

paper:80

# CARLO: Modelo Ontológico de Contexto para Recomendação de Objetos de Aprendizagem em Ambientes Pervasivos

Guilherme Medeiros Machado, José Palazzo Moreira de Oliveira

Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil

{guimmachado,palazzo}@inf.ufrgs.br

**Abstract.** *Pervasive environments are places that have abundant resources and as a consequence the analysis and selection of a small set of interesting resources may become a difficult task. Learning objects are important resources for teaching and so are the targets resources of the recommendation process proposed here. To recommend such objects an ontological context model consisting of four dimensions of information and a rule-based filter that allows the performance of recommendation directly in the model is presented. To validate this model, we have developed a system for Android platforms and a scenario-based case study is presented.*

**Resumo.** *Ambientes pervasivos são locais que possuem abundante quantidade de recursos e por conta disso a análise e seleção de um conjunto pequeno de recursos de interesse pode tornar-se uma tarefa difícil. Objetos de aprendizagem são recursos importantes para o ensino e por isso são os recursos alvos do processo de recomendação aqui proposto. Para recomendar tais objetos é apresentado um modelo ontológico de contexto, composto por quatro dimensões de informação e um filtro baseado em regras que possibilita a realização da recomendação diretamente no modelo. Para validar tal modelo, além de ter-se desenvolvido um sistema para plataformas Android, é apresentado um estudo de caso, baseado em cenário.*

## 1. Introdução

Ambientes pervasivos são locais onde usuários móveis utilizam elementos computacionais integrados em suas vidas que muitas vezes passam despercebidos, além disso, tais ambientes proporcionam fácil comunicação entre dispositivos e disponibilizam informações a seus usuários em qualquer lugar e a qualquer momento [Ark and Selker 1999]. Além de recursos computacionais, tais ambientes são compostos por recursos não computacionais e pessoas que utilizam ambos os tipos de recursos. Um exemplo de ambiente que pode se tornar pervasivo é o campus universitário e um dos recursos mais abundantes nesse ambiente são os objetos de aprendizagem, definidos como qualquer entidade, digital ou não, que pode ser utilizada para aprendizagem, educação ou treinamento. Devido a sua importância, objetos de aprendizagem são utilizados como recursos alvos do problema que este trabalho se propõe a resolver.

Com o intuito de auxiliar usuários a descobrirem objetos de aprendizagem que estejam próximos, que correspondam a seus interesses e guiá-los até tais objetos, é proposto e implementado neste trabalho um modelo de contexto que contempla quatro dimensões de informação encontradas na literatura. Além dessas dimensões o modelo proposto integra um filtro descrito em formato de regras SWRL (*Semantic Web Rule*

*Language*) que tem por objetivo torná-lo apto a selecionar apenas os objetos de interesse próximos ao usuário. Tal modelo é validado através de um estudo de caso implementado com base em um cenário. O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira, a Seção 2 apresenta alguns conceitos fundamentais, a Seção 3 apresenta alguns trabalhos relacionados e uma análise dos mesmos, a Seção 4 apresenta o modelo proposto e desenvolvido neste trabalho, a Seção 5 apresenta o filtro de objetos de aprendizagem desenvolvido e um cenário de uso e a Seção 6 apresenta as conclusões.

## 2. Conceitos

Dey define contexto como qualquer informação relevante para caracterizar a situação de uma entidade [Dey 2001]. Tal entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que é relevante para a interação entre o usuário e a aplicação, incluindo os próprios usuários e aplicação. Ciente desta definição, Dourish propõe a classificação do contexto em duas vertentes, ora é encarado como um problema representacional ora como um problema interacional [Dourish 2004]. Como problema representacional o contexto é uma informação que é delineável, pode ser prevista em uma determinada situação e é estável, ou seja, os elementos de contexto não variam de instância para instância em uma mesma situação.

Como problema interacional o contexto é visto como uma propriedade relacional que acontece entre objetos ou atividades, ao invés de ser considerado um tipo de informação. Por conta disso, o contexto não é delineável, já que o escopo das características contextuais é definido dinamicamente. Neste trabalho o contexto é encarado como um problema representacional, já que nesta vertente é possível delimitar-se o escopo de seus elementos. Consequentemente podemos modelar mais facilmente tal informação para ser utilizada em uma aplicação.

Segundo Bettini as técnicas de modelagem de contexto podem ser classificadas em: i) baseadas em papéis-objetos; ii) baseadas em modelos espaciais e iii) baseadas em ontologias [Bettini et al. 2010]. A técnica baseada em papéis objetos originou-se da tentativa de criar modelos suficientemente formais para suportar o processamento de consultas e raciocínio. Uma das principais linguagens utilizadas nesta técnica é a *Context Modelling Language* (CML), que é uma linguagem gráfica suficientemente formal para ser mapeada diretamente para um sistema de gerenciamento de contexto. Contudo uma desvantagem desta linguagem é que ela apresenta um modelo de informação “raso” já que qualquer tipo de informação de contexto é representada da mesma maneira, não sendo possível, por exemplo, representar uma hierarquia. Na técnica baseada em modelos espaciais a informação de localização é o elemento principal de contexto, que pode estar associado a uma entidade física ou não física. A última técnica é baseada em ontologias, que são definidas por [Gruber 1993] como uma “especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada”. A linguagem mais utilizada para a construção de ontologias é a *Web Ontology Language* (OWL), que em sua versão DL e Lite possibilitam o uso de motores de inferência que utilizam lógica descritiva e são capazes de checar a consistência do modelo desenvolvido, inferir novos relacionamentos entre classes e descobrir conhecimentos anteriormente implícitos. Além disso, modelos ontológicos de contexto são adequados para compartilhamento de conhecimento, já que eles provêm uma especificação formal de dados de contexto semânticos. Esta característica é particularmente importante em ambientes pervasivos, onde entidades diferentes devem interagir com o intuito de compartilhar informações de contexto do usuário.

### 3. Trabalhos Relacionados

Modelos de contexto para ambientes pervasivos são temas centrais de vários trabalhos encontrados na literatura. Tais trabalhos podem ser classificados de acordo com o objetivo de aplicação dos modelos em: i) modelos de alto nível e ii) modelos aplicados. Os modelos de alto nível têm por objetivo dar suporte à construção dos modelos aplicados, por isso são dotados de conceitos mais genéricos e que podem ser utilizados por várias aplicações de um mesmo domínio. Os modelos aplicados, em contrapartida, são mais específicos e dificilmente são totalmente utilizados por várias aplicações.

O trabalho de [Chen et al. 2004] apresenta uma ontologia a ser utilizada por aplicações pervasivas, batizada de *Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications* (SOUPA) a ontologia é composta de dois conjuntos distintos de ontologias relacionadas, o *SOUPA Core* (de alto nível) e o *SOUPA Extension* (aplicado). As categorias de informação manipuladas pelas ontologias do conjunto *Core* são relativas à pessoa, políticas e ações, agentes, tempo, espaço e eventos. As categorias manipuladas pelas ontologias do conjunto *Extension* são relativas à reuniões e agenda, documentos e documentos digitais, captura de imagem e localização.

O trabalho de [Wang et al. 2004] propõe um modelo ontológico de contexto de alto nível batizado de *CONtext ONtology* (CONON), construída em OWL a ontologia modela quatro conceitos de alto nível principais, são eles, Pessoa, Localização, Atividade e Entidades Computacionais, dos quais podem derivar conceitos específicos.

O trabalho de [Pantsar-Syvaniemi et al. 2010] propõe um modelo ontológico de alto nível que tem por objetivo adaptar o comportamento de um sistema pervasivo. Os autores propõem a manipulação das informações de contexto em três níveis: i) físico, descreve informações do ambiente, tais como tempo, localização, equipamentos de rede; ii) digital, funde as informações vindas do primeiro nível a fim de descrever situações tais como “Acidente próximo”, neste nível o modelo é instanciado e iii) humano, funde informações do nível anterior para encontrar relacionamentos entre situações.

O trabalho de [Hervás and Bravo 2011] propõe um modelo ontológico de contexto aplicado que tem por objetivo apoiar a adaptação de interfaces de software, utilizando para isto informações de ambientes pervasivos. O modelo é composto de 4 dimensões de informação: i) o usuário, incluindo sua situação atual (localização, atividades, papéis e objetivos) e seus relacionamentos sociais; ii) os dispositivos relevantes, com suas características, associações e dependências, iii) o ambiente físico, que define a distribuição espacial e iv) o serviço, relacionada às características relativas a visualização de informações.

O trabalho de [Al-Mekhlafi et al. 2009] propõe um modelo ontológico de contexto aplicado que tem por objetivo apoiar a recomendação de sentenças utilizadas no cotidiano de um estudante da língua chinesa de acordo com seu nível de aprendizado. O modelo é dividido em quatro dimensões: i) tempo, descreve o status do sistema (ativo, desativado ou sincronizando); ii) localização, descreve o lugar onde o estudante se encontra; iii) atividade, descreve as atividades planejadas na agenda do estudante e iv) nível, descreve o nível que um estudante pode estar no aprendizado da língua, bem como o nível de uma sentença armazenada no banco de dados.

Através da leitura e análise dos trabalhos apresentados anteriormente nota-se um padrão de categorias de informações modeladas pelas aplicações pervasivas. Todos os

trabalhos modelam pelo menos informações sobre o perfil do usuário, sobre o ambiente e sobre o domínio tecnológico.

Além do padrão de informações nota-se também que em nenhum dos trabalhos apresentados explicita suas “regras da aplicação” junto com o modelo ontológico de contexto. Os trabalhos limitam-se apenas a modelar informações de contexto e domínio na ontologia. As “regras da aplicação”, que são o conjunto de ações que determinam o comportamento da aplicação frente a um determinado contexto, acabam sendo descritas somente no código fonte da aplicação.

A partir do momento que tais “regras da aplicação” são extraídas do código fonte e armazenadas no nível do modelo de contexto, este conhecimento torna-se explícito e entendível por agentes de software, como previsto no clássico artigo de [Berners-Lee et al. 2001], facilitando dentre outras coisas o compartilhamento dessas informações inclusive entre agentes que não foram projetados para trabalharem em conjunto. Tal característica tem fundamental importância em um ambiente pervasivo, onde elementos computacionais estão espalhados e devem a todo momento compartilhar informações e conhecimento entre si [Bettini et al. 2010].

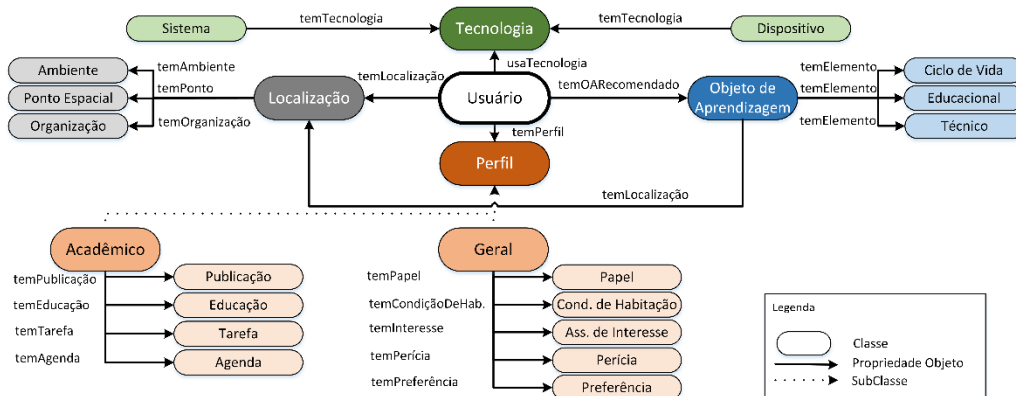
Outra vertente a se revisar são os trabalhos que realizam recomendações de objetos de aprendizagem. Alguns trabalhos encontrados na literatura são [Bouzeghoub et al. 2009], [Pernas et al. 2012] e [Wang and Wu 2011]. Em todos eles os autores propõem a utilização de informações de contexto com o objetivo de realizar recomendações.

Nesses trabalhos a recomendação é realizada através da correspondência das características da pessoa e do objeto de aprendizagem. Entretanto, seus modelos de contexto poderiam ser estendidos para abarcar mais conceitos sobre o perfil do usuário e sobre os objetos de aprendizagem. Esse maior detalhamento do perfil e dos objetos de aprendizagem proporcionaria maior flexibilidade aos algoritmos e regras na escolha das características a serem correspondidas para realizar a recomendação.

#### **4. Modelo Ontológico de Contexto para Recomendação de Objetos de Aprendizagem em Ambientes Pervasivos**

O modelo ontológico de contexto desenvolvido neste trabalho tem por objetivo dar suporte à recomendação de objetos de aprendizagem em um ambiente pervasivo. Batizado de CARLO – *Model for Context-Aware Recommendation of Learning Objects* (Modelo para Recomendação Sensível ao Contexto de Objetos de Aprendizagem) o modelo leva em consideração o padrão de dimensões de informações encontrados nos trabalhos apresentados na Seção 3, além de acrescentar a dimensão de objetos de aprendizagem para realizar as recomendações dos mesmos. O modelo CARLO tem o usuário como seu elemento central e está dividido em quatro dimensões de informação contextuais i) informações sobre o perfil do usuário; ii) informações sobre localização; iii) informações sobre os elementos tecnológicos e iv) informações sobre os objetos de aprendizagem. Além dos elementos de domínio e de contexto, junto ao modelo CARLO são descritas regras semânticas (regras da aplicação) responsáveis pela seleção dos objetos de aprendizagem presentes no ambiente pervasivo. A união do modelo instanciado com as regras semânticas e um motor de inferências lógicas, forma a base de conhecimento utilizada para realizar a recomendação sensível ao contexto dos objetos de aprendizagem em um ambiente pervasivo.

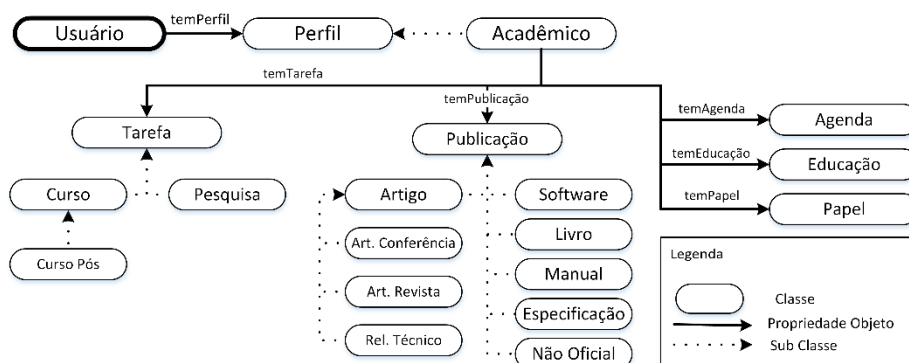
Na Figura 1 é apresentada uma visão geral e resumida das classes do modelo CARLO, note que o usuário é o elemento central e o mesmo se relaciona com as quatro dimensões de informações contextuais identificadas. Um usuário tem um perfil, tem uma localização e usa uma tecnologia e por causa das características presentes nesses três relacionamentos ele terá um objeto de aprendizagem recomendado, fato exibido através da relação do tipo propriedade objeto “temOARecomendado”.



**Figura 1. Visão geral resumida do modelo CARLO**

Devido à complexidade em definir as informações pertinentes ao perfil do usuário o trabalho de Brusilovsky propõe cinco características populares e úteis em modelos de usuários de sistemas adaptativos, são elas: i) o conhecimento do usuário; ii) os interesses do usuário; iii) os objetivos e tarefas; iv) o plano de fundo do usuário; e v) os traços individuais [Brusilovsky and Millán 2007].

No modelo CARLO são apresentados conceitos relativos às características ‘i’, ‘ii’, ‘iii’ e ‘iv’, a característica ‘v’ não foi modelada por representar características intrínsecas do usuário, sendo assim um desafio além do escopo deste trabalho, já que tais características são de difícil identificação e podem variar muito de um usuário para outro. Por serem bastante amplas, quando implementadas, as características selecionadas resultaram em uma grande quantidade de conceitos ontológicos, por isso, optou-se por dividir-se a dimensão de perfil do usuário em “Perfil Acadêmico” e “Perfil Geral”.

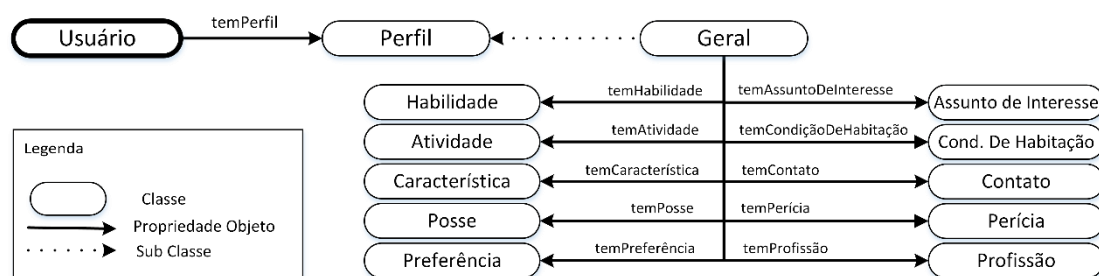


**Figura 2. Modelo da subdimensão de informação do perfil acadêmico do estudante**

Na Figura 2 é exibido o modelo da dimensão de informação do perfil do usuário, mais especificamente é exibida a subdimensão do perfil acadêmico. Nesta subdimensão são apresentados conceitos relativos às informações acadêmicas do usuário, tais como suas atividades e papel desempenhado dentro da universidade. Esta subdimensão apre-

senta conceitos que modelam as atividades do usuário dentro da universidade, a posição ocupada e sua formação acadêmica.

Na Figura 3 é exibida a subdimensão de informação do perfil geral do usuário. Nesta subdimensão são apresentados conceitos relativos a informações gerais do usuário, tais como habilidades, preferências e interesses. Esta subdimensão apresenta conceitos relativos às características de plano de fundo, gostos e conhecimentos do usuário.



**Figura 3. Modelo da subdimensão de informação do perfil geral do estudante**

A união das duas subdimensões “Perfil Acadêmico” e “Perfil Geral” forma a dimensão do perfil do usuário. Pela importância da dimensão de perfil do usuário seus conceitos são exibidos na Tabela 1 com uma breve descrição e na coluna “Brusilovsky e Millán” é exibida a característica a qual tal conceito se refere.

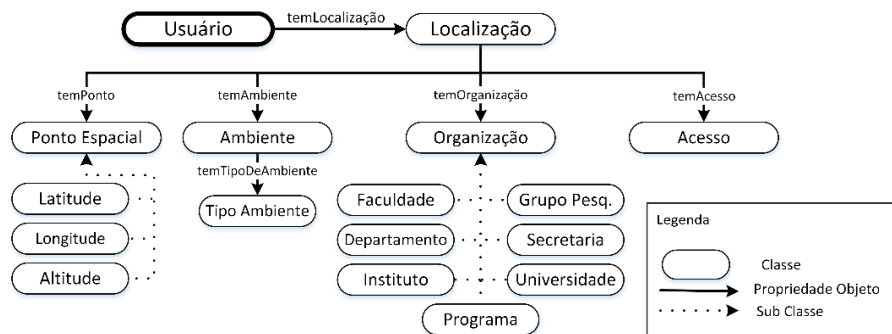
**Tabela 1. Descrição dos conceitos da dimensão de perfil do usuário e seu relacionamento com as características de Brusilovsky e Millán**

Conceito	Descrição	Brusilovsky e Millán
Agenda	Agenda de compromissos do usuário	iii
Educação	Título de grau do usuário (Bsc.; Msc.; Dr.)	iv
Papel	Papel do usuário na universidade (ex. prof.; aluno)	iv
Publicação	Produção científica do usuário	iv
Tarefa	Itens que serão inseridos na agenda	iii
Habilidade	Habilidades e limitações físicas e mentais do usuário	iv
Atividade	Atividades e passatempos do usuário	ii
Característica	Características físicas do usuário	iv
Contato	Pessoas que o usuário se relaciona	iv
Perícia	Conhecimentos que o usuário demonstra maestria	i
Cond. de Habitação	Local e tipo de residência do usuário	iv
Assunto de Interesse	Interesses acadêmicos e passatempos do usuário	ii
Posse	Coisas vivas e não vivas, possuídas pelo usuário	iv
Preferência	Gostos do usuário	ii
Profissão	Ocupação profissional do usuário	lv

As informações ambientais, ou de localização, constituem a segunda dimensão contextual do modelo. Esta dimensão é tão importante que Brusilovsky afirma que os sistemas sensíveis ao contexto para dispositivos móveis focam-se naturalmente na localização do usuário [Brusilovsky and Millán 2007]. A informação de localização é utilizada para determinar um conjunto pequeno de objetos de interesse próximo a localização do usuário [Brusilovsky and Maybury 2002]. Este subconjunto define o que deve ser apresentado ou recomendado ao usuário.

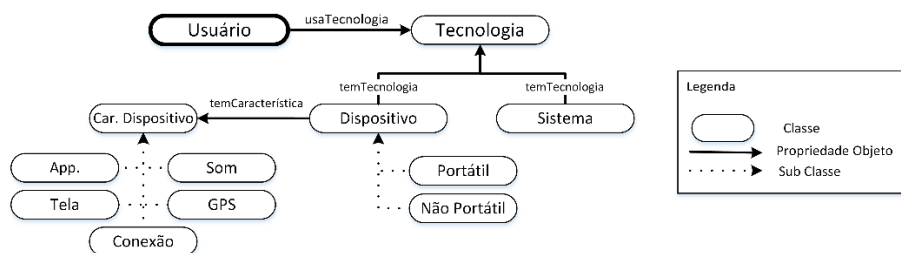
Na Figura 4 é exibida a dimensão de informação contextual de localização. Nesta dimensão são apresentados conceitos que têm por objetivo descrever a posição atual

do usuário, tais como suas coordenadas simbólicas e geométricas [Bettini et al. 2010], além da organização do ambiente.



**Figura 4. Modelo da dimensão de informação de localização**

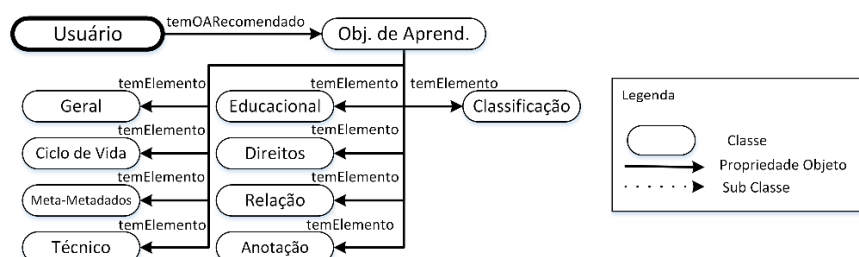
Os conceitos desta dimensão são: i) Ponto Espacial, descreve informações de GPS relativas a localização do usuário e do objeto de aprendizagem, para isso utiliza os conceitos de Latitude, Longitude e Altitude; ii) Ambiente, descreve os ambientes/áreas da universidade; iii) Tipo de Ambiente, descreve um ambiente como público ou privado; iv) Organização, descreve o papel desempenhado por um conjunto de ambientes da universidade; v) Acesso, descreve o tipo de acesso ao ambiente como permitido ou negado. A dimensão de localização se relaciona com o conceito Ambiente, Usuário e a dimensão de objetos de aprendizagem através da propriedade objeto “temLocalização”.



**Figura 5. Modelo da dimensão de informação de tecnologia**

Na Figura 5 são exibidos os conceitos modelados na dimensão de tecnologia são eles: i) Sistema, descreve o próprio sistema de recomendação e os demais sistemas presentes no ambiente, apresenta informações como nome do sistema e versão; ii) Dispositivo, descreve o dispositivo utilizado para acessar o sistema de recomendação, bem como todos os dispositivos espalhados pela universidade. É pai dos conceitos Portátil e ‘Não Portátil’; iii) Características do Dispositivo, descreve características importantes do dispositivo móvel onde o sistema de recomendação está instalado. É pai dos conceitos Conexão (tipos de conexões disponíveis no dispositivo – importante caso o GPS venha a falhar o usuário pode ser localizado através do sinal Wi-fi), Som (modo sonoro do dispositivo – importante ao emitir alertas de objetos de aprendizagem recomendados), Tela (tamanho da tela – importante para adaptar a interface do sistema ao dispositivo atual) e GPS (modelo do GPS utilizado no dispositivo do usuário).

Na Figura 6 é exibida a dimensão de informação de objetos de aprendizagem, que descreve um objeto de aprendizagem através de nove conceitos definidos pelo padrão de metadados de objetos de aprendizagem IEEE LOM [“IEEE Standard for Learning Object Metadata” 2002]. Tais conceitos foram modelados a partir do documento definido pela IEEE.



**Figura 6. Modelo da dimensão de informação de objetos de aprendizagem**

O modelo foi construído tomando por base, além do modelo de metadados LOM, os conceitos definidos na ontologia LUBM (*Lehigh University Benchmark*) [Guo et al. 2005] e na ontologia de perfil definida em [Golemati et al. 2007]. Nas ontologias LUBM e na de perfil foi realizado um alinhamento manual entre os conceitos equivalentes além de serem adicionados vários conceitos necessários para o domínio da aplicação do modelo que não estavam presentes nos modelos originais.

## 5. Caso de Uso

Com o intuito de demonstrar a execução de recomendações dos objetos de aprendizagem através do modelo CARLO, nesta seção é desenvolvido um caso de uso baseado em um cenário de aplicação. Neste cenário tem-se um estudante universitário William que necessita implementar um algoritmo de ordenação de vetores em Java, entretanto o estudante não tem conhecimento algum de tal linguagem. O estudante então receberá recomendações de objetos de aprendizagem próximos à sua localização que poderão auxiliar na execução desta tarefa. Com o intuito de tornar o modelo apto a realizar recomendações foi desenvolvido um filtro semântico, que utiliza regras escritas em SWRL (*Semantic Web Rule Language*) e faz uma correspondência entre as características do perfil do usuário, do objeto de aprendizagem e da localização de ambos. Tais regras são integradas ao modelo CARLO que após ser instanciado, pode ser utilizado junto a um motor de inferências lógicas, que raciocine sobre regras SWRL, para extrair recomendações de objetos de aprendizagem adequadas às preferências e ao contexto.

Em (1) é descrita a regra genérica aqui proposta, note que a regra considera um usuário ‘?u’, uma característica do perfil desse usuário ‘?c’ e verifica se o usuário está em uma localização ‘?l’ e tem em seu perfil a característica ‘?c’, após verificar o usuário a regra se preocupa em verificar se um objeto de aprendizagem ‘?o’ está em uma localização ‘?x’ (próxima à localização ‘?l’) e se o objeto tem a mesma característica ‘?c’ que o usuário. Caso todas essas condições sejam verdadeiras, o objeto de aprendizagem ‘?o’ é então recomendado ao usuário ‘?u’.

$$\begin{aligned}
 &usuário(?u) \wedge característicaASerCorrespondida(?c) \\
 &\wedge temLocalização(?l, ?u) \wedge temCaracterística(?c, ?u) \\
 &\wedge objetoDeAprendizagem(?o) \wedge temLocalização(?x, ?o) \\
 &\wedge temCaracterística(?c, ?o) \rightarrow temOARecomendado(?o, ?u) \quad (1)
 \end{aligned}$$

Um exemplo prático de aplicação desta regra é exibido em (2), onde a característica do usuário selecionada para ser correspondida com a característica do objeto de aprendizagem é o Assunto de Interesse. Note que as instâncias de localização do usuário e do objeto de aprendizagem são diferentes, porém estão relacionadas a área próxima à biblioteca do campus.

$$usuário(?u) \wedge assuntoDeInteresse(?c)$$



$$\begin{aligned} & \wedge \text{temLocalização}(\text{PertoBiblioteca}, ?u) \wedge \text{temAssuntoDeInteresse}(?c, ?u) \\ & \wedge \text{objetoDeAprendizagem}(?o) \wedge \text{temLocalização}(\text{Biblioteca}, ?o) \\ & \wedge \text{temAssuntoDeInteresse}(?c, ?o) \rightarrow \text{temOARecomendado}(?o, ?u) \quad (2) \end{aligned}$$

Para ilustrar tal cenário o modelo CARLO, foi implementado em OWL (*Web Ontology Language*) com o auxílio do software *Protégé* e integrado a um sistema de recomendação de objetos de aprendizagem desenvolvido para plataformas *Android*. O motor de inferência utilizado para validar a consistência do modelo e raciocinar sobre suas regras foi o *Pellet*, por este apresentar mais expressividade em lógica descritiva, ser sólido, completo, justificar suas inferências, ser integrável ao *Jena*, compatível com o *Protégé*, ser implementado em *Java* e ser *Open Source* [Dentler et al. 2011].

Os objetos de aprendizagem extraídos do modelo são apresentados ao usuário em uma interface que os agrupa em prédios próximos à localização do usuário. Desta forma diminui-se a frequência que o usuário é notificado sobre recomendações dos objetos de aprendizagem, pois ao invés de notificá-lo a cada vez que um objeto relevante é encontrado, o usuário somente será notificado quando um grupo de objetos estiver disponível em um prédio próximo. Diminuindo tais notificações, contribui-se para diminuir a sobrecarga de recomendações dadas a um único usuário. Uma das vantagens ao se considerar o contexto do usuário no processo de recomendação é que ao invés de se apresentar todos os objetos de aprendizagem que o usuário possa ter interesse, apresentam-se somente os objetos que ele tem interesse no contexto atual, refinando assim o processo de seleção dos objetos.

## 6. Conclusão

Ambientes pervasivos são locais cheios de recursos computacionais e não computacionais. Por conta da grande quantidade, a análise e seleção apenas dos recursos que sejam de interesse do usuário torna-se uma tarefa difícil. Este trabalho apresenta um modelo ontológico de contexto a ser utilizado em sistemas de recomendação de objetos de aprendizagem em ambientes pervasivos. O modelo se apresenta dividido em quatro dimensões de informações, encontradas na literatura. Além das dimensões de informação o modelo também integra um filtro baseado em regras para seleção dos objetos de aprendizagem relevantes ao contexto do usuário. Por conta deste filtro é possível realizar a recomendação dos objetos de aprendizagem diretamente do modelo de contexto. Tais regras utilizam as características do perfil do usuário e as correspondem com as características dos objetos de aprendizagem próximos do mesmo. Um estudo de caso, baseado em cenário, é apresentado para validar o modelo e o filtro de objetos de aprendizagem desenvolvido. Alguns trabalhos futuros são a integração de estilos cognitivos ao modelo com o intuito de refinar as recomendações e a preocupação com aspectos de privacidade e segurança.

## Referências

- Al-Mekhlafi, K., Hu, X. and Zheng, Z. (2009). An Approach to Context-Aware Mobile Chinese Language Learning for Foreign Students. In *Int. Conf. on Mobile Business*.
- Ark, W. S. and Selker, T. (1999). A look at human interaction with pervasive computers. *IBM Systems Journal*, v. 38, n. 4, p. 504–507.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. and Others (2001). The semantic web. *Scientific american*, v. 284, n. 5, p. 28–37.

- Bettini, C., Brdiczka, O., Henriksen, K., et al. (2010). A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Computing*, v. 6, n. 2, p. 161–180.
- Bouzeghoub, A., Do, K. N. and Wives, L. K. (2009). Situation-Aware Adaptive Recommendation to Assist Mobile Users in a Campus Environment. In *Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications*. AINA. IEEE.
- Brusilovsky, P. and Maybury, M. T. (2002). From adaptive hypermedia to the adaptive web. *Communications of the ACM*, v. 45, n. 5, p. 30–33.
- Brusilovsky, P. and Millán, E. (2007). User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In: *The Adaptive Web Methods and Strategies of Web Personalization*. Springer Berlin Heidelberg. p. 3–53.
- Chen, H., Perich, F., Finin, T. and Joshi, A. (2004). SOUPA: standard ontology for ubiquitous and pervasive applications. In *International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, MOBIQUITOUS 2004*. IEEE.
- Dentler, K., Cornet, R., Ten Teije, A. and De Keizer, N. (2011). Comparison of reasoners for large ontologies in the OWL 2 EL profile. *Semantic Web*, v. 2, p. 71.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 5, n. 1, p. 4–7.
- Dourish, P. (2004). What we talk about when we talk about context. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 8, n. 1, p. 19–30.
- Golemati, M., Katifori, A., Vassilakis, C., Lepouras, G. and Halatsis, C. (2007). Creating an ontology for the user profile: Method and applications. In *Int. Conf. on Research Challenges in Information Science*.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199–220.
- Guo, Y., Pan, Z. and Heflin, J. (2005). LUBM: A benchmark for OWL knowledge base systems. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the WWW*, v. 3, p. 158.
- Hervás, R. and Bravo, J. (2011). Towards the ubiquitous visualization: Adaptive user-interfaces based on the Semantic Web. *Interacting with Computers*, v. 23, p. 40–56.
- IEEE Standard for Learning Object Metadata (2002). *IEEE Std 1484.12.1-2002*
- Pantsar-Syvanemi, S., Simula, K. and Ovaska, E. (2010). Context-awareness in smart spaces. In *The IEEE symposium on Computers and Communications*. IEEE.
- Pernas, A. M., Diaz, A., Motz, R. and Oliveira, J. P. M. De (2012). Enriching adaptation in e-learning systems through a situation-aware ontology network. *Interactive Technology and Smart Education*, v. 9, n. 2, p. 60–73.
- Wang, S.-L. and Wu, C.-Y. (2011). Application of context-aware and personalized recommendation to implement an adaptive ubiquitous learning system. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 9, p. 10831–10838.
- Wang, X. H., Zhang, D. Q., Gu, T. and Pung, H. K. (2004). Ontology based context modeling and reasoning using OWL. In *IEEE Annual Conf. on Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004. Proceedings of the Second*. IEEE.