

Lucy: um ambiente para aulas práticas de Computação Ubíqua

Maria Joelma P. Peixoto, Pedro I. C. Pinto, Fernando A. M. Trinta,
Wellington W. F. Sarmento, Windson Viana

Universidade Federal do Ceará (UFC)
Fortaleza – Ce – Brasil

{joelmapereira, fernandotrinta, windson}@great.ufc.br,
pedro.italo3693@gmail.com, wwagner@virtual.ufc.br

Abstract. *Mark Weiser coined the term Ubiquitous Computing (UbiComp) describing a future in which everyday-life objects would have embedded computers providing services and content everytime and everywhere. After some years, UbiComp concepts were introduced in various universities disciplines, which sought to develop the study of ubiquitous systems and technologies. Therefore, this work presents the design, develop, and evaluation of a Virtual Learning Environment, called Lucy (Learning Ubiquitous Computing Easily), which aids UbiComp practical classes. Results showed improvements in students reasoning about UbiComp concepts after Lucy practices sessions.*

Resumo. *Mark Weiser cunhou o termo Computação Ubíqua (UbiComp) descrevendo um futuro em que objetos do cotidiano teriam computadores embutidos fornecendo serviços e conteúdo em todo lugar e a toda hora. Os conceitos de UbiComp foram introduzidos em várias disciplinas universitárias, buscando difundir o desenvolvimento de sistemas e tecnologias onipresentes. Neste trabalho, são apresentados o design, o desenvolvimento e a avaliação de um ambiente de aprendizagem virtual, Lucy (Learning Ubiquitous Computing Easily), que auxilia as aulas práticas de UbiComp. Os resultados da avaliação em sala de aula mostraram melhorias na aprendizagem dos alunos no que se refere aos conceitos de UbiComp abordados com o Lucy.*

1. Introdução

O progresso tecnológico contribuiu para o barateamento e a disseminação de diversos dispositivos computacionais (e.g. *laptops, smartphones*, sensores, atuadores) e também de várias tecnologias de comunicação sem fio. Esse progresso tecnológico aproxima o ser humano, de certa forma, da visão de computação preconizada por Mark Weiser. Em suas pesquisas, que tiveram início em 1988, Weiser imaginava o futuro no qual a tecnologia estaria tão inserida no cotidiano das pessoas que ela seria indistinguível do ambiente, misturando-se com objetos do dia a dia [Weiser 1991]. Em “*The Computer for the 21st Century*”, Weiser introduziu o termo Computação Ubíqua (UbiComp). Nesse novo paradigma, os sistemas computacionais estariam “embutidos” em elementos da vida diária, sendo capazes de trocar dados entre si sem muita intervenção de usuários [Weiser 1991].

Devido ao potencial tecnológico e de pesquisa de UbiComp, diversos conceitos dessa área são estudados nas universidades pelo mundo, tais como: captura de ex-

periências e intenções, adaptabilidade, descentralização, descoberta de serviços, heterogeneidade e onipresença [Lima 2011], [Machado et al. 2015]. Esses conceitos são abordados tanto em disciplinas de cursos de Ciência da Computação, como em áreas afins. Um dos maiores desafios para a prática de conceitos de UbiComp em sala de aula é a utilização de ferramentas de apoio ao ensino. Há na literatura relatos de experiências no ensino de conceitos de UbiComp, tais como [Richards et al. 2012], [Silvis-Cividjian 2015] e [Chalmers 2015], mas eles incluem artefatos ou softwares que não foram concebidos especificamente para o ensino de UbiComp. Por exemplo, o Node-RED¹, voltado para Internet das Coisas, o App Inventor², voltado para o ensino de lógica de programação, e ambientes de programação tradicionais de aplicações móveis (e.g., Android Studio³).

Nesse contexto, este trabalho busca apoiar o ensino-aprendizagem de conceitos de UbiComp por meio da concepção, desenvolvimento e avaliação de um ambiente que faz uso de *smartphones* e seus sensores. A escolha destes artefatos ocorre em virtude deles serem mais acessíveis financeiramente e mais utilizados pela maioria dos estudantes. O ambiente de aprendizagem virtual, Lucy (Learning Ubiquitous Computing Easily), consiste de duas partes: uma aplicação Android, que acessa os sensores do dispositivo e apresenta o resultado de simulações configuradas; e uma aplicação Web, com conteúdos teóricos, configuração de simulações e práticas de programação para cada conceito estudado. A ideia é que para cada conceito estudado (e.g., heterogeneidade e sensibilidade ao contexto) existam simulações interativas controladas via *smartphone* que exemplifiquem o funcionamento desses conceitos. Por exemplo, os alunos podem visualizar o fluxo da interação entre as camadas de um sistema ubíquo, enxergando como funcionam a comunicação e o compartilhamento de informações entre sistemas, ambientes e pessoas.

2. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho se baseou no processo de *Design Centrado no Usuário* (DCU), que possui sua base formal em uma norma ABNT⁴ [ABNT NBR ISO 9241-210 2011]. No DCU, o desenvolvedor não só imagina como será a interação do usuário final com o sistema, produto ou serviço em construção, mas realiza uma série de testes com usuários reais para dar validade ao trabalho. A primeira e constante etapa desta pesquisa foi investigar o cenário dos cursos de UbiComp nas universidades. O objetivo foi identificar a estrutura das aulas, principais conceitos estudados e quais as maiores dificuldades de professores e alunos. Essa etapa foi realizada por meio de estudos bibliográficos e questionários aplicados a sessenta alunos e quinze professores de diversas universidades. Esse momento de investigação e estudo do estado da arte se estendeu durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Parte desse resultado está apresentado em [Peixoto et al. 2016]. Por exemplo, os professores, quando indagados sobre o que deveria ter em um ambiente voltado para o ensino de conceitos de UbiComp, deram diversas respostas que estão apresentadas na Figura 1. Com relação ao conceito ubíquo indispensável a esse ambiente, 80% responderam que seria Sensibilidade ao Contexto.

Uma vez identificada a necessidade de um ambiente de apoio às aulas práticas de

¹<https://nodered.org/>

²<http://appinventor.mit.edu>

³<https://developer.android.com/studio>

⁴Ergonomia da interação humano-sistema - Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos

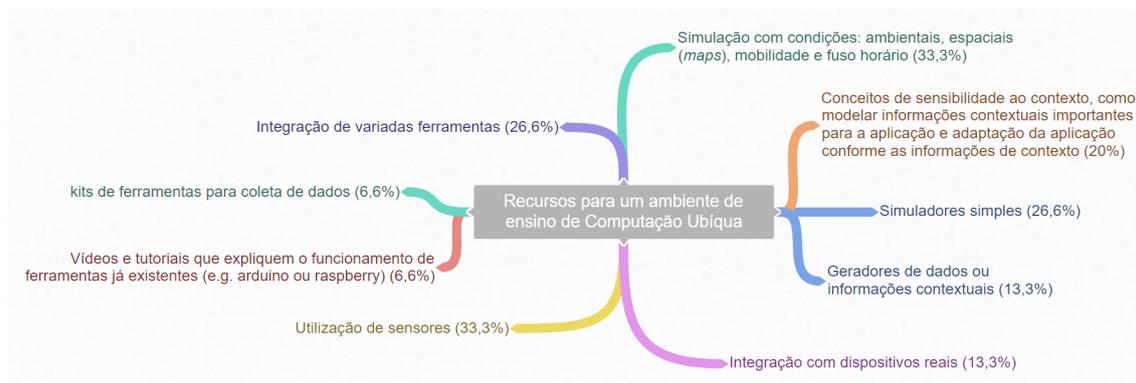


Figura 1. Recursos que deveriam existir em um ambiente de ensino para Ubi-Comp.

Computação Ubíqua, as quatro etapas principais do DCU foram seguidas: especificação do contexto de uso, especificação dos requisitos dos usuários, criação de soluções de projeto, avaliação do projeto. As seções a seguir refletem a aplicação dessa metodologia.

3. Lucy - Learning Ubiquitous Computing Easily

Lucy é um ambiente, segundo as definições de [Santos 2003], Web com acesso a *smartphone* que tem o objetivo de apoiar professores e alunos em aulas práticas de Ubi-Comp. Para acessar o sistema, cada participante cria um usuário e uma senha. Depois de acessar o ambiente, o usuário encontra os conceitos relacionados à UbiComp disponíveis na *Home* do ambiente. Ao acessar um dos conceitos disponíveis, o estudante ou professor é levado para uma área dividida em três seções: *Lecture*, *Simulation* e *Practice*. Isso pode ser visto no vídeo: <http://bit.ly/2kJECiI>. O ambiente foi desenvolvido com HTML, CSS, Node.js e utiliza o MongoDB como banco de dados.

Identificado por muitos professores e alunos pesquisados como um dos conceitos mais importantes da UbiComp, Sensibilidade ao Contexto foi o primeiro tema a ser implementado dentro do ambiente Lucy. Desta forma, visa-se auxiliar os estudantes na experimentação desse conceito mostrando o fluxo de dados em camadas e o comportamento de um sistema sensível ao contexto. Na simulação desenvolvida para o tema de Sensibilidade ao Contexto, existem regras configuráveis por professores e alunos que mudam a zona de interesse contextual da aplicação. Em princípio, a ideia ilustra o conceito de contexto proposto por [Viana 2010]. Um conjunto de sensores está implementado na ferramenta e compõe a zona de observação do sistema. Com isso, as informações provenientes do GPS, do sensor de luz e do acelerômetro do dispositivo estão disponíveis para serem habilitadas e desabilitadas. Dependendo das configurações feitas pelo usuário para a zona de interesse, o contexto capturado pelo aplicativo móvel pode estar relacionado apenas às informações fornecidas pelo sensor de luz.

3.1. Lecture

Na seção de *Lecture* de Sensibilidade ao Contexto, há uma explicação sobre o *framework* usado como base para desenvolver as atividades relacionadas a esse tema. Existem também *links* que levam ao trabalho dos autores responsáveis pela construção do *framework*, o *Context Toolkit*. O professor pode ainda inserir outros artigos e projetos ligados ao tema e dividir a seção em materiais principais e complementares.

3.2. *Simulation*

A seção de simulação deste conceito apresenta uma estrutura em camadas que requer configurações para executar alguns comportamentos de um sistema sensível ao contexto. Em outras palavras, escolhas são feitas no ambiente Web a fim de fazer a aplicação móvel capturar e usar informações de contexto do usuário, adaptando o seu comportamento ao que foi especificado em [Carvalho et al. 2011]. Essa simulação então é dividida em duas partes: o lado Web, que é responsável pela configuração de informações e criação de regras, e o móvel, que tem a função de apresentar o resultado das configurações feitas na interface Web. Para conectar a aplicação móvel à interface Web, basta inserir a chave de acesso mostrada na Figura 2 (a) dentro da caixa de texto exibida pela Figura 2 (b).

A interface Web de simulação traz uma estrutura em camadas, em que sensores podem ser habilitados, desabilitados e configurados de acordo com os objetivos do usuário, além da inserção de parâmetros e de tomadas de decisão presentes nesta estrutura. A simulação desenvolvida faz analogia às camadas de um sistema sensível ao contexto com base no *Context Toolkit framework* proposto por Dey [Dey and Abowd 1999] e na estrutura de gerenciamento de contexto proposta por Coutaz [Coutaz et al. 2005]. As abstrações realizadas para a construção destas arquiteturas favorecem o entendimento de conceitos para a construção de aplicações sensíveis ao contexto. Nessa parte do ambiente, novas regras contextuais também podem ser criadas. Todas as configurações realizadas na simulação Web podem ser visualizadas e testadas na aplicação móvel do Lucy. No ambiente proposto, conforme a Figura 3, o fluxo dos dados pode ser observado por meio da ativação das camadas, que são habilitadas conforme a camada inferior vai sendo ativada pelo aluno ou pelo professor. Tem-se o total de cinco camadas nessa versão Web.

A camada de sensores mostra os sensores disponíveis para serem usados, podendo ser habilitados ou desabilitados pelo usuário. Há então GPS, sensor de luminosidade, acelerômetro. O sensor de temperatura não está implementado. Ele ficou totalmente desabilitado, somente indicando o local a ser implementado, com o intuito de instigar a curiosidade e o debate entre os estudantes. Inicialmente, o GPS captura a localização atual do usuário e, que pode ser modificada por meio da inserção de novas coordenadas na interface de simulação Web. A camada de *Widgets* é responsável por mostrar, na aplicação móvel do usuário, dados adquiridos pelo sensor habilitado. Os agregadores juntam dados dos sensores para gerar uma nova informação contextual de alto nível. A camada de interpretadores interpreta dados de baixo nível e apresenta uma informação de mais alto nível. Na Tomada de Decisão ou *Triggers*, tanto podem ser utilizados os dados das camadas de *Widgets* e de interpretadores como as informações contextuais geradas pelos agregadores, um componente do celular (e.g., lanterna) é ativado ou desativado conforme a captura de informações configuradas pelo usuário na simulação.

O Lucy móvel foi criado para Android. Essa tecnologia foi escolhida por ser gratuita e bastante utilizada por alguns professores em suas aulas práticas. Nessa parte do ambiente, observa-se o comportamento de um sistema sensível ao contexto conforme as configurações feitas no ambiente Web pelo professor ou pelos alunos. O sistema móvel não apresenta, inicialmente, nenhuma informação na área dos sensores (Figura 4 (a)), que é preenchida conforme as configurações dos usuários na interface Web de simulação. Assim, se o sensor de luminosidade for habilitado dentro da camada de *widgets* no sistema Web, conforme mostra a Figura 3 (a), valores em lx aparecem no sistema móvel. Esses

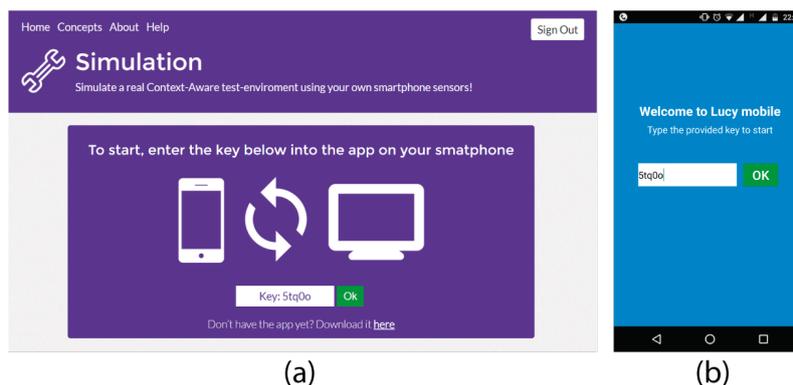


Figura 2. Conexão da aplicação móvel com a interface Web de simulação do Lucy.

valores mudam de acordo com a variação de intensidade da luz no ambiente real captada pelo sensor do celular como ilustrado na Figura 3 (b). A aplicação móvel só apresenta as informações configuradas pelo usuário no ambiente Web à medida que elas são adquiridas do contexto desse usuário. O sistema apresenta, conforme mostra a Figura 4 (b), a informação de sensores habilitados para a aplicação. A Figura 4 (c) exibe um valor de luminosidade em lx obtido a partir do sensor do próprio dispositivo, dados do acelerômetro e as coordenadas de localização do usuário. Tem-se, conforme a Figura 4 (d), a barra de progresso referente a interpretação de luminosidade juntamente com um classificador do nível da luz, que varia entre “no light”, “dim”, “low” e “bright”. A tela também exibe uma figura que interpreta o acelerômetro à medida que o dispositivo é chacoalhado, além do mapa de localização do usuário. Na Figura 4 (e), tem-se um alerta indicando que, segundo as configurações do usuário na página de simulação Web, o local onde ele se encontra é considerado seguro. Da mesma forma que aparece um alerta para indicar que o local do usuário é seguro, também pode aparecer um alerta de local perigoso ou ser ativada a lanterna do dispositivo caso não haja luz. Isso depende das configurações feitas.

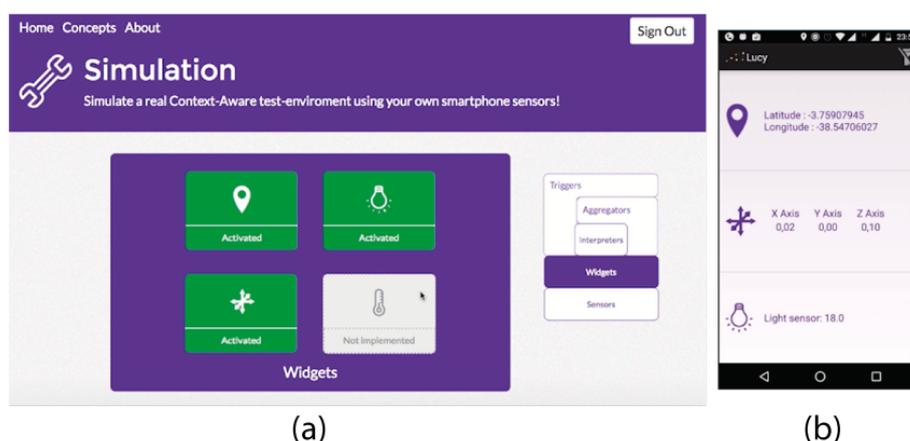


Figura 3. Ativação das informações dos sensores na camada de widgets.

3.3. Practice

Na área denominada *Practice*, encontram-se os *links* para guias e questionários que orientam tanto a simulação quando a atividade prática de programação.

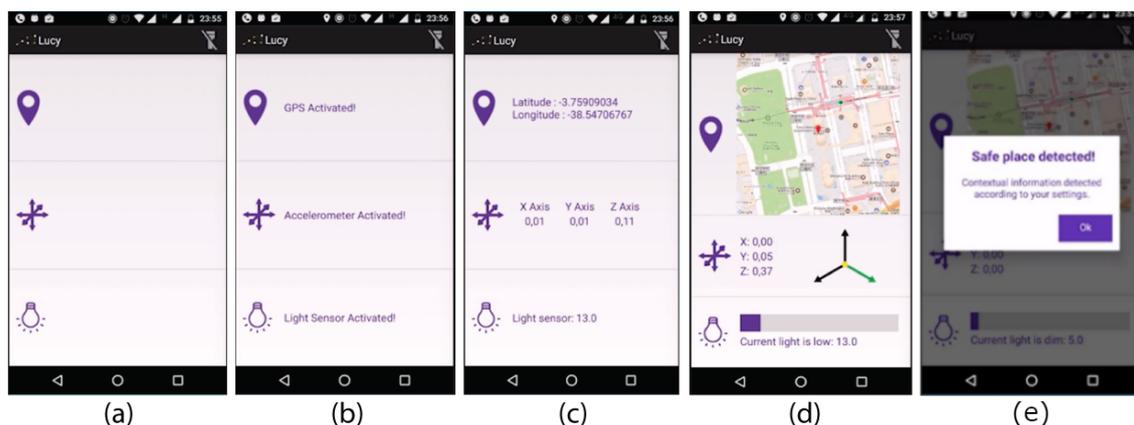


Figura 4. Telas do Lucy móvel. (a) Área inicial dos sensores. (b) Sensores habilitados. (c) Dados dos sensores na camada de *widgets*. (d) Dados dos sensores na camada de interpretadores. (e) Reconhecimento de contexto seguro.

4. Avaliação

As avaliações do Lucy foram feitas em três momentos, com 20 alunos de uma universidade. No primeiro momento, 6 estudantes de graduação da disciplina de Introdução à Computação Móvel e Ubíqua 2016.1 usaram o Lucy. No segundo momento, 8 estudantes de graduação e de pós-graduação da disciplina de Computação Móvel e Ubíqua 2016.2 participaram da avaliação. No terceiro momento e último teste, 6 estudantes de graduação da disciplina de Introdução à Computação Móvel e Ubíqua 2016.2 testaram o ambiente. O processo pedagógico utilizado com as turmas levou em consideração a problematização de conceitos, mediação do aprendizado destes conceitos através do Lucy e discussão dos participantes entre si e com o professor. Este processo de mediação entre o aprendizado potencial dos alunos e o real – efetivado -, ou a diminuição de sua Zona de Desenvolvimento Proximal, como é descrito por Vygotsky [de La Taille et al. 1992], mostrou-se como uma característica positiva do Lucy. No entanto, o ambiente em si não se mostra necessariamente sócio-interacionista, mas pode sim ser usado desta forma, já que não possui um fluxo pré-estabelecido e uma centralização no conteúdo, típico de ambientes ou softwares educativos behavioristas [de Oliveira et al. 2001]. Nos dois primeiros momentos, as avaliações de usabilidade e de interface não foram feitas da forma detalhada como na última avaliação. Nesses dois primeiros testes, foi aplicado um questionário baseado no trabalho de [Reatequi et al. 2010] e que possuía questões que tentavam mensurar problemas de funcionamento, de interface e pedagógico. Conforme os testes foram feitos com o Lucy, as modificações necessárias foram observadas e realizadas até que se chegasse a uma estrutura mais estável do ambiente, que atendesse às necessidades de estudantes e professores. Para a discussão das avaliações e dos resultados obtidos com os alunos, são levados em consideração os dados do último teste, pois este foi feito com a versão mais estável do Lucy, que traz as alterações observadas em avaliações anteriores.

4.1. Perfil dos alunos

O grupo dos avaliados era composto por seis estudantes de graduação da disciplina de Introdução à Computação Móvel e Ubíqua de uma universidade. Todos os participantes deste teste eram do sexo masculino e estavam em semestres diferentes do curso.

4.2. Materiais e métodos

Para esta última avaliação, o ambiente Lucy estava online e poderia ser acessado por navegadores Web, tais como Mozilla Firefox, Google Chrome ou Internet Explorer. O *smartphone* utilizado para a observação dos resultados da simulação deveria executar o sistema Android 4.0 ou superior, sendo utilizado os dispositivos dos próprios participantes da avaliação. Para verificar a capacidade de definição de alguns conceitos teóricos relacionados à Sensibilidade ao Contexto, foi aplicado um questionário antes e depois das atividades de simulação. O objetivo desse questionário era comparar as diferenças nas definições desses conceitos antes e depois da realização das atividades de simulação.

Outro questionário, um de avaliação do ambiente, foi aplicado após a finalização das atividades de simulação. Este foi dividido em 4 seções: avaliação de usabilidade, avaliação de aspectos pedagógicos, avaliação de interface e área para sugestões. A seção de avaliação de usabilidade foi baseada no System Usability Scale (SUS) [Brooke 2013] usando a escala Likert. As seções de avaliação de aspectos pedagógicos e interface do questionário de avaliação do ambiente foram inspiradas nos itens que compõem a metodologia PETESE [Coomans and Lacerda 2015], que propõe um referencial para a avaliação de *softwares*. No final da aula referente à prática de programação, foi também aplicado outro questionário, cujo objetivo era verificar a utilidade do formato e da aplicação da prática de programação. Os alunos tinham que responder a quatro itens. Dois destes deveriam ser respondidos com uma escala Likert e os dois últimos eram discursivos e buscavam a opinião do aluno sobre a atividade proposta. A utilização do Lucy em atividades práticas de Sensibilidade ao Contexto se deu em duas aulas seguidas. Antes disso, o professor explanou sobre o tema em aula teórica. Em cada uma dessas aulas práticas, foi disponibilizado o tempo de uma hora e trinta minutos para as atividades com o ambiente.

4.3. Procedimentos e resultados

A utilização do Lucy em atividades práticas de Sensibilidade ao Contexto ocorreu em duas aulas seguidas. Antes disso, porém, o professor explanou sobre o tema em uma aula teórica. Em cada uma dessas aulas práticas, foi disponibilizado o tempo de uma hora e trinta minutos para a realização das tarefas com o ambiente. E os questionário pré e pós testes foram aplicados. Com o questionário de comparação das definições teóricas feito antes e depois da prática de simulação, observa-se que as respostas dos alunos estão mais bem definidas e detalhadas no momento posterior à realização das atividades de simulação. A Tabela 1 traz um exemplo das respostas dadas pelos estudantes a uma das questões desse questionário. Apenas o aluno 5 conseguiu uma resposta mais coerente para a pergunta realizada no momento pré-prática.

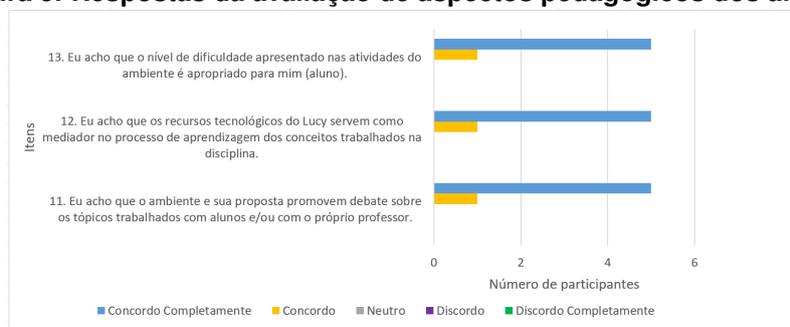
No questionário de avaliação do ambiente, os estudantes avaliaram a usabilidade do sistema como satisfatória, mensurada pela pontuação de 75,8 pontos obtidos de acordo com os procedimentos do SUS [Brooke 2013], o que indica um *software* com boa usabilidade. Segundo essa avaliação, o Lucy está na faixa “B”, que comporta as aplicações com a pontuação de usabilidade maior que 70 e menor ou igual a 80 pontos. Já nas três afirmações da avaliação de aspectos pedagógicos, conforme a Figura 5 mostra, 5 estudantes responderam que concordam completamente com: “Eu acho que o ambiente e sua proposta promovem debate sobre os tópicos trabalhados com alunos e/ou com o próprio professor”, “Eu acho que os recursos tecnológicos do Lucy servem como mediador no

Tabela 1. Comparativo das respostas dos estudantes a uma das questões do questionário pré e pós prática.

	Pré-prática	Pós-prática
	Como você pode diferenciar os <i>widgets</i> de interpretadores?	
Aluno 1	Os sensores diferentes associados a eles.	Os <i>widgets</i> mostram informações de baixo nível, mas que através dos interpretadores podem ser facilmente traduzidas a informações de alto nível.
Aluno 2	Os <i>widgets</i> recebem as informações dos sensores (como nível de ruído) e as transformam em informações importantes para a aplicação (começou uma reunião na sala).	<i>Widgets</i> são interfaces para visualização de dados de sensores. Interpretadores utilizam esses dados para derivar uma informação (ex.: pouca luz, muita luz).
Aluno 3	O primeiro seria mais sofisticado.	Os <i>widgets</i> mostram informações brutas sobre o senso em específico, enquanto os interpretadores refinam essa informação e dão um <i>feedback</i> rapidamente reconhecido.
Aluno 4	Não sei responder.	Os <i>widgets</i> são interfaces para as verdadeiras fontes de dados, que ficam na camada abaixo. Os interpretadores utilizam essas interfaces e tentam obter algum significado dos dados puros.
Aluno 5	<i>Widgets</i> retornam dados dos sensores para serem usados na definição de um contexto. Interpretadores sintetizam dados e geram informações de nível mais alto a respeito de um contexto.	<i>Widgets</i> possibilitam a comunicação da aplicação com os sensores do dispositivo. Interpretadores usam os dados providos pelos sensores para gerar informações de alto nível relevantes para a aplicação.
Aluno 6	Interpretadores retornam o valor de sensores ou uma informação que é feita com a análise de vários deles. O <i>widgets</i> são grupos de interpretadores que fornecem dados para a aplicação.	<i>Widgets</i> são a comunicação dos sensores com o sistema, através deles obtemos os valores brutos dos sensores. Os interpretadores agem em cima dos dados dos <i>widgets</i> , definindo estados e informações mais contextuais.

processo de aprendizagem dos conceitos trabalhados na disciplina” e “Eu acho que o nível de dificuldade apresentado nas atividades do ambiente é apropriado para mim (aluno)”.

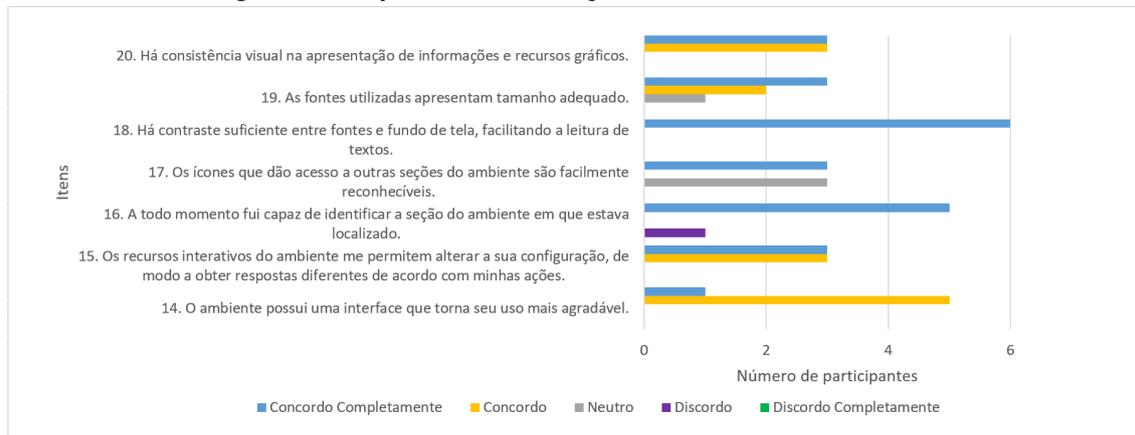
Figura 5. Respostas da avaliação de aspectos pedagógicos dos alunos.



Na avaliação de interface (Figura 6), 5 estudantes concordam que o ambiente possui uma interface que torna seu uso mais agradável. 5 alunos concordam completamente que foram capazes de identificar a seção do ambiente em que estavam localizados. 3 alunos também concordaram completamente que os ícones que dão acesso a outras seções do ambiente são facilmente reconhecíveis, que as fontes utilizadas apresentam tamanho adequado e que há consistência visual na apresentação de informações e recursos gráficos.

Para a avaliação da prática de programação, 80% dos estudantes concordaram completamente que a atividade prática de programação lhes ajudou a entender e conhecer melhor a arquitetura do *framework Context Toolkit* proposta por Dey e Abowd. 60% dos alunos também concordaram completamente que essa atividade lhes ajudou a entender e conhecer melhor o fluxo de informações em aplicações sensíveis ao contexto baseadas na arquitetura *Context Toolkit*. Segundo os alunos, o mais interessante dessa prática de

Figura 6. Respostas da avaliação de interface dos alunos.



programação foram “o nível de organização do projeto e o uso de padrões de projeto”, “o código bem estruturado” e “a experiência de estender o *framework*”. No item que pedia para descrever o que os alunos mudariam nesse exercício, a maioria respondeu que não mudaria nada e outro disse que as perguntas que exigem respostas discursivas feitas no questionário dessa prática de programação tomam tempo demais da atividade.

5. Considerações Finais

Os resultados mostram a importância e a necessidade de uma ferramenta voltada especificamente para o ensino prático dos conceitos de UbiComp. Com o Lucy, foi possível debater e executar diversos exercícios relacionados ao conceito de Sensibilidade ao Contexto, facilitando a interação entre professor-aluno e aluno-aluno, além do aprendizado compartilhado. Os estudantes avaliaram de forma bastante positiva a usabilidade e a interface do ambiente. Além disso, a proposta das atividades foi bem aceita e avaliada pelos alunos, que executaram com êxito o que foi pedido durante as atividades de simulação e a prática de programação. Todos os questionários e guias usados neste trabalho estão disponíveis em: <http://goo.gl/LTz6zY>. Com o Lucy, foi possível ilustrar o que se caracteriza como contexto do usuário, como esse contexto é percebido pelas aplicações e o que estas podem fazer conforme a variância de contexto. A teoria ensinada passou então a ser exemplificada pelo ambiente, o que gerou mais discussões sobre o tema. Isso também promoveu interações mais frequentes entre professor-aluno e aluno-aluno com a finalidade de sanar dúvidas e explicar características do conceito estudado. Haverá ainda a implementação de novos conceitos (e.g., *middleware*, adaptação, heterogeneidade) e da área de edição de conteúdo, além da realização de novas avaliações com maior número de usuários.

6. Agradecimentos

A autora principal agradece à FUNCAP pelo apoio financeiro concedido através da cessão de bolsa de mestrado.

Referências

- [ABNT NBR ISO 9241-210 2011] ABNT NBR ISO 9241-210 (2011). *Ergonomia da interação humano-sistema. Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

- [Brooke 2013] Brooke, J. (2013). Sus: A retrospective. *Journal of Usability Studies*, 8:29–40.
- [Carvalho et al. 2011] Carvalho, W., Andrade, R., Marcal, E., Maia, M., de Lima, J. V., Gensel, J., Freire Junior, J. C., and Sánchez, J. (2011). Towards context-aware and mobile e-learning applications. *Nuevas Ideas en Informática Educativa, TISE*.
- [Chalmers 2015] Chalmers, D. (2015). Pervasive computing as a classroom-based course. *Pervasive computing - IEEE*, pages pp. 70–78.
- [Coomans and Lacerda 2015] Coomans, S. and Lacerda, G. S. (2015). Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation. *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*.
- [Coutaz et al. 2005] Coutaz, J., Crowley, J. L., Dobson, S., and Garlan, D. (2005). Context is key. *Communications of the ACM*.
- [de La Taille et al. 1992] de La Taille, Y., de Oliveira, M. K., and Dantas, H. (1992). *Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. Summus editorial.
- [de Oliveira et al. 2001] de Oliveira, C. C., da Costa, J. W., and Moreira, M. (2001). *Ambientes informatizados de aprendizagem: produção e avaliação de software educativo*. Papirus.
- [Dey and Abowd 1999] Dey, A. K. and Abowd, G. D. (1999). The context toolkit: Aiding the development of context-aware applications. *Workshop on Software Engineering for Wearable and Pervasive Computing*.
- [Lima 2011] Lima, F. F. (2011). Syssu - um sistema de suporte para computação ubíqua. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- [Machado et al. 2015] Machado, G. M., Maran, V., Gasparini, I., Pernas, A. M., and de Oliveira, J. P. M. (2015). Uma revisão sistemática sobre as abordagens ubíquas para recomendação educacional: Estariam elas se tornando adaptativas? *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)*.
- [Peixoto et al. 2016] Peixoto, M. J. P., Sarmiento, W. W. F., and Viana, W. (2016). Ferramenta de apoio ao ensino prático de computação ubíqua. volume 12, pages 333–343.
- [Reatequi et al. 2010] Reatequi, E., Boff, E., and Finco, M. D. (2010). Proposta de diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem considerando aspectos pedagógicos e técnicos. *CINTED-UFRGS. Novas Tecnologias na Educação*.
- [Richards et al. 2012] Richards, M., Petre, M., and Bandara, A. (2012). Starting with ubi-comp: Using the senseboard to introduce computing. *SIGCSE'12*, pages pp. 583–588.
- [Santos 2003] Santos, E. O. (2003). Ambientes virtuais de aprendizagem: por autorias livre, plurais e gratuitas. *Revista FAEBA*, 12(18).
- [Silvis-Cividjian 2015] Silvis-Cividjian, N. (2015). Teaching pervasive computing to cs freshmen: A multidisciplinary approach. *ITiCSE '15*, pages pp. 195–200.
- [Viana 2010] Viana, W. (2010). *Mobility and Context-awareness for Personal Multimedia Management: CoMMedia*. PhD thesis, Université Joseph-Fourier - Grenoble I.
- [Weiser 1991] Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):66–75.