Construindo Aplicações de T-Learning através da Integração de uma Plataforma Web Educacional Semântica

Douglas Vêras

Universidade Federal de Alagoas
GrOW – Grupo de Otimização na Web
Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins - Maceió - AL
dvs@cin.ufpe.br

Ig Ibert Bittencourt

Universidade Federal de Alagoas
GrOW – Grupo de Otimização na Web
Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins - Maceió - AL
ig.ibert@ic.ufal.br

Evandro Costa

Universidade Federal de Alagoas
GrOW – Grupo de Otimização na Web
Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins - Maceió - AL
ebcosta@gmail.com

Resumo

A televisão tem se tornado uma das mídias mais importantes, estando presente na maioria dos lares. Uma das principais características da TV digital é que, além da recepção por radiodifusão, há um outro canal de comunicação que dependendo do sistema pode fornecer um conteúdo individualizado para o usuário e pelo mesmo canal o usuário pode enviar informações. Nesta nova forma de interação surge o conceito de aprendizagem baseada na TV interativa (t-learning), podendo tornar um telespectador em um estudante que também pode ter acesso a materiais complementares de ensino, responder a perguntas, resolver problemas, interagir com outros alunos através de fóruns, redes sociais, entre outros. Aplicações personalizadas de aprendizagem requerem uma estrutura fora das capacidades dos atuais receptores de TV, assim este artigo propõe a criação de aplicações em t-learning a partir do reuso de uma plataforma de ensino personalizada na Web (Massayo-F), mostrando vários aspectos relacionados ao seu desenvolvimento. Aborda-se ainda um estudo de caso em frações com o intuito de investigar a sua integração, a fim de facilitar o processo de desenvolvimento e reutilização de software.

Palavras-Chave: TV Digital interativa, T-learning, Web semântica, interoperabilidade, Ginga-NCL.

Abstract

Television has become one of the most important media, since it is present in most households. One of the main features of digital TV is that, apart from broadcasting reception, there is another channel of communication which can provide individualized content for the user and by the same user can send information. In this new form of interaction, appears the concept of learning based on interactive TV (t-learning), which makes a viewer in a student through interactive television, having also access to teaching materials, answer questions, solve problems, interact with other students through forums, social networks, etc. Customized learning applications requires a structure outside the capabilities of current iDTV receivers, thus this paper proposes the creation of t-learning applications from the reuse of a personalized learning platform on the Web (Massayo-F), showing aspects related to its development. A case study in the math fractions is described to investigate the integration and development process and software reuse facilities.

Keywords: Digital TV, T-learning, Semantic web, Interoperability, Ginga-NCL.

1 Introdução

A televisão é um dos mais importantes meios de comunicação no Brasil, uma vez que ela está presente em mais de 90% dos domicílios brasileiros [17]. Na maioria das localidades, esse é o principal meio de comunicação existente, desta forma, a TV Digital Interativa (TVDi) [28] poderá ser fonte principal da inclusão digital no país, além de ser um meio de difundir educação para um maior número de pessoas, tornando o usuário de TV que outra seria um simples telespectador (receptor de informação) em um contribuinte (provedor de informação), podendo por exemplo enviar perguntas, curiosidades, interagir com outros usuários, entre outras.

Apesar de todos os obstáculos encontrados nesta nova tecnologia, especialmente para fins de educação formal [1], procura-se uma forma de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais agradável, acessível e eficaz. Assim, mídias que antes já eram exploradas para simples entretenimento passaram a ser usadas como auxílio no aprendizado, como o uso de materiais instrutivos através da televisão. A aplicação da TV no processo de aprendizagem, com conteúdos audiovisuais educativos, vem sendo utilizada, desde 1996, com a TV Escola [26], Programa da Secretaria de Educação a Distância, do Ministério da Educação, que já atinge mais de cinco mil municípios cobrindo todos os estados brasileiros [30]. Outras iniciativas privadas seguem a mesma proposta, que é disponibilizar material instrutivo de qualidade para os diversos telespectadores do Brasil. Entre os programas de tais iniciativas se destacam: Telecurso 2000 [31], TV Cultura [32], Canal Futura [33], BBC [3], Discovery Channel [7], History Channel [14], entre outras.

Em relação a um computador pessoal (PC), a TVD possui uma série de diferenças importantes no que diz respeito à usabilidade [27], além de particularidades sociais, tais como: apresentação do conteúdo para um grupo de usuários em uma única TV, onde devem haver técnicas de cooperação e colaboração entre eles; distância da tela, no geral os usuários estão mais distantes dos aparelhos televisores do que dos monitores de computadores, assim, deve-se atentar para o tamanho das letras e números exibidos como informações auxiliares ao conteúdo áudio-visual, além de ter que evitar que o telespectador se distraia; utilização do controle remoto, que é um utilitário para entrada de dados bastante diferente de um dispositivo para PC; entre outras.

Além desses detalhes, que devem ser levados em consideração para o desenvolvimento de aplicações em TVDi, torna-se necessário o uso de um middleware capaz de fornecer um conjunto de serviços e um modelo computacional que provê suporte aos requisitos

atribuídos ao presente trabalho. Para isto, foi escolhido neste trabalho o *middleware* Ginga, uma vez que seu módulo declarativo, desenvolvido no Brasil (Ginga-NCL) [25] é o padrão H.761 recomendado pela União Internacional das Telecomunicações (UIT) [18] e permite a construção de aplicações de TVDi com mais facilidade e rapidez.

Enquanto isso, muitos avanços tecnológicos tem acontecido no processo de ensino-aprendizagem na Web. A Internet tem contribuído para melhorar os ambientes educacionais trazendo mais dinâmica e interatividade. Esses ambientes (*e-learning*) provêem ferramentas que permitem a professores e estudantes explorar a Web de forma a compartilhar conhecimento. Essa área ainda pode receber muitos aprimoramentos através da Web Semântica [29] em conjunto com a Inteligência Artificial, como o ensino personalizado e guiado por agentes de software compartilhados na Web de forma que possam ser “entendidos” também por máquinas [16], o que facilita a busca e o acesso a conteúdos educacionais por tais ambientes.

No entanto, um sistema de cursos multimídia, ou em *t-learning*, envolve uma grande quantidade de formatos de conteúdo e capacidades de inter-relação entre eles. Além disso, as aplicações devem obedecer às restrições impostas pelo padrão de TV que está sendo usado. Estas questões técnicas vão além das tarefas de produtores de conteúdo. É necessário fornecer ferramentas de software para apoiar a criação dos cursos, permitindo que os produtores se concentrem apenas no conteúdo a ser apresentado ao usuário, em vez de controlar a forma como eles são programados [22].

Contudo, a convergência destas tecnologias, *e-learning* e TVDi, favorece o rápido crescimento das aplicações de ensino mais eficazes para os usuários, como Lytras [21] tem analisado em seu trabalho. Entretanto, existem ainda poucos estudos a fim de implementar de fato uma aplicação que combina essas duas tecnologias, resultando em um ambiente integrado de aprendizagem, especialmente devido às barreiras tecnológicas e arquitetais. Além disso, aplicações personalizadas de aprendizagem requerem uma estrutura fora das capacidades dos atuais receptores de TVDi, uma vez que podem utilizar técnicas de inteligência artificial e Web semântica para facilitar a reutilização e a interoperabilidade entre as plataformas Web [7].

Deste modo, propõe-se neste trabalho construir uma aplicação de *t-learning* a partir do reuso de uma plataforma de ensino personalizada na Web (Massayo-F) [16], mostrando vários aspectos relacionados ao seu desenvolvimento, resultando em um ambiente personalizado em *t-learning* abordando um estudo de caso no campo de

frações com o intuito de investigar a sua integração, a fim de facilitar o seu processo de desenvolvimento e reutilização de *software*.

2 Sistema Brasileiro de TV Digital

O Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD) [4] é um padrão de transmissão de TV Digital desenvolvido no Brasil, tendo como base o padrão japonês ISDB, frutos de pesquisas das universidades brasileiras, como o próprio *middleware* GINGA [13] e a NCL (*Nested Context Language*). O SBTVD conduz e determina quais elementos são necessários para o desenvolvimento de um sistema de TVDi de acordo com as características inerentes ao Brasil, discutidas em [4], como: *middleware*; canal de interatividade; e as técnicas de compressão, transmissão e modulação de áudio/vídeo.

Ginga é a camada de software intermediária (*middleware*) que permite o desenvolvimento de aplicações interativas para a TV Digital do SBTVD de forma independente da plataforma de hardware dos fabricantes de terminais de acesso (Set-Top Boxes). Assim, o Ginga oferece uma série de facilidades para o desenvolvimento de conteúdo e aplicativos para TV Digital, entre elas a possibilidade desses conteúdos serem exibidos nos mais diferentes sistemas de recepção, independente do fabricante e tipo de receptor (TV, celular, PDAs, etc), sendo compatível com as normas internacionais ITU[18] J.200, J.201 e J.202.

As aplicações Ginga são classificadas em duas categorias, dependendo se a aplicação inicialmente processada possui conteúdo de natureza declarativa ou imperativa. Os ambientes de aplicação são igualmente classificados em duas categorias, dependendo se eles processam aplicações declarativas ou procedurais, sendo então chamados de Ginga-NCL e Ginga-J, respectivamente.

O módulo Ginga-NCL [25] foi desenvolvido para prover uma infra-estrutura de apresentação de aplicações baseadas em documentos hipermídia escritos em linguagem NCL (*Nested Context Language*) ou XHTML, com facilidades para a especificação de aspectos de interatividade, sincronismo espaço-temporal de objetos de mídia, adaptabilidade e suporte a múltiplos dispositivos. Em conjunto com a linguagem NCL, pode-se fazer uso também da linguagem Lua[12], adicionando o paradigma imperativo de forma eficiente, rápida e leve.

No Ginga-NCL, uma aplicação de TVDi pode ser gerada ou modificada em tempo de execução, através de comandos de edição, pois ela oferece uma separação entre o conteúdo e a estrutura da apresentação. Diferentemente de aplicações utilizando linguagens procedurais, o programador precisa apenas fornecer o conjunto de tarefas a serem realizadas e o próprio formatador do

Ginga-NCL irá interpretá-las e executá-las, de forma fácil e rápida.

3 Sistemas de TV Digital Interativa aplicados à EAD

Atualmente, existem muitos exemplos de como a TV digital interativa está sendo utilizada para fins educacionais, embora existam poucos se comparado com a quantidade encontrada na Web. Em [5] destacam-se as potencialidades que aplicativos de TV Digital Interativa podem apresentar quando desenvolvidos para educação. Nele, são apresentados trabalhos que foram desenvolvidos para auxiliar tanto professores quanto alunos que utilizem a TVDi em programas de EAD. As seguintes subseções tem por objetivo mostrar quais tipos de aplicações em *t-learning* estão sendo desenvolvidas, explicitando seus domínios, além de levantar as principais arquiteturas para seu desenvolvimento, bem como sistemas correlatos já implementados.

3.1 Focos de Desenvolvimento em T-Learning

Focos em desenvolvimento de serviços educacionais em TVDi podem ser dados em muitas direções, exemplificando alguma delas [19]:

- Educação informal ou programas educativos - redes de TVDI públicas nacionais podem oferecer programas educativos a uma grande massa de usuários que teriam oportunidade de interagir requisitando maiores informações através de ícones interativos;
- Serviço de Apoio ao Professor em Sala de Aula - material multimídia com informações adicionais e interatividade local, como perguntas e respostas;
- Serviços de Apoio ao Estudante em casa - forneceria através de receptor de TVDi na casa do aluno e da existência de um canal local ou mantido por um grupo de escolas com currículo similar a possibilidade de acesso pelo aluno de material extra classe, multimídia e enriquecido de interatividade permitindo maior fixação dos tópicos aprendidos;
- Serviços de interação Pais-Escola - forneceria serviços para os pais acessarem informações e se comunicarem com a escola, como acesso a bases de dados escolares, como notas e frequência, comunicações assíncronas como correio eletrônico e

fórum de discussões possivelmente integradas por pais e professores e ainda comunicações síncronas como salas de bate papo para busca de informações imediatas com pessoas disponíveis nas escolas [19];

- Conhecimentos específicos através de serviços interativos em canais independentes - redes comerciais podem oferecer serviços interativos em canais independentes de acordo com currículos de ensino nacionais ou recursos específicos como enciclopédias on-line;
- Serviços de “aprendizado em vídeos sob demanda” - Existe um mercado potencial de vídeos sob demanda à medida que esta tecnologia ficar totalmente disponível. Vídeos do tipo “aprenda você mesmo” ou “faça você mesmo”, seja para ensino de idiomas ou reparos em carro ou casa podem ser tornar muito populares. Materiais já existentes podem ser oferecidos através da TVDi;
- Melhorando canais temáticos - Canais temáticos, existentes em redes de TV a cabo pagas, como History Channel [14] ou Discovery Channel [7] podem ser acrescidos de material interativo suprimindo informações adicionais;
- TV personalizada - A TV “pessoal” é um conceito que pode ser posto em prática no futuro. Envolve a customização da programação de acordo com o perfil do usuário, identificado por exemplo, pelo perfil mapeado em ontologias [7] na Web, armazenados no *set-top box*.

3.2 Arquiteturas para Desenvolvimento Integrado TV-Web

Para desenvolvimento de aplicações em *t-learning* existe um framework chamado ATLAS (“Architecture for T-Learning interactive Services”) introduzido em [24] e sua avaliação frente aos ambientes de *e-learning* no que diz respeito a aprendizagem do estudante. Porém, esse tipo de abordagem faz com que sejam criados ambientes educacionais tradicionais, assim não se pode obter todas as vantagens que um ambiente *e-learning* pode proporcionar juntamente com o ambiente de *t-learning*, como personalização do conhecimento e compartilhamento de informações/conteúdo em uma maior rede de usuários. Isto poderia ser feito utilizando uma abordagem através da Web Semântica e adaptabilidade provida pela IA (técnicas de Hipermídia Adaptativa), como acontece no MASSAYO-F.

Em [6] é mostrada uma arquitetura para um ferramenta de autoria, que permite ao especialista prover conteúdos pedagógicos aos estudantes, além de um sistema tutor inteligente residente no receptor de TV, que possui o conteúdo interativo e as preferências do usuário. Nesta abordagem, utiliza-se também ontologias baseadas no SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) para modelagem do modelo pedagógico, estas também presentes em ambientes de educação na Web. Entretanto, a complexidade de um ambiente de aprendizagem não está somente no modelo pedagógico, conforme é proposto por esta arquitetura, mas também são necessárias ontologias que representem o domínio a ser aprendido e o modelo do usuário, a fim de as informações possam ser compartilhadas com outros ambientes de *e-learning* de forma mais eficiente.

Uma metodologia que visa inter-operar aplicações em *e-learning* e TV Digital através de integração de ontologias SCORM com TV-Anytime é apresentada em [10]. A metodologia é proposta para facilitar o reuso na construção de novos ambientes em *t-learning* através do mapeamento entre as ontologias e os meta-dados de uma aplicação em TV-Anytime. Entretanto, embora a tarefa de construção de um novo ambiente seja facilitada por essa metodologia, que consegue inter-operar ambientes Web e de TV, ainda se tem a grande complexidade na implementação de um ambiente de *t-learning*, especialmente se os ambientes que estiverem inter-operando possuem diferentes infra-estruturas. Esta dificuldade de implementação poderia ser amenizada fazendo uso de *Web Services*, o que é provido pelo framework MASSAYO-F.

3.3 Sistemas Correlatos em T-Learning

Nesta seção algumas iniciativas de aplicações educativas em TVDi serão abordadas, descrevendo-se brevemente suas características, funcionalidades e contribuições de acordo com o tipo de aplicação de *t-learning* a qual pertence. Alguns exemplos de sistemas de TVDi em uso para ensino foram encontrados. São principalmente serviços disponibilizados por canais de TV no Reino Unido, devido ao seu avanço na massificação de uso da TVDi [3]. Dentre os quais destacamos a seguir.

O SOS Teacher (SOS Professor)[3], da Inglaterra, é um canal piloto disponibilizado pela KIT (Kingston Interactive Television) e colocado no ar em conjunto com a BBCi, o canal interativo da BBC, que provê um serviço que envolve professores locais. Os estudantes têm a opção ao acessar serviços disponíveis pela KIT de enviar uma pergunta a um professor real através do envio de um *e-mail* através do *set-top box*. Normalmente em trinta minutos um grupo de professores responde o questionamento via TVDi. As perguntas também são armazenadas

de forma que os estudantes possam acessá-las pelo serviço de vídeo sob demanda no horário que desejarem.

O acesso a enciclopédias educacionais, canal de TV-Di a cabo inglês, chamado de NTL[3] permite aos seus assinantes o acesso a uma seção de procura por referências no seu menu de interatividade. Os serviços disponíveis são buscas através de palavras ou sentenças fornecidas no serviço de notícias da BBC, o BBC Newsround, pesquisa na Enciclopédia Educacional Hutchinson e também na Enciclopédia de Oxford.

O canal CBeebies[3], da emissora BBC, disponibiliza um serviço com a finalidade de desenvolver habilidades em crianças com idade entre 3 e 5 anos. Enquanto a programação televisiva é apresentada na TV, no caso um programa infantil, a criança pode acessar uma série de atividades interativas como, por exemplo, reconhecimento de cores e caracteres. Contudo, estes trabalhos se mostram ineficazes para um público grande de telespectadores, visto que não se tratam de sistemas de ensino personalizados e de interatividade automatizada, onde o estudante poderia tirar dúvidas e aprender com o próprio sistema de TVDi, com conteúdo provido por especialistas. Assim, outros trabalhos foram selecionados, em vista de amenizar este problema, e serão brevemente descritos a seguir.

O projeto InterTV [19], desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina, apresenta um portal para TVDi que emprega aplicações colaborativas na área educacional, propondo seu uso em um cenário de ensino à distância. Utiliza-se para isto, o *middleware* europeu MHP, baseado na linguagem Java. Este portal contribui principalmente com a idéia de agrupar em um único portal educacional várias outras aplicações interativas, exibidas em paralelo ao conteúdo principal televisivo. Porém, por necessitar de um canal de retorno, reduz o público atingindo apenas aqueles com acesso a um canal de retorno (Internet). Além disso, este portal foi construído fundamentalmente para ser executado em um *set-top box*, o que despenderia um custo de processamento e implementação maior do que se fosse um portal integrado a um sistema Web.

O Amadeus-TV [2], por sua vez, é um portal educacional na TVDi integrado a um sistema de gestão de aprendizado Web, o Amadeus LMS. Este portal propõe estender um conjunto de funcionalidades do ambiente Web para o contexto da TVD, apresentando um ambiente comum integrado de *t-learning* com informações sobre perfil, ferramentas de interação com outros estudantes, vídeos-aula, conteúdo adicional informativo, etc. Além disso, uma certa “personalização” é possível através do sistema de gestão de aprendizagem, por recomendar programas que sejam úteis ao aprendiz, de acordo com o seu perfil. Entretanto, esta personalização é meramente reconhecida por especialistas humanos, não sendo reco-

mendados por um “entendimento” de máquina, que poderia ser feito através de ontologias e técnicas de IA (Inteligência Artificial), como pode ser visto em [7].

Portanto, este trabalho propõe enfatizar o uso de um ambiente de aprendizagem e seu respectivo conjunto de modelos e ferramentas, Massayo-F, na construção de um sistema integrado de *t-learning*, sendo uma solução para amenizar os problemas supracitados.

4 Plataforma Educacional Web Semântica: Massayo-F

O Massayo-F [16] é uma plataforma Web para o desenvolvimento de ambientes educacionais adaptativos e semânticos. Esses ambientes são caracterizados por: (i) a disponibilidade de ferramentas interativas que proporcionam interação entre os atores (professor, aluno, tutor, entre outros), (ii) a utilização de recursos como Engenharia de Software quanto de Inteligência Artificial, (iii) a especificação e implementação dos agentes, ontologias e serviços web semânticos. Os principais objetivos do Massayo-F são:

- Permitir a construção rápida de sistemas tutores inteligentes;
- Permitir a adaptabilidade de acordo com as necessidades do usuário;
- Uso de Agentes Autônomos de tutoria, a fim de orientar o estudante no processo de aprendizagem;
- Prover serviços web semânticos, para que possam ser utilizados pelos agentes e descobertos na Web. Por exemplo, chats, fóruns, exposição de conteúdos, resolução de problemas e exemplos.

Enfim, é a partir do *framework* que o processo de aprendizagem é realizado. A Figura 1 mostra a arquitetura proposta do *framework* em baseado em agentes e serviços. Estes serviços podem ser invocados por aplicações usando a API Java ou por programas em NCL usando Lua a fim de completar um objetivo educacional específico. Estas aplicações se encontram na camada superior fazendo requisições para o Service Manager, através da fachada, a fim de obter os serviços desejados. Tais serviços, por exemplo, pode ser o próximo conteúdo a ser visto pelo aluno de acordo com seu nível de conhecimento.

Figura 1. Arquitetura do Massayo-F baseados em agentes e Serviços [16].

Descrições básicas sobre as entidades apresentadas na arquitetura estão a seguir:

- **Serviços de persistência:** eles representam a implementação de mecanismos de persistência usando Jena e hibernate;

- **Agentes:** os agentes visam assegurar a forma de adaptação do processo de aprendizagem. Eles são compostos por um agente controlador, o agente mediador e agente de uma sociedade:

- MA (agente mediador): esse agente tem duas funcionalidades, quais sejam: (i) recomendam os agentes de acordo com as necessidades agente solicitante; (iii) coordenar o processo de resolução de problemas complexos;

- CA (agente controlador): ele tem três habilidades fundamentais, que são: (i) iniciar os agentes, (ii) adicionar, remover e atualizar os agentes da sociedade e (iii) adicionar, remover e atualizar os serviços dos agentes;

- Agente da sociedade: ele representa uma sociedade de agentes heterogêneos compostos por (i) agen-

tes de apoio: eles têm informações para inferir, de acordo com um mecanismo de pré-concebidas e (ii) os agentes autônomos de tutoria (ATA): estes agentes têm informações sobre os aspectos educacionais (cognitivos, motivacionais e afetivos).

- **Serviços Web Semânticos:** eles têm as funcionalidades de forma a garantir a descoberta automática, composições e invocação dos serviços pelos agentes.

- **Service Manager:** esta camada é responsável pela invocação e composição de serviços para a plataforma Web, no entanto, no contexto da TVDi, apenas o conjunto de serviços Web responsável pela tutoria do aluno, login/cadastro, mapeamento de nível, e alguns outros foram utilizados. Além disso, o modelo provê um módulo para a resolução do problema e sua respectiva explicação para todos os tipos de problemas, exceto para as questões abertas.

5 Solução Proposta

Nesta seção, será descrita a solução em *t-learning* proposta que utiliza uma infra-estrutura Web (MASSAYO-F) para acesso às funcionalidades de ensino, através de um canal de retorno (Internet), vide Figura 2, onde há uma separação sobre o local em que determinada tarefa é realizada. Entretanto, é executado em um *set-top box* (STB) dentro das especificações do SBTVD, utilizando o Ginga como *middleware*. Além disso, esta aplicação pode ser classificada como um serviço de aprendizado com “vídeo sob demanda” (VoD) com “TV personalizada” [19], pois o estudante ao entrar no sistema poderá selecionar um curso disponível (*Selecionar Curso*) em um servidor Web (*Criar Curso*), que não tenha cursado ainda de acordo com seu perfil de aprendizagem e, após isso, iniciar o processo de ensino com a liberação dos vídeos-aula de acordo com o avanço de seu nível de aprendizado, que seria atualizado no servidor. Juntamente com os vídeos-aula, seriam enviados ao receptor: conteúdo informativo adicional em texto (*Conteúdo Adicional*), resoluções de problemas, questões de múltipla escolha a serem respondidas, entre outros.

Figura 2. Diagrama de casos de uso.

A aplicação no STB faz acesso a certos serviços disponíveis no servidor Web: cadastro do usuário no servidor (*Cadastro*), acesso ao sistema no servidor (*Login*) e sequenciamento (*Sequenciamento*) de conteúdo, composto de vídeo-aula e conteúdo adicional, onde novos recursos seriam enviados para a TV de acordo com a interação do usuário. Além disto, para a execução de determinadas tarefas, faz-se necessário tarefas extras, como validar os campos fornecidos pela aplicação no servidor e criação do curso (ontologias e recursos no MASSAYO-F a ser disponibilizado – *Criar Curso*). Por fim, temos as funcionalidades de visualização de texto, figuras e resolução

de problemas sendo extensões da funcionalidade *Conteúdo Adicional*, podendo-se utilizar qualquer um destes no processo de aprendizagem do curso selecionado. No que diz respeito aos requisitos não-funcionais da aplicação, bem como algumas restrições, podemos destacar: qualidade de serviço (QoS), compatibilidade com o padrão brasileiro (SBTVD), capacidade de armazenamento (salvar recursos no STB), usabilidade, utilização do módulo Ginga-NCL comunicação por IPTV [12], etc.

A fim de mostrar um fluxo de atividade com algumas possibilidades que uma aplicação construída baseada na solução proposta oferece, é mostrado um diagrama de atividades na Figura 3.

Figura 3. Diagrama de Atividades.

Como vimos, ao iniciar o sistema o usuário deverá realizar o cadastro no mesmo, onde será invocado o serviço de cadastro, que armazenará os dados no servidor. De forma análoga pode ser feito o *login* (acesso) e a partir de então o usuário terá acesso ao sistema de ensino, inicialmente com acesso a visualizar seu perfil, ler documentos de ajuda ou selecionar um curso disponível. Ao selecionar um curso, o sistema irá enviar os recursos daquele curso a fim de que sejam persistidos no STB, dando-se início ao processo de aprendizagem a partir do recurso inicial (vídeo-aula). As informações referentes às interações com o sistema remoto (resposta a problemas, avanço de recursos, etc.) serão atualizadas no servidor, bem como o recurso atual visualizado. Após cada etapa de interação do usuário com a aplicação, o *framework* Web realiza o sequenciamento (atualização do perfil e indicação dos próximos recursos a serem vistos) de acordo com a opção escolhida pelo aluno. Os processos de sequenciamento e interação do estudante continuam, sempre atualizando o perfil de acordo com seu progresso, até que o curso termine ou este deixe o sistema.

A Figura 4 mostra a arquitetura em camadas (com aspecto cliente-servidor) proposta para um ambiente de *t-learning* baseado na arquitetura proposta em [34], construído a partir do *framework* MASSAYO-F. Nesta figura temos que as três camadas superiores (Interface TVDi,

Cliente TVDi e Lua Manager) são responsáveis pela execução de programas residentes no lado cliente, ou seja, em um *set-top box* ou dispositivo móvel com IPTV, enquanto que as camadas inferiores fazem parte do lado servidor do ambiente, um servidor Web com a plataforma educacional (MASSAYO-F). Para a comunicação entre cliente e servidor é utilizado o protocolo IPTV com acesso remoto via serviços Web conforme discutido anteriormente, a fim de obter qualidade de serviço (QoS) e atingir um maior número de dispositivos que possam servir como ferramenta de ensino. Abaixo são descritas, de forma *top-down*, cada uma das camadas presentes na arquitetura:

- **Lua Manager** - nesta camada estão as classes escritas na linguagem Lua, responsáveis por: i) gerenciar as interações entre o usuário e a interface (comunicação entre Cliente TVDi e Interface TVDi); ii) criação de primitivas gráficas sobrepostas ao conteúdo televisivo (retângulos para preencher campos, texto, formas, etc.); iii) facilidades no processo de desenvolvimento de interface com foco em usabilidade. Para cada uma destas funcionalidades a linguagem Lua provê módulos específicos, como:

Figura 4. Arquitetura da Aplicação Proposta Baseada em Camadas.

o módulo *event* para capturar as interações do usuário baseadas em eventos do controle remoto, permitindo interação com elementos exibidos na interface; o módulo *canvas*, pelo qual são exibidos os resultados das interações do usuário na tela (preenchimento de campos, seleção de itens, teclado virtual, etc.), além de facilitar o desenvolvimento de interfaces com usabilidade por definir componentes gráficos de forma padronizada; além do módulo *settings* responsável pela interação com mídias (aumentar volume, pausar vídeo, entre outros).

- **Cliente TVDi** - responsável pelo acesso remoto ao servidor (através de serviços Web – comunicação por IPTV com a camada Service Manager) a fim de obter os serviços de cadastro, *login*, tutoria e persistência de recursos educacionais, provenientes do servidor, no receptor (STB). Para acesso remoto via serviços Web são utilizadas classes (“tcp.lua”, “http.lua”, etc.) implementadas pela comunidade de TVDi no Brasil com alguns ajustes às necessidades da aplicação proposta para protocolos SOAP (*Simple Object Access Protocol*), recebendo dados em XML (eXtensible Markup Language). Contudo, através desta camada se pode enviar/receber dados provenientes de ferramentas disponibilizadas pelo camada Ferramentas no lado Servidor.
- **Interface TVDi** - desenvolvida através da linguagem declarativa NCL (Nested Context Language) com partes na linguagem Lua, esta camada é res-

ponsável por exibir ao usuário as telas da aplicação e suas possibilidades de navegação com o controle remoto (através de botões coloridos). Assim, são mostradas telas tais como: instruções iniciais e de boas vindas, cadastro de usuário, *login*, guias de ajuda, seleção de cursos, além dos recursos educacionais, proveniente do servidor, correspondente ao seu objetivo educacional indicado de acordo com seu nível de conhecimento. Para isso, existem dois nós principais: um para a exibição de vídeo-aula, por exemplo, e outro para exibição de conteúdo adicional ao vídeo (conceitos, problemas, enquetes, etc.) ou uma ferramenta de apoio (serviços Web). Além disso, um teclado virtual em NCL/Lua é exibido como auxílio à interação do usuário com a aplicação.

- **Service Manager** - responsável pela invocação e composição dos serviços para plataformas Web, entretanto no contexto para TVDi utilizou-se apenas o conjunto de serviços Web responsáveis por: tutoria do aluno, cadastro/login, mapeamento de nível, entre outros. Além disso, o modelo disponibiliza o módulo de resolução de problemas e explicação para todos os tipos de problemas, exceto os problemas abertos;
- **Ferramentas** - dentre as ferramentas comuns a qualquer ambiente de *e-learning*, o modelo disponibiliza a infra-estrutura para utilização de ferramentas tais como: chat, fórum, enquete, entre outras (devendo-se serem criadas apenas as interfaces para a TVDi);
- **Núcleo** - este módulo possui os requisitos presentes no tutor, como recomendação, gerenciamento de atividades, resolução de problemas, dentre outros descritos em [16]. Adicionalmente, esta é a camada principal do framework responsável por toda a interação entre os agentes para suprir um determinado fim educacional, provendo os recursos de acordo com o usuário e sua respectiva interação com o sistema;
- **Fachada** - é a camada intermediária entre a Infra e o Núcleo onde se encontram serviços de persistência que podem ser invocados remotamente, ou localmente pelos agentes que necessitem recuperar algum conteúdo educacional;

- **Infra-Estrutura** - esta camada é responsável pela persistência, em ontologias, dos dados resultantes da interação do aluno com o sistema, além das informações presentes nos modelos de domínio, pedagógico e do estudante.

6. Construindo Cursos na Plataforma Web

Esta seção tem como objetivo fornecer um guia com os passos para ajudar na construção de ambientes educacionais adaptativos e semânticos, considerando os modelos fornecidos pelo Massayo-F. Este guia é designado para engenheiros de conhecimento que possam criar cursos baseados na definição de ontologias relacionadas ao domínio desejado. Assim, o guia é dividido da seguinte forma:

- **Especificação:** Esta fase especifica os requisitos e o tipo de ambiente educativo que deve ser identificado, as regras (com as suas características) e os tipos de interações entre usuário e sistema. Posteriormente, essas interações vão ser representados através de ferramentas interativas.

- **Modelagem:** Nesta fase, são levados em consideração o projeto de interface gráfico, o conteúdo, navegação e arquitetura. Para design gráfico, uma interface padrão está disponível, porém a equipe de desenvolvimento está habilitada para fazer alterações no projeto gráfico do ambiente educacional. Já os projetos de interface, conteúdo e navegação são descritas no ambiente através de ontologias. Finalmente, no projeto arquitetônico, é definida uma arquitetura padrão em camadas usando o padrão arquitetural chamado MVC. Assim, há necessidade apenas especificar os agentes de software que serão usados, os serviços semânticos que serão executados e as ferramentas interativas que serão utilizadas (agentes, serviços e ferramentas interativas são descritos com base na fase de especificação, descritas anteriormente). Da mesma forma que outros projetos, as entidades identificadas no projeto arquitetônico são descritos por ontologias.

Ao fazê-lo, tanto na etapa de especificação quanto na de modelagem é necessário construir ontologias para representar todo o curso no que diz respeito à descrição, planejamento, estrutura, sequência, os recursos disponíveis, entre outros. No entanto, o desenvolvedor terá que saber lidar com a ontologia para realizar essa tarefa. Contudo, existem diversas ferramentas para ontologias no modelo, por exemplo, o Protégé utilizado neste trabalho. Conforme o *framework* baseia-se em ontologia, o formato adotado foi o OWL.

Com isso, as etapas presentes em cada modelo de ontologia para a aplicação são descritos a seguir.

1. Ensinar: Esta etapa é equivalente para a modelagem do domínio através da criação de instâncias nos modelos de ensino descrita anteriormente. Os modelos são descritos abaixo.

(a) **Modelo de Domínio:** Essa ontologia descreve os recursos do domínio, especificando o domínio e as partições de domínio. Além disso, ele especifica a estrutura curricular e atividades pedagógicas, objetos de aprendizagem a serem utilizados (como exemplos, problemas, conceitos) e uma descrição do conhecimento do comportamento;

(b) **Modelo do Aprendiz:** Este modelo descreve as informações sobre o aluno. Essas informações serão usadas para orientar o ensino de uma forma personalizada. Assim, deve-se descrever os objetivos de aprendizagem do aluno para cada currículo e informações que serão utilizadas durante a interação “aluno-sistema-aluno”;

(c) **Modelo Pedagógico:** O modelo pedagógico descreve se o ensino será guiado ou livre. Se a abordagem é guiada, deve ser descrita ainda a estratégia pedagógica, a abordagem a ser utilizado (estático ou dinâmico) e do plano instrucional.

2. Adaptar: A adaptação é equivalente a descrição da interface e suas formas de organização visual (ontologia em páginas da web), bem como as adaptações de interface (ontologia do modelo de adaptação e raciocínio).

3. Agentes: Os agentes são definidas nesta fase e, em seguida, eles são criados dinamicamente pelo ambiente. Os passos são descritos abaixo.

(a) **Regras Modelo de Domínio - GAIA:** Esta fase é equivalente ao mapeamento do currículo do modelo de domínio aos recursos no papel do tutor na ontologia GAIA;

(b) **GAIA:** Essa ontologia fornece modelagem de multi-agentes presentes no ambiente do sistema de ensino;

(c) **GAIA Rules - GAIA / JADE / ForBileAgent:** Com a especificação da ontologia GAIA, as regras de mapeamento para a ontologia JADE e ForBileAgent;

(d) **ForBileAgent:** Depois da criação e mapeamento das regras de execução, esta ontologia contém a especificação. Assim, somente é necessário implementar classes Java de execução dos agentes.

Finalmente, através das ontologias são definidas os detalhes do curso em questão. Por isso, é muito importante citar que o processo de construção de ontologias é fácil, mas não intuitivo. É necessário um tempo para

pensar acerca do domínio, estudantes e modelos pedagógicos.

7. Estudo de Caso

Esta seção tem por objetivo mostrar o desenvolvimento da aplicação (baseada na arquitetura proposta), denominada Fra-TV. O objetivo desta aplicação é ajudar estudantes nas séries iniciais do ensino fundamental a aprenderem conceitos e operações referentes a frações matemáticas.

7.1 Domínio da Aplicação

O Fra-TV faz uso de várias ontologias presentes no servidor Web para representar o modelo do domínio, o modelo do aprendiz e o modelo pedagógico, presentes na maioria dos sistemas tutores inteligentes (STI) [8]. Por exemplo, temos a instância Fração da classe Domínio da ontologia de Domínio relacionada a seus currículos, que nada mais são do que todas as operações realizadas com Fração (Figura 5). A partir dessa ontologia, é possível verificar como uma determinada área de conhecimento está dividida (a partir dos currículos), aprofundada, contextualizada e relacionada com outras áreas. Todas essas informações são obtidas a partir dos atributos aprofundamento, contextualização e lateralidade dos currículos de um determinado domínio [8]. Estas informações, em

agentes de software. Por fim, as ontologias servem também como um instrumento de criação de cursos pelos engenheiros do conhecimento (especialistas humanos), que serão armazenadas e alinhadas com as demais ontologias dos outros modelos [16].

Na Figura 6, cada aluno tem um modelo de aprendizagem relacionado e, a partir deste modelo, é possível obter o que o aluno está aprendendo ou já aprendeu. Outro ponto importante a ser observado é sobre o modelo de aprendizagem em questão, onde se encontram os recursos educacionais nos quais o aluno está parado ou que ele ainda irá começar. A maioria das ontologias do *framework* Massayo-F foram utilizados, e todos eles são acessíveis na Web para a comunidade.

Desta forma, cada aluno tem uma sequência de recursos educacionais para uso. Um exemplo dessa sequência pode ser visto na Figura 7, onde são mostradas as instâncias da ontologia pedagógica que tem parte de uma sequência de recursos. No ambiente, um recurso educacional representa um conteúdo sobre fração armazenadas em um arquivo que pode ter um dos seguintes formatos: txt, jpeg, html, etc. Um recurso educacional também pode ser um problema a ser resolvido, que pode ser um dos seguintes tipos: múltipla escolha, verdadeiro ou falso, preencher espaços em branco ou coluna de correspondência.

Figura 5. Domínio de Fração com seus currículos de operação com Fração.

ontologias, são necessárias para o processo de sequenciamento (tutoria do estudante através de recursos como vídeo-aula, problemas, exercícios, etc.) por parte dos

Figura 6: Estudante após interação com o Fra-TV.

Figura 7. Sequenciamento de recursos educacionais.

7.2 Interface Gráfica (GUI) da Aplicação

Nesta seção serão mostradas as principais telas capturadas da aplicação protótipo desenvolvida (na linguagem NCL e com auxílio da linguagem procedural Lua, sendo mostrada partes da interação do usuário com a mesma, conforme descrita no fluxo de atividades, que se

inicia com a tela inicial (Figura 8) até a exibição do primeiro recurso do Fra-TV (Figura 10), conforme pode ser visto a seguir.

Figura 8. Tela Inicial da Aplicação.

Nesta tela podemos ver as possibilidades de interação associadas aos botões (azul, verde e vermelho), permitindo ao usuário realizar seu cadastro (caso ainda não possua), *login* ou sair da aplicação. Supondo-se que ele ainda não tenha um cadastro, o botão “azul” deverá ser pressionado a fim de realizá-lo. Assim, a tela de cadastro é mostrada, conforme a Figura 9.

Na tela de cadastro se faz necessário um mecanismo que torne possível o preenchimento dos dados cadastrais de forma mais fácil e eficiente. Para isto, há a possibilidade de interagir com um teclado virtual, como foi visto na figura, acionando-o através do botão “amarelo” (mudando o foco da aplicação). Assim, o usuário poderá selecionar mais facilmente os caracteres alfa-numérico pressionando o botão “OK” do controle remoto e quando da conclusão do texto pressionar o botão “verde” para enviar ao campo destacado na parte superior (retornando-se o foco da aplicação para o nó superior).

Figura 9. Cadastro de novo usuário.

Quando o foco não está no teclado, o usuário poderá pressionar os botões direcionais para alternar entre os campos que deseja preencher (acessando o teclado). No teclado, os direcionais servem para alternar entre os ca-

racteres, com opções de apagá-lo pressionando “amarelo” ou sair sem enviar (botão “vermelho”). Após a conclusão de todos os campos o usuário poderá concluir o cadastro apertando o botão “verde” quando o foco estiver no nó principal. A partir daí o servidor será requisitado (via serviços Web) para realizar o cadastro no mesmo e a aplicação aguarda por uma resposta de sucesso. Após o cadastro o usuário poderá acessar a aplicação (“casamento de login/senha”), a partir daí a aplicação exibe a tela principal do sistema, que contém os itens com cursos disponíveis, bem como a opção por ajuda (acionada pressionando o botão “amarelo”). Desta forma, o usuário poderá selecionar um curso que ainda não tenha feito. Após selecionar um curso, o usuário será direcionado para a tela com o recurso inicial do curso escolhido, conforme pode ser visto na Figura 10.

Figura 10. Recurso Inicial da Aplicação de Fração.

7.3 Implementação do Protótipo

Nesta seção, será apresentada a classe principal do diagrama de uma aplicação-protótipo desenvolvida (usando a abordagem apresentada neste artigo). A Figura 11 mostra o diagrama de classes para a implementação do módulo responsável pela seleção do curso e tutoria. Basicamente, existem apenas dois elementos gráficos: *TextArea* com os cursos disponíveis, e *Pane* que irá adicioná-los em um painel para ser colocado através do método de *setMainPane* da classe *EventManagerTutor*, que por sua vez também é responsável por chamar o método *tutorWeb* da classe *TutorWeb* (invocando o serviço de seqüenciamento do Massayo-F), iniciando o processo de tutoria do usuário. Após a interação com seus recursos em seqüenciamento, o nó (agora apenas com a classe *TutorWeb* usando a classe *NcluaSoap* para acesso remoto) é ativado novamente, continuando o processo de ensino e aprendizagem, até o usuário concluir o curso ou sair do sistema.

Figura 11. Diagrama de Classes.

Como pode ser visto, para implementar a funcionalidade central do a aplicação do t-learning poucas classes foram necessárias, uma vez que a reutilização prevista pelo uso de um Serviço Web (Camada Cliente iDTV) foi capaz de transmitir as interações capturadas no receptor para o servidor (que irá melhorar o nível de interação e aprendizado) e retornar o próximo recurso a ser exibido pelo receptor. Além disso, é possível configurar mais facilmente a interface na construção da aplicação apenas definindo os atributos nas classes da camada Interface, o que também facilita a manutenção e usabilidade da interface. Por fim, vimos que, para estender a classe *EventManagerTutor* (Camada Lua Manager), as ações podem ser relacionadas entre o controle remoto com o seu recurso visual desejado (Camada de Interface TVDi).

8. Discussão

De acordo com as seções anteriores, há muitos desafios e limitações no que diz respeito à criação de aplicações para TVDi, sobretudo aplicações de *t-learning*. No entanto, a abordagem usada traz a customização de um "serviço" proporcionado pela TV individualmente. Algumas perguntas precisam ser respondidas para começar a construção de ambientes educacionais na TV, tais como:

- Quanto de recurso computacional está disponível?
- Que tipo de plataforma é mais adequada para o desenvolvimento de uma aplicação específica?
- É necessária uma resposta rápida?

- Como deve ser o modo de interação? Local ou remoto?
- O Canal de Retorno é necessário? Que tipo de canal seria mais adequado?
- Que recursos educacionais devem aparecer na tela?
- Como evitar falhas na mídia, vista como tolerante a falhas (ao contrário do PC)?
- Como gerenciar os objetos de mídia apresentados?
- Como seria a criação de um curso sobre uma plataforma de TVDi?
- Quais tecnologias facilitam o processo de desenvolvimento de tais aplicações?
- Seria interessante permitir a portabilidade da utilização do aplicativo ao usuário? Como é possível?
- Existem ferramentas de apoio à construção de aplicações de *t-learning*?
- O usuário pode dar retorno para o sistema educativo de forma rápida e facilmente?
- O sistema de TV por si só, pode ser escalável?

Tentando responder a muitas dessas questões foi proposto neste trabalho uma solução tanto arquitetural quanto de implementação, bem como aspectos relacionados com a interface do usuário. Assim, por usar uma plataforma web para e-learning (junto com um Canal de Retorno), é possível amenizar muitos desses problemas. No entanto, só seria possível com uma tecnologia em TVDi

que permita alguma integração, mesmo que por Web Services (conforme proposta).

A fim de reduzir a quantidade de atraso no envio de recursos armazenados no set-top box tem sido proposto receber objetos de mídia antes mesmo de iniciar o curso, utilizando também a tecnologia IPTV, que seria garantida uma certa quantidade de largura de banda para o usuário final., além de não ser necessário um sistema de difusão de dados do lado do fornecimento. Entretanto, o processo de tutoria do aluno ocorre na plataforma web de ensino (Massayo-F). Com a entrega de dados via IPTV e também obtendo uma maior qualidade de serviço, o que torna a aplicação mais tolerante a falhas.

No entanto, a criação de cursos e recursos educacionais relacionadas a estes são devidos à ferramenta de criação de Massayo-F, sendo a seqüência de recursos definido pelo autor do curso (mas orientados por agentes de software de acordo com a interação do aluno). Finalmente, usando uma interação à distância, os alunos poderão solicitar a aplicação em qualquer lugar, desde o mapeamento do seus conhecimento, que é salvo no servidor, permitindo conseguir escalabilidade. Integração com o servidor da Web no entanto, não é uma tarefa simples, pois nem todos os *middlewares* fornecem interoperabilidade e nem todos os aplicativos da Web também. Assim, fazendo doo Ginga-NCL (ITU) e da plataforma de ensino Massayo-F ferramentas indispensáveis para a proposta desta solução, prevendo a reutilização (via Web Services) e a personalização do ensino através de ontologias e agentes de software.

9. Considerações Finais

Muito se tem pesquisado e discutido sobre a possibilidade de desenvolvimento de ambientes de t-learning, a fim de suprir a grande deficiência referente ao ensino no Brasil, entretanto muito ainda falta ser feito em relação a ambientes realmente eficientes e fáceis de utilizar, para que atinja uma grande parcela dos estudantes com acesso a TV Digital. Por isto, propôs-se neste trabalho mostrar uma solução bem como uma aplicação, ainda protótipo, evidenciando, através da arquitetura proposta, a possibilidade de compatibilizar sistemas interativos de aprendizagem presentes em e-learning (framework MASSAYO-F) com aplicações em TVD a fim de facilitar o desenvolvimento de ambientes de t-learning através de tecnologias como NCL, Lua e serviços Web. Assim, é possível inter-operar tais ambientes e facilitar a especificação na construção de sistemas de educacionais para TVDi baseados nesta arquitetura.

Entretanto, apenas parte deste framework é possível de inter-operar embora se tenha atingido resultados satisfatórios para o que foi proposto. Isto se deve ao fato de que muitos dos serviços, em especial as ferramentas de

colaboração (chat, fóruns, etc), somente estão disponíveis para Web, sendo necessário a criação de tais ferramentas em uma interface para TVD que se comunique através da infra-estrutura de um servidor.

Contudo, apesar de ser um protótipo, espera-se contribuir para a incipiente área de TVDi no Brasil, sobretudo em *t-learning* com a disponibilização de um ambiente que provê ensino de forma personalizada no domínio de frações, além de mostrar seu processo de desenvolvimento com menor custo baseando-se na utilização de um framework Web.

Referências

- [1] Aarreniemi-Jokipielto P. T-learning Model for Learning via Digital TV. Em: 16th EAEEIE conference.; 2005. Disponível em: <http://www.it.lut.fi/eaeeie05/proceedings/p21.pdf>.
- [2] B. de Sousa Monteiro, T. Monteiro Prota, A. S. Gomes, F. F. de Souza “Amadeus-TV: Portal Educacional na TV Digital Integrado a um Sistema de Gestão de Aprendizado”. Revista Brasileira de Informática na Educação, Vol. 18, No 1, 2010.
- [3] BBCi. (2006). Interactive television design. Designing for interactive television v 1.0. Acessado em 04 de Julho de 2011: http://www.bbc.co.uk/guidelines/futuremedia/designd/itv/itv_design_v1_2006.pdf, 2010.
- [4] CPqD. Modelo de referência - sistema brasileiro de televisão digital terrestre. Relatório, FUNTEL, 2006.
- [5] dos Santos D, do Vale D, Meloni L. Digital TV and Distance Learning: Potentials and Limitations. Em: Frontiers in Education Conference 36th Annual.; 2006:1–6. Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4117110.
- [6] Díaz Redondo, R. P., Fernandez Vilas, A., Rey Lopez, M., Pazos Arias, J. J., Gil Solla, A., and Blanco Fernandez, Y. (2008). t-maestro: Personalized learning for idtv. In 12th Annual IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE). IEEE Computer Society Press.
- [7] Discovery channel, acessado em 04 de Julho de 2011, <http://dsc.discovery.com/>.

- [8] E. B. Costa. Um modelo de ambiente interativo de aprendizagem baseado numa arquitetura multi-agentes. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, 1997.
- [9] Educativo. J. R. J. PATACA, Daniel; FRANCO. Tecnologias de serviços educacionais em plataforma de tv digital. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, 2004.
- [10] Frantzi, M., Moumoutzis, N., and Christodoulakis, S. (2004). A methodology for the integration of scorm with tv-anytime for achieving interoperable digital tv and e-learning applications. Advanced Learning Technologies, IEEE International Conference on, 0:636_638.
- [11] G. G. BARROS. A consistência da interface com o usuário para a tv interativa. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2006.
- [12] G. Held. Understanding IPTV (Informa Telecoms & Media). Auerbach Publications, Boston, MA, USA, 2006.
- [13] Ginga. Disponível em <http://www.ginga.org.br/>, último acesso em 20 de Abril de 2011.
- [14] History channel, retrieved august 23 from <http://www.history.com/>, 2010.
- [15] I. I. Bittencourt, E. Costa, M. Silva, and E. Soares. A computational model for developing semantic web-based educational systems. Knowledge-Based System, 22(4):302{315, 2009.
- [16] I. I. Bittencourt. Modelos e Ferramentas para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos. Tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2009.
- [17] IBGE. Pesquisa nacional por amostra de domicílios, 2007.
- [18] International Telecommunication Union (ITU)., acessado em 04 de Julho de 2011: <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?id=9715>.
- [19] J. A. Andreato. IntraTV: Um Portal para Aplicações Colaborativas em TV Digital Interativa Utilizando a Plataforma MHP. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis - SC., 2006.
- [20] Lua. Disponível em <http://www.lua.org/portugues.html>, último acesso em 25 de julho de 2010.
- [21] Lytras M, Lougos C, Chozos P, Pouloudi A. Interactive Television and E-learning Convergence: Examining the Potential of T-learning. In: European Conference on e-Learning. Vol 2002. Cite-seer; 2002:1-11. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.3.5501&rep=rep1&type=pdf>.
- [22] Nores, M. L.; Vilas, A. F.; Redondo, R. P. D.; Gil-Solla, A.; Arias, J. J. P.; Cabrer, M. R. & Duque, J. G. Ventre, G. & Canonico, R. (ed.) A Mixed XML-JavaBeans Approach to Developing T-learning Applications for the Multimedia Home Platform. Springer, 2003, 2899, 376-387.
- [23] P. J. de Souza Junior. Luacomp: Ferramenta de autoria de aplicações para tv digital. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília - UNB., 2009.
- [24] Pazos Arias, J. J., Gil Solla, A., and Blanco Fernandez, Y. (2008). t-maestro: Personalized learning for idtv. In 12th Annual IEEE International Symposium on Consumer
- [25] Soares, L. F. Gomes; Rodrigues, R. Ferreira; Moreno, M. Ferreira. Ginga-NCL: the declarative environment of the Brazilian digital TV system. J. Braz. Comp. Soc., Campinas, v.12, n. 4, Mar. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010465002007000100005&lng=en&nrm=iso. Último acesso em 04 de Julho de 2011. DOI: 10.1590/S0104-65002007000100005.
- [26] TV Escola, acessado em 04 de Julho de 2011: <http://tvescola.mec.gov.br/>, 2010.
- [27] V. e. a. BECKER. Recomendações de usabilidade para tv digital interativa. In Anais do WTVD - Workshop de TV Digital., pages 27{38, 2006.
- [28] V. MONTEZ, Carlos; BECKER. TV Digital Interativa: conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil. 2ª edição. UFSC, 2005.
- [29] W3Ca. Semantic Web. acessado em 04 de Julho de 2011: <http://www.w3.org/2001/sw/>, 2010.
- [30] Secretaria de Educação a Distância - Ministério da Educação. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seed> - acessado em 08 de janeiro de 2010.

- [31] Telecurso 2000. Fundação Roberto Marinho. Disponível em <http://www.telecurso2000.org.br> - acessado em 08 de Julho de 2011.
- [32] TV Cultura. Fundação Padre Anchieta. Disponível em <http://www.tvcultura.com.br> - acessado em 08 de Julho de 2011.
- [33] Canal Futura. (2011). Disponível em <http://www.futura.org.br> – acessado em 08 de Julho de 2011.
- [34] Véras et al. Uma Arquitetura para Integrar Ambientes Educacionais na Web com Sistemas em T-learning. Em Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 2009.