
Investigando as Contribuições do Uso de *Scaffolds* no Domínio Educacional

Erica R. de Oliveira, Gisleide A. M. Werneck, Raquel O. Prates

Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte – MG – Brasil

{erica, gisleide, rprates}@dcc.ufmg.br

Abstract. *Although educational systems have been adopted in many institutions, researchers point out several challenges in supporting learner-centered design. One of the strategies that have proposed to support learning is the use of scaffolds. Although systems that offer scaffolds have been proposed, they are a minority, especially in the educational systems developed in Brazil. This paper aims at investigating the contributions that the use of scaffolds in educational systems can bring to learning.*

Resumo. *Apesar do uso de sistemas educacionais ser uma realidade em várias instituições de ensino, pesquisadores apontam vários desafios para se apoiar o design centrado no aprendiz. Uma das estratégias propostas para apoiar a aprendizagem é o uso de scaffolds. Embora existam propostas de sistemas que incluam scaffolds, o seu uso ainda é baixo, principalmente nos sistemas educacionais desenvolvidos no Brasil. Este artigo tem por objetivo investigar as contribuições que o uso de scaffolds pode trazer para o aprendizado.*

1. Introdução

A inserção de softwares educacionais como ferramentas para apoiar a aprendizagem dos alunos é uma realidade em várias instituições de ensino. Dentre os desafios envolvidos no projeto e avaliação de softwares para o domínio educacional, destacam-se a necessidade de avaliar a aprendizagem dos alunos, além da qualidade da interação, e a necessidade de oferecer apoio aos alunos durante a realização de atividades [de Almeida e Azevedo 2009]. Para sustentar o aprendizado dos alunos, alguns pesquisadores apontam para as dificuldades em se apoiar o *design* centrado no aprendiz [Saye e Brush 2001] [Quintana et al. 2002]. A partir da ideia de Vygotsky [1978] e das dificuldades de apoiar a aprendizagem dos alunos, uma das propostas que surgiu foi o uso de *scaffolds*. *Scaffolds*¹ são ferramentas, estratégias e recursos que apóiam alunos em dificuldades específicas de conteúdo, de forma a atingir um nível mais elevado de compreensão. O seu uso é temporário, ou seja, quando a lacuna da aprendizagem é preenchida, o apoio pode ser removido [Quintana e Fishman 2006].

Alguns trabalhos apontam para a necessidade de o aluno ter um papel mais ativo ao usar *softwares* educativos e com isso ele também será responsável pela sua

¹ Em inglês *scaffold* significa andaime, apoio. No contexto educacional representa o apoio ao aprendizado descrito nesta definição. Neste trabalho usaremos o termo em inglês por não identificarmos um termo em português adequado para traduzi-lo.

aprendizagem [Saye e Brush 2001] [Quintana et al. 2002]. *Scaffolds* são formas de promover esta maior atuação do aluno na interação com sistemas educativos.

Com o objetivo de contribuir para a pesquisa sendo feita sobre o uso de *scaffolds* em sistemas educacionais, este artigo tem por objetivo gerar indicadores sobre os benefícios do seu uso para a aprendizagem do aluno utilizando sistemas educacionais. Para isso, foi feita uma investigação sobre como os alunos evoluem ao longo da execução de duas atividades em um sistema. Esta avaliação foi feita em dois sistemas diferentes: um com *scaffolds* (ProfesSort) [de Castro e Prates 2009] e outro não (VCalc²).

A investigação realizada gerou indicadores positivos sobre o uso de *scaffolds* no aprendizado de alunos. Além disso, ela apontou para os benefícios que o uso de *scaffolds* pelos alunos pode trazer também para o professor na identificação das principais dúvidas dos alunos e na apreciação da evolução do aprendizado dos alunos. Finalmente, a investigação apontou uma nova direção de pesquisa sobre a possibilidade da adaptação do método de avaliação da qualidade da interação utilizado especificamente para o domínio educacional.

Na próxima seção, são apresentados os trabalhos relacionados. Na seção 3 é apresentado o estudo de caso realizado, descrevendo o método e os sistemas utilizados na avaliação. A seguir, são apresentados os resultados do estudo de caso. Finalmente, as conclusões e os próximos passos desta pesquisa são discutidos.

2. Trabalhos Relacionados

Nesta seção apresentamos os trabalhos existentes que tratam da avaliação do uso de *scaffolds* em sistemas educacionais. Os dois primeiros relatam a avaliação realizada em sistemas que ofereciam *scaffolds* aos alunos, enquanto o terceiro apresenta um levantamento dos sistemas educacionais brasileiros que fazem uso de *scaffolds* para apoiar a aprendizagem de alunos.

Quintana et al. [2002] mostraram a importância da utilização de *scaffolds* como suporte ao aprendizado dos alunos em sistemas educacionais através da avaliação com alunos. O estudo foi realizado em duas etapas usando um sistema que tratava da investigação da qualidade do ar e permitia aos alunos planejar, coletar, visualizar e modelar dados. Inicialmente, verificou-se como os alunos utilizavam o sistema. A partir desta observação inicial e com o auxílio dos pesquisadores que usavam o software, incorporou-se, no sistema um conjunto de *scaffolds*. A inclusão destes *scaffolds* tinha como objetivo verificar como tais apoios fornecidos auxiliariam os alunos na execução das atividades realizadas no sistema. As avaliações foram conduzidas por designers e professores a partir de um roteiro e toda a interação dos alunos foi gravada, para análise posterior. Os vídeos foram analisados segundo critérios elaborados pelos autores para software com *scaffolds*. Assim, os autores buscaram descrever como os alunos usaram os *scaffolds* e como melhoraram nas tarefas a partir deste uso. Os resultados indicaram alto índice de utilização destes apoios, pelos alunos, no auxílio à execução das tarefas, em especial os *scaffolds* gráficos. Para encorajar a utilização destes apoios em domínios educacionais, os autores apresentaram diretrizes para o uso de *scaffolds* em softwares educacionais, importantes de serem considerados nestes domínios.

² <http://www.mat.ufmg.br/gepemnt/vcalc>

Saye e Brush [2001] afirmam que há poucos estudos empíricos examinando a eficácia de vários tipos de *scaffolds*, sobretudo com design centrado no aprendiz. A fim de demonstrar os benefícios do uso de *scaffolds* no domínio educacional, estes autores realizaram um estudo de caso para apresentar os tipos de *scaffolds* embutidos em softwares educacionais, como eles foram usados pelos alunos e quais apoios foram mais usados por eles. Os *scaffolds* embutidos no sistema avaliado foram conceitual (ajuda o aluno a determinar o que considerar na resolução de um problema) e metacognitivo (associa-se ao gerenciamento da aprendizagem individual do aluno). Participaram do estudo 1 professor e 36 estudantes, divididos em grupos de 4 alunos. Na análise dos dados, utilizou-se o *log* do sistema, a fim de verificar quais apoios os alunos usaram. Para consolidar os resultados obtidos na análise dos *logs*, realizou-se uma entrevista com um membro de cada grupo. As perguntas referiam-se especificamente à percepção dos alunos quanto à eficácia dos apoios incluídos no sistema. O resultado do estudo indicou que alguns dos *scaffolds* demonstram-se mais eficientes que outros, devido à maior utilização pelos alunos. Observou-se que alguns *scaffolds* contribuíram para a realização das tarefas propostas, enquanto outros indicaram uma dificuldade por parte do aluno em integrar as informações fornecidas pelo sistema com o conhecimento prévio que ele possuía (ou não).

Cezar et al. [2006] fizeram um levantamento dos softwares educacionais brasileiros para verificar quais ofereciam *scaffolds* aos alunos. Os autores concluíram que poucos softwares educacionais brasileiros fazem uso de *scaffolds* como forma de apoiar a aprendizagem dos alunos. Como forma de colaborar para a melhoria do projeto de ambientes educacionais, os autores analisaram dois softwares educacionais. A análise consistiu em verificar os possíveis tipos de apoio que poderiam ser inseridos nestes softwares, com o objetivo de apoiar os alunos durante a realização das tarefas propostas. A partir dos trabalhos de Quintana et al. [2002] e Prates e Figueiredo [2005], e da análise feita propuseram um conjunto de *scaffolds* que poderiam ser incluídos nestes sistemas e sugestões de como o *scaffold* poderia ser apresentado ao aluno. Os autores argumentam ainda que, para o sucesso destes apoios em ambientes educacionais, o professor precisa ter conhecimento prévio das possíveis dificuldades dos alunos e das formas como tais dificuldades podem ser superadas.

Os trabalhos citados mostram os benefícios que o uso de *scaffolds* traz para o domínio educacional, em especial no apoio à aprendizagem dos alunos. No entanto, no Brasil se tem feito pouco uso de *scaffolds* para apoiar o aprendizado dos alunos [Cezar et al. 2006]. Neste trabalho, analisamos o uso dos alunos em dois sistemas distintos, um contendo *scaffolds* e outro não. O objetivo não é comparar o desempenho entre os sistemas, mas analisar a evolução do aluno em cada um deles, obtendo indicadores dos benefícios dos *scaffolds* para o aprendizado do aluno.

3. Estudos de Caso

Cada um dos sistemas foi avaliado por alunos que cursavam as disciplinas para o qual o sistema se destinava. A interação do aluno com o sistema foi analisada com o objetivo de identificar dúvidas sobre o conteúdo que ficassem evidentes no uso do sistema, e também observar como a interação com o sistema permitia que o aluno lidasse com as dúvidas e dificuldades que surgissem. A seguir, são descritos os sistemas selecionados para o estudo de caso. Na subseção seguinte é detalhada a avaliação feita dos sistemas.

3.1 Sistemas utilizados

O ensino de algoritmos é considerado fundamental em cursos da área de computação. O principal objetivo desta aprendizagem é propiciar o desenvolvimento da lógica de programação nos alunos, que será amplamente utilizada durante o curso [Hostins e Raabe 2007]. Entretanto, a aprendizagem de conceitos de programação é considerada desafiadora para muitos estudantes iniciantes, por possuir alto índice de problemas de aprendizagem, desistências e reprovações [Mota et al. 2008]. Assim como o ensino de algoritmos, disciplinas como a matemática lidam com conteúdos abstratos e de difícil representação e manipulação. A utilização de softwares apresenta-se como grande potencial de aprendizagem neste domínio, por permitir a criação de objetos que podem ser manipulados concretamente na tela do computador [Gravina e Santarosa 1998].

Com o objetivo de analisar os benefícios do uso de *scaffolds* em sistemas educacionais, avaliou-se o uso que os alunos fizeram de um sistema que disponibilizava *scaffolds* (ProfesSort) aos alunos e outro que não os ofereciam (VCalc). Ambos os sistemas são voltados para alunos nos semestres iniciais de cursos da área de exatas e têm objetivos distintos. O ProfesSort [de Castro e Prates 2009] concentra-se em auxiliar os alunos no aprendizado de métodos de ordenação por meio de exercícios, enquanto o VCalc foca na visualização de funções algébricas. É importante ressaltar que ambos os sistemas têm estratégias educacionais diferentes. No entanto, esta diferença não impediu o estudo, dado que o objetivo não era comparar o desempenho dos alunos nos dois sistemas, mas sim observar se o aluno conseguia perceber seus erros e evoluir o seu entendimento sobre o conteúdo apresentado a partir da sua interação com o sistema sendo utilizado.

O ProfesSort [de Castro e Prates 2009] é uma ferramenta desenvolvida no Departamento de Ciência da Computação (DCC) da UFMG. Esta ferramenta foi desenvolvida para ser utilizada na disciplina de algoritmos e estruturas de dados II (AEDs II), com o objetivo de auxiliar os alunos no aprendizado de algoritmos de ordenação. Os algoritmos de ordenação são parte da ementa de disciplinas de algoritmos e estruturas de dados oferecidas pelos cursos de computação. Por meio da execução passo a passo dos algoritmos, os alunos têm a oportunidade de compreender melhor e exercitar alguns dos algoritmos de ordenação estudados em sala, como HeapSort, QuickSort, Seleção, Inserção [Cormen et al. 2001]. O ProfesSort não tem por objetivo ensinar os métodos de ordenação, mas sim consolidar o aprendizado feito em sala de aula. O sistema utiliza-se de *scaffolds* para facilitar ou consolidar o aprendizado dos alunos que o utilizarem. Assim, ele oferece aos alunos: (i) perguntas contextuais sobre conceitos e passos do método de ordenação selecionado; (ii) mensagens de erro graduais que não apresentam a solução diretamente, encorajando o aluno a raciocinar sobre o erro e encontrar a solução; (iii) visão geral de todas as etapas a serem executadas pelo método de ordenação selecionado, permitindo ao aluno identificar o passo a ser executado a cada momento; (iv) botões de auxílio que executam um ou mais passos automaticamente ou mostram ao usuário a próxima ação a ser executada.

O VCalc é um aplicativo desenvolvido no Departamento de Matemática da UFMG para ser utilizado nas aulas de Cálculo I. Este aplicativo tem como objetivo facilitar a investigação da taxa de variação de funções em um determinado intervalo escolhido pelo usuário, mostrando tanto a parte algébrica quanto a gráfica. Esta ferramenta é útil para a exploração gráfica e para a análise do comportamento local de funções. Este sistema também não tem por objetivo ensinar funções matemáticas, mas

consolidar o aprendizado feito em sala de aula. Esta ferramenta é constituída por um *applet* onde o usuário informa a função que deseja analisar e define a região eixo x e y, para manipulação. Por meio do recurso de *zoom*, o usuário pode visualizar, com maior precisão, o que ocorre com o gráfico à medida que aumenta ou diminui o *zoom*. Como esta visualização gráfica é difícil de ser representada com lápis e papel, este software preenche esta lacuna ao permitir a manipulação e visualização gráfica da função. Diferente do ProfesSort, este software não faz uso de *scaffolds*.

3.1 Descrição das Avaliações dos Sistemas

Para realização da avaliação dos sistemas, utilizou-se o Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) [Prates et al. 2000] proposto pela teoria da Engenharia Semiótica (EngSem) [de Souza 2005]. A EngSem é uma teoria explicativa de Interação Humano-Computador (IHC) que se concentra na comunicação entre o designer e usuário, sendo feita através da interface de um sistema. Assim, para avaliar a qualidade de uso da interação a EngSem define a propriedade de comunicabilidade.

A comunicabilidade de um sistema se refere à sua capacidade de transmitir aos usuários, de forma eficaz e eficiente, as intenções e princípios que guiaram seu design [Prates et al. 2000]. Para avaliar a comunicabilidade do sistema o método simula uma comunicação do usuário ao projetista sobre o sistema. Para isso, identifica-se as rupturas que ocorrem na comunicação do usuário com o sistema, e associa-se a elas uma expressão (a partir de um pequeno conjunto pré-defindo) que o usuário potencialmente poderia utilizar para se comunicar com o projetista sobre o problema vivenciado. O MAC é um método qualitativo e interpretativo [Prates e Barbosa 2007], que envolve a participação de usuários em um ambiente controlado por um especialista. O método é qualitativo porque gera como resultado indicadores (problemas identificados) sobre a qualidade interface sendo avaliada. É interpretativo porque a qualidade dos resultados depende da capacidade do avaliador de interpretar os dados coletados.

O MAC [Prates e Barbosa, 2007] tem três fases: (1) preparação: envolve a inspeção informal do software pelo avaliador e a seleção de atividades a serem executadas pelos usuários; (2) execução: é a observação dos usuários realizando tais atividades e gravação da sua interação com o sistema; (3) análise: o avaliador analisa a interação usuário-sistema gerando um relatório da avaliação. Esta etapa de análise, por sua vez, consiste em três passos: etiquetagem das rupturas de comunicação; interpretação dos resultados; e elaboração do perfil semiótico. Na etiquetagem, o avaliador identifica rupturas (problemas) de comunicação ocorridas durante a interação do usuário com o sistema e associa à ruptura uma etiqueta (e.g. “Cadê?” ocorre quando o usuário busca na interface a operação que deseja executar). A interpretação requer que o avaliador identifique os principais problemas da interface com base nas rupturas identificadas e relações entre elas. Finalmente, a elaboração do perfil semiótico consiste na reconstrução da mensagem enviada do projetista ao usuário por meio das seguintes perguntas: “Quem é o usuário?”; “O que o usuário quer ou precisa fazer?”; “De que formas prefere fazê-lo e por quê?”; “Como os usuários podem ou devem usá-lo?”; “Qual é a minha visão de design?”

Os testes com os dois sistemas foram realizados em um ambiente controlado, i.e. um laboratório de testes, onde os usuários podem se concentrar no sistema, sem correr o risco de serem interrompidos ou terem sua atenção desviada das atividades do teste [Prates e Barbosa, 2007]. O laboratório utilizado localiza-se no DCC da UFMG e contém toda a infra-estrutura necessária para a realização deste tipo de avaliação. Nos dois testes,

ProfesSort e VCalc, cada usuário recebeu uma breve descrição sobre o programa com duas tarefas distintas e independentes, para serem executadas sem a ajuda dos especialistas. Toda a interação do usuário com o sistema foi gravada para etiquetagem e análise posterior.

A avaliação do ProfesSort foi conduzida por duas alunas da graduação que tinham feito a disciplina de IHC e já tinham aplicado o MAC em outra avaliação. Participaram da avaliação 4 alunos, todos do sexo masculino com idade entre 18 e 22 anos. Três cursavam o curso de Engenharia de Controle e Automação e um cursava Engenharia Elétrica. Todos estavam cursando a disciplina da AEDs II na época da avaliação. Durante a avaliação o aluno deveria ordenar 2 vetores distintos utilizando o método quicksort no ProfesSort.

A avaliação do VCalc foi conduzida por dois alunos da pós-graduação como parte do trabalho da disciplina de IHC oferecida para a pós-graduação e era a primeira vez que aplicavam o MAC. Participaram da avaliação 5 alunos cursando a disciplina de Cálculo I na época da avaliação. Os alunos tinham idade entre 19 e 23 anos, sendo 3 do sexo masculino e 2 do sexo feminino. Os alunos eram dos cursos de: Engenharia Civil (2); Matemática Computacional (1); Sistema de Informação (1) e Medicina (1)³. A tarefa de avaliação consistia em construir o gráfico de uma dada equação, com o objetivo de identificar a taxa de variação e o comportamento da função no gráfico.

Em ambos os testes, o material coletado incluiu questionário pré-teste, termo de consentimento⁴, formulário de acompanhamento contendo anotações feitas durante a avaliação, gravação da interação com o sistema e entrevista pós-teste, para cada usuário. A análise dos resultados foi feita por duas avaliadoras, sendo que cada uma delas participou da aplicação de um dos testes com o ProfesSort e VCalc.

4. Resultados

A avaliação dos sistemas utilizando-se o MAC gerou resultados de diferentes naturezas: indicadores sobre os benefícios dos *scaffolds*, possibilidade de adaptação do método para o domínio educacional, e aspectos a serem melhorados na interface dos sistemas. Conforme descrito, o objetivo desta investigação era obter indicadores sobre os *scaffolds* oferecidos pelo ProfesSort e verificar se eram usados pelos alunos e as diferenças que poderiam ser observadas no apoio ao aprendizado, se comparado com o apoio à aprendizagem oferecida pelo VCalc, sem *scaffolds*. A avaliação dos sistemas gerou indicadores de que, de fato, os *scaffolds* trazem benefícios ao apoio à aprendizagem do aluno. Além disso, foi possível observar que, além de apoiar os alunos, a avaliação gerou indicadores do uso que os alunos fazem dos *scaffolds*. Isto pode ser útil para os professores, tanto para identificar as principais dúvidas e dificuldades dos alunos, quanto para acompanhar o ganho no aprendizado. A seguir, são apresentados os indicadores obtidos e descrevemos o que foi observado em cada uma das avaliações que nos permitiram chegar estes indicadores.

1. *Scaffolds trazem benefícios ao apoio que o sistema é capaz de oferecer ao aprendizado do aluno.* Embora os dois sistemas tenham por objetivo consolidar o aprendizado feito em sala de aula (e não substituir o ensino) os *scaffolds* auxiliam os

³ Cálculo I não é disciplina obrigatória do curso de Medicina, mas o aluno que se interessar pode fazer como disciplina eletiva (que era o caso).

⁴ Ver Resolução CNS 196/96. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/1996/Reso196.doc>

alunos na identificação de problemas de entendimento que tenham sobre o conteúdo e também auxiliam na obtenção de um entendimento correto.

- *ProfesSort*: ao interagir com o sistema os alunos identificaram dúvidas que tinham sobre o método sendo utilizado. As dúvidas surgiam ou porque os alunos não conseguiam identificar o passo seguinte a ser executado na ordenação, ou por cometerem um erro durante a execução. Muitas vezes o aluno descobria, ao interagir com o sistema, que o entendimento que tinha do método não era completo. Todos os alunos, ao identificar uma dúvida, recorreram a algum tipo de *scaffold* (alguns recorreram às perguntas, outros à descrição do passo seguinte, etc.) com o objetivo de solucionar sua dúvida. Por exemplo, um usuário, ao iniciar a utilização do sistema, tinha dúvidas com relação às variáveis utilizadas no algoritmo. Como o ProfesSort esclarece a função de cada uma delas, o usuário, enquanto interagia, fez uso das perguntas “O que é?” e “Como?”, percebeu como devia proceder e assim acertou os passos seguintes na execução do método. Um indicador dos benefícios obtidos pelo uso dos *scaffolds* foi a redução de erros e de acessos aos *scaffolds* pelos alunos, na ordenação do primeiro para o segundo vetor. Além disso, alguns alunos na entrevista pós-teste explicitaram os benefícios que viam ou experimentaram no uso do ProfesSort. Um aluno descreveu a dúvida que tinha e que conseguira obter o entendimento correto: “*eu achava que o pivô ficava sempre na mesma posição [do vetor], mas agora eu entendi que o pivô é o valor e se movimenta*”. Outro aluno explicitou o benefício dos *scaffolds*: “*qualquer dúvida que os alunos tenham, o programa consegue responder. Este sistema [ProfesSort] é como um professor em casa*”. Desta forma, é possível se concluir que os *scaffolds*, de fato, trazem benefícios para o aprendizado dos alunos utilizando o sistema.
- *VCalc*: este sistema também requer que o aluno tenha um conhecimento prévio sobre taxa de variação de funções. Caso o aluno tenha dúvidas ou desconheça tais conceitos, informações como o valor do delta x poderá ser de difícil interpretação pelo aluno, influenciando o uso inadequado do sistema. Neste caso, o aluno para obter este conhecimento não pode contar com o sistema, deve interromper seu uso e utilizar-se de outro recurso para resolver sua dúvida. Além disso, dos cinco alunos que participaram da avaliação dois cometeram erros na execução das tarefas e não perceberam, acreditando que tinham concluído corretamente as tarefas. Desta forma, além de não auxiliar o aluno na percepção do erro cometido, o sistema pode até ter colaborado para que o aluno consolidasse um entendimento errôneo dos conceitos. Desta forma, embora o sistema possa ser útil para a visualização da taxa de variação de funções, ele não auxilia o aluno na identificação de problemas ou na resolução destes. Isto não significa que o sistema não seja um recurso útil no aprendizado de Cálculo I, no entanto talvez limite o trabalho que o aluno pode fazer de forma independente.

Os indicadores obtidos sobre o uso dos *scaffolds* apontam para os benefícios que estes podem trazer no apoio à aprendizagem, permitindo que o aluno o utilize de forma independente do professor (mesmo que ambos requeiram um conhecimento prévio sobre o conteúdo tratado). Isto não significa que todos os sistemas educacionais devem oferecer *scaffolds*, mas o conhecimento dos benefícios que eles podem trazer aos alunos contribui para o desenvolvimento destes sistemas. Isso porque com esta informação os

projetistas destes sistemas podem considerar os objetivos que pretendem atingir com o sistema e se os *scaffolds* podem ser um recurso importante (ou não) para isso.

2. *A observação do uso dos scaffolds pelos alunos pode ser um importante recurso para o acompanhamento dos alunos pelo professor.* Os *scaffolds* são formas de apoio ao aluno. Através da observação do uso que fazem dos *scaffolds* oferecidos, o professor consegue obter informações sobre as principais dificuldades vivenciadas pelos alunos. Além disso, observando o uso dos *scaffolds* ao longo do tempo, o professor pode também fazer uma apreciação da contribuição do sistema educacional à aprendizagem dos alunos.

- *ProfesSort*: dentre os *scaffolds* do ProfesSort, é oferecido aos alunos perguntas sobre conceitos ou passos do método e a possibilidade de visualização do próximo passo. Desta forma, no momento que o aluno faz uso destes *scaffolds*, ele explicita as suas dúvidas. Assim, ao observar as dúvidas dos vários alunos o professor poderia identificar as dúvidas principais ou mais comuns dos alunos da turma. Além disso, ao analisar como as dúvidas dos alunos mudavam com o tempo, o professor poderia obter indicadores sobre como o sistema estava colaborando na aprendizagem dos alunos. Por exemplo, durante a avaliação, uma dúvida recorrente que surgiu na interação de todos os participantes do teste foi a escolha das variáveis *i* e *j* do método quicksort [Cormen et al. 2001] quando estes deveriam se cruzar ou um deles representava a posição onde estava o elemento pivô. De posse desta informação, o professor poderia trabalhar melhor com os alunos estes pontos (seja em sala de aula, ou através do próprio sistema).
- *VCalc*: como este sistema não continha *scaffolds*, não havia meio de os alunos explicitarem as dúvidas que tinham. Por exemplo, na interação de um aluno com o sistema ele apresentou dúvidas sobre qual seria o passo seguinte a ser executado. A dúvida foi observada pela sua interação com o sistema, em que o cursor anda pela tela sem saber bem onde clicar ou o que fazer. Desta forma, foi possível identificar que o aluno tinha uma dúvida, mas não qual dúvida. Além disso, em algumas situações pode não ser possível sequer identificar se a dúvida é em relação à interface (como interagir com o sistema) ou em relação ao conteúdo (como realizar a atividade proposta).

Os indicadores de que os *scaffolds* podem constituir uma fonte de interesse para o professor identificar dificuldades dos alunos, e mesmo avaliar a evolução dos alunos é um “efeito colateral” benéfico dos *scaffolds*. No caso da avaliação feita, os *scaffolds* apresentados pelo ProfesSort levam o aluno à explicitação de suas dúvidas. No entanto, existem diferentes tipos de *scaffolds* e nem todos deixam explícitas as dúvidas. De toda forma, todos eles mostram os pontos que os alunos estão requisitando apoio e aqueles que já dominaram.

Além da obtenção dos indicadores dos benefícios de *scaffolds*, não apenas para alunos, mas também para os educadores, a investigação gerou outros resultados interessantes. O MAC foi proposto para se avaliar a qualidade da comunicabilidade da interface de um sistema, não específico para sistemas educacionais. No entanto, a sua aplicação para o domínio educacional mostrou a possibilidade de o método permitir a identificação de quais rupturas na comunicação usuário-sistema eram relacionadas à interação, e quais eram relacionadas ao conteúdo. Esta diferenciação pode facilitar a

avaliação de sistemas educacionais e contribuir para uma questão de pesquisa ainda em aberto sobre métodos de avaliação de sistemas educacionais [Squires e Preece 1999] [Quintana e Fishman 2006].

Finalmente, a avaliação dos sistemas gerou indicadores sobre aspectos da interface de cada um dos sistemas que poderiam ser melhorados, contribuindo para a qualidade destes sistemas. Apenas para ilustrar, podemos citar um problema identificado em cada uma das interfaces. No ProfesSort, o alinhamento das “ações a tomar” gerou dúvidas nos alunos, pois os levou a impressão que a ordem das ações apresentadas é seqüencial (quando de fato é iterativa), o que pode induzir os alunos a errar o passo a ser executado (pelo menos inicialmente). No VCalc, alguns elementos relativos à interface (e.g. botão “nova área”) foi de difícil interpretação pelos usuários, levando-os a comentar sobre esta dificuldade na entrevista pós-teste. Estes indicadores de fato seriam esperados, uma vez que o objetivo do MAC é mesmo identificar problemas de comunicabilidade na interface dos sistemas.

5. Conclusão e próximos passos

A investigação apresentada neste trabalho mostrou indicadores de como *scaffolds* podem beneficiar o aluno no aprendizado sendo feito pelo sistema, apoiando a construção do conhecimento. Este resultado colabora com a pesquisa sendo feita sobre *scaffolds em* informática e educação, corroborando resultados que apontam os benefícios do uso de *scaffolds* [Quintana e Fishman 2006]. Vale ressaltar que os resultados obtidos apontam na mesma direção e complementam as avaliações anteriores, uma vez que os tipos de *scaffolds* disponibilizados nos sistemas investigados eram diferentes. Além disso, para a comunidade brasileira de Informática e Educação, apontar os benefícios de *scaffolds* contribui para que se considere o uso que se pode fazer destes nos sistemas desenvolvidos, uma vez que eles são muito pouco usados nos sistemas educacionais brasileiros [Cezar et al., 2006].

Além de mostrar os benefícios dos *scaffolds* para os alunos, a investigação gerou indicadores originais de como estes podem ser úteis também para os professores, tanto na identificação das principais dúvidas vivenciadas pelos alunos, quanto na apreciação da evolução dos alunos no aprendizado do conteúdo. Este resultado é relevante, pois aponta em uma possível direção de como se avaliar o impacto do uso de sistemas educacionais no aprendizado, um problema ainda em aberto [Quintana e Fishman 2006]. No caso, os indicadores foram gerados a partir da observação da interação dos alunos com o sistema e o uso que fizeram dos *scaffolds* disponíveis. Um trabalho futuro de interesse seria a geração do *log* do uso de *scaffolds* pelo sistema educacional e um sistema que fosse capaz de processar os *logs* gerando indicadores de interesse tanto do uso de vários alunos na execução de uma mesma tarefa, quanto da evolução dos *scaffolds* utilizado por um mesmo aluno ao longo do tempo.

Além disso, o uso do MAC no contexto educacional permitiu a distinção nos estudos de caso feitos entre as rupturas de interação e as de conteúdo. Desta forma, o trabalho aponta para uma nova linha de pesquisa relevante tanto para a área de Informática e Educação, quanto de IHC sobre a possibilidade de adaptação do MAC para o domínio educacional. Os próximos passos da nossa pesquisa nesta direção envolvem verificar se há como sistematizar as rupturas de conteúdo identificadas, da mesma forma feita no método original para as de interação.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos que participaram dos testes, ao Luiz Luz pela colaboração na pesquisa do VCalc e à FAPEMIG pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

- Cezar, E. S.; Santos, N.; Prates, R. O. (2006) O Uso de Scaffolds no Projeto de Software Educacional. In: *Cadernos do IME: Série Informática: Vol. 22*.
- Cormen, T. H.; Leiserson, C.E.; Rivest, R.L.; Stein C. (2001) *Introduction to Algorithms*, 2nd Edition. 1184 pp. MIT Press.
- de Almeida, P. H. B; Azevedo, R. (2009) Modelos mentais: um estudo de caso referente à introdução de computadores no ensino. In: *WIE. XXIX CSBC*. Bento Gonçalves, RS.
- de Castro, I. H. L; Prates, R. O. (2009) ProfesSort: A Sorting Algorithms Learning Support System. XVII CIESC. In: *XXXV CLEI*. Pelotas – RS.
- de Souza, C. S. (2005) *The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Gravina, M. A.; Santarosa, L. M. (1998) A aprendizagem da matemática em ambientes informatizados. In: *IV Congresso RIBIE*. Brasília – DF.
- Hostins, H.; Raabe, A. L. A. (2007) Auxiliando a aprendizagem de algoritmos com a ferramenta Webportugol. In: *XV WEI, Anais do XXVII CSBC*. Rio de Janeiro, RJ.
- Mota, M. P.; Pereira, L. W. K.; Favero, E. L. (2008) Javatool: uma ferramenta para ensino de programação. In: *XVI WEI, Anais do XXVIII CSBC*. Belém, PA.
- Prates, R. O.; Barbosa, S. D. J. (2007) Introdução à Teoria e Prática da Interação Humano Computador fundamentada na Engenharia Semiótica. In: T.Kowaltowski e K. K. Breitman (Org.). *Atualizações em Informática*, 2007, Ed. PUC - Rio.
- Prates, R. O.; de Souza, C. S.; Barbosa, S. D. J. (2000) A method for evaluating the communicability of user interfaces. *interactions*. 7(1): 31-38
- Prates, R. O.; Figueiredo, R. M. V. (2005) An Experience with an Enriched Task Model for Educational Software. In: *Proc of CHI 2005, USA, ACM*, 2005.
- Quintana, C., Krajcik, J., and Soloway, E. (2002). A Case Study to Distill Structural Scaffolding Guidelines for Scaffolded Software Environments. In: *Proc of CHI 2002, USA, April 20 - 25. ACM*, 81-88.
- Quintana, C.; Fishman, B. (2006). Supporting science learning and teaching with software-based scaffolding. In: *AERA*, San Francisco, CA.
- Saye, J.; Brush, T. (2001). The Use of Embedded Scaffolds with Hypermedia-Supported Student-Centered Learning. In: *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. 10 (4), pp. 333-356. Norfolk, VA: AACE.
- Squires, D.; Preece, J. (1999) Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them. In: *IWC 11* – 467–483.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.