Ferramenta de apoio para o aprendizado ativo usando dispositivos com caneta eletrônica

Ricardo Edgard Caceffo

Instituto de Computação
Universidade Estadual de Campinas
Av. Albert Einstein, 1251 - Cidade
Universitária • CEP 13083-852 •
Campinas/SP
rec@ic.unicamp.br

Heloisa Vieira da Rocha

Instituto de Computação
Universidade Estadual de Campinas
Av. Albert Einstein, 1251 - Cidade
Universitária • CEP 13083-852 •
Campinas/SP
heloisa@ic.unicamp.br

Rodolfo Jardim de Azevedo

Instituto de Computação
Universidade Estadual de Campinas
Av. Albert Einstein, 1251 - Cidade
Universitária • CEP 13083-852 • Cam-
pinas/SP
rodolfo@ic.unicamp.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de uma ferramenta educacional baseada no uso de dispositivos móveis com caneta eletrônica, com o intuito de permitir a construção de um ambiente educacional colaborativo, fundamentado no modelo do aprendizado ativo. Experimentos foram realizados com o intuito de medir a interação dos alunos e professor e a integração e organização de exercícios feitos pelos alunos. Os resultados permitiram identificar os benefícios e vantagens que a aplicação desse tipo de ferramenta pode ter em sala de aula, como o aumento da motivação e participação dos alunos e a possibilidade de feedback em tempo real do professor.

Palavras-Chave: Interação, Colaboração, Aprendizado Ativo, Ferramenta Educacional, Caneta Eletrônica

Abstract

This work shows the development of an educational tool, supported by pen based mobile devices, that has the goal to support the creation of a collaborative educational environment, based on the Active Learning model. A prototype was developed and validated by experiments which objectives were measuring the interaction between the students and teacher, and the possibility of insertion, analysis and comparison of the student's content in the classroom. The results show the benefits and advantages that the use of such interactive tools have in the classroom, like the increase of motivation and participation of the students and the teacher's possibility to receive, in real time, the students feedback about the content and concepts they learned during the class.

Keywords: Interaction, Collaboration, Active Learning, Educational Tool, Pen Based

1. Introdução

Atualmente existe uma tendência cada vez maior para a inclusão de dispositivos computacionais em sala de aula, disponibilizados com o intuito de melhorar o aprendizado e as práticas de ensino.

Entretanto, o uso desses dispositivos não deve ser feito de forma indiscriminada, devendo ser, ao contrário, fundamentado em práticas e modelos educacionais previamente elaborados e validados. Um desses modelos é o denominado aprendizado ativo [4], construtivista por natureza, cujo objetivo é permitir aos estudantes terem um papel ativo em seu próprio processo de aprendizado.

O modelo prevê a construção de um ambiente em que haja uma maior interação dos alunos tanto com colegas como com o professor, por meio de atividades e dinâmicas que estimulem esse tipo de comportamento. O modelo de aprendizado ativo apresenta ainda uma série de características benéficas ao ensino [1][31], sendo as principais o aumento do engajamento, interesse e participação dos alunos, a integração de suas respostas a exercícios propostos nas discussões em sala de aula e também a possibilidade do professor ter acesso em tempo real ao entendimento dos alunos sobre o conteúdo tratado.

Por sua vez os dispositivos tecnológicos possuem um papel fundamental para a viabilização e implantação desse modelo em sala de aula [6]. Por exemplo, a caneta eletrônica, similarmente à caneta tradicional, é crítica neste contexto pois possibilita o registro natural do processo de desenvolvimento do pensamento e raciocínio, com a vantagem de permitir um rápido arquivamento, distribuição, análise e comparação do material por ela registrado [5].

Entretanto, conforme estudo de caso realizado [8], as atuais ferramentas disponíveis para viabilização desse modelo são muito limitadas, comprometendo de forma significativa as possibilidades de interação, colaboração e *feedback* do professor durante a aula. Identificou-se ainda que essas falhas prejudicam o ambiente de ensino, gerando desconforto, inquietação, falta de atenção e desmotivação nos alunos.

Assim este artigo apresenta a proposta de uma ferramenta colaborativa baseada em caneta eletrônica e *Tablets PCs* com o intuito de viabilizar a criação de um ambiente de aprendizado ativo em sala de aula. A avaliação empírica da ferramenta mostra que sua aplicação permite uma maior interação e colaboração entre alunos e professor, onde o professor pode receber, comparar, analisar e dar um *feedback* em tempo real das contribuições dos alunos durante a aula. Já as medições quantitativas registraram uma maior motivação e estímulo dos alunos em participar e contribuir com a aula, tanto de

forma eletrônica como em participações verbais.

Deste modo, nas próximas seções são apresentados: (2) a descrição do modelo educacional construtivista definido como aprendizado ativo; (3) a importância da tecnologia baseada em caneta eletrônica e, seu uso em sala de aula; (4) trabalhos e ferramentas correlatas; (5) o estudo de caso [8] que fundamenta os requisitos funcionais e não funcionais da ferramenta desenvolvida; (6) as características, funcionalidades e exemplos de utilização da ferramenta desenvolvida; (7) a validação e resultados de uso da ferramenta num ambiente real de ensino; e (8) as conclusões finais e trabalhos futuros.

2. O modelo de aprendizado ativo

O modelo construtivista de ensino propõe de um modo geral uma mudança de dinâmica em relação à aula instrucionista tradicional, na qual existe uma transmissão direta e passiva de conteúdo e informação do professor aos alunos [33] [34]. Pelo modelo construtivista é proposta a participação ativa dos alunos nas atividades escolares, por meio da interação com outros colegas e professor e também via o uso de artefatos mediadores.

Dentro deste modelo construtivista, o aprendizado ativo pode ser definido como um estilo de aula que envolve os estudantes, levando-os a terem um papel ativo em seu próprio processo de aprendizado. Conforme afirma Bernhard [9], a importância do aprendizado ativo pode ser explicada pela ciência cognitiva, responsável pelo estudo científico da mente e da inteligência, que prevê a necessidade de ruptura e confronto com os modelos mentais pré-existentes nos alunos de forma a permitir que eles aprendam novos conceitos e adquiram novas informações. Esse processo deve ocorrer de forma clara, plausível e desafiadora.

Desta forma, a interação entre os alunos na execução das atividades, bem como a interação do professor com os alunos tanto durante quanto após as dinâmicas são aspectos fundamentais do aprendizado ativo. Em relação ao professor é necessário que seu *feedback* não seja apenas uma transmissão simples e geral de informação, devendo ser, ao contrário, específica e individual, medindo e quantificando através de padrões de comparação o desempenho de cada um dos alunos.

Por sua vez, Chickering e Gramsom [10] afirmam que um dos meios para incorporar o aprendizado ativo seria a inserção de demonstrações ou exemplos durante a aula juntamente com propostas de exercícios e seu posterior debate e discussão com os alunos. Esse modelo de interação e discussão, segundo McKeachie *et al.* [11], seria inclusive uma das estratégias mais importantes na promoção do aprendizado ativo, já que ao contrário da aula

tradicional permitiria aos alunos uma retenção a longo prazo da informação, a motivação para a pesquisa de leituras adicionais, a possibilidade de aplicação e associação dos conceitos a outros contextos e também o incentivo para que os alunos desenvolvam novas habilidades e formas de pensamento.

2.1 Benefícios do aprendizado ativo

A construção de aulas com atividades interativas contribui para o rompimento das Zonas de Desenvolvimento Proximal [32], onde a interação dos alunos com seus colegas e com o professor representa um ponto importante para o desenvolvimento e aprendizado dos alunos.

Segundo afirma Moon [12], interação é um pré-requisito essencial para o aprendizado, sendo que no modelo construtivista os alunos que se engajarem e interagirem estão mais propensos a construir as estruturas de conhecimento necessárias para seu aprendizado.

Deste modo, Anderson *et al.* [31] afirma que o modelo de aprendizado ativo apresenta uma série de características benéficas ao ensino. As principais são:

- Aumento do engajamento e participação dos alunos: com aulas interativas os alunos sentem-se mais estimulados a participar e contribuir nas atividades. Além disso, o modelo de aprendizado ativo prevê que todos os alunos devem ter a oportunidade de participar e resolver as tarefas à sua própria maneira. O fato de terem um *feedback* adequado às suas participações faz com que eles sintam que suas interações são importantes não apenas para o seu aprendizado, mas para o da classe como um todo. O aumento do interesse propicia uma maior retenção da informação e também um estímulo para um aprofundamento no assunto e conceitos aprendidos.
- Capacidade do professor ter acesso em tempo real ao entendimento dos alunos: com esse entendimento o professor tem a flexibilidade para ajustar sua aula em tempo real de acordo com o entendimento e compreensão dos alunos. Além disso, ele consegue identificar problemas e dificuldades no momento da aula, sem ter que esperar uma prova, teste ou mesmo as avaliações de final de semestre para identificar eventuais problemas no aprendizado. É possível que o professor proponha uma atividade e use uma resposta incorreta de um aluno como exemplo para esclarecer um conceito que

aparentemente não foi bem compreendido pela classe.

- Integração de material dos alunos nas discussões da sala de aula: incluir exemplos, idéias ou sugestões dos alunos em sala de aula faz com que exista a possibilidade de discussão de uma série de pontos de vista que de outra maneira não poderiam ser citados apenas pelo professor isoladamente. Os alunos também anseiam em ver sua participação e dos colegas exibidas e discutidas, o que também é um incentivo para sua participação na aula.

3. A importância da tecnologia baseada em caneta eletrônica

Segundo Backon [14], o advento de novas tecnologias permitiu uma transformação do conhecimento humano, tanto em seu processo de criação e armazenamento quanto de transmissão. Nos últimos anos a interação humano-computador passou a contar com outras opções além dos tradicionais teclado e mouse, como telas sensíveis ao toque e canetas eletrônicas.

Backon [14] afirma ainda que o uso da caneta eletrônica é importante pois permite registrar e organizar pensamentos, idéias, problemas e soluções de forma clara e precisa, tornando o ensino e o aprendizado mais flexíveis. Além disso, a caneta eletrônica possibilita o registro natural do processo de desenvolvimento do pensamento e raciocínio em todas as suas etapas. Por exemplo, na resolução de cálculos grandes e complexos, é possível que sejam registrados os passos feitos e também desenhados diagramas que explicam o desenvolvimento do problema. Deste modo, a utilização da caneta eletrônica em muito auxilia diversas atividades de aprendizagem.

Ainda, a principal vantagem da caneta eletrônica em relação ao caderno e canetas tradicionais é que o material produzido de forma digital pode ser arquivado, distribuído, analisado e comparado com outros similares [14].

Segundo Chidanandan [13] o uso de dispositivos baseados em caneta eletrônica em sala de aula, bem como softwares que dêem suporte a esse uso, podem viabilizar a implantação de modelos educacionais como o de aprendizado ativo, apresentado na seção 2 deste trabalho. Conforme visto, neste modelo os estudantes não devem ser apenas meros espectadores e receptores de informação, ao contrário, devem atuar ativamente na aula, realizando trabalhos em grupo, compartilhando e dividindo suas atividades com outros colegas e também com o professor.

Assim as principais características do modelo de aprendizado ativo podem ser alcançadas com o uso de

dispositivos baseados em caneta eletrônica e de softwares que dêem suporte a esta tecnologia, da seguinte forma:

- Aumento do engajamento e participação dos alunos: em uma aula tradicional, sem uso de dispositivos baseados em caneta eletrônica, o professor geralmente escreve no quadro negro suas anotações de aula, que depois são copiadas pelos alunos em seus cadernos ou em cópias previamente impressas dos slides da aula [13].

Os alunos gastam deste modo muito tempo copiando o conteúdo ao invés de se preocuparem em entender o que está sendo mostrado. Além disso, as anotações originais do professor se perdem e não podem ser aproveitadas em outro contexto ou aula. O uso da caneta eletrônica, aliada a uma ferramenta de distribuição e arquivamento das anotações, poderia resolver esse problema, registrando automaticamente o conteúdo teórico transmitido e permitindo desta forma que os alunos utilizassem o tempo de aula participando de atividades e discussões.

Além disso, com o uso da tecnologia os alunos têm a oportunidade de realizar as tarefas em seu próprio passo e velocidade, sem a necessidade de se exporem indo ao quadro negro ou lendo em voz alta seus exercícios. Isso pode ser um aspecto particularmente estimulante para a participação de alunos tímidos [7; p75-76].

Ainda, o uso da tecnologia também possibilita uma maior interação dos alunos com o professor, permitindo ainda que este forneça um *feedback* pontual aos alunos durante a aula. Estes aspectos são fundamentais para que haja uma maior participação e interesse dos alunos nas aulas.

- Capacidade do professor ter acesso em tempo real ao entendimento dos alunos: é importante que durante a aula o professor tenha conhecimento de qual o entendimento dos alunos em relação aos tópicos e conceitos abordados. Em uma sala tradicional isso seria viável apenas no momento da avaliação, já que durante a aula o professor não teria condições de andar pela sala de aula e acompanhar cada aluno de forma individual [13].

Além disso, os alunos que estiverem com dificuldades em completar a tarefa podem ficar relutantes em pedir ajuda [13]. Com o uso da tecnologia é possível a construção de softwares que agrupem em uma mesma tela as atividades dos alunos permitindo uma avaliação e *feedback* imediatos e em tempo real, sem a necessidade de deslocamento do professor.

- Integração de material dos alunos nas discussões da sala de aula: Em uma aula tradicional o professor pode solicitar aos alunos a resolução de exercícios, a execução de tarefas ou a elaboração de atividades, mas devido à grande quantidade de alunos a discussão geralmente é feita em relação à contribuição de poucos estudantes.

Com o uso da tecnologia baseada em caneta eletrônica, é possível que o professor receba, exiba e transmita a contribuição de todos os alunos. Assim, os alunos conseguem ver a contribuição dos colegas e também identificar similaridades e diferenças em relação à sua própria contribuição, aumentando desta forma a interação em sala de aula e, conseqüentemente, as discussões e aprendizado do assunto abordado.

3.1 O Tablet PC como exemplo de tecnologia baseada em caneta eletrônica

Os Tablets PCs são notebooks leves e práticos, em que a forma de interação pode ser feita por meio do mouse, do teclado ou da caneta eletrônica, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1: Exemplo de Tablet PC e sua caneta eletrônica.¹

¹ Figura de divulgação do Tablet PC TC1100, disponível no site da HP no endereço: <http://h20000.www2.hp.com/> Acesso: Julho de 2011.

Segundo estudos realizados por Scoot *et al.* [15] os alunos preferem utilizar os Tablets PCs em sala de aula ao invés de notebooks tradicionais. Entretanto, como ocorre com o uso de qualquer outra tecnologia, o uso dos Tablets PCs pode gerar ansiedade e possível distração.

Para minimizar esse fator, Scoot *et al.* [15] recomenda que os alunos sejam encorajados a princípio a utilizarem sozinhos o equipamento, podendo assim no momento da aula terem a atenção voltada apenas ao professor e ao ambiente de ensino.

Outra vantagem dos Tablets PCs é o fato de por sua leveza e mobilidade ele poder ser usado deitado, como um caderno apoiado na mesa ou no próprio braço do estudante. Isso é importante pois nos computadores tradicionais, inclusive nos notebooks, a tela fica na vertical, agindo como uma barreira entre o usuário e seus interlocutores. É justamente por este motivo que algumas empresas proíbem o uso de notebooks em reuniões, permitindo apenas a utilização de Tablets PCs [16].

4. Trabalhos Correlatos

Esta seção trata dos trabalhos e ferramentas relacionados ao uso de dispositivos móveis e caneta eletrônica no contexto educacional com o objetivo de permitir a implantação de um ambiente interativo, de aprendizado ativo, em sala de aula.

Algumas dessas ferramentas foram desenvolvidas e utilizadas unicamente em projetos acadêmicos com o intuito de servir como veículo para validação de teorias e métodos educacionais. Outras têm pretensão mais ampla, sendo disponibilizadas ou até mesmo vendidas a diversas instituições de ensino em todo mundo. Em qualquer caso elas são relevantes pois permitem identificar de quais modos a tecnologia pode ser empregada em sala de aula para propiciar um ambiente mais dinâmico, interativo e propício ao aprendizado.

4.1 Classroom Presenter

A ferramenta Classroom Presenter (Presenter) [17][31] é uma aplicação para Tablets PCs desenvolvida pela Universidade de Washington (EUA) para promover uma maior interação entre alunos e professor no ambiente de sala de aula [18]. Seu código fonte é livre e aberto para distribuição ou modificações.

O Presenter busca prover à aula mecanismos que adaptem e flexibilizem em tempo real a apresentação de slides aos alunos, facilitando a criação de um ambiente de aprendizado ativo em sala de aula. Segundo Anderson [31], o Presenter amplia a participação e motivação dos alunos, permitindo que o professor tenha um retorno imediato do entendimento que os alunos têm dos concei-

tos ensinados, além de integrar materiais disponibilizados pelos alunos nas discussões da aula.

Para tanto, Anderson [17] afirma que a idéia básica que fundamenta o Presenter é o suporte à escrita eletrônica sobre os slides da aula, usando para isso o Tablet PC como instrumento tecnológico facilitador. As anotações feitas pelo professor nos slides são acompanhadas e visualizadas pelos alunos em seus Tablets PCs, e os alunos têm a liberdade de fazer e enviar suas próprias anotações, denominadas submissões, ao professor.

O uso do Presenter é feito em uma sala de aula onde tanto o professor quanto os alunos (individualmente ou em grupo) utilizam Tablets PCs conectados a uma rede sem fio.

Inicialmente o professor abre no Presenter uma apresentação de slides feita em Power Point e convertida para o formato aceito pelo Presenter. Após isso os alunos passam a visualizar em seus próprios Tablets PCs o mesmo slide selecionado pelo professor em sua apresentação. O professor tem também a opção de permitir ou restringir, no momento em que quiser, a livre navegação dos alunos nos slides da apresentação.

Com o uso da caneta eletrônica do Tablet PC tanto professor quanto alunos podem fazer anotações, grifar textos ou fazer quaisquer marcações que queiram nos slides apresentados. As anotações feitas no slide pelo professor são imediatamente propagadas para os equivalentes slides nos Tablets PCs dos alunos. Já as anotações feitas pelos alunos nos slides são pessoais, ficando a princípio restritas apenas a eles próprios. Entretanto, caso queiram ou sejam solicitados, os alunos podem submeter ao professor suas anotações (dúvidas, sugestões, pedidos de ajuda, respostas de exercícios, etc.) que são dispostas no Presenter do Tablet PC do professor em um conjunto de slides à parte dos slides da apresentação original. Essas submissões são anônimas e o professor tem a liberdade de exibi-las para a classe se, e quando, quiser.

A seção 5 deste trabalho apresenta um estudo de caso relatando a utilização da ferramenta Presenter no ensino superior.

4.2 Classroom Feedback System (CFS)

Com o intuito de possibilitar uma melhor interação de estudantes com o professor em classes relativamente grandes (50 ou mais estudantes) foi desenvolvido o Classroom Feedback System (CFS) [7:p73-97] uma extensão do Presenter que permite aos estudantes informarem ao professor sua opinião sobre os slides apresentados. Ao contrário do Presenter, o CFS não precisa necessariamente da utilização da caneta, podendo assim ser utilizado não apenas em Tablets PCs, mas também em notebooks tradicionais.

Seu funcionamento consiste em marcações feitas pelos alunos em determinadas partes dos slides informando sua opinião sobre determinados tópicos. As marcações não são livres, devendo ser escolhidas a partir de uma lista pré-definida de opções (e.g. “More Explanation”, “Example” e “Got It”).

Por exemplo, suponha-se a situação em que o professor está explicando, em um slide projetado para toda a classe, o funcionamento da interface “Iterator” de determinada linguagem orientada a objetos. Como nenhum aluno se manifestou publicamente apresentando alguma dúvida sobre este conteúdo, o professor segue para o slide subsequente de sua apresentação. Nesse momento dois alunos identificam que estão com dúvidas em alguns itens do slide anteriormente apresentado. Assim, eles acessam esse slide e fazem uma marcação solicitando “More Explanation” dos itens que desejam.

4.3 Structured Interaction Presentation

Uma outra extensão do Presenter é o Structured Interaction Presentation (SIP) [7; p98-182], desenvolvido com o intuito de promover exercícios interativos integrados dentro da apresentação da aula.

Seu foco está na possibilidade de criar votações atreladas a slides, onde os alunos indicam, dentre as opções apresentadas, quais eles acreditam serem corretas. O sistema também pode consolidar as votações, criando gráficos indicativos do resultado de uma votação ou gráficos comparativos dos resultados de várias votações.

O funcionamento do SIP se dá através da instalação de um *plugin* para o *Power Point*, por meio do qual o professor cria a votação e faz as configurações e ajustes necessários. A apresentação depois é convertida e apresentada utilizando-se uma adaptação da ferramenta Presenter, onde os alunos recebem, respondem e submetem suas respostas ao professor.

A ferramenta ainda utiliza um servidor SQL para armazenamento e acesso às informações da votação, permitindo assim que tanto o professor quanto os alunos façam consultas futuras aos resultados obtidos.

Segundo Wolfman [7; p176], as experimentações efetuadas constataram que os alunos sentiram-se não apenas motivados mas também compelidos a participar. Quando era especificado nos slides ser aquele um momento de realização de exercício, os alunos sentiam que sua participação na atividade era o único comportamento social aceitável. Além disso, grande parte dos alunos afirmou que a inclusão dos dados de sua votação no resultado final apresentado encorajou sua participação na atividade [7; p172].

Um dos problemas encontrados [7; p177] foi a questão da distração dos alunos, sendo que alguns deles cita-

ram perder a atenção com outras aplicações nos Tablets PCs que não tinham correlação alguma com a aula. Outros se sentiram focados apenas na tela de seus Tablets PCs, não prestando a devida atenção ao professor, à projeção ou aos demais alunos. Outro problema identificado foi a existência de alguns exercícios muito simples e fáceis, representando um anticlímax na aula.

4.4 Paper CP

PaperCP [19] é uma ferramenta baseada na interface de papel eletrônico Anoto [20], que permite a realização de anotações no papel através do uso de caneta eletrônica própria. Seu intuito é possibilitar a criação de um ambiente de aprendizado ativo em sala de aula, permitindo uma interação mais natural entre alunos e professor.

Para tanto, foi implementada usando a estrutura de rede e transmissão de slides do Presenter, usando ao invés do Tablet PC o papel eletrônico com comunicação *blue-tooth* como dispositivo de interação. Segundo Liao *et al.* [19], o PaperCP combina as vantagens dos artefatos físicos como o papel com a conveniência da comunicação eletrônica e da infra-estrutura de armazenamento de arquivos.

Seu funcionamento ocorre pelas marcações com caneta eletrônica que o estudante faz em um papel eletrônico previamente impresso com os slides da aula. Para diferenciar suas anotações pessoais daquelas que serão submetidas ao professor, é usada uma caneta eletrônica extra, com o intuito de selecionar e laçar, através de gestos, quais marcações serão submetidas. Similarmente ao Presenter, utilizado nos Tablets PCs, as submissões apenas são enviadas ao professor quando o botão de submissão é pressionado.

Segundo Liao *et al.* [19], os seguintes princípios guiaram o desenvolvimento do Paper CP:

- **Affordance do papel:** permite superar as limitações da interface digital (uso do Tablet PC com a ferramenta Presenter).
- **Comunicação eficiente:** a interface do papel deve suportar submissões dos estudantes de forma eficiente, um aspecto importante para a comunicação do aprendizado ativo.
- **Utilização Realística:** a implementação da ferramenta deveria ser feita de forma que pudesse ser utilizada em salas de aula reais, permitindo observações realísticas de experiências dos usuários.

De acordo com a análise dos experimentos realizados, Liao *et al.* afirmam que o *feedback* em tempo real é a chave para complexas interações utilizando o papel. Segundo Liao *et al.*, ainda existem muitos desafios a serem

estudados envolvendo o design de interface em papel, como por exemplo o layout dos slides, o número de páginas impressas, o espaço para a escrita com a caneta eletrônica, o conteúdo dos slides e também o estilo das anotações dos estudantes.

Um dos principais problemas identificados é, segundo Liao *et al.*, a distração e o esforço gerados pela necessidade constante de “virada” das folhas eletrônicas. Como resultado, esses efeitos negativos anulam as vantagens de rápida navegação e manipulação do papel.

4.5 Ubiquitous Presenter

Ubiquitous Presenter (UP) [21] é uma ferramenta elaborada por pesquisadores da Universidade de São Diego (EUA) com o intuito de permitir a criação de um ambiente de aprendizado ativo sem a necessidade de presença física dos alunos em sala de aula e também sem a obrigatoriedade do uso de dispositivos baseados em caneta, como os Tablets PCs.

Para tanto foi desenvolvido como uma extensão da ferramenta Presenter, em que os alunos fazem acesso à apresentação da aula através de um navegador comum de internet (Internet Explorer, Firefox, etc) sem a obrigatoriedade de instalação de nenhum aplicativo extra em seus computadores (que podem ser, ou não, Tablets PCs). Essa flexibilidade de acesso pela web faz com que não haja necessidade da presença física do aluno em sala de aula, possibilitando assim usos mais abrangentes para a ferramenta (e.g ensino a distância).

Da mesma forma que o Presenter, os alunos também têm a oportunidade de realizar submissões de conteúdo, de dúvidas ou de atividades ao professor. Os alunos que utilizam Tablets PCs podem realizar submissões via tinta através de um *Java Applet* no slide principal de visualização. Já os alunos sem dispositivos de caneta podem fazer suas submissões por meio de texto digitado via teclado.

As submissões enviadas pelos alunos são recebidas por um servidor, que depois as retransmite para o UP cliente no Tablet PC do professor. Os alunos têm a opção de escolher manterem-se sincronizados à aula, recebendo as anotações do professor em “tempo real” (descontando-se o atraso de carregamento das páginas nos navegadores) ou de navegarem livremente pelos slides da apresentação.

Existe ainda a possibilidade do professor manter a aula aberta online, permitindo aos alunos acessarem os slides mesmo após o término da apresentação. Segundo Wikerson *et al.* [21], como a escrita das tintas pelo professor é guardada em ordem cronológica, é possível aos alunos rever a aula, visualizando anotações, exemplos ou correções conforme elas foram apresentadas durante a apresentação original.

4.6 DyKnow Vision

A ferramenta DyKnow Vision [2], um software proprietário, foi desenvolvida com o intuito de promover o aprendizado ativo através do aumento da participação dos alunos em sala de aula. O objetivo é alterar o modelo de aula tradicional, em que o professor fala para estudantes passivos, por um modelo em que haja participação ativa dos estudantes no aprendizado.

Desta forma o DyKnow Vision prevê a construção de um ambiente de aprendizado ativo através do uso de tecnologia, onde tanto o professor quanto os alunos fazem uso de dispositivos equipados com a caneta eletrônica, como os Tablets PCs. O objetivo, independentemente do dispositivo utilizado, é possibilitar que alunos e professor compartilhem material e informação durante a aula.

De modo semelhante ao da ferramenta Presenter o DyKnow permite que os slides da apresentação do professor sejam compartilhados de forma síncrona com os alunos. Além disso, o professor não fica restrito apenas ao uso de apresentações em Power Point, podendo fazer uso de outros materiais (e.g gráficos, conteúdo web etc.) .

Os alunos podem realizar anotações nos slides e, caso queiram ou sejam solicitados, enviam anonimamente submissões dessas anotações ao professor. O professor recebe essas submissões e pode comentá-las e reenviá-las aos alunos emissores ou, se preferir, escolher alguma e mostrá-la para todos os alunos da classe através do projetor.

O professor também pode propor atividades como votações rápidas, em que os alunos respondem a questões de múltipla escolha sobre determinado tema. O professor recebe as respostas anônimas dos alunos e pode, se quiser, consolidá-las através de gráficos (torta ou barras) gerando uma oportunidade de discussão dos resultados com a classe. Como a votação é anônima e individual, os alunos não se sentem constrangidos em participar, nem propensos a copiar respostas dos colegas (como pode ocorrer em votações tradicionais onde os alunos levantam as mãos para responder).

A ferramenta ainda permite que os estudantes façam atividades em grupo, nas quais a mesma tela de atividade é visualizada por cada estudante ao mesmo tempo, podendo assim ser compartilhada para edição. Após o término do exercício os alunos têm a opção de compartilhar o resultado com a classe, o que representa um impacto positivo no ambiente de ensino [22].

Adicionalmente, os alunos têm a opção de desenhar diagramas ou copiar e colar gráficos ou imagens de outras aplicações para complementar suas atividades. Além disso, existe ainda a possibilidade de o professor permitir que um ou mais alunos tenham o controle da aula, ou

seja, assumam momentaneamente o papel de professor, tendo suas anotações e atividades compartilhadas com todos os alunos.

Ao final da aula os alunos podem salvar todo o material visto em cadernos de notas que ficam disponíveis para acesso em qualquer computador com acesso à internet. As anotações (tanto do professor quanto dos alunos) são salvas de modo a possibilitar que sejam revistas tinta a tinta, de forma cronológica exatamente da maneira como foram escritas durante a aula, similarmente ao que ocorre com o Ubiquitous Presenter, descrito na seção 4.5 desta dissertação. Deste modo é possível guardar não apenas o conteúdo das anotações, mas também seu processo de evolução e desenvolvimento.

Avaliações indicam que os alunos, de um modo geral, acham positivo ter a oportunidade de ver o trabalho de colegas, bem como acreditam que há um aumento no entendimento da aula (tanto presencialmente quanto em revisões posteriores) através do uso do DyKnow [2]. Os alunos também consideram ser a ferramenta um fator de melhora no aproveitamento do tempo de aula, sendo que praticamente a totalidade dos alunos afirma que o uso da ferramenta representa um impacto positivo no conhecimento aprendido.

Já para os professores a principal contribuição apontada é a possibilidade apresentada pela tecnologia na mudança de pedagogia e estilo de ensino empregado. Os professores também afirmam ser importante o recebimento transparente das atividades, sem necessidade de interrupção dos demais alunos. Também consideram importante a opção de rever a aula com a exibição cronológica da escrita das tintas, bem como a possibilidade de uso da votação para medir o grau de entendimento dos alunos e também a possibilidade de inserção de material novo durante a aula caso achem necessário.

5. Estudo de caso

Além da utilização de dispositivos tecnológicos como a caneta eletrônica, é necessária a utilização de software elaborado especificamente para utilização nesse meio, como descrito nos exemplos da seção 4 deste documento. Deste modo, visando compreender melhor a aplicação e uso desses dispositivos tecnológicos para a prática do aprendizado ativo, foi feita uma pesquisa [8] com o objetivo de identificar suas características, vantagens, limitações e também exemplos de sua aplicação em instituições de ensino.

Realizou-se um estudo prático em sala de aula, durante um semestre, com o intuito de avaliar o impacto do uso do Tablet PC e ferramentas a ele associadas no ambiente educacional. Utilizou-se para isso a ferramenta de código aberto Presenter (ver seção 4.1) que permite a conexão e troca de slides entre os Tablets PCs dos alunos e do pro-

fessor, além da eventual exibição desses slides num projetor, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2: Diagrama de aplicação das ferramentas colaborativas

A escolha do software Classroom Presenter foi feita por esta ferramenta ser uma das mais empregadas para aulas colaborativas com Tablet PCs em universidades de todo o mundo, tendo sido utilizado com sucesso em mais de 15 cursos de computação nos EUA [23] e também em uma disciplina em uma universidade chinesa [24]. O fato do código ser livre e aberto também foi fator determinante nesta escolha, já que com isso é possível realizar de forma relativamente simples adaptações e inclusão de funcionalidades em seu código, como ocorre com o CFS (seção 4.2) e o CIP (seção 4.3).

Nesse contexto, também empregado por outras ferramentas colaborativas como o DyKnow [2], os slides da aula do professor são transmitidos de forma síncrona aos alunos, que podem fazer suas próprias anotações utilizando a caneta eletrônica e, caso queiram, submeter slides de perguntas e dúvidas ao professor. Já o professor pode analisar esses slides e, caso acredite ser interessante para a aula, exibi-los através do projetor.

5.1 Metodologia e conclusões

O estudo de caso [8] foi realizado com alunos de graduação da disciplina “MC750 - Projeto e Construção de Interfaces de Usuário” do curso de Ciência da Computação da Unicamp, no Segundo semestre de 2007. Alunos de pós-graduação auxiliaram a professora a coordenar e orientar no uso dos Tablets PCs os 40 alunos matriculados.

A disciplina foi oferecida em sala de aula específica no laboratório de Tablets PCs do prédio do Ciclo Básico I da universidade. Dos 21 Tablets existentes no total, 1 foi utilizado pelo professor e os demais 20 estavam disponíveis aos alunos, que eram encorajados a utilizar em duplas os dispositivos.

A dinâmica das aulas consistia no uso do software Presenter, onde a apresentação do professor era transmitida para os alunos, que poderiam realizar anotações e

submetê-las, caso desejassem, ao professor. Os alunos também foram convidados a apresentar seminários usando o Presenter. Isso serviu para que eles pudessem identificar quais são as dificuldades e desafios que um professor tem no uso desta nova tecnologia.

A conclusão do estudo de caso [8] é que a aplicação desse tipo de ferramenta é bastante limitada, comprometendo de forma significativa as possibilidades de interação e *feedback* do professor. A principal dificuldade encontrada foi a necessidade de um rápido *feedback* aos alunos em relação às tarefas por eles submetidas. Apesar das ferramentas analisadas permitirem ao professor receber as respostas de exercícios, elas não fornecem nenhum meio de organizar, gerenciar ou comparar essas submissões, o que acaba inviabilizando qualquer tipo de análise mais elaborada dessas respostas.

Além disso, como as submissões são anônimas, o professor não consegue fornecer um *feedback* específico aos alunos autores das atividades. Esses problemas geraram perda de tempo, desconforto, inquietação, falta de atenção e desmotivação na sala de aula, prejudicando consideravelmente o ambiente de ensino.

A partir deste estudo de caso [8], foi definida, uma ferramenta que propiciasse a integração dos exercícios submetidos pelos alunos em sala de aula e a possibilidade de identificação, análise e agrupamento dessas respostas pelo professor com o intuito de auxiliar o professor na resposta rápida aos alunos, viabilizando a construção de uma aula com participação ativa dos alunos. Definiu-se que a ferramenta deveria possuir uma interface compatível com o uso da caneta eletrônica, aproveitando-se assim as vantagens que esse dispositivo possui, principalmente no ambiente educacional. A próxima seção descreve o processo de desenvolvimento de esta ferramenta.

6. Solução Desenvolvida

Similarmente ao processo adotado por outras ferramentas colaborativas, como o “CFS - Classroom Feedback System” e o “SIP – System Interaction Presentation” [7], optou-se em desenvolver um protótipo funcional da ferramenta como uma extensão do Presenter, que como visto na seção anterior implementa a comunicação e transmissão básicas de slides entre alunos e professor.

Para a construção do protótipo foram utilizadas técnicas de desenvolvimento de software como a identificação de requisitos, a elaboração de cenários de uso e o modelo de prototipagem rápida, onde versões iniciais do protótipo foram apresentadas aos usuários. Isso foi importante pois permitiu a rápida identificação de problemas de usabilidade, a validação dos elementos de interação apresentados e também a incorporação de novas funcionalidades de acordo com as necessidades dos usuários.

Outro aspecto constantemente analisado durante o desenvolvimento do protótipo foi a sua adequação aos princípios e heurísticas de usabilidade aceitos como padrão dentro da literatura de IHC (Interação Homem-Computador). As decisões de design da interface de usuário seguiram os princípios de usabilidade propostos por Nielsen [3], Norman [25] e Preece [26].

Nielsen é responsável pela elaboração de uma série de diretivas de usabilidade aplicadas à avaliação de interfaces de usuário, denominada Avaliação Heurística. Esse método pode ser utilizado tanto para avaliar interfaces já prontas como também para servir de referência ao design de novas interfaces.

Já Norman, por sua vez, propõe princípios de design para serem utilizados na elaboração de interfaces de forma a tornar a interação entre os usuários e ferramenta algo natural. Os princípios propostos são: Affordances, Consistência, Feedback, Mapeamento, Modelo Conceitual, Visibilidade e Restrições.

Por fim Preece [26] apresenta uma série de características importantes a sistemas interativos de forma a possibilitar que estes apresentem uma usabilidade adequada aos usuários. As principais características são eficácia, eficiência, segurança, utilidade, facilidade de aprender e relembrar como se usa o sistema.

6.1 Cenários de Uso

Cenários são peças importantes no ciclo de vida dos sistemas [27], já que com eles é possível descrever em um bom grau de detalhes uma sequência hipotética de eventos. Através de cenários é possível levantar-se informação de *background* sobre os atores e o meio em que se encontram, os objetivos e metas dos atores e também a sequência de eventos que leva a alcançá-las.

Após o acompanhamento do uso dos Tablets PCs, conforme descrito na seção 5, foi realizado o levantamento dos requisitos, desafios e necessidades dos usuários que utilizariam a ferramenta no ensino superior. Para tanto, foi levantado um cenário global para o uso da ferramenta colaborativa, descrevendo quais ações principais deveriam ser executadas pelo professor e alunos neste ambiente.

No cenário aqui descrito procurou-se elaborar um planejamento descrevendo a utilização e interação dos usuários com o sistema, auxiliando assim no desenvolvimento de uma ferramenta com um grau maior de usabilidade. Seguiu-se a diretriz [28] de realizar descrições narrativas, ricas em detalhes contextuais que não contenham, entretanto, detalhes de interface nem referências à tecnologia a ser usada na implementação.

6.1.2 Cenário Geral

Inicialmente, o professor durante o planejamento de sua aula deseja incluir um exercício a ser realizado pelos alunos utilizando a ferramenta colaborativa. Interagindo com o sistema, o professor descreve o enunciado do exercício, a imagem a ser analisada e, quando houver, as marcações que indicam o gabarito.

Após esse processo, no momento propício de sua aula o professor envia o exercício aos estudantes. Os alunos analisam o exercício (composto de enunciado e imagem) e o resolvem, atrelando a determinadas áreas da figura marcações de tinta que acreditam serem corretas de acordo com o solicitado pelo enunciado.

Após isso, cada aluno submete sua resposta do exercício ao professor. O professor terá a opção de visualizar as respostas dos alunos, que estarão agrupadas de acordo com suas características, similaridades e correção, facilitando assim a compreensão, correção e transmissão do desempenho da atividade aos estudantes.

O agrupamento pode ser feito, por exemplo: (a) por meio de um diagrama com o Mapa da Classe (onde o professor consegue identificar prontamente de quais alunos partiram as respostas); (b) junção de respostas similares; (c) ou até pela disposição das mesmas em uma Espiral de imagens [29][30], onde seriam ordenadas e dispostas na figura de acordo com sua proximidade com o gabarito. No caso de não haver gabarito, as respostas seriam agrupadas de acordo com suas características e semelhanças, cabendo ao professor classificá-las de acordo com a solução esperada para a atividade.

Independentemente da forma de consolidação das respostas seria interessante que esse processo fosse rápido e simples, possibilitando ao professor identificar prontamente se o desempenho dos alunos foi próximo ao esperado e quais os principais problemas e dificuldades encontrados, permitindo um rápido feedback aos alunos em relação ao seu desempenho na atividade.

Ao término da aula tanto o professor quanto os alunos poderiam acionar a opção de salvar o conteúdo da apresentação. O sistema será responsável em armazenar o conteúdo da aula e disponibilizá-lo aos alunos fora do ambiente acadêmico.

6.2 Desenvolvimento do Protótipo

A partir do cenário elaborado (conforme descrito na seção 6.2.1), o protótipo foi sendo construído respeitando-se as diretrizes de usabilidade propostas por Nielsen [3], Norman [25] e Preece [26], e também as limitações técnicas do Presenter, usado como base para o desenvolvimento do protótipo. Procurou-se também respeitar a heurística de consistência e padrões [3] associada aos elementos de interface de usuário já existentes, evitando

assim conflitos que seriam prejudiciais na usabilidade do protótipo.

Os principais módulos do protótipo, bem como as etapas do seu desenvolvimento, são descritos em detalhe nas seções seguintes.

6.2.1 Identificação dos Alunos

Para que seja possível a identificação, tanto pelos alunos como pelo professor, de quem são os autores dos slides de submissões, é necessário que cada um dos alunos informe na tela inicial do protótipo qual o seu nome e qual a sua localização em sala de aula.

Esse procedimento é importante para que tanto o professor como os próprios alunos sejam capazes de identificar quem são os autores das contribuições feitas e submetidas ao professor durante as atividades conforme pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Identificação dos alunos

Esse processo de identificação é fundamental para permitir a disposição das submissões dos alunos no modo de visualização Mapa da Classe, conforme descrito na seção 6.2.2.

6.2.2 Mapa da Classe

Com o intuito de permitir ao professor a identificação da localização dos alunos em sala de aula, foi desenvolvido o modo de visualização Mapa da Classe, que agrupa as submissões dos alunos de acordo com a localização (fileira e coluna) informada por cada um deles na tela inicial da ferramenta.

O objetivo deste modo de visualização é permitir uma imediata identificação de quem são os autores das submissões de slides em sala de aula, exibindo em um mapa os slides submetidos associados à posição de cada um dos estudantes. Esse processo permite ao professor prover um rápido e imediato *feedback* aos alunos autores das respostas aos exercícios propostos.

A Figura 4 ilustra o mapeamento e exibição de slides de submissão de respostas no modo Mapa da Classe:

Figura 4: Os slides submetidos pelos estudantes são dispostos de acordo com a sua posição na sala de aula

Através deste mapeamento o professor consegue identificar a qualquer momento o nome e localização de cada aluno autor de uma submissão de slide. Com isso é possível verificar em tempo real quantos e quais alunos responderam ao exercício proposto, além de comparar essas submissões, visualizando-as lado a lado.

6.2.3 Espiral

O modo de visualização Espiral tem como principal característica permitir que o professor compare os slides de resposta submetidos pelos alunos com um slide pré definido de gabarito. Após analisados por um algoritmo de comparação, os slides são exibidos no formato de uma espiral [29][30], onde os mais semelhantes com o gabarito são posicionados ao centro, os menos semelhantes próximos à ponta e o demais de forma proporcional à sua semelhança.

O intuito básico do modo de exibição em Espiral é comparar todos os slides presentes em um determinado *deck* de submissão de slides dos alunos com um gabarito previamente definido pelo professor. Deste modo antes da aula, no momento da elaboração do *deck* da apresentação, o professor pode preparar a atividade e definir um determinado slide como gabarito, ou se preferir, pode definir esse slide durante a própria aula.

Assim o professor pode analisar em tempo real quais slides submetidos mais se aproximam e quais os que mais se afastam do gabarito previamente elaborado. Essa análise é importante para que o professor consiga identificar quantos (e quais) alunos se aproximaram do objetivo da tarefa. Além disso, o professor pode identificar e usar como exemplo alguma resposta divergente para comentar e resolver dúvidas conceituais existentes, ou como discussão para assuntos ainda não abordados.

Por exemplo, a Figura 5 mostra a disposição dos slides submetidos pelos alunos no modo de visualização Espiral. Analisando a espiral o professor consegue identificar que apenas um aluno respondeu satisfatoriamente o exercício proposto, sendo que um outro aluno respondeu de forma totalmente divergente e os demais de forma intermediária. Baseado nestes resultados o professor

consegue analisar o desempenho e entendimento dos alunos, adequando em tempo real sua aula às necessidades dos alunos.

Figura 5: Modo de visualização Espiral

Já os alunos podem ver e identificar onde sua contribuição se localiza em relação aos demais colegas. Isso é importante para tornar a aula mais dinâmica e interativa, estimulando os alunos a participar, já que sabem que suas respostas serão analisadas e comentadas pelo professor e pelos colegas. Como visto anteriormente esses são elementos importantes para a construção de um ambiente de aprendizado ativo.

6.2.4 Grupos

O modo de visualização em Espiral, descrito na seção 6.2.3, possuía inicialmente, além da forma de comparação dos slides de submissão dos alunos com um gabarito, um modo de comparação dos slides entre si, onde slides semelhantes eram dispostos no mesmo grupo. O objetivo desta forma de comparação era propiciar ao professor um jeito de agrupar submissões de exercícios em situações onde não houvesse um gabarito pré-definido. Deste modo o professor teria a oportunidade de identificar se houve semelhança na resolução de determinada tarefa, quantas soluções foram encontradas e quantos e quais alunos foram os autores dessas resoluções.

Os grupos eram criados usando-se o algoritmo de sobreposição de slides, descrito na seção 6.2.5, e dispostos na Espiral de forma a que a distância entre eles fosse a mesma. O processo era feito deste modo, pois, dada a inexistência de um gabarito, a idéia não era identificar grupos “mais corretos” ou “mais errados”, mas sim grupos distintos de submissões.

Seguindo o esquema de prototipação rápida, essa versão do protótipo foi exposta ao professor e alunos de uma turma da disciplina “Informática para Educação” da pós-graduação do Instituto de Computação da Unicamp.

Após utilizarem o protótipo em um teste informal, iniciou-se uma discussão sobre o sentido da existência desse tipo de agrupamento e sua disposição em formato

Espiral. Tanto o professor como os alunos afirmaram que o sentido original da Espiral era a distribuição de slides em relação à sua proximidade com um gabarito. Colocar, deste modo, grupos de slides semelhantes na Espiral era algo que não fazia sentido, sendo mais interessante a criação de outro modo de visualização para este tipo de agrupamento.

Analisando-se a situação, concluiu-se que as considerações feitas pelos usuários eram válidas, já que o uso da visualização em Espiral para a exibição dos grupos vai contra o conceito de *affordance* [25] associado à Espiral, ferindo também a heurística de Nielsen [3] de “Consistência e Padrões”, já que o mesmo elemento de interface utilizado (a Espiral) poderia ter significados diferentes dependendo do contexto de uso, podendo confundir os usuários e dificultar a utilização do protótipo.

Deste modo foi criado assim um novo modo de visualização, denominado “Grupos”, que tem como objetivo o agrupamento de slides semelhantes submetidos pelos alunos. Ao contrário da Espiral, os slides não são comparados com um gabarito, mas sim entre si. Ao final do processo, os slides pertencentes a um mesmo grupo são sobrepostos e dispostos horizontalmente na tela.

A Figura 6 ilustra o funcionamento deste modo:

Figura 6: Modo de visualização Grupos

Por exemplo, na situação apresentada na Figura 6 o professor seria capaz de inferir que os alunos responderam de 3 formas distintas um determinado exercício proposto. Mais do que isso, seria capaz de identificar quantos e quais alunos são os autores das submissões de cada um dos grupos. Essa análise facilita a identificação de tendências entre as respostas, permitindo ao professor analisar e quantificar em tempo real problemas de aprendizado e entendimento dos alunos.

6.2.5 Algoritmo de Comparação

Os modos de visualização Grupos e Espiral utilizam um algoritmo de comparação entre dois slides baseado na área de intersecção das marcações de tinta eletrônica de cada um deles. O processo consiste na análise dos retângulos correspondentes a cada uma das marcações e sua eventual intersecção. Caso exista, essa área de intersecção é comparada com uma constante previamente definida pelo professor, chamada de “fator de precisão”. Caso essa área seja maior que esse fator, as marcações são

consideradas compatíveis.

A Figura 7 ilustra esse processo:

Figura 7: A intersecção das marcações define sua eventual compatibilidade

Deste modo, o algoritmo compara todas as marcações de tinta de ambos os slides analisados, atribuindo um grau de compatibilidade entre eles que varia de 0 (totalmente compatível) a 1 (sem nenhuma compatibilidade).

No caso da Espiral, os slides são dispostos a partir do centro de acordo com sua compatibilidade com o slide de gabarito definido pelo professor, com os totalmente compatíveis ao centro, os sem nenhuma compatibilidade no extremo da espiral e nas demais posições os com grau de compatibilidade intermediário. Já no modo Grupos, dois slides pertencem a um mesmo grupo apenas se todas as suas marcações forem compatíveis.

O professor tem a liberdade para ajustar o fator de precisão a qualquer momento que deseje, de acordo com o contexto de aula ou exercício proposto. No caso do experimento realizado com exercícios de avaliação heurística (descrito na seção 7 deste trabalho), identificou-se que não há necessidade de um alto fator de precisão, já que o objetivo é apenas identificar se os alunos marcaram áreas semelhantes nos slides de exercícios (ou seja, a simples verificação da intersecção dos retângulos é suficiente).

6.2.6 Associação de Tags

Uma das formas de permitir uma maior dinâmica e flexibilidade nas tarefas realizadas é a associação de informações (*tags*) às marcações feitas nos slides pelo professor e pelos alunos. Desta forma, cada marcação feita pode ter um conjunto de *tags* associadas a ela, o que permite uma comparação mais inteligente de slides nos modos de visualização Espiral e Grupos, além da possibilidade do professor identificar e analisar mais facilmente as contribuições efetuadas pelos alunos.

A Figura 8 descreve um exemplo de associação de *tags* (no caso, heurísticas de avaliação de usabilidade) num determinado slide:

Figura 8: Associação de tags às marcações

7. Validação da Ferramenta

7.1 Metodologia

O teste com usuários foi realizado por uma turma de alunos e professor da disciplina de graduação “MC750 – Construção de Interfaces Homem-Computador” do Instituto de Computação da Unicamp. Os alunos e professor já possuíam familiaridade prévia com Tablets PCs, usados anteriormente na disciplina como ferramenta de apoio à aula.

Tanto alunos quanto professor seguiram um cronograma distinto de tarefas, que foram executadas através do uso do protótipo desenvolvido e de um deck específico de slides.

Os alunos dividiram-se em 2 grupos: usuários e avaliadores. No momento de realização da avaliação do protótipo os alunos sentaram-se em duplas em sala de aula, sendo que apenas os alunos denominados usuários tinham acesso aos Tablet PCs e às folhas com a descrição das tarefas. Já os alunos denominados avaliadores deveriam analisar os usuários e anotar métricas específicas sobre as tarefas realizadas, como horário de início e final, dificuldades e erros encontrados, número de submissões de slides e número de participações em voz alta realizadas durante a aula.

A validação do protótipo foi dividida em 4 tarefas distintas, cada uma com objetivos específicos tanto para os alunos quanto para o professor. As tarefas 1 e 2 foram elaboradas com o intuito de verificar se os alunos entenderam o processo e informaram corretamente sua localização em sala de aula, além de verificar se o professor é capaz de usar essa localização, através do Mapa da Classe ou miniaturas, para identificar quais são os alunos autores das submissões.

Já as tarefas 3 e 4 são exercícios de avaliação heurística, onde os alunos marcam as posições onde acreditam existir violações às heurísticas de usabilidade propostas

por Nielsen [3]. Nestas tarefas o professor se utiliza dos modos de visualização Grupos e Espiral para agrupar as atividades dos alunos de acordo com suas similaridades e também com a proximidade delas em relação a um gabarito pré-definido.

Pela natureza síncrona do protótipo, onde as ações dos alunos dependem das do professor (e vice-versa) as tarefas, passos e objetivos propostos são distintos para os alunos e para o professor.

7.2 Objetivos

De um modo geral, procurou-se validar se a proposta apresentada realmente cria um ambiente de aprendizado ativo, ampliando a interação entre alunos e professor. Além disso, analisou-se questões associadas à integração, identificação e *feedback* dos exercícios dos alunos no ambiente de ensino.

Neste contexto, os objetivos principais desta avaliação foram:

- Verificar se o protótipo apresentado permite criação de um ambiente mais dinâmico e ativo dentro da sala de aula.
- Verificar se os alunos ficam mais motivados, estimulados e propensos a participar da aula.
- Verificar se o professor é capaz de identificar quais alunos são os autores das respostas possibilitando assim um rápido e adequado *feedback*.
- Verificar se o processo de comparação e agrupamento dos slides de respostas dos alunos representa ganho ao professor, permitindo que ele tenha consciência em tempo real do desempenho e dificuldades dos alunos durante a execução das atividades.
- Verificar se os alunos conseguem identificar durante o uso do protótipo quais são suas respostas e também como elas estão posicionadas em relação à similaridade com a dos colegas.

7.3 Resultados

7.3.1 Identificação dos alunos e aumento da interatividade

Para medir se houve avanços na interatividade, acompanhou-se uma aula anterior da disciplina onde não foi feito uso de Tablets PCs. Durante esta aula, com 2 horas de duração e presença de 22 alunos, houve tomada de iniciativa de interação com o professor (fazer perguntas, comentários, dúvidas, etc) apenas 4 vezes no total (média de 0,18 por aluno), sendo que 3 dessas interações foram provenientes de um mesmo aluno.

Já na avaliação do protótipo, com duração aproximada de 1 hora, os observadores registraram um significativo incremento de interação nas tarefas 3 e 4, conforme mostrado no Quadro 1. Nestas tarefas, a média de interação verbal com o professor foi de 1.12 por aluno, enquanto a média de submissões de slides foi de 2.16 e 1.12 respectivamente.

Interessante destacar que todos os alunos interagiram e participaram, não ficando restrita a interação apenas a poucos indivíduos mais comunicativos. Outro aspecto verificado, a respeito da questão da identificação, foi que nenhum dos alunos citou como negativo o fato de suas submissões não serem anônimas, sendo que, ao contrário, consideraram sua identificação e também a dos colegas um elemento positivo para o desenvolvimento das atividades.

Quadro 1: Resultado geral das tarefas executadas

Tarefa	Completa pelo professor	Completa pelos alunos	Tempo médio de execução	Média de submissões de slides por aluno	Média de interação em voz alta por aluno
1	Sim	Todos	3min e 17s	0	0,25
2	Sim	Todos	1min e 52s	1	0,25
3	Sim	Todos	14min e 15s	2,16	1,12
4	Sim	Todos	10min e 22s	1,12	1,12

Como mostrado no Quadro 1, todas as tarefas foram completadas com sucesso, sendo as tarefas 3 e 4 as que tiveram maior tempo de duração e maior quantidade de interações, tanto por meio da ferramenta (submissões de slides) como por interações feitas em voz alta pelos alunos. Ainda, também como previsto, a tarefa 4 foi executada em um tempo inferior ao da tarefa 3, já que os usuários estavam mais familiarizados com os procedimentos do teste e com o uso da ferramenta.

Além disso, para o professor também ficou mais fácil interagir e fornecer um retorno aos alunos, já que ele tinha a informação do nome e localização dos autores das submissões através do modo Mapa da Classe e das miniaturas dos slides presentes em todos os modos de visualização. Os modos Grupo e Espiral permitiram a ele comparar e avaliar as submissões dos alunos dando a possibilidade de um retorno específico e em tempo real aos autores das contribuições. Já os alunos sentiram-se estimulados ao visualizar suas submissões na tela do projetor. Ainda, afirmaram que receberam um correto e imediato *feedback* do professor.

7.3.2 Agrupamento e análise das submissões

Os modos de visualização Mapa da Classe, Grupos e Espiral foram importantes para permitir que as tarefas dos usuários fossem incluídas na aula, podendo ser comparadas entre si e também comparadas em relação a um gabarito previamente elaborado pelo professor. De um modo

geral, os professores afirmaram que a aplicação dos modos de visualização permitiu visualizar e quantificar as submissões dos alunos, bem como dar um retorno específico a eles sobre suas contribuições. Ainda segundo o professor, o uso das funcionalidades de associação de *tags* e comparação por gabarito permitiu verificação do desempenho da turma de uma maneira simples e imediata.

Em relação aos alunos, a Figura 9 mostra a resposta à afirmação feita aos usuários alunos: “Você obteve retorno do professor em relação à sua avaliação heurística”, medida em relação às tarefas 3 e 4. O resultado demonstra que o *feedback* individual dado pelo professor foi positivo em ambas as tarefas. Ainda, durante o teste, um aluno chegou atrasado e participou apenas da tarefa 4, demonstrando a flexibilidade da ferramenta em permitir a conexão e participação do aluno sem a necessidade de interrupção da aula.

Figura 9: Opinião dos alunos em relação à afirmação: “Você obteve retorno do professor em relação à sua avaliação heurística”

Similarmente, a Figura 10 mostra a resposta dos alunos em relação à afirmação “Foi possível comparar sua avaliação heurística com a dos seus colegas”. Os resultados, também como esperado, são positivos, mostrando a validade da ferramenta em permitir a inserção do material dos alunos na sala de aula.

Figura 10: Opinião dos alunos em relação à afirmação: “Foi possível comparar sua avaliação heurística com a dos seus colegas”

Assim, todas as funções combinadas permitiram a correta inserção dos exercícios dos alunos na sala de aula, facilitando a organização e análise do professor e melhorando a interatividade e motivação dos alunos, objetivos principais deste trabalho de pesquisa. De modo geral, tanto alunos como o professor afirmaram que o uso do protótipo permitiu a construção de uma aula mais dinâmica e participativa.

8. Considerações Finais

Ao contrário das aulas tradicionais, onde os alunos são passivos no recebimento de conteúdo e informação, existem propostas pedagógicas, baseadas no modelo construtivista de ensino, que prevêem uma maior participação do aluno na construção do conhecimento. Uma dessas metodologias é o aprendizado ativo, concebido com o intuito de permitir a criação de um ambiente onde haja uma maior interação entre os próprios alunos e também entre os alunos e o professor, fazendo com que os alunos tenham uma participação ativa no seu próprio processo de aprendizado.

Conforme observado no estudo realizado, a tecnologia exerce um papel fundamental como facilitadora do aprendizado ativo. A caneta eletrônica, presente por exemplo em Tablets PCs, permite registrar o raciocínio do aluno de forma natural, possibilitando, juntamente com softwares especialmente desenvolvidos para esse fim, o armazenamento, acesso, comparação, organização e distribuição automática desse conteúdo.

Entretanto, os softwares educacionais existentes são deficientes para atender as necessidades dos alunos e principalmente do professor para conduzir aulas nesse ambiente. As ferramentas analisadas permitem ao professor receber as respostas de exercícios dos alunos, mas não fornecem nenhum meio de organizar, gerenciar ou comparar essas submissões. Além disso, como as submissões são anônimas, o professor não pode dar um *feedback* correto e imediato. Esses problemas geram desconforto, inquietação, falta de atenção e desmotivação nos alunos, prejudicando consideravelmente o ambiente de ensino.

Desse modo foi elaborada uma ferramenta colaborativa, descrita neste trabalho, cujo objetivo é permitir a identificação dos alunos e a classificação e exibição das respostas por eles submetidas. Sua interface foi projetada de forma a ser adequada ao uso da caneta eletrônica em dispositivos móveis, no caso os Tablets PCs, utilizados nas atividades de teste e validação do protótipo.

Os testes realizados com os usuários revelaram também que os objetivos originais da proposta foram alcançados, sendo possível, dessa forma, a construção de um ambiente de aprendizado ativo - onde o professor foi capaz de identificar, classificar e exibir as tarefas dos

usuários por similaridade, tanto entre elas como também com um gabarito pré-estabelecido. A análise é a de que esse modelo foi importante para permitir a avaliação do entendimento dos alunos e o imediato *feedback* do professor, enquanto os alunos sentiram-se motivados a participar e a contribuir nas atividades propostas na aula.

Assim, as principais contribuições foram o desenvolvimento da ferramenta interativa que viabiliza o ambiente de aprendizado ativo na sala de aula, fundamentada na organização, visualização e identificação das submissões de tarefas feitas pelos alunos. Ainda, foram estabelecidas diretrizes de usabilidade para o desenvolvimento de ferramentas educacionais que utilizem dispositivos baseados em caneta eletrônica, como os Tablets PCs.

O protótipo focou-se em um tipo específico de atividade em sala de aula, as avaliações heurísticas. Como trabalho futuro, espera-se medir o impacto de aplicação da ferramenta em outros contextos e aulas, como matemática, biologia, física etc. Considerando-se os resultados positivos obtidos com os testes envolvendo as atividades de avaliações heurísticas, espera-se que a ferramenta tenha resultados semelhantes quando usada nesses outros contextos, promovendo a inclusão social e tecnológica dos alunos no ambiente educacional.

9. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro e institucional da FAPESP, CAPES, CNPQ, UNICAMP e HP.

Referências

- [1] ANDERSON, R. *et al.* (2007) "Supporting Active Learning and Example Based Instruction with Classroom Technology." In *ACM SIGCSE Bulletin Volume 39, Issue 1, Session: Teaching with tablets and inking technologies table of contents*, p69-73
- [2] DYKNOW SOFTWARE. (2010); Providing Valuable and Timely Feedback: Best Practices and Supporting Technologies, White Paper Available at: http://www.dyknow.com/pdf/whitepapers/feedback_whitepaper.pdf Access: October/2010
- [3] NIELSEN, J. (1994) "Ten Usability Heuristics" Available at: http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html Accessed: October/2010
- [4] BONWELL, C; EISON, J.(1991) "Active Learning: creating excitement in the classroom". In

- ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, DC: George Washington University. 1991
- [5] BACKON J.(2006) "Student Minds and Pen Technologies: A Wonderful Pedagogical Marriage." In *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education, Compliments of WIPTE, Purdue University Press* p1-12
- [6] CHIDANANDAN, A.R.; Devasher, R; Ferro, P; Fisher, D; Kirtley, Mitra; Merkle, L; Mutchler, D; Simoni, M; SEexton, S; Willians, J. (2007)" Evaluating the Symbiosis of DyKnow Software and Pen-Based Computing in the Rose-Hulman Classroom." In *The Impact of Tablet PCs an'd Pen-based Technology on Education, Compliments of WIPTE, Purdue University Press*, p21-31
- [7] WOLFMAN, Steven (2004). Understanding and Promoting Interaction in the Classroom through Computer-Mediated Communication in the Classroom Presenter System. Ph.D dissertation, University of Washington.
- [8] CACEFFO, Ricardo Edgard.(2009) Ferramenta de apoio para o aprendizado ativo usando dispositivos com caneta eletrônica. Dissertação de Mestrado. Instituto de Computação, UNICAMP Março de 2009
- [9] BERNHARD, J. Activity based physics education: Some examples of innovative aproachs at some universities and colleges in USA. In *CUP-day. Linkoping University*; 1999
- [10] CHICKERING, A; GAMSON, Z. Seven Principles for Good Practice. In *AAHE (American Association for Health Education) Bulletin* 39:3-7. ED 282 491.6, 1987. p1.
- [11] MCKEACHIE, W; PINTICH, P; LIN, Y; SMITH, D. Teaching and Learning in the College Classroom: A Review of the Research Literature. In: *Ann Arbor: Regents of the Univ. of Michigan, ED 214999, 124, 1986. pME-01*
- [12] MOON, J. Reflection in Learning – Some Fundamentals of Learning, part 1. In *Reflection in Learning and Professional Development, Theory and Practice, Kogan Page, Sterling, VA, USA, new Ed edition, 2001. p103-119.*
- [13] CHIDANANDAN, A.R.; DEVASHER, R; FERRO, P; FISHER, D; KIRTLEY, Mitra; MERKLE, L; MUTCHLER, D; SIMONI, M; SEXTON, S; WILLIANS, J. Evaluating the Symbiosis of DyKnow Software and Pen-Based Computing in the Rose-Hulman Classroom. In *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education, Compliments of WIPTE, Purdue University Press, 2007, p21-31*
- [14] BACKON J. Student Minds and Pen Technologies: A Wonderful Pedagogical Marriage. In *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education, Compliments of WIPTE (Workshop on the Impact of Pen-Based Technology on Education), Purdue University Press, 2006. p1-12*
- [15] SCOOT, Craig; MACK, Pamela; OSIAS, Jumo; JACKSON, Nykia; ALAO, Solomon. Integrating Tablet PC Technology into the Dimensions of Learning Pedagogical Framework. In *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education, Compliments of WIPTE, Purdue University Press, 2006. p157-165*
- [16] EMBYSK, M. 8 motivos para conhecer o Tablet PC. Em *Microsoft Pequenas Empresas*. Disponível em: <http://www.microsoft.com/brasil/pequenasempresas/issues/technology/performance/tpc.msp> Acessado em: Dezembro/2010
- [17] ANDERSON, Richard. Beyond Power Point: Building a New Classroom Presenter. In *Syllabus Magazine*, June 2004. p31-33
- [18] ANDERSON, Richard, ANDERSON, Ruth; VANDEGRIFT, Tammy; WOLFMAN, Steven; YASUHARA, Ken. Promoting interaction in large classes with computer-mediated feedback. In *Proceedings of CSCL'03: the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning, Bergen, Norway, June 2003. Kluwer. p119-123.*
- [19] LIAO, C *et al.* PaperCP: Exploring the Integration of Physical and Digital Affordances for Active Learning. Disponível em: <http://www.cs.umd.edu/~francois/Papers/PaperC> P.pdf Acesso: Outubro 2010
- [20] ANOTO PEN DOCUMENTS Disponível em: <http://www.anoto.com> Acesso em: Outubro 2010
- [21] WIKERSON, Michelle; GRISWOLD, Willian; SIMON, Beth; Ubiquitous Presenter: Increasing Student Access and Control in a Digital Lecturing Environment. In *SIGCSE'05, February 23-27, 2005, St.Louis, Missouri, USA*
- [22] BERQUE, D; BONEBRIGHT. Terri; DART, Joel; KOCH, Zachary; O'BANION, Shawn. Using DyKnow Software to Support Group Work: A Mixed-Method Evaluation. In *The Impact of Tablet PCs and Pen-based Technology on Education, Compliments of WIPTE, Purdue University Press, 2007, p11-20*
- [23] ANDERSON, Richard; ANDERSON, Ruth;

- MCDOWELL, Luke; SIMON, Beth. Use of Classroom Presenter in Engineering Courses. In *35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Session T1A*, October 19-22, 2005. Indianapolis, IN, USA
- [24] ANDERSON, Richard; CHEN, Jiangfeng; JIE, Luo; LI, Jing; LI, Ning; LINELL, Natalie; RAZMOV, Valentin; VIDEON, Fred. Supporting an interactive classroom environment in a cross-cultural course. In *37th Frontiers in Education Conference - Global Engineering: Knowledge without Borders, Opportunities Without Passports*. Milwaukee WI. 2007. pF3D 1-6
- [25] NORMAN, A. The Design of Every Day Things. New York, Basic Books, 1988. p257
- [26] PREECE, Jenny; ROGERS Yvonne; SHRAP, Helen. Interaction Design: beyond human-computer interaction. New York: John Wiley & Sons, 2002. p517
- [27] GO, Kentaro; KAROL, John. The Blind Men and the Elephant: Views of Scenario-Based System Design. In: ACM Interactions, vol 11, issue 6, December 2004. p44-53
- [28] Barbosa, S.D.J.; de Souza, C.S.; Paula, M.G.; Silveira, M.S (2002) Modelo de Interação como Ponte entre o Modelo de Tarefas e a Especificação da Interface. In: IHC2002 – V Workshop de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 2002, Fortaleza. Proceedings of IHC2002 – V Symposium on Human Factors in Computer Systems. Fortaleza : BNB, 2002. p. 27-39
- [29] SILVA, Celmar Guimarães da. Exploração de bases de dados de ambientes de Educação a Distância por meio de ferramentas de consulta apoiadas por Visualização de Informação. Tese de Doutorado. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Dezembro 2006.
- [30] TORRES, Ricardo; SILVA, Celmar; MEDEIROS, Claudia; ROCHA, Heloisa. Visual Structures for Image Browsing. Proceedings of the twelfth international conference on Information and knowledge management, New Orleans, LA, USA, November 2003
- [31] ANDERSON, Richard; ANDERSON, Ruth; CHUNG, Oliver; DAVIS, K.M; DAVIS, Peter; PRINCE, Craig; RAZMOV, Valentin; SIMON, Beth. Classroom Presenter: A Classroom Interaction System for Active and Collaborative Learning. In *WIPTE – Workshop on the Impact of Pen Based Technology on Education*, Purdue Press, 2006.
- [32] VYGOTSKY, L, S. On The Child's Psychic Development. Copenhagen. Nyt Nodisk. 1982
- [33] CASTORINA, José; FERREIRO, Emilia; LERNER, Delia; OLIVEIRA, Marta. Piaget-Vygotsky: "Novas Contribuições para o debate". São Paulo, Editora Ática, 5ª edição, 1998
- [34] TAILLE, Y; OLIVEIRA, M; DANTAS, H. Piaget, Vygotsky, Wallon: "Teorias Psicogenéticas em Discussão". São Paulo, Summus Editorial, 10ª Edição, 1992