superar algumas dessas dificuldades [Indiogene 2008], este trabalho discute desafios e perspectivas da inclusão de funcionalidades de *Sistemas Tutores Inteligentes* (**STI**) no *iGeom*, proposta em [Dalmon et al. 2010]. Um STI é um programa que considera o nível de conhecimento ou habilidade do aluno e recomendações do professor para interagir ativamente visando a ampliar a aprendizagem do aluno durante a realização das atividades ou na sugestão de novas tarefas [Aleven et al. 2008].

Este trabalho descreve na seção 2 a proposta de desenvolvimento de uma funcionalidade de STI no *iGeom*. Nas seções 3 e 4 discute benefícios e desafios encontrados durante a aplicação em salas de aula de sistemas de GI e STI, respectivamente. Finalmente, na seção 5 apresenta algumas contribuições previstas.

## **2. *iGeom* com funcionalidades de STI**

A proposta deste trabalho é melhorar o uso e proporcionar novas aplicações para sistemas de GI. Está em desenvolvimento funcionalidades de STI no *iGeom*, cujos detalhes e motivações são explicados em [Dalmon et al. 2010]. Essas funcionalidades são baseadas no paradigma de Tutores Rastreadores de Padrões (TRP) [Alevén et al. 2008]. Atualmente os TRP são utilizados no programa CTAT (Cognitive Tutor Authoring Tools). Trabalhos como [Butcher and Alevén 2009] mostram melhorias na aprendizagem de geometria dos alunos quando são usados exercícios interativos e inteligentes. A vantagem deste modelo é ser mais simples, não sendo necessária habilidade de programação para construir os tutores.

O processo de autoria de um exercício com TRP se dá em três etapas: (a) o professor cria a solução do exercício passo a passo, simultaneamente o sistema gera um grafo, que contém todas as ações utilizadas para levar do estado inicial à resposta final (onde as etapas de solução são representadas pelos vértices e as ações que levam de uma etapa à outra pelas arestas). Em seguida, na segunda etapa, ele pode criar caminhos alternativos, corretos ou incorretos neste grafo. A terceira etapa é determinar as ações que o tutor deve realizar quando o aluno avançar um passo previsto no grafo.

Essas ações guiarão o aluno, ajudando-o a resolver o exercício e a assimilar o conteúdo, podendo conter, por exemplo, mensagens, animações e destaque de objetos. No caso do *iGeom* com funcionalidades de TRP, a autoria de exercícios será realizada da mesma maneira que a atual [Isotani and Brandão 2008], que compreende a primeira etapa descrita acima, com a inclusão das duas etapas posteriores, que têm caráter opcional.

## **3. Geometria Interativa em salas de aula**

Os principais benefícios da GI provêm da interatividade do aluno com os objetos geométricos. Ela permite que o aluno descubra relações que de modo tradicional (com régua e compasso) levaria muito mais tempo. Isso ocorre porque na GI o próprio aluno movimentava os objetos e verifica empiricamente o que ocorre com a construção, desse modo ajudando o aluno na importante tarefa de perceber relações envolvidas na construção. A literatura relativa ao potencial educacional da GI é bastante ampla, por falta de espaço, cita-se apenas [Ruthven et al. 2007].

Em particular, o *iGeom*, desenvolvido em Java, possui alguns benefícios adicionais. Podemos citar, dentre eles, a capacidade de ser multiplataforma e ser facilmente integrado em sistemas gerenciadores de cursos pela Web. Outro diferencial é possuir funções de auxílio à autoria e correção automática de exercícios [Isotani and Brandão 2008].

Apesar de melhorar o ensino e a aprendizagem de geometria, a aplicação de programas de GI em salas de aula pode enfrentar alguns problemas, destacamos alguns dos citados por Ruthven et al. (2007):

- Os alunos cometem erros de manipulação, como por exemplo, desejar selecionar um ponto e selecionar um ponto próximo distinto frequentemente levam tempo para serem percebidos ou corrigidos.
- Anomalias matemáticas em algumas situações especiais, como divisão por zero, valores infinitos ou erros de arredondamento podem confundir os alunos.

- Alguns professores limitam a profundidade com que os alunos utilizam a GI, entregando construções prontas para que os alunos apenas as movimentem ou até utilizando o sistema apenas como lousa interativa. Isso pode ocorrer por falta de treinamento, interesse ou por não acreditarem que o investimento no tempo de experimentação do sistema compense os benefícios.

Pela experiência em cursos ministrados com o *iGeom* pelo grupo de pesquisa ao qual os autores deste trabalho fazem parte, podemos citar:

- Os alunos possuem a necessidade de uma ferramenta de correção automática que não apenas indique se o exercício está correto. Uma informação sobre a forma ou local do erro cometido pode auxiliar os alunos a recomeçar uma solução e a não se desmotivarem com o estudo.
- Mesmo antes de enviar a resposta dos exercícios os alunos encontram dificuldades, durante a solução. Pequenas dúvidas que surgem neste caso podem ser sanadas por intervenções automáticas do tutor inteligente. Esse problema corresponde às principais sugestões recebidas pelos usuários após os testes e aplicações do sistema.

Ruthven et al. (2007) mostra que alguns destes problemas foram contornados pelo método de utilização do sistema, como utilizar as dúvidas que os alunos tinham por causa dos arredondamentos para fazê-los investigar mais. A proposta de desenvolver funcionalidades de STI no *iGeom* possui o objetivo de resolver estes problemas, além de proporcionar modos de aplicação novos. Elas podem diminuir o número de erros de manipulação, confusões causadas por arredondamentos, motivar mais alunos e professores e facilitar a resolução dos exercícios considerados difíceis [Indiogene 2008]. Ao intervir quando o aluno encontra um problema, o tutor pode reduzir o impacto negativo em sua aprendizagem.

#### **4. Aplicação de Tutores Inteligentes em escolas**

A utilização de STI em salas de aula proporciona uma série de benefícios aos alunos e professores [Aleven et al. 2008]. Uma das principais contribuições no uso de STI é aumentar a velocidade com que os alunos se apropriam do conteúdo. Com tutores inteligentes os alunos podem resolver seus exercícios e avançar sem a necessidade de intervenção do professor para esclarecer dúvidas ou avaliar a solução. Além disso, os tutores podem sugerir exercícios apropriados para cada aluno conforme a forma que resolveu os exercícios anteriores. O estudo se torna, em muitos casos, mais eficiente, rápido, prático (o aluno pode fazer em casa) e motivador. O professor ganha tempo para se dedicar a outras tarefas, como resolver dúvidas mais complexas, que o tutor inteligente não seja capaz.

Similarmente à GI, a aplicação de STI também enfrenta problemas. Um aspecto presente em vários estudos de aplicação de tutores inteligentes é a presença de exercícios que chamaremos de “estáticos”. Em um exercício estático o aluno deve preencher campos, ou realizar ações em uma ordem especificada, ou cumprir procedimentos repetitivos para resolver o exercício. Se o estudo de aplicação de tutores inteligentes utiliza apenas exercícios “estáticos”, não é possível considerar que o aluno aprende os conceitos avaliados nos exercícios, mas que o aluno aprendeu a repetir o procedimento de solução.

A introdução de funcionalidades de STI em um ambiente de GI é uma aplicação de tutores inteligentes em exercícios que não são “estáticos”. A geometria interativa permite a criação de exercícios com inúmeras formas de solução, além de incentivar o aluno a pensar de maneira abstrata e genérica, o que é muito difícil em exercícios “estáticos”. Este é um dos principais benefícios de utilizar as duas tecnologias em conjunto [Indiogene 2008].

## 5. Contribuições Esperadas

A contribuição da proposta deste trabalho é aliar as características positivas dos STI e dos sistemas de GI para solucionar ou amenizar desafios encontrados durante a aplicação destas tecnologias separadamente.

Este artigo apresentou e discutiu benefícios e desafios encontrados durante a aplicação de sistemas de GI e STI, que justificam o atual desenvolvimento de um sistema com funcionalidades de ambas as tecnologias, o *iGeom*. Alguns exemplos de desafios que se pretende superar são: problemas ligados à seleção de objetos próximos e avaliação com resposta booleana nos sistemas de GI e a pouca liberdade que os alunos têm para resolver exercícios de STI.

### Agradecimentos

Danilo L. Dalmon é financiado pela FAPESP, projeto 2010/06805-2, Leônidas O. Brandão foi parcialmente financiado pela FAPESP, projeto 05/60647-1.

### Referências

- [Aleven et al. 2008] Aleven, V., McLaren, B. M., Sewall, J., and Koedinger, K. R. (2008). Example-tracing tutors: A new paradigm for intelligent tutoring systems. *International Artificial Intelligence in Education Society*, pages p. 105–154.
- [Brandão et al. 2006] Brandão, L. O., Isotani, S., and Moura, J. G. (2006). Imergindo a geometria dinâmica em sistemas de educação a distancia: *iGeom* e SAW. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 14:p. 41–40.
- [Butcher and Aleven 2009] Butcher, K. R. and Aleven, V. (2009). Diagram interaction during intelligent tutoring in geometry: Support for knowledge retention and deep understanding. *Proceedings of the 30th Meeting of the Cognitive Science Society*.
- [Dalmon et al. 2010] Dalmon, D. L., Brandão, L. O., and Isotani, S. (2010). Melhorando a geometria interativa com o uso de tutores rastreadores de padrões: *iGeom* e CTAT. *XVI Workshop de Informática na Educação*.
- [Indiogene 2008] Indiogene, S. E. (2008). An exploration of computer based learning technologies for the teaching of geometry: elearning, intelligent tutoring systems, and dynamic geometry systems. *Spring 2008 EDCI 621 course at Texas A&M University*.
- [Isotani and Brandão 2008] Isotani, S. and Brandão, L. O. (2008). An algorithm for automatic checking of exercises in a dynamic geometry system: *igeom*. *Computers and Education*, 51(3):1283–1303.
- [Ruthven et al. 2007] Ruthven, K., Hennessy, S., and Deane, R. (2007). Constructions of dynamic geometry: A study of the interpretative flexibility of educational system in classroom practice. *Computers and Education*, 51(1):297–317.