

Análise de Usabilidade de Sistemas de Geometria Interativa para *Tablets*

Helena Macedo Reis (helenamcd@icmc.usp.br)

Simone de Sousa Borges (sborges@icmc.usp.br)

Seiji Isotani (sisotani@icmc.usp.br)

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC

Universidade de São Paulo - USP

São Carlos, Brasil

Resumo. Em sistemas de geometria interativa (GI), a interface gráfica do usuário é um importante elemento, pois a visualização dos objetos geométricos e as informações apresentadas aos usuários colaboram para a compreensão dos conceitos estudados. Interfaces desenvolvidas sem o apoio de padrões de usabilidade e/ou de diretrizes pedagógicas podem contribuir para aumentar o repúdio dos estudantes e professores em perseverarem na utilização de tais sistemas. Este artigo apresenta os resultados da avaliação da usabilidade de três sistemas de GI, nos quais a interação é realizada por meio do toque/gestos. Os sistemas foram avaliados por cinco especialistas em Engenharia da Computação com conhecimentos em usabilidade e sistemas de geometria interativa. Utilizou-se técnicas de avaliação heurística para mapear problemas relacionados à usabilidade. Observou-se que o sistema que possui interação somente por meio de gestos, quando comparado com os demais, apresentou menos problemas. No final do artigo, são feitas considerações sobre importantes diretrizes que podem ser utilizadas no desenvolvimento de interfaces de sistemas de GI com interação por meio de toque/gestos.

Palavras-chave: geometria interativa, teste de usabilidade, interface de toque

Usability Analysis of IG Systems in Tablets

Abstract. On learning of geometry using Interactive Geometry systems, the interface helps to understand the information and visualize the geometric objects. However, if these interfaces are not developed using guidelines for usability and pedagogical concepts, it can lead to teachers and students abandoning the system; in addition to superficially supporting teaching. This article presents results of a usability evaluation of three Interactive Geometry systems that have interfaces with interaction through touch/gestures. Five Computer Engineers with expertise in usability and GI systems evaluated the systems using heuristic techniques. The results indicated that the system that uses only interaction through gestures (i.e. without prior feature selection in a menu) presented less problems related to the usability compared with the others. At the end of the study, also suggested is a list of guidelines to help system developers to develop Interactive Geometry system interfaces with interaction through touch/gestures.

Keywords: interactive geometry, usability test, touch interface

1. Introdução

Sistemas de geometria interativa (GI) têm como objetivo permitir aos estudantes estudarem geometria utilizando o computador, por meio da manipulação dinâmica de

objetos geométricos, como, por exemplo, retas, circunferências e pontos (Isotani e Brandão 2004; Erez e Yerushalmy 2007; Roanes-Lozano 2003). A manipulação destes objetos geométricos, assim como a visualização e a utilização das funcionalidades do sistema ocorre por meio da interface gráfica do usuário (*Graphical User Interface - GUI*). Portanto, eventuais problemas no modo como esta apresentação é realizada podem influenciar no processo de construção do conhecimento por parte dos estudantes. Esta é uma das principais razões pela qual, tanto estudantes como professores, desistem de utilizar um sistema de GI, o que pode ser explicado, ao menos em parte, pela falta de metodologias específicas para o desenvolvimento e avaliação deste tipo de interface (Baker, GreenBerg et al., 2001). Por estas razões, é de interesse da comunidade que sistemas de GI sejam desenvolvidos de acordo com abordagens pedagógicas apropriadas e também de padrões de usabilidade. Como resultado, acredita-se que, não somente a manipulação da interface pode tornar-se mais eficiente, mas também a apresentação das informações podem ocorrer em melhores condições, favorecendo assim a realização das atividades educacionais (Baker, GreenBerg et al., 2001).

Segundo Dringus (1995), avaliações heurísticas podem ser aplicadas em interfaces de sistemas educacionais com a finalidade de mapear problemas que possam afetar o processo de construção do conhecimento. Portanto, este estudo avaliou a usabilidade de três sistemas de GI que apoiam a aprendizagem de geometria por meio de toque/gestos. O objetivo da análise realizada é identificar eventuais problemas e propor diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de GI baseados em toque/gestos. Para tal, na Seção 2 são apresentados brevemente conceitos sobre a avaliação heurística. Na Seção 3, é descrito o objetivo da avaliação, bem como a metodologia. Na Seção 4, são apresentados os resultados e a análise da avaliação. Na Seção 5 comenta-se sobre ameaças à validade, enquanto a discussão e a conclusão são apresentadas na Seção 6.

2. Avaliação Heurística

A avaliação heurística é um conjunto de critérios para identificar problemas de usabilidade em interfaces do usuário (Nielsen, 1992; Nielsen, 1993; Baker, Greenberg et al., 2001). Estes critérios são aplicados por especialistas para inspecionar uma interface e julgar a sua conformidade com critérios heurísticos. Heurísticas são regras gerais usadas para avaliar e descrever propriedades comuns das interfaces. A seguir, as dez heurísticas de Nielsen (1993) são, sucintamente, apresentadas:

- (H01) Visibilidade do sistema:** a interface deve apresentar ao usuário o que está acontecendo no sistema;
- (H02) Relacionamento entre a interface do sistema e o mundo real:** a interface deve apresentar elementos reais, que sejam lógicos ou naturais ao usuário, evitando termos técnicos;
- (H03) Controle do usuário e liberdade:** o sistema deve permitir que o usuário consiga desfazer ou refazer as suas ações, tendo “saídas de emergência” fáceis de serem identificadas pelos usuários;
- (H04) Consistência e padrões:** deve-se evitar confundir os usuários com ícones, palavras ou ações similares. O sistema deve apresentar padrões, tratando as ações similares da mesma maneira, a fim de facilitar a identificação pelo o usuário;
- (H05) Prevenções de erros:** o sistema deve ser projetado para evitar que erros sejam cometidos pelos usuários. O sistema deve apresentar caixas de diálogos de confirmação antes de realizar uma ação;

- (H06) **Reconhecimento em vez de lembrança:** deve-se evitar acionar a memória do usuário para lembrar cada elemento do sistema. Para isto, as instruções devem ser visíveis e de fácil recuperação;
- (H07) **Flexibilidade e eficiência de uso:** o sistema deve ser, ao mesmo tempo, fácil para os usuários iniciantes e permitir agilidade aos usuários experientes, que pode ser alcançado por meio de atalhos;
- (H08) **Estética e design minimalista:** a interface não deve conter informações desnecessárias ou raramente usadas pelos usuários;
- (H09) **Ajuda para reconhecer, diagnosticar e corrigir erros:** as mensagens de erros devem ser em linguagem simples, indicar o problema e sugerir uma solução;
- (H10) **Ajuda e documentação:** as informações de documentação e ajuda devem ser de fácil acesso, que sejam capazes de orientar o usuário em sua tarefa, não ocupando muito o seu tempo.

Deve-se atribuir um grau de severidade de 0 a 4 à cada heurística avaliada: (0) Não concordo que seja um problema de usabilidade, (1) **Cosmético:** problema superficial; (2) **Leve:** problema de usabilidade pequeno, baixa prioridade; (3) **Sério:** problema de usabilidade severo, alta prioridade e (4) **Crítico:** prioridade máxima, intervenção imediata por impedir que os usuários utilizem inapropriadamente a interface. Atribuir valores aos problemas encontrados ajuda os desenvolvedores a estimarem o investimento para solucionar o problema de usabilidade. A avaliação heurística é frequentemente utilizada por pesquisadores que procuram avaliar a usabilidade de uma interface em um curto período de tempo e que o processo de avaliação tenha um custo baixo. Normalmente é conduzido de 3 a 5 avaliadores, que geralmente conseguem identificar de 75-80% de todos os problemas de usabilidade e por ser bem documentada, pode ser replicada facilmente (Baker, Greenberg et al., 2001). Neste estudo, a avaliação heurística foi escolhida, principalmente, devido ao tempo mínimo que é necessário para avaliar um sistema, e também aos baixos custos envolvidos. Na próxima seção serão apresentados maiores detalhes sobre como estas atividades foram conduzidas e também os resultados observados.

3. Teste de Usabilidade

Atualmente é de nosso conhecimento a existência de três sistemas (Figura 1) para dispositivos móveis que possibilitam o aprendizado da geometria por meio de gestos/toque: (a) Geometry Pad*, (b) GeoGebra† e (c) Sketchometry‡. Entretanto, até o momento não foram identificados estudos empíricos referentes à usabilidade da interface destes sistemas, tampouco foram encontrados os critérios técnico-pedagógicos utilizados pelos desenvolvedores para desenvolver tais interfaces. Desta forma, este estudo apresenta os resultados de um teste de usabilidade que foi realizado utilizando estes sistemas, com o propósito de mapear eventuais problemas de usabilidade. Os problemas identificados, foram categorizados com o objetivo de propor diretrizes que possam ser utilizadas futuramente por aqueles que desejem desenvolver sistemas de GI para dispositivos móveis.

* <http://www.stemonmobile.com/geometry-pad/>

† http://www.geogebra.org/cms/pt_BR/download/

‡ <http://www.sketchometry.org>

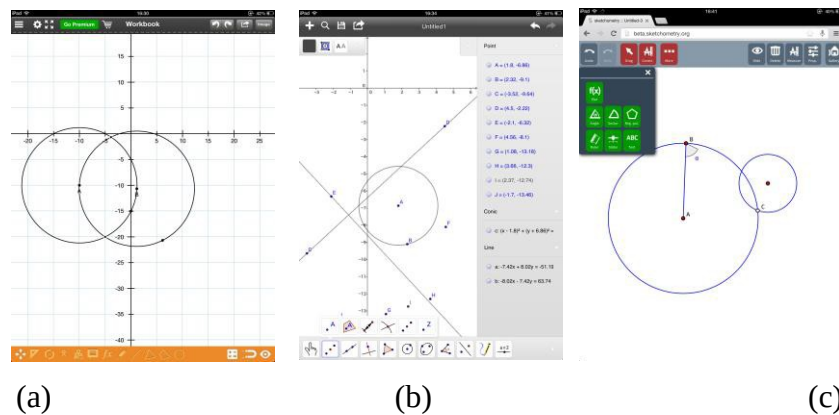


Figura 1. Sistemas de GI para Tablets avaliados

3.1 Metodologia

Com o intuito de manter um enfoque qualitativo sobre a análise dos resultados da avaliação realizada, nesta seção a metodologia utilizada é descrita sucintamente, entretanto maiores detalhes sobre os avaliadores, o processo de avaliação e os artefatos elaborados podem ser conferidos no protocolo da pesquisa disponível em: <http://goo.gl/Ner2hQ>. Inicialmente, para a avaliação das heurísticas nos três sistemas, foram convidados cinco especialistas, denominados “avaliadores”. O modelo de *tablet* utilizado foi o iPad de 10 polegadas com sistema operacional iOS 5 e para auxiliar na coleta das respostas, foi utilizado um computador contendo o questionário do teste de usabilidade. O teste foi realizado em quatro etapas (Figura 2).

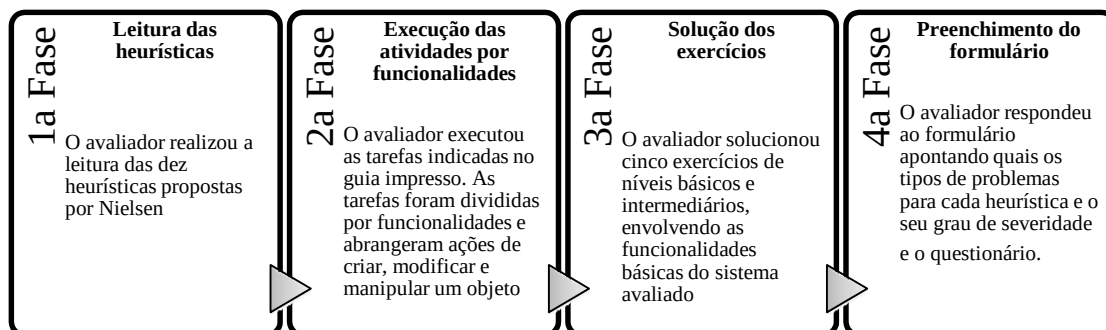


Figura 2. Fases da avaliação heurística nos sistemas propostos pelos avaliadores

A **primeira etapa** consistiu na leitura, por parte dos avaliadores, das dez heurísticas de Nielsen (1993), apresentadas na seção anterior. Na **segunda etapa**, os avaliadores aplicaram as dez heurísticas apresentadas para cada item da lista de atividades. Estas atividades foram agrupadas de acordo com o tipo de funcionalidade que o sistema de GI disponibiliza:

- Ponto
- Ponto médio
- Reta
- Segmento de reta
- Semirreta
- Perpendicular
- Paralela
- Circunferência
- Medida ângulo
- Intersecção

Para cada funcionalidade, foram realizadas atividades que envolveram a construção de objetos básicos de geometria (e.g. criação de ponto, ponto médio ou reta), manipulação desses objetos (e.g. mover o ponto) e edição (e.g. modificar o tamanho do ponto). Na **terceira etapa**, os avaliadores resolveram uma lista de exercícios de nível básico a intermediário. Por fim, na **quarta etapa**, os avaliadores responderam o

formulário sobre as heurísticas de usabilidade de acordo com o grau de severidade, e também um questionário abordando a utilização do sistema de modo geral.

4. Análise dos Dados

Após os sistemas de GI terem sido avaliados, foi criada uma lista para cada sistema contendo todos os problemas encontrados e as suas classificações heurísticas. É importante ressaltar que devido à complexidade de uma das atividades, os erros/problemas para esta atividade foram classificados em mais de uma heurística, afetando assim a sua frequência. O gráfico na Figura 3 são apresentadas a frequência de problemas encontrados em cada uma das heurísticas avaliadas e para cada um dos sistemas avaliados. No eixo x, é mostrado a abreviação das heurísticas, que os seus significados foram apresentados na Seção 2. No eixo y, é mostrado a quantidade de vezes que o problema foi encontrado.

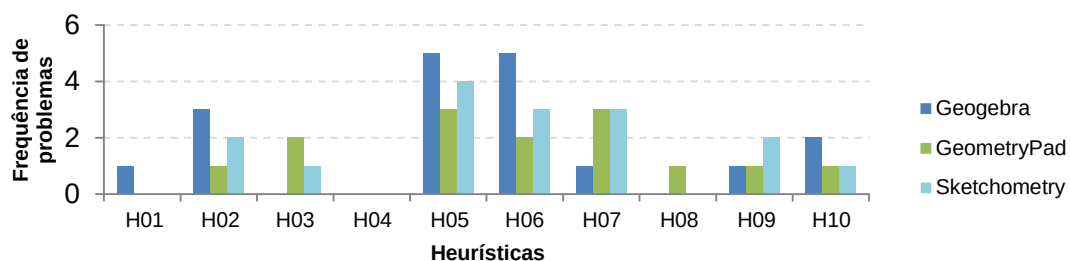


Figura 3. Frequência de problemas encontrados por heurística e por *sistema* avaliado

Na Figura 3, é possível observar que nenhum dos três sistemas apresentaram problemas relacionados a consistência e padrões (H04). Isso indica certo grau de maturidade nos sistemas analisados, uma vez que todos eles são versões adaptadas de sistemas de geometria interativa desenvolvidos para computadores de mesa. Entretanto, um número considerável de problemas na heurística H05 foram encontrados nos três sistemas. Ou seja, nenhum deles possui funcionalidades que auxiliam na prevenção de erros durante a criação de uma construção geométrica. Além disso, o sistema Geogebra também apresentou uma maior ocorrência de problemas nas heurísticas H02, H06 e H10, comparado com os outros sistemas. Estes problemas estão relacionados a palavras ou elementos em tela que não são familiares aos usuários, a dificuldade de lembrar como utilizou uma funcionalidade pela última vez e a carência de documentação do sistema. Este sistema também foi o único que não apresentou problemas de controle do usuário e liberdade (H03). Nas seções 4.1 ao 4.3 serão detalhados os problemas encontrados para cada sistema avaliado.

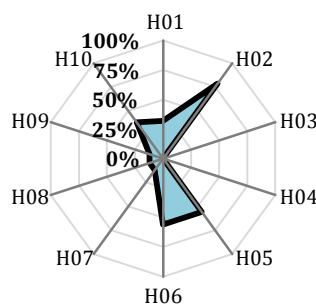
4.1. Geogebra

O principal problema encontrado pelos avaliadores foi a dificuldade de identificação das funções que encontram-se em um menu, agrupadas com outras funções com características similares. Estas funções possuem somente ícones, semelhantes entre si, o que fez com que os avaliadores se confundissem na escolha das funções que realmente queriam utilizar (e.g. ícones para a construção de círculos ou eclipses). Na Tabela 1 são apresentados os sete problemas encontrados no sistema Geogebra e na Figura 4 é possível identificar os problemas encontrados em cada heurística e o seu grau de severidade. É possível notar que a H02 (correspondência entre o sistema e o mundo real) tem maior severidade (aproximadamente 75%), se comparado com os demais problemas. Isto indica que este problema é crítico e precisa ser analisado em futuras versões do sistema.

Tabela 1. Lista de problemas encontrados no sistema Geogebra e a classificação de suas heurísticas

Problema	Heurísticas
Não tem passos para a construção dos objetos	1, 5, 6
Ícone novo não está no padrão	2, 5, 6
Ícone abrir não está no padrão	2, 5, 6
Ícones similares	2, 5, 6
Não tem teclas de atalho	7
Falta descrição das funções	5, 6, 9, 10
Não tem manual ou ajuda	10

As heurísticas H05 (prevenção de erros) e H06 (reconhecimento em vez de lembrança) possuem o segundo maior número de severidade do sistema (aproximadamente 50%), enquanto não foram encontrados nenhum problemas relacionados com as heurísticas H03 (controle do usuário e liberdade) e H04 (consistência e padrões).

**Figura 4.** Grau de severidade entre as heurísticas no sistema Geogebra

4.2. Geometry Pad

Os oito problemas encontrados neste sistema são apresentados na Tabela 2 e na Figura 5, são apresentados o grau de severidade dos problemas encontrados de acordo com a classificação das heurísticas.

Tabela 2. Lista de problemas encontrados no sistema Geometry Pad e a classificação de suas heurísticas

Problema	Heurísticas
Não consegue perceber que o menu possui sub-opções	2, 5
Não consegue excluir mais de um objeto ao mesmo tempo	3, 7
Difícil de encontrar e lembrar as funções que deseja usar	5, 6
Não tem teclas de atalho para criar ou manipular	7
Difícil encontrar a função excluir	3, 6, 7
Botão para exportar em diferentes formatos não precisa estar na barra de título	8
Não mostra mensagem de erro quando faz uma construção errada	5, 9
Não tem manual ou ajuda	10

Observa-se que a heurística relacionada com ajuda a identificar, diagnosticar e corrigir erros (H09) possui a maior severidade entre as heurísticas, apresentando aproximadamente 75% de gravidade no sistema, em que a sua solução é considerada emergencial. As heurísticas relacionadas a controle do usuário e liberdade (H03), prevenção de erros (H05), reconhecimento em vez de lembrança (H06) e flexibilidade e eficiência de uso (H07) apresentaram aproximadamente 50% de severidade. A

heurística H08 apresentou o menor grau de severidade no sistema, correspondendo aproximadamente 9%, sendo considerada baixa prioridade para a sua solução.

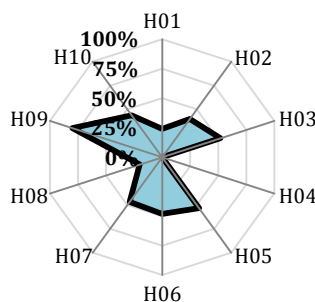


Figura 5. Grau de severidade entre as heurísticas no sistema Geometry Pad

4.3. Sketchometry

No sistema Sketchometry foram encontrados seis problemas (Tabela 3), sendo o menor número se comparado com Geogebra e GeometryPad. Neste sistema, a interação ocorre de uma maneira diferente dos outros dois: o estudante executa somente gestos para realizar as construções geométricas, sem escolhe-las previamente em um menu. Enquanto o avaliador estava construindo o objeto geométrico, foi mostrado no canto superior qual objeto estava sendo construído com o determinado movimento (e.g. circunferência, reta, perpendicular). Apesar do sistema ter informado qual objeto estava sendo construído, não foi mostrado quais os passos realizados para a construção do objeto. Isto fez com que os avaliadores apresentassem dificuldades em saber quais gestos deveriam ser realizados para construir o objeto geométrico desejado.

Tabela 3. Lista de problemas encontrados no sistema Sketchometry e a classificação de suas heurísticas

Problema	Heurísticas
Não informa como realizar as construções	5, 6, 9
Não é intuitivo a criação da paralela ou perpendicular	2, 5, 6
Não consegue excluir mais de um objeto ao mesmo tempo	3, 7
Modo de construção e movimentação confunde	2, 5, 7, 9
Os gestos são complicados para usuários novatos	5, 6, 7
Não tem manual ou ajuda	10

Na Figura 6 é apresentado o grau de severidade entre os problemas encontrados e a classificação de suas heurísticas. É possível observar que não foram encontrados problemas nas heurísticas relacionadas a consistência e padrões (H04) e estética e design minimalista (H08). Entretanto, a heurística relacionadas a visibilidade do status do sistema (H01) e ajuda e documentação (H10) apresentaram maior grau de severidade no sistema, correspondendo aproximadamente 75%.

Em seguida, as heurísticas relacionadas a correspondência entre o sistema e o mundo real (H02), prevenção de erros (H05), reconhecimento em vez de lembrança (H06), flexibilidade e eficiência de uso (H07) e ajuda para identificar, diagnosticar e corrigir erros (H09) apresentaram grau de severidade aproximadamente 50%. Apesar deste sistema apresentar uma menor frequência de erros, a maioria deles são considerados com alto grau de severidade e que pode afetar no uso do sistema pelos usuários.

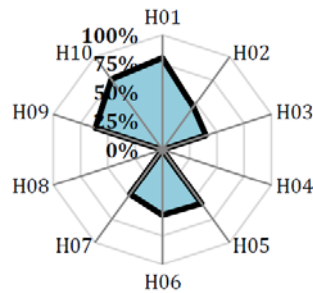


Figura 6. Grau de severidade entre as heurísticas no sistema Sketchometry

4.4. Questionários

Um questionário[§] sobre informações sobre o uso dos dispositivos foi proposto aos avaliadores. Cada avaliador deveria escolher um número de 1 a 5 para responder as perguntas do questionário, considerando: 1 – Péssimo, 2 – Ruim, 3 – Regular, 4 – Bom e 5 – Excelente.

O gráfico da Figura 7 mostra a pontuação final de cada questão do questionário e a comparação desta pontuação entre os sistemas avaliados. A Q1 mostrou que os avaliadores consideraram que o tamanho da tela está menos adequada para realizar as atividades no sistema Geometry Pad, se comparado com Geogebra e Sketchometry. Os resultados da Q2, é possível observar que o sistema Sketchometry possui a menor pontuação indicando que a interação por meio de dedos não foi fácil ou intuitiva. Além disso, o mesmo sistema possui menor pontuação para a Q3, em que os gestos para construir os objetos geométricos não foram intuitivos ou naturais. Já o Geogebra apresentou uma maior pontuação em relação a Q2, enquanto na Q3 tanto o Geogebra quanto Geometry Pad possuíram a mesma pontuação.

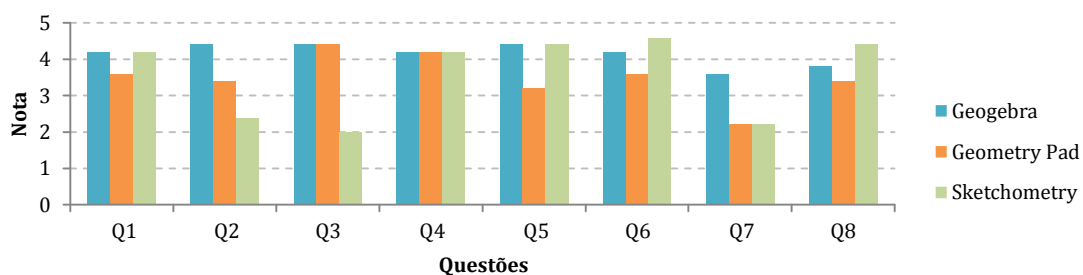


Figura 7. Pontuação final para cada questão do questionário

Todos os avaliadores consideraram que o conhecimento prévio em geometria afetou no modo de interação e construção dos objetos geométricos em todos os sistemas avaliados, respondendo a Q4. Esta questão apresentou a mesma pontuação para os três sistemas. Na Q5, que aborda o quão agradável é a tela do sistema, somente o Geometry Pad apresentou uma pontuação menor entre os sistemas. Já na Q6, o Sketchometry

[§] **Q1:** O tamanho da tela é adequado para realizar as atividades?; **Q2:** A utilização dos dedos para interagir com o sistema foi fácil?; **Q3:** Os gestos para construir os objetos geométricos são intuitivos/naturais?; **Q4:** Os conhecimentos matemáticos previamente conhecidos afetou no modo de construir os objetos geométricos?; **Q5:** As telas lhe parecem visualmente agradáveis?; **Q6:** A interface está adequada para um dispositivo móvel (ou é semelhante a interface de um sistema de *desktop*)?; **Q7:** A interface é fácil de aprender?; **Q8:** A execução das atividades é mais rápida?

apresentou uma pontuação maior, mostrando que este sistema foi desenvolvido mais adequadamente para os dispositivos móveis e que explora melhor os seus recursos. Novamente o Geometry Pad apresentou a menor pontuação entre os sistemas avaliados. No aspecto referente a facilidade de aprendizado da interface abordado na Q7, os sistemas Geometry Pad e Sketchometry apresentaram a mesma pontuação, no entanto, menor que o Geometry Pad. Por fim, o Sketchometry apresentou maior pontuação em relação a maior velocidade em execução das atividades abordada na Q8, comparado com os outros sistemas avaliados.

5. Ameaças à Validade

A fim de garantir que a maioria dos problemas de usabilidade fossem encontrados, foram selecionados avaliadores com conhecimentos em engenharia de *software*, sistemas de GI e avaliação heurística. Porém, não pode ser descartado a ameaça em relação a opiniões e experiências pessoais dos avaliadores, que podem avaliar os problemas de maneiras diferentes, atribuindo um grau de severidade diferente dos demais e assim afetar nos resultados. Outra possível ameaça identificada é a possibilidade dos avaliadores não conseguirem encontrar todos os problemas nos sistemas, devido ao seu baixo número. Apesar de cinco avaliadores apresentarem um melhor custo-benefício para a avaliação de usabilidade, Nielsen e Molich (1990) mostra que um maior número de avaliadores pode aumentar o número de problemas encontrados.

6. Discussão e Conclusão

No decorrer deste estudo foi possível observar que na avaliação heurística os três sistemas de GI para *tablets* apresentaram quatro problemas que foram considerados críticos, sendo eles correspondência entre o sistema e o mundo real, prevenção de erros, reconhecimento em vez de lembrança e ajuda e documentação. Entretanto, dentre os sistemas avaliados, o Sketchometry apresentou menos problemas associados a usabilidade, indicando que a construção de gestos somente por meio de toque/gestos pode auxiliar na execução das atividades. Apesar dos avaliadores considerarem que o menu dos sistemas Geogebra e Geometry Pad possa facilitar na localização das funcionalidades e aprendizado da interface pelos usuários novatos, foi observado que os sistemas Sketchometry pode ser eficiente ao ser utilizado por usuários mais experientes. Também foi considerado pelos avaliadores, que esta experiência e aprendizado das interfaces é afetado pelo conhecimento prévio em geometria, em que a construção dos objetos geométricos estão relacionados com os conceitos da geometria.

Apesar do sistema Sketchometry apresentar problemas mais graves que os outros sistemas, foram listados menos itens que podem prejudicar no momento da interação. O principal problema apresentado foi a falta de informações sobre quais gestos os usuários deveriam fazer, fazendo com que o usuário precise testar o gesto para depois verificar qual objeto foi construído. Por possuir uma interface minimalista, há menos ícones apresentados em tela, e assim reduz a possibilidade do *sistema* utilizar ícones que não estão no padrão ou que não correspondem ao mundo real. Entretanto, este tipo de interação, redução de ícones e menu, causa problemas na prevenção de erros. Quando o usuário não sinaliza previamente o que deseja fazer em um sistema totalmente gestual, há uma dificuldade maior para que o sistema consiga identificar o gesto que deseja fazer e evitar que o usuário cometa algum tipo de erro.

Em vista em todos esses problemas apresentados neste estudo, algumas diretrizes são propostas para o desenvolvimento de sistemas de GI para *tablets*:

- Guia de ajuda visual (figuras que mostram os gestos e funções que o sistema possui) na primeira vez que o sistema seja executado, até ser desabilitado pelo o usuário;
- Painel de mensagens que mostre passo-a-passo das construções, e que seja exibida perto de onde o usuário esteja executando o gesto;
- Oferecer sempre dicas de utilização ao entrar no sistema;
- Utilizar ícones que sejam padrões em outros sistemas e que caso sejam semelhantes, possuir uma descrição textual;
- Criar gestos que sejam mais intuitivos e que são utilizados no cotidiano dos usuários;
- Oferecer manual de ajuda, contendo todas as funções que o sistema possui e os seus respectivos gestos. Este manual deve estar visível e podendo ser consultado a qualquer momento.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro. Estendemos também nossos agradecimentos aos especialistas que avaliaram os softwares apresentados neste trabalho: Flor K. M. Amanqui, Luis F. Moro, Draylson M. de Souza, Laís Z. Pedro, Alexandre Defelicibus, Olibário Neto e Rdolfo P. Miqueloni.

Referências

- BAKER, K.; GREENBERG, S.; GUTWIN, C. Heuristic Evaluation of Groupware Based on the Mechanics of Collaboration. In: **EHCI '01 Proceedings of the 8th IFIP International Conference on Engineering for Human-Computer Interaction**, páginas 123–140, 2001.
- DRINGUS, L. P. An iterative usability evaluation procedure for interactive online courses. **Journal of Interactive Instruction Development**, vol. 7, n. 4, páginas 10–14, 1995.
- EREZ, M. M.; YERUSHALMY, M. “If You Can Turn a Rectangle into a Square, You Can Turn a Square into a Rectangle ...” Young Students Experience the Dragging Tool. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, vol. 11, n. 3, páginas 271–299, 2007.
- GRUDIN, J. Why CSCW Applications Fail: Problems in the Design and Evaluation of Organizational Interfaces. In: **CSCW '88 Proceedings of the 1988 ACM conference on Computer-supported cooperative work**, páginas 85–93, 1988.
- ISOTANI, S.; BRANDÃO, L. Ferramenta de avaliação automática no iGeom. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, páginas 328–337, 2004.
- NIELSEN, J. Finding Usability Problems Through Heuristic Evaluation. In: **In Proceedings of CHI '92 (Monterey)**, páginas 373–380, 1992.
- NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco, CA, 1993.
- NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: **CHI '90 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, páginas 249–256, 1990.
- ROANES-LOZANO, E.; ROANES-MACÍAS, E.; VILLAR-MENA, M. A bridge between dynamic geometry and computer algebra. **Mathematical and Computer Modelling**, vol. 37, n. 9-10, páginas 1005–1028, 2003.