

# E-Mages: protótipo de apoio ao ensino e aprendizagem para visualização de imagens médicas

## E-mages: prototype to support teaching and learning for medical imaging

Daniel C. Pizetta<sup>1</sup>, Carlos F. Gonçalves<sup>2</sup> e Nemésio F. Duarte Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP) – São Carlos (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Instituto de Pesquisas Tecnológicas – São Paulo (SP), Brasil.

<sup>3</sup>Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP – São Carlos (SP), Brasil.

### Resumo

Este trabalho apresenta um protótipo funcional de um *software* para aprendizado *mobile* (*m-learning*) para visualização de imagens médicas, como raios x, CT, MRI, dentre outras, voltado ao ensino de física médica e relacionados. O modelo *m-learning* foi direcionado ao pré e pós-laudo das imagens, onde há pouca necessidade de digitação. O objetivo foi fornecer conceitos sobre a construção de um *software* que pudesse suprir o ensino, e também, em modelo futuro, uma possibilidade de uso rotineiro para médicos e especialistas que trabalham com visualização de imagens médicas, principalmente em grandes centros como clínicas e hospitais, onde a demanda por esta tecnologia cresce. O protótipo passou por avaliações heurísticas e *think aloud*, e os resultados mostraram sua grande aplicabilidade.

**Palavras-chave:** aplicação de informática médica, registros eletrônicos de saúde, aprendizagem baseada em problemas, instrução programada por computador.

### Abstract

This work presents a functional prototype of software for mobile learning (*m-learning*) for the visualization of medical images such as X-rays, CT, MRI, among others, focusing on the teaching of medical physics and related issues. The model *m-learning* is most indicated in pre and post-report of medical images, where a lot of typing is not required. The objective was to provide concepts on the construction of software which could furnish teaching, and also, in the future, be a possible routine use for doctors and specialists who work with medical images, especially in large clinical and hospitals, where the demand for this kind of technology grows. The prototype was evaluated with techniques as think aloud and heuristic evaluation, and the results showed its great applicability.

**Keywords:** medical informatics applications, electronic health records, problem-based learning, computer-assisted instruction.

### Introdução

Nos últimos anos, ambientes de aprendizagem têm apresentando uma crescente importância, tendo um papel fundamental em atividades de ensino e treinamento, sendo relevantes não apenas no âmbito acadêmico como também no meio industrial<sup>1</sup>. No campo da saúde, a tecnologia sem fio oferece uma maior precisão de dados, redução de erros, e resultam em melhoria geral da assistência para o paciente<sup>2</sup>. Em especial, tratamos da aprendizagem móvel ou *mobile learning* (*m-learning*) aplicada à visualização de imagens médicas como, por exemplo, raios x, CT (*X-ray computerized tomography*), MRI (*magnetic resonance imaging*), PET (*positron emission*

*tomography*), etc<sup>3-5</sup>. Estes aplicativos são raros, tanto no treinamento/aprendizagem quanto no uso cotidiano por médicos, dentistas, veterinários entre outros<sup>4,5</sup>.

Atualmente, esta aprendizagem é realizada por dispositivos eletrônicos como computadores ou filmes impressos. No caso de filmes, onde são impressas não só imagens de raios x, que em muitos equipamentos ainda são gravados diretamente sobre o filme, mas como também imagens de CT e MRI, que são geradas digitalmente, perdendo recursos como possibilidade de ampliação, ajuste de contraste e brilho, anotações e medidas como ângulo, comprimento, área e volume, entre outras<sup>4,6,7</sup>. Alguns exemplos de *softwares* já utilizados são: MedLAN, projeto pioneiro em comunicação entre profissionais de saúde, que

permite a comunicação entre pessoas que poderiam estar dentro ou fora do ambiente hospitalar<sup>8</sup>. Na mesma linha de pesquisa, o projeto Mobile MIM já propõe um *software* para visualização de imagens médicas na área de radiologia, que foi o primeiro aprovado pelo *US Food and Drug Administration*<sup>9,10</sup>. Outros aplicativos na área de visualização de imagens médicas podem ser citados como, Locus i-View e MobileCT. Um destaque pode ser dado ao projeto OsiriX, iniciado em 2004 na Universidade da Califórnia, sendo dedicado ao sistema MacOS e seus derivados<sup>11</sup>. Partindo da análise efetuada, juntamente com a pesquisa com médicos e profissionais da área, o foco do trabalho é desenvolver um protótipo de aprendizagem móvel para apoiar o ensino e análise pós-laudo na visualização de imagens médicas, denominado *E-Mages*.

## Métodos

De acordo com Juang<sup>12</sup> e Marconi e Lakatos<sup>13</sup>, a pesquisa do presente trabalho é classificada como sendo: qualitativa, pois está baseada no julgamento humano; de natureza tecnológica, pois se objetiva combinar conhecimentos para geração de novos produtos, processos e métodos; possui objetivos de caráter exploratório/descritivo devido à descoberta de novas práticas/padrões, registrando e analisando os resultados obtidos; e utiliza procedimentos de estudos de caso que permitem estudar o protótipo dentro de um contexto local e real. O processo metodológico foi definido em quatro fases:

- (1) entendendo o problema e o escopo;
- (2) projeto de interfaces;
- (3) implementação;
- (4) avaliação.

Na primeira fase do trabalho, foi definida a problemática da pesquisa através de revisões na literatura, observando características e aspectos de aprendizagem móvel e de visualização de imagens médicas. Nesta etapa foram realizadas:

- (i) descrição da organização técnica e social do sistema, indicando como e onde o sistema será utilizado;
- (ii) descrição dos usuários, gerando sua identificação através de questionários e entrevistas, tendo como objetivo definir as suas reais necessidades;
- (iii) descrição dos sistemas competidores no mercado, resumindo suas características; (iv) identificação de critérios de usabilidade, flexibilizando a cognição e utilização por partes dos usuários.

Na segunda fase do trabalho, a meta foi definir corretamente a interface para construção, garantindo um *design* eficiente para que o protótipo possa ser utilizado em diversos dispositivos móveis. Nesta etapa foram realizadas as seguintes atividades:

- (i) definição dos requisitos que serão implementados;
- (ii) infraestrutura de *hardware* e *software* para a implementação;

- (iii) opções/contrapartidas a serem consideradas como limitações.

Após a definição do escopo do *design*, as interfaces foram ilustradas para identificarem pontos positivos e negativos em relação à usabilidade do sistema. Para esta ilustração gráfica, os autores confeccionaram três interfaces utilizando *sketches* e *storyboard*. Para cada interface descreveram um cenário, dizendo como o usuário utilizaria o sistema<sup>13</sup>. Ao final, as interfaces, juntamente com os cenários propostos e as situações de erros, foram avaliadas por nove usuários especialistas da área de imagens médicas, identificando pontos positivos e negativos de usabilidade e navegabilidade.

A terceira fase do trabalho foi o desenvolvimento do protótipo. Os requisitos elucidados foram decompostos em níveis de prioridades, possibilitando o desenvolvimento de pequenas versões funcionais, permitindo alguns testes e ajustes por partes dos desenvolvedores. Todo o desenvolvimento foi feito especificamente para a plataforma Android, em especial para *tablets*, utilizando a linguagem Java. Porém, foram levadas em consideração aspectos de portabilidade para outros dispositivos móveis, como por exemplo *smartphones* e *PDA*s.

Na quarta fase, foi realizado o desenvolvimento de casos de teste, garantindo a qualidade final do protótipo, permitindo que o mesmo possa ser avaliado e validado perante especialistas e usuários da área. Dois tipos distintos de avaliações foram realizadas, sendo elas:

- (1) heurísticas de avaliação com especialistas;
- (2) teste de usabilidade com usuários (*think aloud*).

A avaliação heurística avalia o *design* da interface por meio de heurísticas de usabilidade sendo, geralmente, realizada por especialistas<sup>14</sup>. Um documento com a descrição das heurísticas foi entregue aos especialistas em IHC (Interação Humano-Computador), juntamente com o protótipo. As heurísticas aplicadas foram:

- (i) visibilidade do sistema: o sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de *feedback* apropriado em tempo razoável;
- (ii) compatibilidade do sistema com o mundo real: o sistema deve conter palavras, frases e conceitos familiares aos usuários;
- (iii) consistência e padrões: aspectos similares são tratados de mesma maneira, facilitando a identificação do usuário;
- (iv) reconhecimento ao invés de lembrança: oferecer informações capazes de orientar o usuário;
- (v) estética e *design* minimalista: os diálogos do sistema precisam ser simples, diretos e naturais, presentes nos momentos necessários;
- (vi) ajuda e documentação: oferecer ajuda e documentação em casos de dúvida com ferramentas de busca.

O *think aloud* é um teste específico de usabilidade onde cada usuário pronuncia o que pensa enquanto realiza

uma determinada tarefa, permitindo que os observadores vejam o processo de uso<sup>15</sup>. O objetivo deste teste foi observar aspectos prejudiciais ou que impeçam ao usuário de realizar determinadas tarefas.

## Resultados

Com base na metodologia proposta, foi produzido o sketch inicial do aplicativo E-Mages, o qual foi desenvolvido e implementado sobre os aspectos do paradigma da aprendizagem móvel.

### Principais funcionalidades

Suas funcionalidades incluem tela inicial para *login* e acesso a um banco de imagens local, até este momento. Nas figuras que seguem, é apresentada a tela principal onde, no menu da esquerda (Figura 1A) encontram-se as funcionalidades da aplicação:

**Emergency:** para realizar pedidos ou receber imagens em estado de emergência na análise (aplicação em simulação de emergência);

**Routine:** análise de imagens programadas para as consultas diárias;

**Search:** procura por imagens de outras datas;

**Help:** guia de ajuda ao usuário;

**Logout:** sair da aplicação.

Na Figura 1B, temos o menu de ferramentas, que inclui:

**Selection:** seleciona uma imagem ou local na imagem;

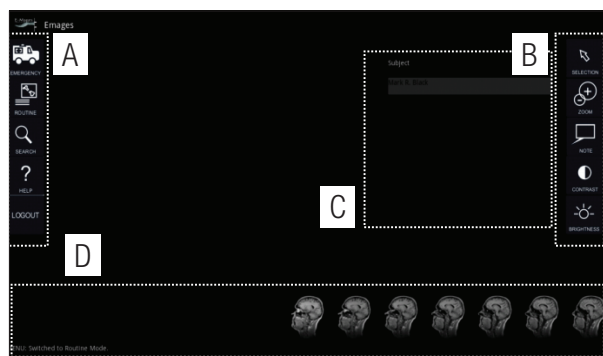
**Zoom and Pan:** procede a ampliação da imagem, através de toque duplo e a movimentação com único toque;

**Note:** cria notas de texto nas imagens;

**Contrast:** ajusta o contraste através de um *slide bar*;

**Brightness:** realiza ajuste de brilho.

Nas Figuras 2 a 4 apresentamos o uso de algumas das ferramentas citadas anteriormente. Na Figura 2 pode ser visualizada a variação de contraste. Na Figura 3 apresentamos a ferramenta de ampliação e movimentação. Por fim, na Figura 4, apresentamos a ferramenta de anotação nas imagens.



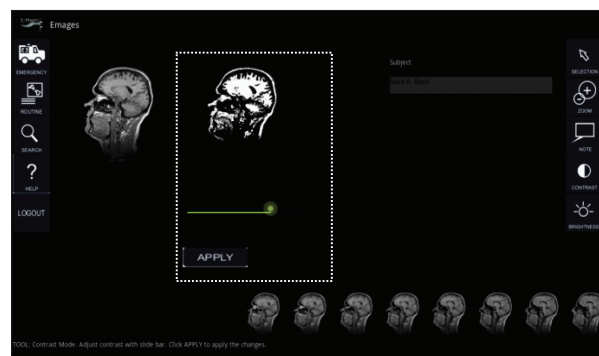
**Figura 1.** Tela principal com sequência de imagens de MRI de cabeça com contraste por T2 em corte sagital. (A) Menu principal. (B) Menu de ferramentas. (C) Informações da imagem. (D) Demais imagens do mesmo exame.

O fundo escuro foi incentivado para que não reduzisse as características das imagens, ocasionado pelo alto brilho da luz de fundo.

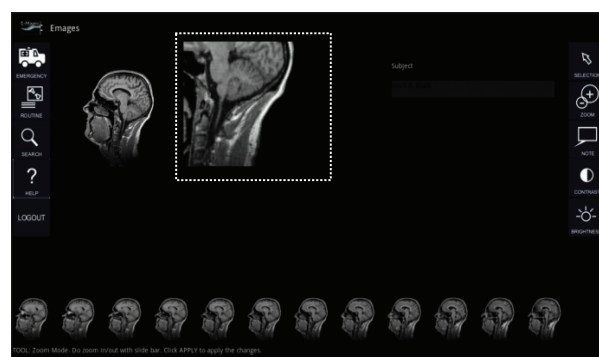
### Avaliações

Na última fase do trabalho, houve a preocupação com a avaliação do protótipo. Dois tipos distintos de avaliações foram realizados, sendo elas:

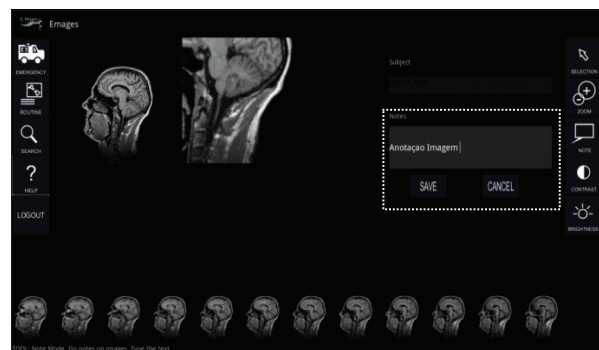
- (1) heurísticas de avaliação com especialistas;
- (2) teste de *think aloud*.



**Figura 2.** Uso de ferramentas: *Contrast*. Imagem original à esquerda e imagem modificada no centro, em destaque.



**Figura 3.** Uso de ferramentas: *Zoom e Panning*. Imagem original à esquerda e imagem modificada no centro, em destaque.



**Figura 4.** Uso de ferramentas: *Note*. Imagem original à esquerda e imagem modificada no centro. Espaço para anotação abaixo dos dados do paciente, em destaque.

Foi utilizado, nestes testes, o equipamento Motorola Xoom Wi-Fi com Android “Jelly Bean” 4.1, com usuário habituado a *tablet*.

### Avaliação Heurística

Dentro dos resultados obtidos com a avaliação, foram encontrados quatro erros graves, três erros médios, cinco erros menores e três cosméticos. Dentre os erros, podemos destacar:

- (1) depois de efetuar o *login* o usuário não recebe um *feedback* sobre a operação;
- (2) ao mudar as imagens (as quais foram agregados comentários) deveria se perguntar sobre confirmação de operação;
- (3) poucas informações sobre as imagens mostradas e sobre contexto atual;

### Think Aloud

As tarefas pré-definidas no *E-Mages*, foram:

- (1) realizar *login* no protótipo;
- (2) identificar e acionar o ícone *Routine* no menu inicial;
- (3) visualizar no centro a imagem principal, logo abaixo das demais imagens da sequência e barra de ferramentas à direita;
- (4) selecionar uma miniatura de imagem e acionar o ícone para adicionar um comentário na imagem;
- (5) gravar comentário;
- (6) sair do sistema.

Com uma filmadora, o teste registrou as ações do usuário, gravando também a sua voz a cada ação executada no *E-Mages*. Durante os testes, alguns erros e considerações foram identificados:

- (1) necessidade de tamanho maior na imagem principal;
- (2) galeria de imagens com mais ‘cortes’ de imagens (planos axial, sagital e coronal);
- (3) ausência de ferramentas de medida como, comprimento e ângulo;
- (4) ocorreu um imprevisto no momento em que o usuário utilizou três ferramentas sobrepostas e o sistema deixou de responder.

## Discussão e Conclusões

O trabalho em questão teve como objetivo a implementação de um protótipo de aprendizagem móvel para visualização de imagens médicas. Este desenvolvimento levou em consideração um processo sistemático, garantindo maior flexibilidade em sua construção e ao final a avaliação, utilizando heurísticas de avaliação com especialistas e teste *think aloud*. Os resultados das avaliações mostraram algumas limitações relacionadas com aspectos de visualização de imagens em dispositivos móveis. Apesar das limitações identificadas, os resultados demonstraram pontos positivos em relação aos critérios de usabilidade:

- (1) *Familiarity (Learnability)*;
- (2) *Task Conformance (Robustness)*;
- (3) *Substitutivity (Flexibility)*.

Estes critérios mostraram, respectivamente, que o protótipo facilita o mapeamento de suas funcionalidades por partes dos usuários; possui intuição e facilidade em suas funcionalidades, possibilitando que possam ser realizadas pelo usuário de forma clara e precisa; e permitem diferentes modos de interação aos usuários. Logo, a aplicação consegue disponibilizar diferentes modos para a realização de suas ações.

Além destes fatores, o estudo através de questionários, entrevista com o usuário especialista na área e ao final o teste com o protótipo, proporcionou novas possibilidades de aplicações que não só no ensino, mas também o uso rotineiro em clínicas e hospitais onde um sistema sem fio seria facilmente disponibilizado. Deste modo, esta ferramenta pode ser utilizada em substituição às impressões em filmes em grandes clínicas e hospitais. O uso desta ferramenta (*mobile*) é mais indicado ao médico que faz o pós-laudo e não ao especialista em imagens médicas, devido à dificuldade de digitação nestes dispositivos.

Como trabalhos futuros, os autores pretendem realizar um experimento com alunos universitários da área de física médica, medindo e avaliando a utilização do protótipo em um ambiente real, podendo identificar melhorias e limitações em sua utilização. Em adição, foi visto como uma futura possibilidade a integração com outros projetos pré-existentis.

## Agradecimentos

Agradecemos a todos os participantes dos questionários e em especial ao médico Dr. Welton Alencar Carvalho, por sua participação na avaliação, e Emerson Itikawa, pelos contatos.

## Referências

1. Yu-mei P, Xue-jun Z, Li L. Learning Can Happen Anytime and Anywhere: The Application of M-learning in Medical Education. Proceedings of the Second International Workshop on Education Technology and Computer Science. ETCS'10. Vol. 2, 508-11; 2010.
2. Tachakra S, Wang XH, Istepanian SH, Song YH. Mobile e-Health: The Unwired Evolution of Telemedicine. *Telemed J E Health*. 2003;9(3):247-57.
3. Rachid LC, Ishitani L. M-tutorial: ferramenta de autoria para desenvolvimento de tutoriais voltados para o m-learning. *RBIE*. 2012;20(1):17-31
4. Miles KA. Diagnostic imaging in undergraduate medical education: an expanding role. *Clin Radiol*. 2005;60(7):742-5.
5. Davies BS, Rafique J, Vincent TR, Fairclough J, Packer MH, Vincent R, et al. Mobile Medical Education (MoMEd) - how mobile information resources contribute to learning for undergraduate clinical students – a mixed methods study. *BMC Med Educ*. 2012;12(1):1.
6. Doi K. Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and technology. *Phys Med Biol*. 2006;51(13):R5-27.
7. Iglehart JK. The New Era of Medical Imaging — Progress and Pitfalls. *N Engl J Med*. 2006;354(26):2822-8.
8. Banitsas KA, Tachakra S, Song YH. Adjusting DICOM Specifications When Using Wireless LANs: The MedLAN example Proceedings of the 25' Annual International Conference of the IEEE EMBS; Cancun; Mexico; 2003.

9. Drnasin I, Grgic M. The Use of Mobile Phones in Radiology. 2010;(September):15-7.
10. MIM Software [homepage on the internet] 2013 MIM Software Inc. [cited 2013 May 10]. Available from: <http://www.mimsoftware.com/products/mobile/>
11. OsiriX Imaging Software [homepage on the internet] Antoine Rosset, 2003-13 [cited 2013 May 10]. Available from: <http://www.osirix-viewer.com/>
12. Juang CF. Metodologia para pesquisa e desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil; 2004.
13. Marconi MA, Lakatos E. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Editora Atlas; 2003.
14. Nielsen J. Finding usability problems through heuristic evaluation. Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. California; USA. Monterey; 1992.
15. Holzinger A, Brown S. Low cost prototyping: part 2, or how to apply the thinking-aloud method efficiently. In Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction – Volume 2, BCS-HCI '08, pages 217–218; Swinton; UK. British Computer Society; 2008.