
Estilos Arquiteturais de Software na Construção de Objetos de Aprendizagem para a TV Digital Interativa

Clayson Sandro Francisco de Sousa Celes, Cidcley Teixeira de Souza

Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará (CEFETCE)

Av. 13 de Maio, 2081 – Benfica

CEP:60040-531 - Fortaleza - CE - Brasil

claysonsandro@gmail.com, cidcley@cefetce.br

Resumo. Atualmente, Objetos de Aprendizagem (OAs) têm se apresentado como uma tecnologia eficiente no auxílio à educação. Contudo, ainda é uma tarefa bastante complexa a construção de OAs a partir da seleção de um conjunto de recursos digitais ou do reuso de recursos a partir de outros OAs. Para facilitar essa tarefa, propomos nesse trabalho a adoção dos conceitos de estilos arquiteturais para o auxílio à construção de OAs para a TV Digital Interativa. Na nossa abordagem, realizamos a geração automática de código dos OAs na linguagem NCL a partir da descrição de um estilo, de modo a facilitar a construção de complexas estruturas hipermídia para fins educacionais.

Abstract. Nowadays, Learning Objects (LOs) have present themselves as an effective technology in educational aid. However, building LOs from the selection of a set of digital resources or from the reuse of resources of other LOs are still extremely complex tasks. To facilitate these tasks, we propose in the work the adoption of architectural style concepts to aid the construction of LOs to the Interactive TV. In our approach, we perform an automatic code generation of LOs in the NCL language from the description of a style, in a way to facilitate the construction of complex educational hypermedia structures.

1. Introdução

A TV Digital Interativa (TVDi), representará muito em breve no Brasil uma revolução, combinando as características tradicionais da televisão analógica com as potencialidades do computador pessoal e da Internet. Essa nova mídia utilizará parte significativa da infra-estrutura existente da televisão analógica, e se beneficiará do alto grau de penetração dessa tecnologia [Bates 2003, Damásio 2003].

A educação mediada pela TVDi, definida como t-learning, refere-se à utilização da tecnologia de Sistemas de TV Interativa para fornecer serviços interativos educacionais semelhantes aos disponibilizados no e-learning [Lytras et al 2002, Gupta 2003, Zhao 2002]. Dessa maneira, através de um aparelho de televisão, são fornecidos serviços interativos educacionais semelhantes aos disponibilizados pela Internet.

A implementação desses serviços interativos, definido como estratégia do governo brasileiro no SBTVD (Sistema Brasileiro de TV Digital), deverá ser realizado através de ferramentas desenvolvidas no nosso próprio país, onde pode ser destacada a linguagem NCL [Soares e Rodrigues 2006]. Essa linguagem permite a construção de forma descritiva de aplicações hipermídia através da definição de relações de sincronização espaço-temporal entre mídias digitais. Essas especificações devem ser executadas no STB (Set-Top-Box) do usuário pelo middleware Ginga [Ginga 2007], desenvolvido durante os trabalhos dos consórcios do SBTVD.

No contexto educacional, a necessidade do uso de novas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem vem sendo cada vez mais presente no cotidiano de alunos e professores. Nesse sentido, um dos materiais educacionais que procuram atender esses objetivos são os Objetos de Aprendizagem (OAs). Durante os últimos anos diversos projetos e pesquisas têm sido realizados em torno dos OAs, definidos como qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado sobre a tecnologia [Wiley 2000].

Argumentamos nesse trabalho que a associação dos benefícios da TVDi com a eficácia dos OAs deve revolucionar em pouco tempo a forma de se utilizar às tecnologias no contexto educacional. Para tanto, as características de reusabilidade e adaptabilidade, que são importantes no desenvolvimento de OAs, devem ser explicitamente tratadas de forma a facilitar o desenvolvimento de material educacional para a TVDi.

Para atingir esses objetivos, estamos propondo a adoção dos conceitos de estilos arquiteturais para o desenvolvimento de OAs para TVDi. Com essa abordagem será possível a construção de OAs a partir da seleção de conteúdos digitais e da definição das suas relações, sendo que a definição de estilos permite o desenvolvimento de famílias de arquiteturas de OAs que compartilham características semelhantes.

Para justificar nossa proposta, apresentamos nesse trabalho um estilo arquitetural que permite a geração automática de OAs a partir da definição de relações estruturais e semânticas especificadas na linguagem NCL. Dessa forma, os OAs especificados através desse estilo serão passíveis de execução no middleware Ginga, possibilitando sua utilização em TVDi.

Para apresentar nossa proposta iniciaremos na seção 2 com a definição do conceito de Objetos de Aprendizagem. Nessa seção também serão apresentadas as principais propriedades necessárias em um OA. Além disso, também será apresentada uma taxonomia para OAs que servirá de base para a definição, posteriormente, de estilos arquiteturais para essa tecnologia. Na seção 3 a linguagem NCL é apresentada de forma sucinta. Na seção 4, apresentamos de forma detalhada a nossa proposta. Nessa seção mostramos a aplicabilidade do conceito de estilos arquiteturais na definição da arquitetura de OAs. Além disso, apresentamos todas as etapas para a elaboração de um OA, desde a descrição de um estilo arquitetural, até a geração automática de código NCL. Mostramos, na seção 5, a aplicação da nossa proposta através de um exemplo de construção de um OA simples. Apresentamos, na seção 6, alguns trabalhos relacionados e finalizamos na seção 7 com a definição de direcionamentos futuros.

2. Objetos de Aprendizagem

A necessidade do uso de novas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem vem sendo cada vez mais presente no cotidiano de alunos e professores. Contudo, é preciso ampliar esta discussão com o objetivo de contextualizar as novas tecnologias da informação e da comunicação e suas relações com o ensino e aprendizagem na Educação [Fernandes 2004]. Esta discussão surge com o anseio de modificar a forma como a Educação propõe o ensino e como os materiais educacionais são projetados, desenvolvidos e entregue àqueles que desejam aprender.

Atualmente, um dos materiais educacionais que procuram atender esses objetivos são os Objetos de Aprendizagem (OAs), que são definidos como qualquer entidade, digital ou não digital, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado sobre a tecnologia [Wiley 2000]. Não há definição clara de limite de tamanho para um OA, existe porém o consenso de que ele deve ter um propósito educacional definido, um elemento que estimule a reflexão do estudante e de que sua aplicação não se restrinja a um único contexto [Bettio e Martins 2002].

Há diversos fatores que favorecem o uso de OAs na área educacional, como por exemplo: a flexibilidade, a facilidade para atualização, a customização, a interoperabilidade e por fim o aumento do valor de um conhecimento. Todas estas vantagens são mais que suficientes para justificar a utilização dos OAs nas diferentes modalidades de ensino.

A discussão sobre os fatores de utilização de OAs em termos educacionais gera uma definição relacionada a tipos de objetos. Esses tipos se referem às qualidades apresentadas pelos mesmos. Nesse sentido, tomando como base para esse trabalho a taxonomia definida em [Wiley 2000], podemos identificar 5 tipos de OAs:

- Fundamentais: um recurso digital individual;
- Combinados-Fechados: um pequeno número de recursos digitais combinados em tempo de projeto formando um OA cujos componentes não estão disponíveis individualmente para reuso. Um vídeo clip, que possui um áudio e um vídeo associado, é um exemplo desse tipo de OA;

- **Combinado-Aberto:** um conjunto de recursos digitais que são combinados para a criação de um OA e que podem ser reutilizados de forma independente para a criação de novos OAs. Uma página web é um exemplo desse tipo de OA;
- **Generativos-por-Apresentação:** definidos por uma lógica e uma estrutura para combinar objetos de baixo-nível (fundamentais ou combinados-fechados) para gerar outros objetos;
- **Generativos-Instrucionais:** segue uma lógica e uma estrutura para combinar OAs, com exceção do tipo combinado-aberto, com o propósito de avaliar interações do usuário com essas combinações, criadas para refletir abordagens instrucionais diferentes. Visando a aplicabilidade multi-contexto.

Nesse trabalho, adotaremos estratégias para a elaboração de OAs do tipo Generativos-por-Apresentação, visto que esses tipos de OAs são passíveis de serem construídos através de reuso de recursos individuais e da definição de estruturas hipermídia que relacionam esses recursos.

3. A Linguagem NCL

Os sistemas para a apresentação de documentos hipermídia consistem em aplicações capazes de exibir objetos de diferentes tipos de mídia, buscando garantir que os relacionamentos entre esses objetos, especificados pelo autor, sejam obedecidos. Para tanto, esses relacionamentos devem ser definidos em documentos através de alguma sintaxe específica. A linguagem NCL (*Nested Context Language*) [Soares e Rodrigues 2006], que é baseada no modelo conceitual NCM (*Nested Context Model*) [Soares e Rodrigues 2006], é um exemplo de linguagem para a especificação de documentos hipermídia.

Em NCL as principais entidades utilizadas são: composições, objetos de mídia, descritores, âncoras, eventos e elos. As *composições* modelam as estruturas dos documentos, onde uma composição (um capítulo de uma novela, por exemplo) contém várias composições (um conjunto de cenas, por exemplo). Os *objetos de mídia* representam os objetos cujos conteúdos são unidades de informações em uma determinada mídia a serem exibidos. *Descritores* podem ser associados a objetos de mídia, indicando como esses objetos devem ser apresentados. *Âncoras* representam um conjunto de unidades de informação marcadas de um objeto de mídia, ou um atributo do objeto que permitem definir eventos associados aos nós. Os *elos* modelam as relações entre os eventos. Finalmente, *eventos* são ocorrências no tempo que podem ser instantâneas ou de duração finita. Em cada objeto de mídia, vários eventos podem ser estabelecidos, como o início ou o término da apresentação de uma âncora, a seleção de uma âncora pelo usuário etc.

A interpretação da estrutura lógica de um documento hipermídia é realizada por uma ferramenta, usualmente denominada formatador hipermídia [Rodrigues 2003]. O formatador, de posse da estrutura lógica do documento, constrói a sua estrutura de apresentação. Atualmente, existe uma versão do formatador para NCL, denominado GINGA [Ginga 2007], que foi desenvolvido no contexto do Projeto SBTVD para a apresentação de documentos de TVDi.

4. Estilos Arquiteturais em OAs

É comum, quando professores estão colhendo material para a realização de um curso ou uma palestra, utilizar a Internet para localizar informações que possam ser utilizadas para dar suporte a sua apresentação. Nesse sentido, diversas mídias, como apresentações em PowerPoint, figuras, textos em PDF, animações em Flash, arquivos de áudio e vídeo, entre outros, estão disponíveis para serem utilizados, cabendo ao professor a complicada tarefa de escolher e organizar as informações para gerar suas apresentações. Essa atividade fica ainda mais complicada quando essas apresentações estão sendo produzidas para serem utilizadas pelo aluno na forma de um OA, e ainda mais quando esses OAs estão sendo produzidos para serem utilizados de forma privada por cada aluno, como pode ser o caso de OAs acessados através da TVDi, visto que esse material deverá ser pedagogicamente organizado de forma a permitir o aluno a explorá-lo de forma efetiva e individual.

Nesse trabalho, estamos propondo a utilização de estilos arquiteturais para auxiliar o projeto de OAs para TVDi. Nosso objetivo principal é facilitar a construção e a reutilização de conteúdos educacionais digitais em diversos contextos.

A grande vantagem de utilizar um estilo arquitetural na construção de um OA, é que através da definição de um estilo podem ser gerados, automaticamente, *templates*¹ do OA que poderão ser customizados pelo professor. Particularmente nesse trabalho, os *templates* serão gerados na linguagem NCL, visto que a intenção é que esses objetos sejam utilizados em TVDi

Um estilo arquitetural define um vocabulário de elementos de projeto e um conjunto de restrições sobre como esses elementos podem ser combinados, permitindo o reuso de organizações arquiteturais estabelecidas para resolver um determinado problema recorrente [Shaw e Clements 1996].

A abordagem geral para a descrição de um estilo arquitetural é baseada na imposição de regras pré-estabelecidas às descrições arquiteturais seguindo o vocabulário e as restrições definidas para o estilo.

Para especificar informalmente estilos, usaremos os seguintes itens:

- **Descrição Geral:** Onde o estilo é apresentado de forma geral;
- **Componentes:** Os componentes que formam o estilo são apresentados nesse item. Assim, os nomes que cada tipo de componente recebe são definidos, permitindo a criação do vocabulário do estilo;
- **Conectores:** Os tipos de conectores que formam o estilo são descritos;
- **Restrições:** As restrições tanto relativas aos componentes (quantas portas pode ter, quantas conexões cada porta deve suportar etc.) como topológicas (quais tipos de componentes podem se comunicar com quais tipos de conectores etc.) são levantadas nesse momento.

Para realizar a descrição de estilos arquiteturais, de forma que os benefícios da arquitetura de software sejam realmente alcançados, a sua descrição deve ser tratada explicitamente servindo como base para análise, projeto e implementação. Atualmente as Linguagens de Descrição de Arquitetura (ADLs) são utilizadas para realizar essa tarefa. Particularmente nesse trabalho, usaremos a ADL DraX [Souza e Cunha 2003], onde foi proposta a linguagem Xtyle [Souza e Cunha 2006], que é uma linguagem baseada em XML definida para a descrição de estilos arquiteturais.

4.1. Processo de Desenvolvimento de OAs para a TVDi

Para que estilos possam ser utilizados no desenvolvimento de OAs, adotamos a estratégia de gerar *templates* que devem ser customizados pelo autor do OA. Esses *templates* conterão a estrutura geral do OA, baseada nas informações do estilo que o gerou, cabendo ao autor do OA definir as informações específicas de cada objeto. Assim, para contextualizar nossa proposta da utilização de estilos na autoria de OAs, definimos o seguinte processo (Figura 1):

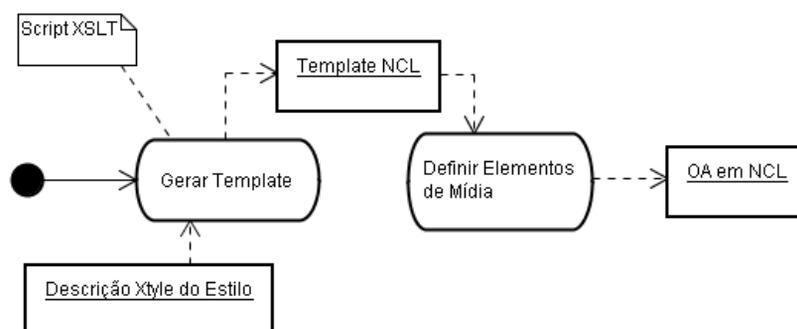


Figura 1. Processo de Geração de OAs a partir de um Estilo

Para aplicar o processo apresentado na Figura 1 devemos contar, inicialmente, com a descrição Xtyle do estilo que estamos utilizando. Nessa descrição estão definidos todos os tipos de mídia, conectores hipermídia e as relações entre esses elementos. A partir dessa descrição aplicamos um *script*, implementado em XSLT, que gera um *template* NCL para ser preenchido (customizado) pelo autor do OA. Essa customização se refere à definição dos elementos hipermídia que deverão compor o OA. Assim, as figuras, os arquivos de áudio, vídeo, e quaisquer outros elementos serão identificados. Para

¹ Denominamos de *template* uma especificação intermediária de um OA.

exemplificar a aplicação desse processo, mostraremos nas próximas seções uma descrição mais detalhada dessas atividades, iniciando com a criação de um estilo.

4.2. O Estilo Invocação Relacional

Este estilo consiste em conjunto de mídias independentes que se relacionam a partir da ocorrência de eventos que são ações que ocorrem durante a exibição de uma mídia. Nele são definidos conectores que estabelecem um tipo de relacionamento entre as mídias e definem como serão estabelecidos os eventos, desta forma especificam a semântica da relação, mas não definem quais componentes devem participar do relacionamento. Só existe a especificação de quais componentes pertencerão à conexão de determinado conector nos aspectos topológicos do estilo, apresentados no item restrições na descrição informal do estilo.

Este estilo dará suporte à geração de OAs no formato de tutoriais hipermídia, organizados e formatados a partir de conteúdos multimídia pré-existentes para serem utilizados em TVDi. Deve ser observado que o estilo que estamos apresentando aqui fornece um mecanismo para a construção de OAs do tipo Generativos-por-Apresentação, como definido na seção 2 deste trabalho.

Para formalizar a especificação do estilo arquitetural Invocação Relacional, inicialmente realizaremos a sua descrição informal. Para tanto, seguindo a lista de itens definidos no início dessa seção, temos as seguintes descrições:

Estilo: Invocação Relacional;

Descrição Geral: Estilo arquitetural que define OAs nos quais existe um vídeo-aula sincronizado com um conjunto de Slides explicativos e aplicações de avaliação interativa, a ser utilizado no auxílio ao aprendizado sobre determinado assunto na TVDi;

Componentes: O vocabulário do estilo é composto por quatro tipos de componentes. O tipo `Video` que representa os arquivos de vídeo, o `Slide` que faz referência aos slides que compõem o OA, o tipo `Xlet` que representa as aplicações interativas de TVDi, e por último o tipo `Text` que representa os componentes em formato texto;

Conectores: Para a representação das relações entre os componentes deste estilo, foram definidos os seguintes conectores:

- `InterruptConn`: conector que representa uma relação de referência entre componentes, e que permite a interrupção da exibição de um componente, por determinação de um evento de interação do usuário;
- `TerminateConn`: conector que representa uma relação de sincronização temporal entre componentes, determinando o término de exibição de um componente e apresentação de outro, devido o disparo de um evento temporal;
- `AttributionConn`: conector que representa uma relação de atribuição por passagem de atributos que determina a forma de exibição de um componente dependendo do atributo passado como parâmetro.

Restrições: Um conector `InterruptConn` estabelece conexão somente entre componentes `Video - Slide`, `Slide - Xlet` ou entre `Slide - Slide`, vale ressaltar que o componente `Slide` representa um arquivo imagem e que consideramos esta mídia com tempo de exibição indeterminado neste estilo, assim como, o tipo `Text`. O conector `TerminateConn`, obrigatoriamente, deve estabelecer uma conexão entre `Video-Slide` na qual sempre o nó de exibição de início é um componente tipo `Video`. O `AttributionConn` determina a conexão entre componentes `Xlet - Text`.

A partir dessa descrição informal do estilo podemos entender melhor o funcionamento dos OAs que devem ser gerados a partir dele. Contudo, apenas essa definição não permite que o processo de desenvolvimento desses OAs seja automatizado. Para que isso seja possível, devemos realizar a especificação do estilo através da linguagem `Xtyle`. Apresentamos essa especificação a seguir.

```
<?xml version="1.0"?>
<xtyle name="InvocacaoRelacional">
  <medias>
    <media name="Video" mediaType="Video" maxOccurs="1">
```

```

<media name="Texto" mediaType="Text" maxOccurs="*" />
<media name="Slide" mediaType="Slide" maxOccurs="*" />
<media name="App" mediaType="Xlet" maxOccurs="1" />
</medias>
<connectors>
  <connector name="Interrupt" connectorType="InterruptConn" />
  <connector type="Terminate" connectorType="TerminateConn" />
  <connector type="Attribution" connectorType="AttributionConn" />
</connectors>
<topology>
  <link start="Video" end="Slide" conn="Interrupt" card="1,*" />
  <link start="Slide" end="Xlet" conn="Interrupt" card="1,1" />
  <link start="Slide" end="Slide" conn="Interrupt" card="1,1" />
  <link start="Video" end="Slide" conn="Terminate" card="1,*" />
  <link start="Xlet" end="Text" conn="Attribution" card="1,*" />
</topology>
</xstyle>

```

Pode ser facilmente observado na especificação do estilo, que não há referências às mídias que farão parte do OA. De fato, essa não é uma responsabilidade do estilo arquitetural, pois esse deve fornecer apenas as diretrizes estruturas para a criação da arquitetura de OAs específicos. Por escassez de espaço, não mostraremos aqui detalhes sobre a linguagem Xtyle, contudo, achamos importante destacar alguns pontos da especificação anterior, como, por exemplo, os valores assumidos pelo atributo `mediaType`. Esses valores estão relacionados aos tipos de mídia e são definidos na gramática da linguagem NCL. Da mesma forma, o atributo `connectorType` assume valores de conectores definidos na gramática de NCL.

4.3. Templates de OAs em NCL

Como apresentado na seção 3, a linguagem NCL foi concebida com a intenção de permitir a descrição de aplicações hipermídia através da descrição das relações espaço-temporais entre objetos de mídia. Assim, para a implementação de uma especificação NCL todas as mídias devem ser descritas a priori. Contudo, a especificação de qualquer aplicação NCL é uma tarefa bastante complicada e exige de seu autor um vasto conhecimento de termos relacionados à área de sistemas hipermídia, o que dificulta bastante a tarefa de descrição de OAs, visto que o público principal relacionado à autoria desses objetos são professores.

Para facilitar o processo de desenvolvimento de OAs para TVDi é que estamos tratando a descrição desses objetos em termos de estilos arquiteturais, o que já permite a definição a priori de diversos aspectos relacionados à construção da especificação NCL. Assim, de modo a facilitar a definição de OAs, desenvolvemos um *script* em XSLT que gera automaticamente um código intermediário NCL (*Template* NCL) baseado na especificação do estilo do OA. Esse código possui um conjunto de elementos que devem ser preenchidos (customizados) pelo autor do OA de modo que os elementos de mídia sejam identificados. Para exemplificar, apresentamos a seguir um trecho de um *Template* NCL no qual são apresentadas as informações relativas aos objetos de mídia gerados a partir da descrição de um OA que utiliza o estilo Invocação Relacional.

```

...
<img descriptor="img_d1" id="img1" src=!img1/>
<img descriptor="img_d2" id="img2" src=!img2/>
<img descriptor="img_d3" id="img3" src=!img3/>
<text descriptor="txt_d" id="txt1" src=!txt1/>
<video descriptor="video_d" id="video1" src=!video1/>
<xlet descriptor="xlet_d" id="xlet1" src=!xlet1/>
...

```

Através da observação desse trecho do *Template* NCL, gerado automaticamente a partir do estilo Invocação Relacional, podemos perceber a sua relação com esse estilo e entender um pouco sobre o processo de sua geração. De fato, na descrição do estilo Invocação Relacional, foram definidos apenas componentes cujos valores dos atributos `mediaType` eram dos tipos `Slide`, `Xlet`, `Video` e `Text`. Dessa forma, esses tipos foram transportados para o *template*. Contudo, como na definição do estilo apenas os tipos são definidos e não há identificação nem das mídias relacionadas a estes tipos nem da quantidade de elementos a serem utilizados, o *script* que desenvolvemos realiza um conjunto de perguntas ao autor do OA de forma a permitir a geração correta do *template*. Assim, o *script* solicita a quantidade de cada tipo de elemento encontrado no estilo, usado o exemplo anterior, o *script* deve ter

solicitado ao autor a quantidade de elementos do tipo *Slide* que deveriam ser incluídos no *template* do OA. É válido ressaltar que esse elemento é transportado para NCL como tipo *Image*. Observando o trecho do *template* gerado, podemos constatar que a resposta do autor do OA foi 3 (três), visto que foram geradas três entradas nessa especificação para componentes do tipo *Image*.

É válido observar que nesse primeiro momento, como citamos anteriormente, o estilo também não possui informações relacionadas às mídias que serão utilizadas na descrição do OA. Desse modo, optamos por sinalizar na especificação do *template* os pontos de inserção dessas informações que devem ser preenchidas posteriormente. Essa sinalização foi realizada através de um sinal de exclamação "!", seguido do número do elemento gerado seqüencialmente. Assim, no *template* anterior, o primeiro slide recebeu, no campo relativo à localização da mídia o valor "!img1", que indica que esse campo deverá ser preenchido posteriormente.

Dessa forma, para completar a geração da especificação NCL final do OA, os valores das mídias devem ser fornecidos. Assim, desenvolvemos mais um *script* que tem como entrada o *Template* NCL gerado a partir do estilo, e, através da realização de um conjunto de perguntas ao autor do OA, gera a especificação NCL final. Essas perguntas são realizadas de acordo com as entradas marcadas com valores "!" no *template*. Assim, para o trecho de código mostrado anteriormente poderíamos apresentar como resultado o seguinte trecho de código NCL:

```
...



<video descriptor="video_d" id="video1" src="vid/MatematicaProporcao.wav"/>
<xlet descriptor="xlet_d" id="xlet1" src="xlets/ProporcaoXlet.class"/>
...
```

É importante observar que as outras informações necessárias para a construção de aplicações NCL, como por exemplo, a definição das regiões, âncoras, descritores e do layout do OA, devem ser definidas também depois do estilo, visto que essas são informações específicas das aplicações. Contudo, por essa ser uma etapa bastante complexa do processo de geração de OAs, não a abordaremos nesse trabalho. A seguir, apresentamos um OA completo modelado com o estilo *Invocação Relacional*.

5. Exemplo de OA e Discussão

Para que sejam avaliadas as facilidades da utilização de estilos arquiteturais na construção de OAs para a TVDi, mostraremos nessa seção a construção completa de um OA utilizando o estilo *Invocação Relacional*. O OA em questão trata todo um contexto de uso dos “Números Proporcionais”, mostra inicialmente um vídeo-aula que trata a aplicabilidade desse assunto no nosso cotidiano, em seguida é exibida uma tela que proporciona uma facilidade navegacional de exploração do material através do uso do controle remoto, a partir dela tanto poderão ser mostrados individualmente um conjunto de slides que apresentam a teoria matemática sobre o assunto, como também uma aplicação na forma de exercícios para avaliação do conhecimento. Vale ressaltar, que propomos a criação de OAs baseados na reutilização de conteúdos existentes, por isso todas as mídias pertencentes ao OA desenvolvido foram extraídas de repositórios de conteúdos educacionais gratuitos, no caso, do RIVED [RIVED 2007], do Telecurso 2000 [BibVirt 2007] e do TV Escola [Portal Domínio Público 2007].

O OA desenvolvido está no contexto de aplicações para a TVDi que assumem o perfil de *Enhanced Broadcast Profile*, estes tipos de aplicações acessam informações unicamente do *middleware* sobre o qual executam, permitindo uma interatividade local. A utilização do OA criado é feita através do controle remoto, para a exploração do conteúdo e uso do material interativo são utilizados os botões de navegação (setas), os botões numéricos e os de cores.

Para proporcionar uma maior interatividade ao usuário e, também, a construção de interfaces gráficas que permitam um melhor uso do material didático, foi necessária a adoção do JavaTV no processo de desenvolvimento do OA. Outro fator importante para essa adoção foi à possibilidade de aplicações desenvolvidas em JavaTV serem inclusas na linguagem NCL como objetos de mídia [Soares e Rodrigues 2006]. Este tipo de aplicação NCL com suporte para elementos procedurais, no caso, Xlets que são

aplicações Java para inclusão na TVDi, são chamadas NCLet. Para a construção de aplicações NCLet é necessário um controle sobre do objeto procedural, por exemplo, definições de start, stop, pause ou resume, mas não entraremos em detalhes neste trabalho por questão de espaço.

Diante do que foi dito, para realizarmos a construção do OA, devemos seguir o processo detalhado na seção 4.1. Assim, após a realização de todo o processo de geração do *Template* NCL e da definição dos valores relativos às mídias, detalhados na seção 4.3, teremos a especificação NCL correspondente ao OA. O código a seguir apresenta um trecho desse objeto.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ncl id="InvocacaoRelacional" xmlns="..." xmlns:xsi="..."
  xsi:schemaLocation="...">
<head>
  <descriptorBase> ... </descriptorBase>
</head>
<body>
  <port id="entrada1" component="Mat" port="video"/>
  <composite id="MatApp">
    <port id="slides" component="audioSlides" />
    
    
    ...
    <video descriptor="video_d1"
      id="videoMat" src="vid/MatematicaProporcao.wav" >
    ...
  </video>
<linkBase>
  <link id="link1" xconnector="../../connectors/InterruptConn.xml">
    <bind component="MatApp" role="on_x_presentation_end"/>
  <bind component="xlet_01" role="start_y"/>
  </link>
  ...
</linkBase>
</composite>
</body>
</ncl>
```

O código NCL do OA gerado já está pronto para ser executado. Mas devido ao não suporte atual do middleware Ginga [Ginga 2007] a execução de códigos NCL sincronizados com aplicações de JavaTV, não é possível apresentar o produto do OA gerado. No entanto, para validar a nossa proposta, desenvolvemos o OA na forma de Xlet o qual foi visualizado em um emulador chamado xleTView [XleTView 2007], adotando processo semelhante de criação e uso do Estilo Invocação Relacional. A Figura 2 mostra a aplicação em execução no emulador xleTView.

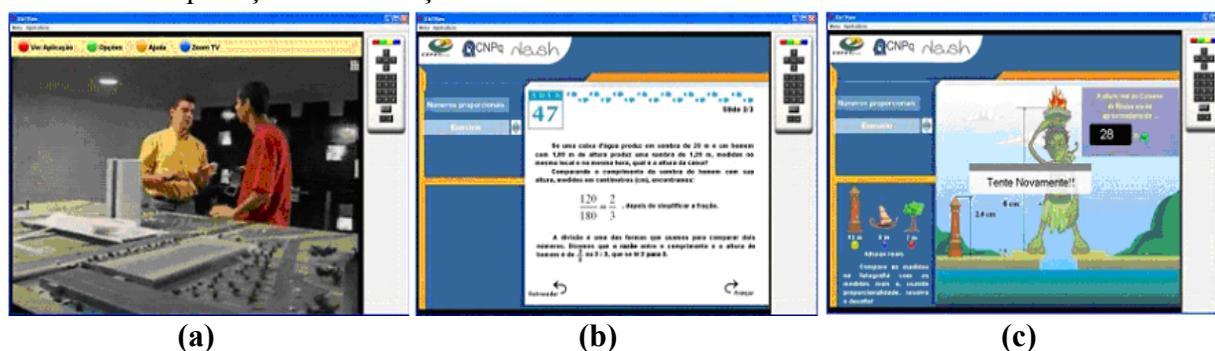


Figura 2. Objeto de Aprendizagem em execução no Emulador xleTView

Podemos perceber facilmente que o código NCL gerado automaticamente a partir da descrição do estilo Invocação Relacional, facilita bastante o trabalho de construção de novos OAs que sigam essa

mesma estrutura. Adicionalmente, como as características de flexibilidade e reusabilidade são extremamente importantes em um OA, também contribuimos com esse trabalho para essa finalidade. De fato, poderíamos ter conseguido um conjunto extra de slides que mostrassem detalhes sobre algum aspecto da apresentação, e poderíamos inserir no OA sem a necessidade de reimplementá-lo, bastando apenas incluir uma entrada no *Template* NCL de forma a ser regerada a especificação NCL final com essa inclusão. Essa faceta mostra a facilidade introduzida pelos estilos na reutilização de conteúdos para incrementar e até mesmo produzir novos OAs.

Outra característica que conseguimos ao utilizar as ferramentas aqui propostas na construção de OAs é a possibilidade de criarmos novos tipos de estilos a partir de estilos pré-existentes, aumentando bastante as possibilidades de reuso de OAs completos no desenvolvimento de novos OAs. Assim, poderíamos definir facilmente um estilo, onde poderia ser reutilizado o estilo Invocação Relacional e incluído um novo componente de áudio que apresentasse uma explicação sobre o conteúdo dos slides. Essa característica está ligada à linguagem Xtyle, que por escassez de espaço não está sendo detalhada nesse trabalho.

6. Trabalhos Relacionados

Podemos identificar alguns outros esforços que versam sobre temas relacionados a essa pesquisa. Mais precisamente podemos citar a ferramenta Breeze Presenter [Adobe 2006], que permite a criação de apresentações onde são permitidas a realização da sincronização de áudio, vídeo e texto para apresentações *WEB* a partir de slides do PowerPoint. Essa ferramenta, contudo, está limitada a descrição de um único tipo de OA. No nosso trabalho mostramos que podemos realizar a mesma implementação realizada pelo Breeze, além de ser possível criarmos os mais variados estilos de OAs que necessitarmos.

Outro trabalho importante, relacionado ao auxílio à geração de especificações NCL, é o XTemplate [Saade e Soares 2002]. Essa linguagem permite a descrição de templates que se comportam como estilos descritos em NCL. Uma desvantagem dessa abordagem com relação à nossa é que utilizando Xtyle, o autor dos OAs não precisa acessar o vocabulário de NCL, o que facilita bastante a descrição do estilo. Além disso, Xtyle permite a construção de estilos compostos, através da reutilização de estilos já existentes, o que torna essa linguagem muito mais expressiva para a definição de estilos arquiteturais dos OAs.

7. Conclusão

Apresentamos nesse trabalho uma abordagem baseada em estilos arquiteturais para a criação de OAs para a TVDi. Na nossa proposta desenvolvemos um estilo simples que mostra a eficiência desse mecanismo. Entretanto, para que todo o poder de expressão introduzido pela adoção de estilos na criação de OAs seja de fato entendido, acreditamos que devemos produzir, como trabalhos futuros, outros estilos arquiteturais e novas ferramentas que venham a dar suporte à automatização de diversas atividades do processo de criação de um OA. Essas ferramentas devem explorar a fundo os conceitos de reusabilidade de conteúdos digitais na criação de OAs.

Além disso, pelo fato de ser um veículo novo de comunicação e que deve chegar em breve no nosso país, acreditamos que devemos explorar mais a fundo a aplicabilidade dos OAs no suporte ao aprendizado via TVDi, pois, como descrito por [Gupta e Hutteman 2003], educar através da nova televisão vai exigir que educadores e comunicadores enfrentem três grandes tarefas: a compreensão intelectual do meio, a leitura crítica de suas mensagens e a capacitação para a utilização livre e criativa dessa nova tecnologia. Esperamos que, com esse nosso trabalho, estejamos dando um passo no sentido de democratizar o acesso ao desenvolvimento de soluções educacionais para esse novo veículo de comunicação que em breve deverá ser uma realidade no Brasil.

Referências Bibliográficas

Adobe. Breeze Presenter. Disponível em: <<http://www.adobe.com/br/products/breeze/>>. Acessado em: 10 de abril de 2007.

- Bates, P. J., "t-learning Study: A study into TV-based interactive learning to the home", Final Report, pjb Associates, UK, 2003.
- Bettio, R. W. de & Martins, A. *Objetos de aprendizado: um novo modelo direcionado ao ensino a distância*. In: 9o. Congresso Internacional de Educação a Distância, 2002, São Paulo - SP. Documento on-line, disponível em <http://www.universiabrasil.net/materia/materia.jsp?id=5938>. Acessado em 24 de maio de 2006.
- BibVirt. Biblioteca Virtual do Estudante de Língua Portuguesa – Universidade São Paulo(USP). Disponível em: <<http://www.bibvirt.futuro.usp.br>>. Acessado em: 05 de junho de 2007.
- Damáσιο, M.J., "Uses of Interactive Television on Educational Settings: Evaluating the Media Impact", European Conference on Interactive Television (EuroITV03), pp. 117-119, 2003.
- Fernandes, N.L.R. (2004) Professores e computadores: navegar é preciso, Porto Alegre: Mediação, pp. 36-41.
- Ginga. Disponível em : <<http://www.ginga.org.br/>>. Acessado em: 5 de maio de 2007.
- Gupta, M., Hutteman, K, "Education with iTV", European Conference on Interactive Television (EuroITV03), pp. 111-112, 2003.
- 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, 2002.
- Portal Domínio Público. Disponível em:<<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acessado em: 8 de junho de 2007.
- RIVED. Secretaria de Educação a Distância, Ministério da Educação, Dez.2005. Disponível em: <<http://rived.proinfo.mec.gov.br/>> Acessado em: 1 junho de 2007.
- Rodrigues R. "Formatação e Controle de Apresentações Hipermídia com Mecanismos de Adaptação Temporal", Tese de Doutorado. Departamento de Informática, PUC-Rio, Brasil, 2003.
- Saade, D.C.M., Soares, L.F.G. XConnector & XTemplate: Improving the Expressiveness and Reuse in Web Authoring Languages. The New Review of Hypermedia and Multimedia Journal. 2002.
- Shaw, M. and Clements, P. A Field Guide to Boxology: Preliminary Classification of Architectural Styles for Software Systems, 1996.
- Soares L.F.G., Rodrigues R.F., "Nested Context Model 3.0 - NCL (Nested Context Language)", Relatório Técnico, Laboratório Telemídia, PUC-Rio, Brasil, 2006.
- Souza, C.T. Arquiteturas de Software e Estilos Arquiteturais Distribuídos - Especificação, Validação, Análise e Implementação. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2003.
- Souza, C.T., Cunha, P.R.F. Especificação Hierárquica de Estilos Arquiteturais Distribuídos. In XXXII Conferência Latino-Americana de Informática., Santiago do Chile, Chile, 2006.
- XleTView. Disponível em: <<http://xletview.sourceforge.net/>>. Acessado em: 07 de junho de 2007.
- Wiley, D.A. (2000), Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy in D. A. Wiley (Ed.), The Instructional Use of Learning Objects. Versão online: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc> , 15 de Fevereiro 2006
- Zhao, Liang, .Interactive television in distance education: benefits and compromises., International Symposium on Technology and Society (ISTAS'02), pp. 255. 261, 2002.