

u-LabPA: a framework based on Ubiquitous Computing for Laboratory Activities

Paulo De Tarso Cavalcante
Pequeno Filho
paulo@virtual.ufc.br

José Marques Soares
marques@deti.ufc.br

Wellington Wagner Ferreira
Sarmiento
wwagner@virtual.ufc.br

Giovanni Cordeiro Barroso
gcb@fisica.ufc.br

Andrei B. Bezerra
Torres
andreibosco@virtual.ufc.br

Gabriel A. L. Paillard
gabriel@virtual.ufc.br

ABSTRACT

This paper proposes a framework, called Ubiquitous Laboratory for Practical Activities (u-LabPA), which allows students to bring in data from laboratory practices and access them retrospectively in the form of simulations or virtual environments. Simulations were conducted using Petri nets to analyze the system behavior and its application in a physical Laboratory.

RESUMO

O presente trabalho propõe um *framework*, chamado *Ubiquitous Laboratory for Practical Activities* (u-LabPA), que permite a alunos colherem dados de práticas laboratoriais e acessá-los *a posteriori* na forma de simulações ou ambientes virtuais. Foram desenvolvidos modelos e realizadas simulações usando redes de Petri coloridas a fim de analisar o comportamento do sistema e sua aplicação em um Laboratório de Física.

CCS Concepts

[Mobile Computing and Applications]: Sub-item: M-learning;

[Web Technologies and Society]: Sub-item: E-learning

Keywords

Ubiquitous Learning, Lab Works, WSN and RFID.

1. INTRODUÇÃO

A Computação Ubíqua [Weiser,1993] desenvolve novas formas de pensar os sistemas computacionais, unindo-os aos objetos e permitindo que estes objetos interajam com os usuários para fornecer serviços desejados. Ela possui uma relação direta com os conceitos de Pervasividade, Mobilidade, Adaptabilidade e Orientação a Localização [Lee et al. 2005].

Duas das tecnologias usadas no contexto de Computação Ubíqua são Redes de Sensores Sem-Fio (WSN) e Identificação por Rádio Frequência (RF). Elas permitem tanto a localização de objetos quanto seu monitoramento por parte de sistemas computacionais.

Neste contexto, neste trabalho é proposto um *framework* de suporte a atividades laboratoriais utilizando tecnologias presentes em Computação Ubíqua. O *Ubiquitous Laboratory for Practical Activities* (u-LabPA) permite a alunos colherem dados

de seus experimentos feitos em laboratórios e acessá-los posteriormente na forma de simulações ou ambientes de Realidade Virtual.

Propõe-se, ainda, que este *framework* faça uso de uma rede mista de sensores sem-fio e identificação por radiofrequência para mapeamento de equipamentos utilizados em laboratórios (e.g. Física, Química) a fim de permitir que alunos portando dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* possam identificar tais equipamentos e monitorar seus experimentos.. Embora dê suporte a Redes de Sensores Sem-fio e Identificação por Rádio Frequência, o *framework* poderá funcionar sem estas tecnologias ou mesmo suportar outras formas de identificação de objetos, como é o caso de códigos de barra bidimensionais. No entanto, seu maior potencial, que o faz estar inserido fortemente dentro da área de Computação Ubíqua, está no uso de WSN e RFID.

Este trabalho está dividido de forma a apresentar o contexto teórico onde se encaixa a presente proposta, a especificação do *framework* proposto, sua modelagem formal para primeiras análises e, por fim, as conclusões a que se chegou até o presente momento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As RFID e as etiquetas de Identificação por RF são tecnologias cujas aplicações e problemas enfrentados ainda são motivo de pesquisas em todo o mundo, sendo duas tecnologias diretamente ligadas à Computação Ubíqua. Sua utilização na Educação é embrionária e deve corroborar para a criação de ambientes reais cada vez mais inteligentes e que forneçam serviços necessários aos seres humanos. A criação de um ambiente em Computação Ubíqua de suporte a atividades laboratoriais, é um desafio de porte considerável, mas cujos benefícios podem trazer bons resultados tanto para a Educação a Distância, quanto para a Educação presencial assistida por Tecnologias Digitais.

Nas seções a seguir serão descritas as tecnologias de que se fará uso para criação do u-LabPA.

1.1. Computação Ubíqua

A Computação Pervasiva é aquela em que os computadores são embarcados em ambientes reais de forma invisível. Ela permite a criação de Ambientes Reativos ao Usuário. O problema com a Computação Pervasiva é sua baixa mobilidade, a interferência entre os equipamentos e as características limitadas para execução dos softwares embarcados [Araújo 2003].

A mobilidade diz respeito à capacidade de um sistema oferecer serviços mesmo que um usuário esteja em movimento - a Computação Móvel é a área da computação que trata destes sistemas. Sua aplicação na Educação pode ser vista em [Paillard *et al.* 2012]. A adaptabilidade é a capacidade de um sistema reagir ao seu contexto. Um contexto é qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma pessoa, objeto ou lugar. [Barbosa *et al.* 2008]. Assim, uma aplicação adaptável responderia ao seu contexto e teria suas características modificadas para a melhor adequação ao mesmo ou forneceria as informações solicitadas conforme o contexto em que estivesse. Por fim, como característica da Computação Ubíqua, tem-se a Localização. Este conceito diz respeito à construção de sistemas que levem em consideração a localização do equipamento utilizado.

1.2. Arquiteturas de Ubiquitous Laboratory

Como exemplo de trabalhos envolvendo ambiente de estudo ubíquo, podemos citar o de Dong *et al.* (2008) que propõe um ambiente ubíquo de apoio a estudos universitários em um ambiente de laboratório real (u-Lab), contendo sala para professores, sala para estudantes, uma sala para seminários e um laboratório de microcomputadores, em que suas ações seriam registradas por redes de sensores e analisadas para fornecer o suporte adequado.

Já o trabalho de Ota *et al.* (2011) propõe um método de apoio a estudantes utilizando um sistema de agenda chamado *Ubiquitous Learning Scheduler* (ULS) para auxiliar os estudantes a gerenciar suas atividades de estudos. Embora não seja propriamente um Laboratório de Atividades que utiliza Computação Ubíqua, suas características são próximas destes ambientes e, por isso, é importante sua referência.

3. DESCRIÇÃO DO FRAMEWORK

O u-LabPA (Figura 1(a)) é um sistema baseado em um conjunto de módulos de *software* e componentes de *hardware* (WSN e RFID). Sua primeira apresentação se deu em Sarmiento *et al.* (2012), tendo continuado sua pesquisa no decorrer deste ano. O sistema permitiria que professores propusessem atividades laboratoriais que seriam efetuadas pelos alunos e monitoradas durante sua execução. Os dados coletados seriam acessíveis tanto por professores quanto por alunos e permitiriam um melhor entendimento do processo, bem como sua reprodução em ambiente simulado ou de Realidade Virtual (Laboratórios Virtuais). A seguir são descritos os módulos de *software* presentes no u-LabPA:

- Ambiente Laboratorial de Monitoramento de Atividades (ALMA): Responsável por integrar os demais sistemas relacionados ao u-Lab (Figura 1(b));
- Sistema de Monitoramento e Identificação em Laboratório Real (SMIL): responsável pela identificação, localização e sensoriamento dos indivíduos e objetos presentes no laboratório de física, diretamente relacionados às atividades a serem realizadas;
- Sistema de Localização de Objetos e Pessoas (SLOP): sistema auxiliar ao SMIL que permite a localização de pessoas e equipamentos - este subsistema tem relação direta com as WSN e leitores RFID;

- Ambiente de Atividades do Professor (AAP): parte do sistema de acompanhamento acessível aos professores para entrada de tarefas e monitoramento de atividades;
- Ambiente de Atividades do Aluno (AAA): permite a vinculação dos dados pertencentes aos alunos, com as tarefas propostas e as informações provenientes do SMIL;
- Laboratório Virtual para Experiências Simuladas (LaVES): sistema responsável pela criação de laboratórios 3D utilizando técnicas de Realidade Virtual.

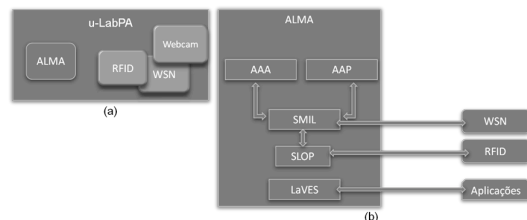


Figura 1 Visão geral do sistema u-LabPA. (a) Sistema envolvendo *hardware* e *software*. (b) Arquitetura de *software*

4. MODELAGEM E ANÁLISES PRELIMINARES

A modelagem do sistema foi feita por meio de cenários, utilizando as Redes de Petri Coloridas Hierárquicas. O uso dos cenários permitiu uma visão macro do sistema dentro do escopo de um Laboratório de Física. Seu principal intuito foi verificar possíveis problemas que poderiam ocorrer nos diferentes processos envolvendo o *framework*.

4.1 Redes de Petri Coloridas

As técnicas de especificação formais permitem que os desenvolvedores possam verificar possíveis problemas em seus *softwares*, mesmo antes da fase de codificação do sistema. A utilização destas técnicas permite a modelagem, a análise e a simulação de seu comportamento dinâmico. Uma técnica que permite estas duas características são as Redes de Petri Coloridas (RPC).

Segundo Cardoso e Valette (1997), as RPC – um grafo bipartido formado por um conjunto de nós e arcos – são definidas por uma sêxtupla $N_c = \langle P, T, Cor, Csc, W, Mo \rangle$, em que P é um conjunto finito de lugares; T é um conjunto finito de transições; Cor é um conjunto finito de cores; Csc é a função de cores que a cada lugar e a cada transição associa um subconjunto de Cor ; W é a função de incidência; e Mo é a marcação inicial que associa, para cada lugar e para cada cor possível neste lugar, um certo número de fichas.

A principal vantagem do uso das RPC o seu formalismo matemático consistente com a possibilidade de simulações dos sistemas modelados.

4.2 Especificações da Modelagem do u-LabPA

O uso das RPC no contexto deste trabalho permitiu uma visão geral dos processos envolvidos, um modelo dinâmico do sistema e uma forma de simular os vários componentes da arquitetura proposta, sem ter que desenvolver as interfaces do usuário, a persistência por Banco de Dados e a codificação definitiva das regras de negócio. Assim, foi possível ter uma ideia do

comportamento do sistema sem ter que desenvolvê-lo por completo.

No estudo de caso proposto, as atividades práticas em laboratório são definidas pelo professor por meio da ferramenta de Atividades Laboratoriais (AAP). Os alunos têm acesso a estas atividades através de uma ferramenta desenvolvida para seu perfil que permite visualizar o problema proposto pelo professor, iniciar a prática e indicar se os passos da atividade foram ou não realizados.

A fim de permitir a identificação das pessoas presentes no ambiente do laboratório real, estes indivíduos portam crachás com as etiquetas de RF. O acesso ao sistema de atividades é feito através de dispositivos móveis como *tablet* ou *smartphone*.

As variáveis físicas como tensão, corrente, resistência elétrica, dentre outras, são monitoradas por sensores da rede WSN.

Os experimentos realizados pelos indivíduos presentes no laboratório são executados sobre áreas pré-definidas da bancada a fim de que se possa obter o relacionamento pessoa-objeto-experimento, necessário ao monitoramento e armazenamento das atividades dos participantes. Estes dados são vinculados pelo sistema à atividade do aluno, podendo ser acessados por um professor remotamente posicionado ou inseridos em um Laboratório Virtual para simulação da prática.

Uma visão geral do espaço do laboratório de física modelado pode ser visto na Figura 2.

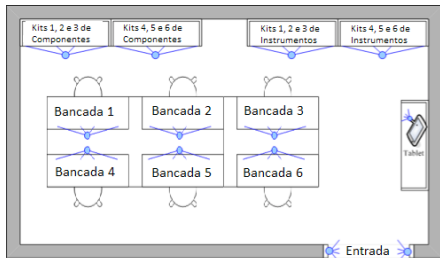


Figura 2 Laboratório de Física.

4.3 Cenário Geral para Simulação com RPC

O cenário geral definido para o funcionamento do u-LabPA (ver Figura 3) prevê a disponibilização de interfaces de acesso para professores e alunos. Sarmento et al. (2012) apresenta um detalhamento do fluxo de acesso ao ALMA. Sarmento abrangeu em sua modelagem oito cenários. A utilização de RPC permite que além de uma especificação formal do cenário, tenha-se uma visão geral do sistema. Tal característica permitiu a otimização do modelo proposto por Sarmento, atualmente o modelo foi otimizado para cinco cenários, são eles: 01 – Autenticação, 02 – Alocação de Atividades, 03 – Alocação de Instrumentos, Componentes e Bancadas, 04 – LaVES e 05 – Devolução de Instrumentos, Componentes e Bancadas. Na Seção 4.4 é apresentado um detalhamento destes cenários.

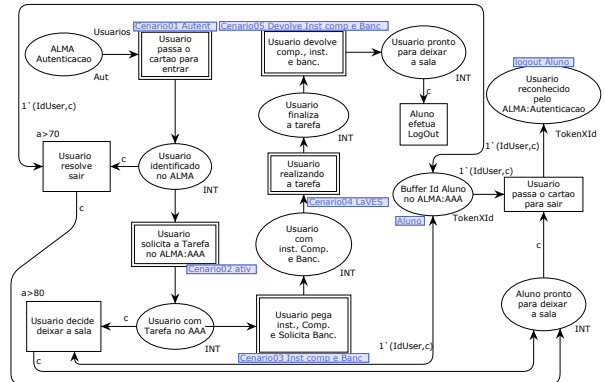


Figura 03 u-LabPA

4.4 Detalhamento dos Cenários Modelados em RPC

Os presentes cenários foram criados para demonstrar a confiabilidade, disponibilidade, robustez e adaptabilidade.

a) Cenário 01: Autenticação e Criação de Atividades

Neste cenário (Figura 04) foi modelado o sistema de autenticação do usuário, o qual deve primeiro passar o cartão de identificação e o sistema ALMA: Autenticação verificará em sua base de dados se o usuário tem autorização para entrar no laboratório e, caso o tenha, verificará qual é o seu perfil (Aluno ou Professor). Após este processo, o usuário receberá uma identificação única no sistema. Se o usuário for um professor, após receber sua identificação, ele deverá disponibilizar atividades no ALMA: AAA consultando em um banco de dados de Atividades do AAP. O usuário poderá deixar a sala em qualquer etapa do processo desde que não tenha nada alocado para ele ainda, caso contrário, este deverá liberar todas as alocações feitas e só depois poderá efetuar seu logout.

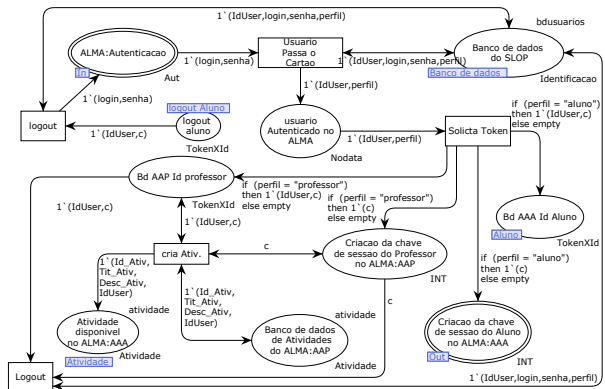


Figura 04 Autenticação e Criação de Atividades

b) Cenário 02: Alocação de Atividade

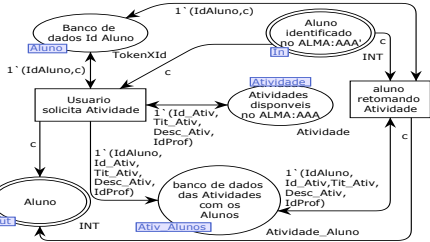


Figura 05 Alocação de Atividade

Na modelagem apresentada na Figura 05 (Alocação de Atividade), o aluno solicita uma atividade previamente disponibilizada e esta será alocada pelo sistema, de forma aleatória, conforme a disponibilidade ofertada pelo professor, se o aluno possuir uma atividade não concluída, poderá escolher entre fazer uma nova atividade ou concluir a anteriormente iniciada.

c) Cenário 03: Alocação de Instrumentos, Componentes e Bancada para usuário

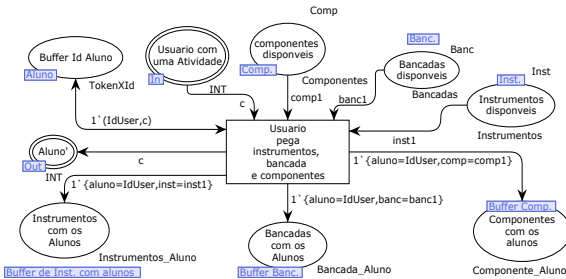


Figura 06 Alocação de Instrumentos, Componentes e Bancada para usuário

Na Figura 06, foi modelada a alocação de instrumentos, componentes e bancadas. Neste caso, o aluno solicitará uma bancada e pegará os instrumentos e componentes necessários para a realização da atividade já alocada a ele. Havendo disponibilidade, o sistema registrará a identificação deste usuário, a bancada, os instrumentos e os componentes utilizados, devendo estes serem devolvidos antes do aluno deixar a sala.

d) Cenário 04: Criação de uma instância virtual do Laboratório

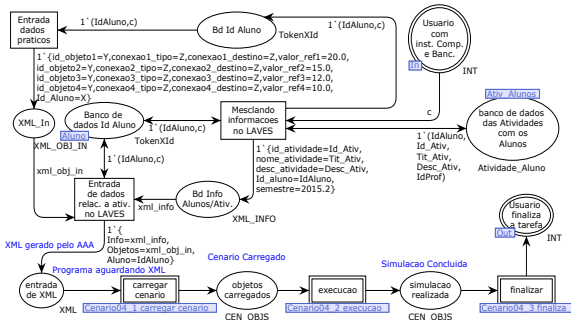


Figura 07 LAVES

Na Figura 07 pode-se observar o funcionamento do sistema LaVES por meio do modelo. O aluno deverá primeiro entrar com os dados colhidos por ele no experimento. Após a entrada destes dados, o sistema deverá carregar os cenários virtuais, carregar os objetos usados pelo aluno e finalizar a

simulação do experimento realizado, salvando assim um modelo virtual fiel ao experimento realizado em um ambiente real.

e) Cenário 05: Devolução de Instrumentos, Componentes e Bancada para usuário

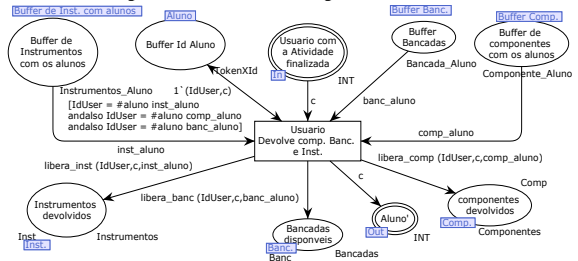


Figura 08 Devolução de Instrumentos, Componentes e Bancada para usuário

Na Figura 08, o aluno se prepara para deixar a sala, podendo ter ou não finalizado seu experimento. Se o aluno tem algo alocado, deverá devolvê-lo para poder deixar a sala, caso contrário, ao tentar deixar a sala o sistema recusará sua saída informando que existem pendências a serem resolvidas.

4.6 Análise dos Resultados

O modelo apresentado levou em consideração para a simulação 2 Professores e 8 Alunos, sendo que cada aluno pode realizar n atividades. Ao todo foram efetuadas 30 simulações com 3.000 (três mil) steps por simulação. Foram colhidos resultados referentes à entrada de usuários no laboratório, usuários que retomaram atividades pendentes, usuários que concluíram as atividades e, por fim, monitoramento de uso dos kits e bancadas Todos os resultados extraídos do modelo estão disponíveis no GitHub (2015)¹.

Na Figura 09, estão compilados os dados extraídos do modelo para análise. Foi possível perceber que para as 30 simulações tivemos um número máximo de 57 usuários logados e um mínimo de 32 usuários.

Ao analisar o comportamento de usuários que decidiram abandonar o experimento, obtivemos que no máximo 42, mínimo 11, abandonaram suas atividades antes de sua conclusão.

CPN Tools Performance Report						
Número de Simulações: 30						
Média	90% Half Length	95% Half Length	99% Half Length	Desvio Padrão	Min	Max
Usuário reconhecido no AAA						
45	2	2	3	6	32	57
Usuário decide deixar a sala antes de concluir a atividade						
27	2	3	3	7	11	42
Usuário retoma a atividade pendente						
20	1	1	2	4	12	28
Bancadas com os alunos						
6	0,15	0,18	0,25	0,5	5	6
Componentes com os alunos						
6	0,15	0,18	0,25	0,5	5	6
Instrumentos com os alunos						
6	0,15	0,18	0,25	0,5	5	6
Usuário finaliza a atividade						
20	1	1	2	3	14	26
Gerado: Sex 4 Dez 16:40:12 2015						

Figura 09 Dados extraídos do modelo u-LabPA

¹ Disponível em: <https://github.com/paulopequenof/u-LabPA.git>

Outro aspecto observado foi o número de usuários que retomaram suas atividades pendentes, tendo o máximo de 28 usuários, o mínimo de 12. Percebemos também que analisando a alocação de bancadas, instrumentos e componentes os valores são comuns entre eles, tendo o máximo de 6 usuários e mínimo de 5, tal característica é esperada uma vez que as ações de alocações são integradas. Vale ressaltar que 6 é o número de kits e bancadas disponíveis no laboratório modelado para serem utilizados de maneira simultânea. Por fim, analisando usuários que finalizaram suas atividades, ou seja, usuários que concluíram o fluxo de maneira completa, temos um máximo de 26 usuários e mínimo de 14 usuários.

Ao analisar os resultados, é possível perceber que o modelo apresenta de forma consistente dados a fim de balizar as próximas etapas de implantação do u-labPA, os dados apresentados acima corroboram com a validação efetiva do modelo apresentado em RPC.

5. CONCLUSÕES

A proposta da criação do *framework Ubiquitous Laboratory for Practical Activities* (u-LabPA), traz de maneira inovadora o uso de tecnologias para o auxílio a prática laboratorial utilizada por alunos e professores, permite que em tempo real docentes possam acompanhar os procedimentos de seus alunos trazendo uma maior oportunidade para uma rápida verificação das práticas que estão sendo adotadas no laboratório de Física. Foram realizadas simulações utilizando Redes de Petri a fim de analisar o comportamento do sistema e sua aplicação em um Laboratório de Física. O uso de tecnologias como RFID aliado ao sistema ALMA permite o armazenamento de dados sensoriais referentes a instrumentos físicos e posterior utilização em simulações de laboratórios virtuais, fortalecem características como mobilidade que hoje dificilmente fazem parte do cotidiano de alunos e professores em práticas de laboratório. Todo o arcabouço deste trabalho visa contribuir para disponibilização de um ambiente em Computação Ubíqua que traga maior flexibilidade e sirva para o monitoramento, interação em tempo real e revisita a atividades laboratoriais reais, assim como diminuir o problema de disponibilidade do laboratório em períodos de grande demanda, pois o aluno terá a opção de realizar sua atividade no ambiente simulado.

Em virtude de um aprofundamento na análise dos cenários modelados em RPC, foi possível neste trabalho diminuir o número de cenários necessários para implantação do u-LabPA, tal ganho, é de fundamental importância no processo de implantação dos módulos de software necessários para viabilização da solução. Os cenários formalmente modelados apresentaram êxito em suas simulações, dos 20 passos modelados que são necessários para o funcionamento da solução o comportamento demonstrado pela RPC foi de êxito em todos eles, demonstrando a confiabilidade da rede. Tal conclusão permite o avanço dos trabalhos em relação a implantação do modelo formal na prática. Os modelos RPC dos vários cenários estão disponíveis para reprodução no GitHub (2015).

Como trabalho futuro, pretende-se iniciar o processo de implantação do modelo formal, para isso, serão executadas ações em paralelo relacionadas as atividades de desenvolvimento do ALMA (SMIL, SLOP, LaVES). Também, pretende-se coletar informações emitidas pelos sensores de modo a validar e analisar seus respectivos desempenhos.

6. AGRADECIMENTOS

A instituição que fazemos parte e nos permitiu executar este trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Mark Weiser, (1993). "Hot Topics: Ubiquitous Computing" IEEE Computer.
- [2] Cardoso, J.; Valette, R. (1997). Redes de Petri. Editora da UFSC, Florianópolis.
- [3] Dong, M.; Ota, K.; Tang, F.; Guo, M.; Cheng, Z. (2008). Intelligence@ Lab: A Smart Space for Researchers Based on Sensor Networks in Pervasive Computing Environment. International Journal of Smart Home, Vol. 2, No. 3, p. 19-36.
- [4] Github. (2015). Acesso em <https://github.com/paulopequenof/u-LabPA.git>
- [5] Lee, V.; Schneider, H.; Schell, R. (2005). "Aplicações Móveis – Arquitetura, Projeto e Desenvolvimento". Editora Pearson Education do Brasil e Makron Books.
- [6] Araujo, R. B. (2003). Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios. Texto escrito para o Minicurso homônimo, apresentado no XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2003), = http://professordiovani.com.br/rw/monografia_araujo.pdf Acesso em: 15 de Novembro de 2015.
- [7] Barbosa, D. N. F.; Sarmiento, D. F.; Barbosa, J. L. V. ; Geyer, C. F. R. (2008). Em direção a Educação Ubíqua: aprender sempre, em qualquer lugar, com qualquer dispositivo. Artigo publicado na revista do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED), ISSN 1679-1916, = <http://seer.ufg.br/renote/article/view/14492> Acesso em: 10 de novembro de 2015.
- [8] Ota, K.; Dong, M.; Zheng, L.; Ma, J.; Li, L.; Zhang, D.; Guo, M. (2011). Next Generation Self-learning Style in Pervasive Computing Environments, Advances in Computer Science and Engineering, Matthias Schmidt (Ed.), ISBN: 978-953-307-173-2, InTech, DOI: 10.5772/16213, = <http://www.intechopen.com/books/advances-in-computer-science-and-engineering/next-generation-self-learning-style-in-pervasive-computing-environments> Acesso em: 3 de Outubro de 2015
- [9] Paillard, G. A. L.; Rabelo, K. F.; Lima, W. S.; Costa, P. M. B.; Sarmiento, W. W. F.; Harriman, C. L. S. (2012). Extended MOBILIS: a integration of Learning Management System with Mobile Application to m-Learning environment. Artigo publicado na categoria short paper no evento 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS 2012), Valência, Espanha.
- [10] Sarmiento, W. W. F. ; Paula, P. S. ; Pequeno Filho, P. T. C. ; Paillard, G. A. L. ; Neuman, J.; Barroso, G. C. ; Pequeno, M. C. (2012). u-Lab: a ubiquitous computing based architecture to labs works using wireless sensor network and radio-frequency identification. In: 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, 2012, Valência. EATIS '12 Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems. New York: ACM, 2012. v. 1. p. 260-266.