

### 3 Hypermedia Temporal Graph – HTG

Com o objetivo de atender aos requisitos desejáveis em uma estrutura voltada ao controle da apresentação, mencionados nos capítulos anteriores, um grafo temporal de dependências, denominado HTG (*Hypermedia Temporal Graph*), é proposto neste capítulo, como descrito a seguir.

#### 3.1. Modelo de Grafos Temporais

##### 3.1.1. Definição

Na sincronização baseada em grafos temporais, os relacionamentos são representados através de arestas dirigidas, enquanto os vértices representam os eventos que podem ocorrer sobre os conteúdos das mídias (Bertino, 1998). O grafo proposto nesta tese pode representar tanto eventos previsíveis quanto imprevisíveis, ambos normalmente presentes nas aplicações hipermídia e, portanto, esse grafo é chamado de Grafo Temporal Hipermídia (*Hypermedia Temporal Graph* - HTG).

No HTG, vértices representam transições de estado de um evento. Várias transições de estado de eventos podem ser representadas por esse grafo, particularmente, transições de estado de eventos de apresentação, seleção e de atribuição. Cada evento é controlado por uma máquina de estados, apresentada na Figura 3.1, que define as transições possíveis.

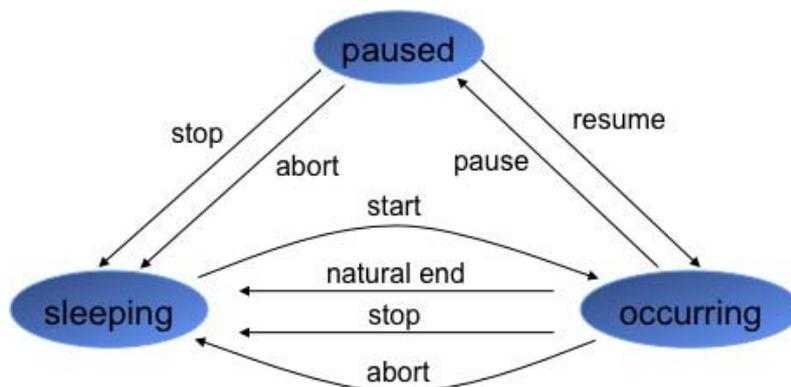


Figura 3.1 - Máquina de estado de um evento.

O controle formal dos estados de um evento é necessário para que seja possível determinar, com precisão, qual o comportamento esperado de um evento, considerando o seu estado atual e a transição realizada. Pode-se, assim, dizer que o HTG representa a ligação das máquinas de estado de eventos de uma apresentação hipermídia. Na Figura 3.1, os estados e as ações que executam as transições dos estados são apresentados em inglês apenas para corresponder à estrutura utilizada na linguagem NCL.

Como pode ser observado na Figura 3.1, um evento permanece dormindo (*sleeping*) até ser iniciado, através da transição de início (*start*). Uma vez iniciado, um evento está ocorrendo (*occurring*), podendo ser encerrado, quando retorna ao seu estado inicial, como consequência de uma transição de fim (*stop*, *abort* ou *natural end*) ou sofrer uma transição de pausa (*pause*), que modifica o estado do evento para pausado (*paused*). Nesse último estado, o evento pode ser encerrado, voltando ao seu estado inicial, ou ser recommçado, voltando ao estado ocorrendo, dependendo da transição realizada (*stop*, *abort* ou *resume*).

Mais precisamente, no HTG, vértices são representados por triplas, cada qual formada pela transição da máquina de estado do evento, que pode ser identificada pela ação que dispara a transição (*start*, *stop*, *abort*, *natural end*, *pause* ou *resume*), pelo tipo de evento (apresentação, seleção, atribuição etc.) e pelo identificador da interface que define o evento:<sup>6</sup> uma âncora de conteúdo de um objeto, que normalmente representa o conteúdo de uma mídia, se o evento é do tipo apresentação ou seleção (ou outros eventos associados a conteúdos dos

<sup>6</sup> No HTG cada objeto define um conjunto de interfaces. Uma interface pode representar uma propriedade de um objeto de mídia, como sua posição, sua transparência etc., ou pode definir uma porção das unidades de informação que compõem o conteúdo do objeto, denominada uma âncora de conteúdo.

objetos), ou uma propriedade de um objeto. No caso de identificar uma propriedade, seu valor também é acoplado ao identificador da interface.

Os relacionamentos entre os eventos no HTG são representados através de arestas dirigidas entre as transições das máquinas de estado que representam cada evento em uma aplicação.

O HTG não define apenas o grafo (um conjunto de vértices e arestas dirigidas), mas também formas de caminhamento nesse grafo (condições e prioridades para a verificação das condições associadas às arestas com origem em um mesmo vértice). Todos esses elementos formam uma tupla  $(V, A, C, N)$ , onde:

- $V = (v_0, v_1, v_2, v_3, \dots, v_{n-1}, v_n)$  é um conjunto finito de vértices, onde cada vértice é formado por uma tripla representando uma transição na máquina de estado associada a um evento que atua sobre uma âncora de conteúdo ou sobre a propriedade de um objeto de mídia, alterando o seu valor;
- $A = (a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{m-1}, a_m)$  é um conjunto finito de arestas que representam, individualmente, um relacionamento entre os elementos que compõem as triplas de dois vértices. Para cada aresta “a”,  $v$  e  $w$  são os vértices de origem e destino, respectivamente  $((v, w) \in V \times V)$ ;
- $C = \{c_{ij}\}$  é um conjunto finito de condições de caminhamento associadas às arestas. Uma condição “ $c_{ij}$ ” é associada com a aresta  $(v_i, w_j) \in A$  e deve ser satisfeita para que a execução do vértice (execução da transição) destino da aresta considerada seja realizada; e
- $N = \{n_{ij}\}$  é um conjunto finito de prioridades associadas às arestas. Uma prioridade “ $n_{ij}$ ” é associada a cada aresta  $(v_i, w_j) \in A$ , e corresponde à ordem na qual essa aresta deve ter sua condição “ $c_{ij}$ ” verificada, comparada com outras arestas partindo do mesmo vértice. Em um conjunto de arestas com a mesma origem  $v_i$ , as arestas com o menor valor de “ $n_{ij}$ ”, para qualquer  $j$ , devem ter sua condição verificada antes das demais.

Condições de caminhamento associadas às arestas podem ser simples ou compostas. Uma condição simples pode ser formada por:

- Um tempo que deve ser obedecido a partir da ação que dispara a transição do vértice de origem;

- Uma variável que deve ser avaliada em relação a um valor desejado; e
- Ações externas, como as interações do usuário.

O tempo, definido como condição de uma aresta, deve ser especificado de forma explícita, por exemplo, “10 segundos”, e a sua progressão nunca é interrompida, após ser iniciada quando o vértice de origem da aresta associada a essa condição é alcançado.

Variáveis são utilizadas para representar propriedades existentes na sintaxe de autoria, para controlar a apresentação e também para avaliar propriedades dos eventos, incluindo:

- A duração de um evento: variável que corresponde ao tempo em que um evento sobre uma âncora de conteúdo ou objeto e sua propriedade permanece no estado ocorrendo (*occurring*). Caso o evento esteja no estado pausado (*paused*), o valor dessa variável permanece inalterado, e somente será novamente alterado quando o evento voltar ao estado ocorrendo ou for encerrado (*sleeping*), caso em que essa variável recebe o valor zero;
- As ocorrências de um evento: variável que contém o número de vezes que um evento sobre uma âncora de conteúdo ou objeto e sua propriedade alterna, seguidamente, entre os estados ocorrendo (*occurring*) e encerrado (*sleeping*); e
- O estado atual de um evento: todos os estados possíveis para um evento (*sleeping*, *occurring*, *paused*) sobre uma âncora de conteúdo ou objeto e sua propriedade podem ser representados por uma variável, que é verdadeira, se no momento da avaliação o evento encontra-se no estado em questão, ou falsa, caso contrário.

Qualquer condição pode ser negada (NOT). Operadores lógicos (OR, AND), além da negação, também podem ser utilizados para definir condições compostas, relacionando duas ou mais condições (simples ou compostas).

### 3.1.2. Exemplo

Para demonstrar a representação das aplicações através do HTG, foi escolhida uma aplicação onde um “conteúdo audiovisual” é exibido. Em um

instante temporal específico da exibição desse conteúdo, uma informação adicional, que pode ser uma propaganda, por exemplo, também é exibida. Essa informação adicional é formada por um vídeo, se o equipamento onde a aplicação está sendo apresentada for capaz de decodificar e exibir dois vídeos simultaneamente, ou por uma imagem, caso contrário.

A Figura 3.2, apresenta a visão espacial da aplicação mencionada em dois intervalos temporais diferentes. A parte “A” dessa figura corresponde à visão espacial da aplicação no intervalo temporal onde apenas o “conteúdo audiovisual” é exibido. A parte “B” representa a visão espacial dessa aplicação no intervalo temporal em que uma outra informação também é exibida, podendo ser um vídeo (parte superior da Figura 3.2) ou uma imagem (parte inferior da Figura 3.2), dependendo, como mencionado, das características do sistema de apresentação.

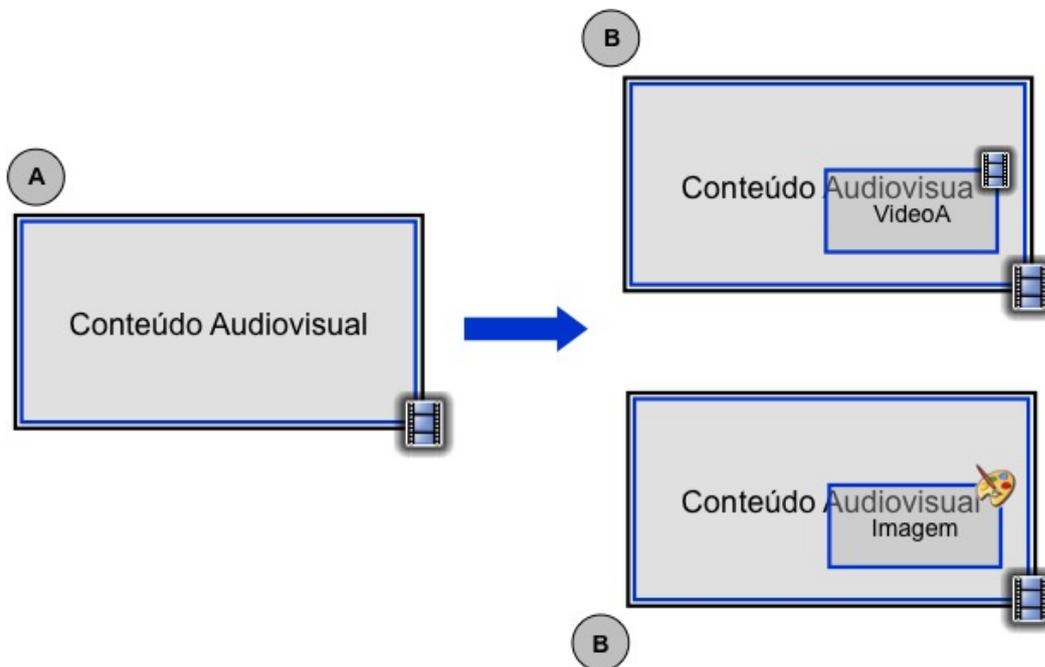


Figura 3.2 - Visões espaciais da aplicação exemplo (primeira parte).

Continuando com o exemplo, atingido o tempo total destinado à exibição da informação adicional (“vídeoA” ou “imagem”), apenas o “conteúdo audiovisual” permanece em exibição, e a visão espacial da apresentação volta a ser a mesma representada na parte “A” da Figura 3.2. Posteriormente, em um outro instante temporal da exibição do “conteúdo audiovisual”, um “ícone”, formado por um objeto de vídeo, é exibido, espacialmente sobre o “conteúdo audiovisual”, com o objetivo de informar ao usuário que existe uma possibilidade de interação. A visão

espacial correspondente ao intervalo temporal em que o “ícone” é exibido é representada na parte “C” da Figura 3.3.

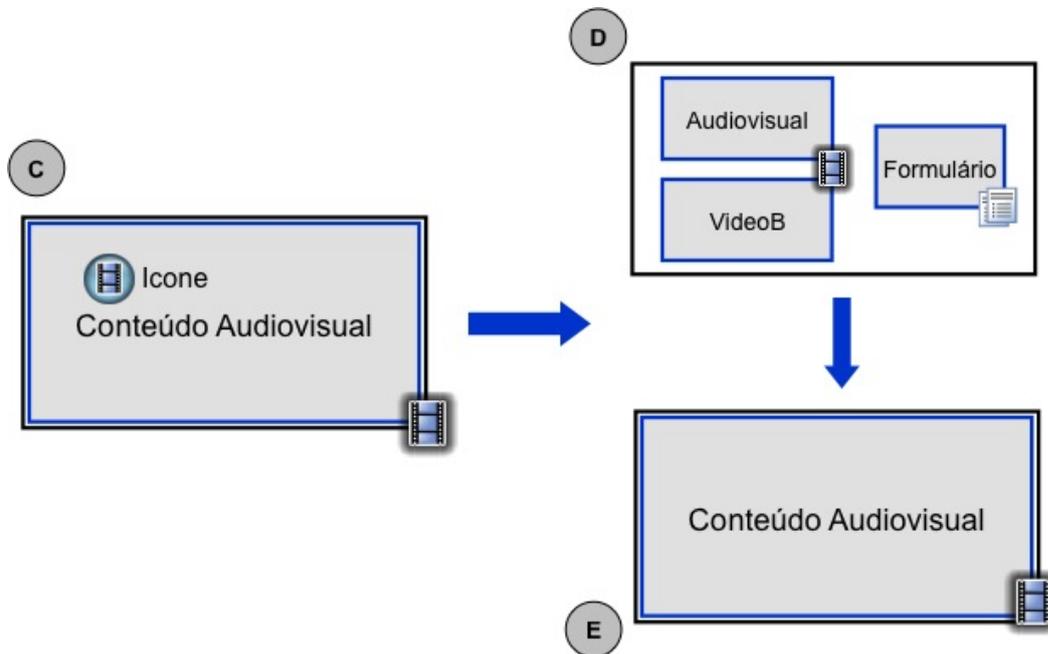


Figura 3.3 - Visões espaciais da aplicação exemplo (segunda parte).

Durante a exibição do objeto “ícone”, se o usuário realizar uma ação interativa, o “conteúdo audiovisual” é redimensionado, outro objeto de vídeo (“vídeoB”) é exibido, contendo outra propaganda, e um “formulário” também é exibido. Os efeitos dessa ação interativa são representados na visão espacial da parte “D” da Figura 3.3. Caso a ação interativa aconteça, quando a exibição do objeto de vídeo “vídeoB” terminar, isto é, alcançar o seu fim natural, a exibição do “formulário” é encerrada e o “conteúdo audiovisual” é redimensionado para ocupar toda a área disponível para exibição, conforme a visão espacial da aplicação representada na parte “E” da Figura 3.3.

A Figura 3.4 apresenta o HTG correspondente à aplicação espacialmente apresentada nas Figuras 3.2 e 3.3. Para facilitar o entendimento da Figura 3.4, a descrição do evento de apresentação foi suprimida nas triplas (representadas entre parênteses) correspondentes aos vértices. Com o mesmo objetivo, esse evento também foi omitido nas variáveis que representam a duração desse evento, quando essa duração é condição de caminamento nas arestas.

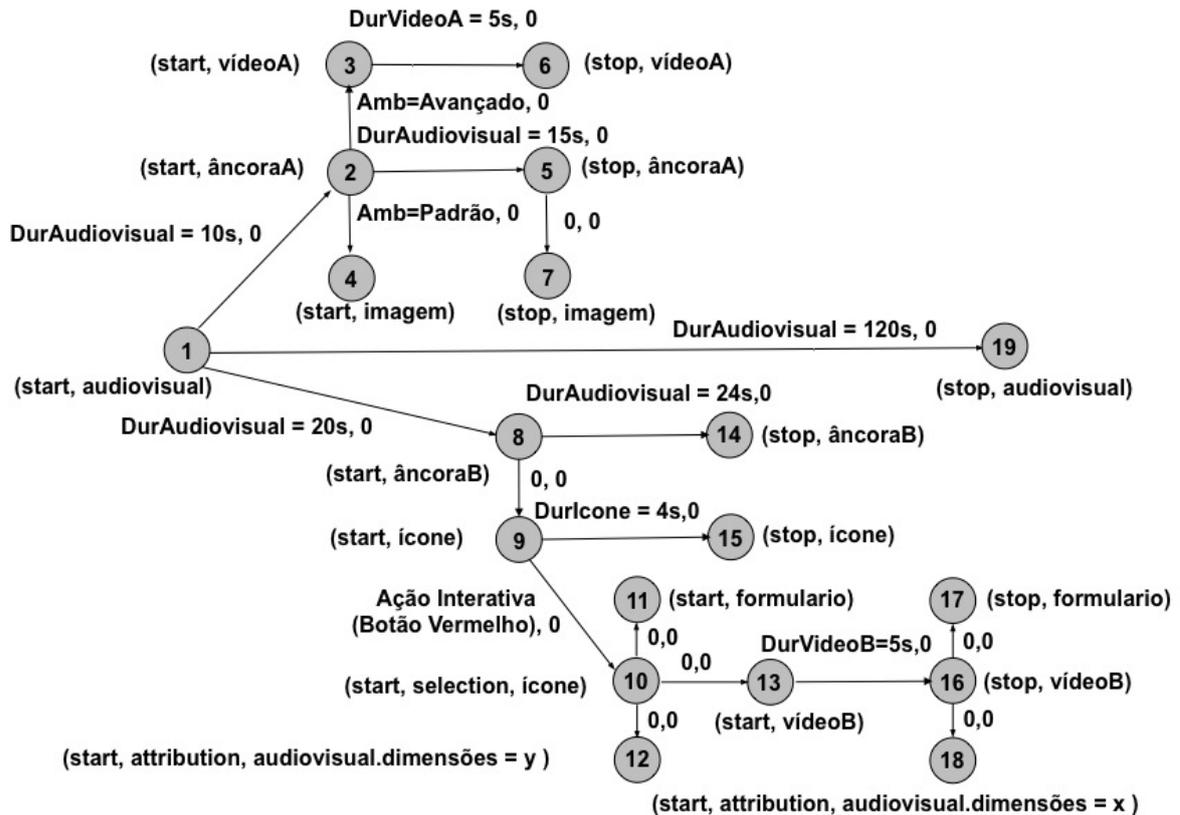


Figura 3.4 - HTG para a aplicação apresentada nas Figuras 3.2 e 3.3.

Neste ponto é importante mencionar alguns aspectos do HTG. Na sua representação gráfica, o primeiro parâmetro associado a uma aresta corresponde à condição para caminamento no grafo através dessa aresta, e o segundo parâmetro corresponde à prioridade para avaliação da condição de uma aresta em relação às demais com a mesma origem. Na Figura 3.4, todas as arestas, independente da origem, têm a mesma prioridade (definida como zero).

Na Figura 3.4, o vértice 1 corresponde ao ponto de entrada da aplicação<sup>7</sup> e representa a transição de início da apresentação do conteúdo audiovisual (“audiovisual”). A condição associada à aresta entre os vértices 1 e 2 (“ $DurAudiovisual = 10s$ ”) avalia a duração do evento de apresentação do conteúdo audiovisual, tornando-se verdadeira quando essa duração atinge 10 segundos. Quando essa condição for verdadeira, deverá ser executada a transição de início da apresentação da âncora A (“anchorA”). O fim da apresentação dessa âncora (vértice 5) deve ser executado quando a duração da apresentação do

<sup>7</sup> O ponto de entrada é definido como a transição de evento que inicia a apresentação da aplicação. O HTG não exige que uma aplicação defina um único ponto de entrada, no entanto, as cadeias temporais, que serão discutidas na próxima seção, necessitam ser calculadas em relação a um ponto de entrada.

conteúdo audiovisual atinge 15 segundos, conforme descrito na condição associada à aresta entre os vértices 2 e 5 (“DurAudiovisual = 15s”). Assim, a duração total da apresentação dessa âncora temporal deverá ser 5 segundos, caso a apresentação do conteúdo audiovisual não seja interrompida no intervalo que vai de 10 até 15 segundos, a partir do início da sua apresentação.

O vértice que representa o início da âncora A (vértice 2) é a origem de duas arestas que têm como condições as características do sistema de apresentação. Como mencionado, caso o equipamento para apresentação ofereça recursos para que dois vídeos sejam simultaneamente exibidos, a condição associada à aresta entre os vértices 2 e 3 (“Amb = Avançado”) será verdadeira e a transição de início da apresentação do vídeo (“videoA”) deverá ser executada. Por outro lado, se não for possível exibir dois vídeos simultaneamente, essa condição será falsa e a condição associada à aresta entre os vértices 2 e 4 (“Amb = Padrão”) verdadeira. Nesse caso, a transição de início da apresentação da imagem (“imagem”) será executada, em vez da transição de início da apresentação do vídeo (“videoA”).

O resultado do teste das condições associadas às arestas com origem no vértice 2 produz a visão espacial ilustrada na parte “B” da Figura 3.2. A variável “Amb” (“Ambiente”) é utilizada no teste das condições do sistema de apresentação e faz parte da especificação da aplicação (sintaxe de autoria), mapeada no HTG para preservar a semântica definida pelo autor.

No HTG da Figura 3.4, se “videoA” for apresentado, essa apresentação deve ser finalizada quando a duração desse evento atingir 5 segundos, conforme especificado na condição associada à aresta entre os vértices 3 e 6 (“DurVideoA = 5s”). Por outro lado, se a imagem for apresentada, essa apresentação deverá ser encerrada após 5 segundos do seu início, pois o vértice 5, que representa o término da âncora A, provoca a imediata execução da transição de fim da apresentação do objeto imagem, representada pelo vértice 7.

Na Figura 3.4, algumas condições são especificadas como um valor no tempo, por exemplo, “0 segundo” na aresta entre os vértices 5 e 7, indicando, nesse caso, que a transição representada no vértice destino dessa aresta deve ser imediatamente executada. Outras condições, representadas na Figura 3.4, são especificadas através de variáveis como, por exemplo, a duração do evento de apresentação de uma âncora de conteúdo (“DurAudiovisual”, “DurVideoA”, “DurVideoB” e “DurIcon”). Essas durações pode ter seus valores definidos de

forma explícita, por exemplo, através da sintaxe de autoria, ou esses valores podem ser obtidos através da análise do conteúdo da mídia, para objetos como o áudio e o vídeo. Condições também podem ser derivadas de propriedades existentes na sintaxe de autoria, como mencionado, ou definidas como uma ação externa como, por exemplo, na condição associada à aresta entre os vértices 9 e 10, que será descrita logo a seguir.

Continuando com a descrição do grafo da Figura 3.4, com 20 segundos de duração da apresentação do conteúdo audiovisual, uma outra âncora desse conteúdo (“anchorB”) deverá ter sua apresentação iniciada (vértice 8). A transição de início dessa âncora, por sua vez, provoca a execução imediata da transição de início do evento de apresentação do objeto “icone”, representado pelo vértice 9, cuja duração prevista é de 4 segundos. A apresentação desse objeto é representada na visão espacial da parte “C” da Figura 3.3.

O vértice 10 corresponde à transição de início do evento de seleção. Esse vértice é o destino de uma aresta que tem como origem o vértice 9 (início da apresentação de “icone”) e como condição a ação de interatividade do usuário (“Ação Interativa – Botão Vermelho”). Caso essa ação interativa aconteça, a apresentação se desenvolve conforme a visão temporal representada na parte “D” da Figura 3.3.

Durante a apresentação de uma aplicação, partes podem se tornar desnecessárias e, eventualmente, podem ser removidas do grafo, quando os eventos imprevisíveis que ligam essas partes ao restante do grafo não puderem mais ser executados. No exemplo apresentado na Figura 3.4, caso o usuário não realize a ação interativa até o fim da apresentação do objeto de mídia “icone”, representado pelo vértice 14, os eventos especificados no grafo a partir do vértice 10 (início da seleção do usuário) nunca irão ocorrer.

Como consequência do início do evento de seleção (vértice 10), a disposição espacial do conteúdo audiovisual deverá ser alterada, através da imediata execução da transição representada pelo vértice 12, que inicia a atribuição da propriedade “dimensões” do objeto “audiovisual”. Também deverão ser imediatamente iniciadas as apresentações do vídeo da propaganda “videoB” (vértice 11) e do objeto “formulário” (vértice 13).

O fim da apresentação do objeto “videoB” (vértice 15) é atingido quando a duração da sua apresentação atingir 5 segundos (“DurVideoB = 5s”). A execução

desse vértice, por sua vez, provoca o término imediato da apresentação do “formulário” (vértice 16) e também o retorno da disposição espacial inicial do conteúdo audiovisual, através do início da execução do evento de atribuição sobre a sua propriedade “dimensões”, agora com a atribuição do seu valor original (vértice 17).

### 3.1.3. Construção

O próximo capítulo descreve a construção do HTG para uma sintaxe específica: a definida pela linguagem NCL. Algumas regras, no entanto, devem ser respeitadas no processo de construção, independente da sintaxe de autoria.

Representar no grafo apenas as transições de eventos que provocam alterações na apresentação é a primeira dessas regras, que tem como objetivo preservar a simplicidade do grafo. Na Figura 3.4, os vértices 12 e 18 representam o início do evento de atribuição da propriedade “dimensões” do conteúdo audiovisual, com diferentes valores. A transição de fim desses eventos poderia ser representada no grafo por um outro vértice, destino dos vértices 12 e 18. No entanto, o fim desse evento de atribuição não altera a apresentação, não modifica o valor de nenhuma variável e também não é condição para a execução de nenhum outro evento e, portanto, não deve ser representado.

Outras regras também devem ser consideradas na construção do HTG, independente da sintaxe utilizada para a autoria. A Tabela 3.1 resume essas regras, adicionais à primeira, já mencionada e listada como Regra 1.

Regra	Descrição
1	Um vértice V do tipo ( <i>transition</i> , <i>event</i> , <i>anchorId</i> ) para eventos de apresentação ou seleção, qualquer que seja a transição ( <i>transition</i> ) e a âncora de conteúdo ( <i>anchorId</i> ), ou um vértice T do tipo ( <i>transition</i> , <i>attribution</i> , <i>objectId.propertyId</i> ) para eventos de atribuição, somente deve existir se V ou T for utilizado no controle da apresentação.

2	Um vértice $V$ do tipo ( <i>stop</i> , <i>event</i> , <i>anchorId</i> ) no HTG pode ser equivalente a um vértice $W$ do tipo ( <i>natural end</i> , <i>event</i> , <i>anchorId</i> ), para qualquer evento ( <i>event</i> ) e âncora de conteúdo ( <i>anchorId</i> ), caso a sintaxe de autoria não defina formas diferentes para o término de um evento ( <i>natural end</i> e <i>stop</i> ). Nesse caso, se necessários na apresentação (regra 1), um único vértice deve ser utilizado, contendo a transição <i>stop</i> .
3	Um vértice $V$ do tipo ( <i>abort</i> , <i>event</i> , <i>anchorId</i> ) ou um vértice $T$ do tipo ( <i>abort</i> , <i>event</i> , <i>objectId.propertyId</i> ) não pode ser vértice de origem de nenhum outro vértice, para qualquer evento ( <i>event</i> ) e âncora de conteúdo ( <i>anchorId</i> ) ou objeto ( <i>objectId</i> ) e sua propriedade ( <i>propertyId</i> ).
4	Um vértice $T$ do tipo ( <i>start</i> , <i>attribution</i> , <i>objectId.propertyId</i> ) deve possuir, na própria tripla, o valor $a$ ser atribuído à propriedade ( <i>propertyId</i> ). Se existirem diferentes valores $a$ serem atribuídos a uma mesma propriedade, definida sobre um mesmo objeto ( <i>objectId</i> ), deve ser criado um vértice $T_n$ do tipo ( <i>start</i> , <i>attribution</i> , <i>objectId.propertyId = value</i> ) para cada valor ( <i>value</i> ) diferente.
5	Um vértice $T$ do tipo ( <i>natural end</i> , <i>attribution</i> , <i>objectId.propertyId</i> ), se necessário no grafo (regra 1), deve ser o destino de todo vértice $S$ do tipo ( <i>start</i> , <i>attribution</i> , <i>objectId.propertyId = value</i> ), para um mesmo <i>objectId</i> e <i>propertyId</i> , independente do valor $a$ ser atribuído ( <i>value</i> ).
6	Um vértice $T$ do tipo ( <i>start</i> , <i>selection</i> , <i>anchorId</i> ), se necessário no grafo (regra 1), deve ser o destino de um vértice origem $S$ do tipo ( <i>start</i> , <i>presentation</i> , <i>anchorId</i> ), quando <i>anchorId</i> representa a mesma âncora de conteúdo para $S$ e $T$ .
7	Um vértice $T$ do tipo ( <i>natural end</i> , <i>presentation</i> , <i>anchorId</i> ) deve ser o destino de um vértice origem $S$ do tipo ( <i>start</i> , <i>presentation</i> , <i>anchorId</i> ), quando <i>anchorId</i> representa a mesma âncora de conteúdo para $S$ e $T$ , exceto quando a duração desse evento não tem relação com a sua transição de início.

8	Um vértice T do tipo ( <i>start, presentation, anchorIdT</i> ) deve ser o destino de um vértice origem S do tipo ( <i>start, presentation, anchorIdS</i> ), se <i>anchorIdT</i> é uma âncora equivalente a uma parte do conteúdo de <i>anchorIdS</i> .
9	Arestas do tipo (( <i>start, presentation, anchorId</i> ), ( <i>natural end, presentation, anchorId</i> )) para uma mesma <i>anchorId</i> , devem ter como condição a duração do evento de apresentação dessa âncora ( <i>anchorId</i> ) ou do objeto, caso <i>anchorId</i> seja uma parte do conteúdo desse objeto.
10	Arestas do tipo (( <i>start, presentation, anchorIdS</i> ), ( <i>start, presentation, anchorIdT</i> )) devem ter como condição parte da duração do evento de apresentação sobre <i>anchorIdS</i> , se <i>anchorIdT</i> é uma âncora equivalente a uma parte do conteúdo de <i>anchorIdS</i> .

Tabela 3.1 - Regras para a construção do HTG.

Transições “*natural end*” e “*stop*” conduzem um evento qualquer ao mesmo estado “*sleeping*”, como pode ser observado na máquina de estado da Figura 3.1. Essas transições, no entanto, possuem diferentes significados: a transição “*natural end*” representa que a duração prevista para um evento foi alcançada, enquanto a transição “*stop*” representa que a duração de um evento foi interrompida em razão da ocorrência de uma outra transição de evento. Essa diferença, no entanto, muitas vezes não é utilizada na sintaxe de autoria e, portanto, a segunda regra, define que, nesse caso, um único vértice contendo a transição “*stop*” deve ser construído, para um mesmo evento e âncora de conteúdo.

A transição “*abort*”, embora também conduza um evento qualquer ao estado “*sleeping*”, quando necessária em uma apresentação, deve ser representada por um vértice próprio, pois essa transição é utilizada para encerrar um evento sem que essa modificação altere a ocorrência de outros eventos. A terceira regra deixa claro que a transição “*abort*” não pode estar relacionada como causa da execução de nenhuma outra transição de evento, uma vez que o vértice que representa essa transição não pode ser o vértice de origem de nenhuma aresta. Caso a sintaxe de autoria não represente a semântica da transição “*abort*”, não existirá nenhum vértice com essa transição nos grafos obtidos a partir de aplicações especificadas nessa sintaxe.

A quarta regra define que o valor a ser atribuído também faz parte dos vértices que representam o início de um evento de atribuição. Assim, se existirem diferentes valores para uma mesma atribuição (mesmo objeto e propriedade), vértices diferentes devem ser construídos, um para cada valor a ser atribuído.

Na Figura 3.4, por exemplo, foram especificados dois vértices (12 e 18) para a atribuição a um mesmo objeto de mídia e propriedade, mas com dois valores diferentes. Caso o valor a ser atribuído não fizesse parte do vértice, um número menor de vértices poderia ser utilizado para representar uma aplicação. No entanto, cada aresta precisaria ter um valor associado, que seria utilizado apenas quando o seu vértice destino representasse o início de um evento de atribuição.

A quinta regra especifica que, se for necessário representar a transição de fim do evento de atribuição para um objeto de mídia e sua propriedade, esse vértice deve ser o destino de todos os vértices relativos ao início da atribuição desse mesmo objeto e propriedade, para qualquer valor a ser atribuído.

Na Figura 3.4, por exemplo, caso o fim do evento de atribuição da propriedade “dimensões” fosse necessário à apresentação, esse novo vértice deveria ser o destino de arestas com origem nos vértices 12 e 18. Esse novo vértice seria necessário, caso o fim desse evento de atribuição estivesse relacionado como causa da execução de uma outra transição de evento, ou caso a atribuição em questão tivesse uma duração, que deveria estar especificada na aresta entre as transições de início e fim desse evento.

O vértice que representa o início de um evento de seleção, caso esse evento seja necessário em uma aplicação, deve ser o destino de uma aresta com origem no vértice de início do evento de apresentação da âncora de conteúdo sobre a qual essa seleção pode ocorrer. Essa deve ser a única origem do vértice que representa esse evento de seleção e essa restrição é especificada na regra seis. Na Figura 3.4, por exemplo, o vértice 10 (início da seleção do objeto “icone”) é o destino de uma aresta com origem no vértice que representa o início da apresentação do objeto “icone” (vértice 9) e essa é a única aresta que tem como destino o vértice 10.

As regras sete e oito definem a representação da apresentação dos objetos e de suas âncoras temporais. O evento de apresentação de cada objeto em uma apresentação, quando a duração desse evento é definida, deve ser representado por um par de vértices unidos através de uma aresta, onde o vértice de origem deve representar o início desse evento e o de destino deve representar o seu fim.

Apresentações de âncoras relativas a uma porção temporal de um objeto de mídia também devem ser representadas dessa forma, quando a sua duração é definida. Na Figura 3.4, os objetos, “videoA”, “icon” e “videoB” têm, cada um, o início e o fim das suas apresentações relacionadas através de arestas. O mesmo acontece com a âncora A (“anchorA”) do objeto “audiovisual”.

Em relação às âncoras que representam uma parte do conteúdo de um objeto, o vértice que representa o início da apresentação dessa âncora deve ser o destino de uma aresta com origem no vértice correspondente ao início da apresentação do objeto correspondente ao todo da porção relativa à âncora. Portanto, na Figura 3.4, o vértice que representa o início da apresentação do objeto “audiovisual” (vértice 1) é o vértice origem de arestas com destino nos vértices que representam o início da apresentação das âncoras correspondentes a cada porção temporal desse objeto (vértices 2 e 8). Cada uma dessas arestas tem como condição a variável correspondente à duração do evento de apresentação do objeto “audiovisual”, conforme especificado nas regras oito e nove da Tabela 3.1.

Os vértices que representam as transições de início (vértice 4) e fim (vértice 7) da apresentação do objeto “image” não são unidos através de uma aresta, pois não existe um relacionamento entre essas duas transições (a apresentação de uma imagem pode ter uma duração infinita em relação ao início desse evento).

Por fim, é importante mencionar que todos os vértices podem ser origem e destino de arestas construídas para representar relacionamentos especificados na aplicação. A exceção são os vértices que representam transições do tipo “*abort*”, conforme mencionado na regra quatro, e os vértices que representam o início do evento de seleção, conforme mencionado na regra cinco.

### **3.2. Cadeias Temporais**

Para facilitar o cálculo dos instantes temporais para a ocorrência das transições dos eventos nas aplicações hipermídia, um HTG pode ser dividido em vários outros grafos. Antes de continuar a descrever como outros grafos podem ser construídos com base no HTG de uma aplicação, é importante diferenciar alguns conceitos que serão utilizados nesta seção:

1. Uma transição de evento é previsível a partir de uma transição de evento  $T_{ev}$ , se é possível determinar com certeza a sua ocorrência, a partir da ocorrência de  $T_{ev}$ ;
2. Uma transição de evento é imprevisível a partir de uma transição de evento  $T_{ev}$ , se não é possível determinar com certeza a sua ocorrência, a partir da ocorrência de  $T_{ev}$ ; e
3. Uma transição de evento, previsível ou imprevisível, pode ser:
  - a. Determinística, se é possível determinar o instante no tempo exato de sua ocorrência. Supondo que a transição aconteça, no caso dela ser imprevisível.
  - b. Não-determinística, se não é possível determinar o instante no tempo exato de sua ocorrência. Supondo que a transição aconteça, no caso dela ser imprevisível.

O uso de vários grafos na representação de aplicações hipermídia é uma estratégia utilizada em alguns sistemas, como no Firefly (Buchanan, 1992; Buchanan, 1993; Buchanan, 2005), precursor na idéia de uso de cadeias temporais. Nesse sistema, cada um dos seus grafos é formado por vértices representando sequências de eventos previsíveis e determinísticos, a partir de um evento imprevisível. Como mencionado no Capítulo 2, quando o evento imprevisível que inicializa uma dessas sequências (um grafo) acontece, é possível determinar o instante no tempo exato para a ocorrência dos demais eventos da sequência.

Diferente do Firefly, ao invés de eventos previsíveis e determinísticos, os grafos gerados a partir do HTG, embora também chamados de cadeias temporais,<sup>8</sup> são formados por vértices que representam sequências de transições de eventos previsíveis, que podem ser tanto determinísticas quanto não-determinísticas, a partir de um evento imprevisível. É permitido também nesses grafos que os vértices sorvedouros sejam eventos imprevisíveis. Essas sequências de transições de eventos, chamadas, resumidamente a partir deste ponto, de cadeias HTG, são propostas com o objetivo de facilitar tanto a construção dos grafos como também

---

<sup>8</sup> O termo cadeia temporal foi mantido para manter compatibilidade com seu entendimento usual na literatura de sistema hipermídia. No entanto, deve-se notar que a cadeia forma de fato um sub-grafo do HTG.

o controle da apresentação, como será descrito ao longo desta seção. A Tabela 3.2 resume as regras para a especificação das cadeias HTG.

Regras	Descrição
1	Uma cadeia temporal é formada por vértices que representam uma sequência de transições de eventos <u>previsíveis (determinísticos e não-determinísticos)</u> , a partir de uma transição de evento imprevisível, incluindo entre eles o vértice que representa a transição de evento correspondente ao ponto de entrada da aplicação.
2	Também são incluídos na cadeia temporal transições de eventos <u>imprevisíveis</u> alcançáveis por arestas a partir de um vértice incluído pela Regra 1. Esses vértices são sempre vértices sorvedouros da cadeia.
3	Vértices que representam transições de eventos <u>imprevisíveis</u> que também estão presentes nas cadeias secundárias devem ser nascedouros nessas cadeias secundárias. Vértices de transições de eventos <u>previsíveis não-determinísticos</u> que aparecem tanto na cadeia principal quanto em cadeias secundárias devem ser vértices sorvedouros nessas cadeias secundárias (vértices de transições de eventos <u>previsíveis determinísticos</u> só podem aparecer em uma única cadeia).

Tabela 3.2 - Regras para a especificação de cadeias HTG.

Em relação à construção dos grafos, no Firefly, as sequências de eventos fazem parte da especificação, não sendo necessário obtê-las através de um caminhamento em um grafo global. Um HTG, por outro lado, precisa ser percorrido para que suas cadeias possam ser construídas. Nessa construção, para que se possa ter certeza de que uma sequência é determinística, pode ser necessário realizar um caminhamento através de vários percursos em um HTG, como será discutido ao longo desta seção (Figura 3.7). Além disso, seria necessário conhecer, *a priori*, todas as durações associadas às apresentações dos conteúdos das mídias.

Quando todas as arestas de um HTG têm apenas o tempo como condição associada, o seu caminhamento pode definir uma única cadeia. Nesse caso,

formada por uma sequência de vértices que representam transições de eventos previsíveis e determinísticos. Por outro lado, a partir de um HTG contendo arestas onde as condições são formadas por ações externas, como, por exemplo, a interação do usuário, ou por variáveis que não estão associadas ao tempo, como, por exemplo, aquelas utilizadas para avaliar as características do sistema de apresentação ou o perfil do usuário, várias cadeias temporais poderão ser construídas.

Independente da quantidade de cadeias temporais HTG, todas são obtidas através do caminhamento no HTG. Esse caminhamento, quando iniciado no vértice correspondente ao ponto de entrada da aplicação, produz uma cadeia denominada principal. O caminhamento para a construção de uma cadeia é interrompido quando uma aresta, que contém como condição uma ação externa ou uma variável não associada ao tempo, é encontrada, ou quando o vértice alcançado representa uma transição de evento imprevisível para o estado do seu evento.<sup>9</sup> Nesse caso, a partir do vértice destino dessa aresta, um novo caminhamento pode ser iniciado, para que uma nova cadeia temporal seja construída. Esse caminhamento somente não será iniciado caso a cadeia temporal a partir do vértice considerado já existir, isto é, caso essa cadeia já tenha sido previamente construída. Todas as demais cadeias temporais, além da principal, são denominadas secundárias.

A Figura 3.5 apresenta a cadeia temporal principal obtida através do caminhamento no HTG apresentado na Figura 3.4, partindo do vértice 1, definido como ponto de entrada. Assim como na Figura 3.4, a descrição do evento de apresentação foi suprimida nos vértices e também nas variáveis que representam a duração desse evento.

---

<sup>9</sup>A ocorrência de qualquer transição deve obedecer as especificações da máquina de estado da Figura 3.1. Durante um caminhamento também deve ser detectada a presença de ciclos (*loops*) que ocorrem quando um vértice em um caminhamento é novamente alcançado. O caminhamento também deve ser interrompido em relação ao vértice que indicou a presença desse ciclo.

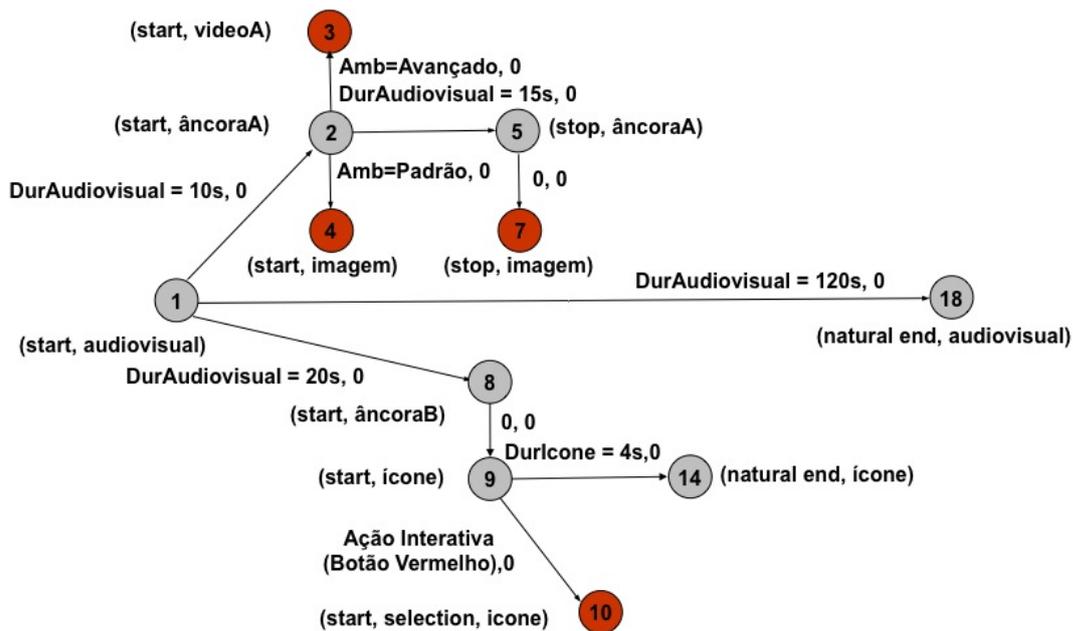


Figura 3.5 - Cadeia temporal principal do HTG apresentado na Figura 3.4.

Na Figura 3.5, os vértices sorvedouros, que representam transições de eventos imprevisíveis, estão destacados em vermelho. A cadeia principal representada nessa figura contém três transições de eventos imprevisíveis, representadas pelos vértices 3, 4, 7 e 10. A execução das transições dos eventos representadas pelos vértices 3 e 4 dependem das características do equipamento onde a aplicação é apresentada. A execução da transição representada pelo vértice 7 depende da apresentação da “imagem” estar ocorrendo (transição representada no vértice 4 ter sido executada). A execução da transição de início do evento de seleção, representada no vértice 10, depende da ocorrência de uma ação interativa do usuário, nesse caso, pressionar um botão vermelho. Dessa forma, os vértices 3, 4, 7 e 10 da cadeia temporal principal apresentada na Figura 3.5, são origem, cada um, de uma outra cadeia temporal (secundária), apresentadas na Figura 3.6.

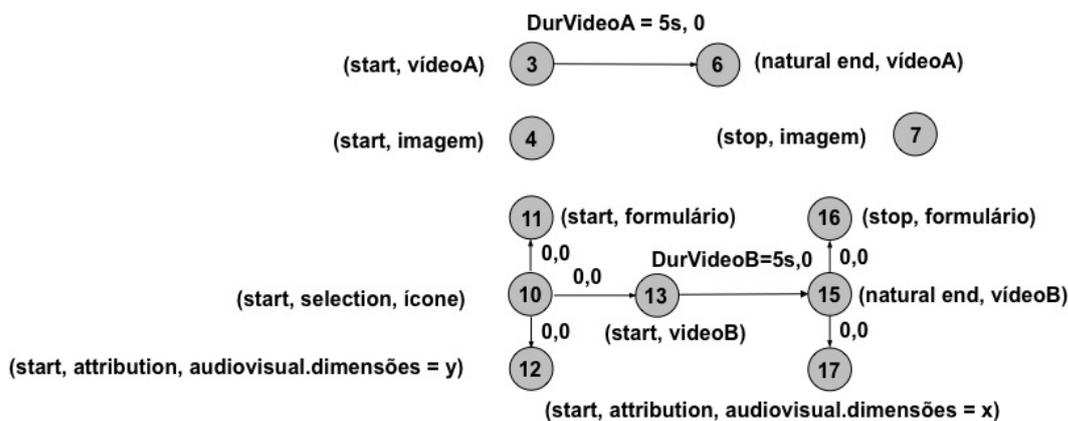


Figura 3.6 - Cadeias temporais secundárias do HTG da Figura 3.4.

Na Figura 3.6, os vértices 3 e 6 representam, respectivamente, o início e o fim da apresentação de “videoA”. Como anteriormente mencionado, as transições que os vértices dessa cadeia representam serão executadas caso o sistema de apresentação tenha a capacidade de exibir dois vídeos simultaneamente. Por outro lado, o vértice 4 representa o início da apresentação de “imagem”, que será executada caso o sistema de apresentação somente possa exibir um vídeo por vez. O vértice 7, indiretamente, também depende dessa mesma condição. Caso a apresentação de “imagem” não tenha sido iniciada, a transição de fim desse evento de apresentação também não irá acontecer, como definido na máquina de estado de eventos, apresentada na Figura 3.1. Nessa mesma figura, os vértices 10, 11, 12, 13, 15, 16 e 17 representam as transições dos eventos que devem ser executadas caso a ação interativa seja realizada (aresta entre os vértices 9 e 10 da Figura 3.5). As transições dos eventos existentes nessa cadeia alteram as dimensões do conteúdo audiovisual (“audiovisual”) e controlam a apresentação do “formulário” e do “videoB”.

Neste ponto pode-se justificar o uso de cadeias e não diretamente o HTG. Note que nas cadeias temporais, mesmos os eventos previsíveis não determinísticos ganham um tempo determinístico de ocorrência (tempo estimado de ocorrência). Esse tempo é aquele que será verdadeiro, caso a cadeia seja percorrida sem interrupção até o fim. No próximo exemplo, um caso de ocorrência de interrupção será tratado. Essa é uma grande diferença das cadeias temporais do Firefly, onde os eventos previsíveis não determinísticos não têm seus tempos sequer estimados.

Construir apenas sequências de transições de eventos determinísticas, como no Firefly, pode tornar o controle da apresentação totalmente dependente da ocorrência de eventos e com pouca utilidade na prevenção do descasamento do sincronismo de uma apresentação e no controle da distribuição dos conteúdos de mídia (ou seja, do processo de gerência de transporte). A Figura 3.7 exemplifica essa situação. Na figura, “N vídeos” podem ser sequencialmente apresentados, porém, durante a apresentação de cada vídeo, uma ação interativa pode interromper a apresentação do vídeo atual e iniciar a apresentação do próximo vídeo. Nesse exemplo, assim como acontece nas aplicações NCL, que serão abordadas no próximo capítulo, não existem diferenças entre as transições que correspondem ao fim de um evento (Regra 2 da Tabela 3.1).

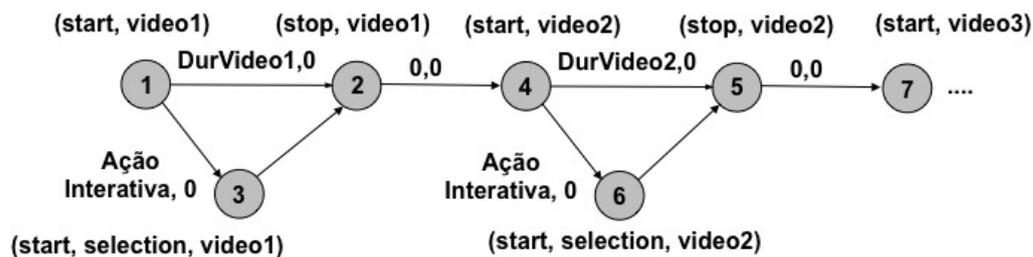


Figura 3.7 - HTG com vários eventos imprevisíveis.

No controle pelas cadeias temporais Firefly, a apresentação da Figura 3.7 seria iniciada pela transição de início da apresentação do objeto “video1”, único vértice da sua cadeia principal. Apenas utilizando essa cadeia, não haveria qualquer informação sobre possíveis ocorrências, e, portanto, possíveis ajustes e envio de dados, caso não ocorresse a interação do usuário. Após a execução da transição de início do “vídeo1”, a apresentação da aplicação permaneceria aguardando pelo fim da apresentação desse vídeo ou por uma ação interativa. Só após a ocorrência de um desses dois eventos, a cadeia secundária iniciada por um deles seria acoplada à cadeia principal e o controle da apresentação continuaria. Esse comportamento se repetiria ao longo da apresentação, em um verdadeiro paradigma orientado a (transições de) eventos, com ações sendo tomadas apenas quando das ocorrências desses eventos.

Através do HTG da Figura 3.7, a cadeia temporal principal proposta nesta tese, ao contrário da cadeia Firefly anterior, apresenta importantes informações adicionais, como apresentado na Figura 3.8.

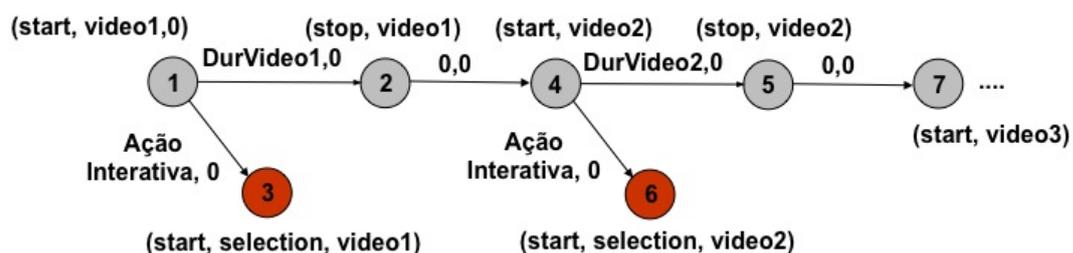


Figura 3.8 - Cadeia temporal principal do HTG da Figura 3.7.

A cadeia da Figura 3.8 oferece ao escalonador da apresentação uma previsão do comportamento da aplicação. Caso nenhuma ação interativa aconteça, o comportamento da apresentação será realizado conforme descrito na cadeia principal. Por outro lado, caso alguma das ações interativas possíveis ocorra, os eventos de uma cadeia secundária, com origem na transição de evento imprevisível (vértices 3 e 6) deverão ser adicionados à cadeia principal, que

poderá ter os tempos dos eventos previsíveis não-determinísticos devidamente corrigidos a partir de então. A Figura 3.9 apresenta duas das  $N$  cadeias secundárias da aplicação representada pelo HTG da Figura 3.7. Durante o caminhamento para construção de uma cadeia temporal, podem ser encontrados vértices já definidos em uma outra cadeia. Esse é o caso, por exemplo, dos vértices 2 e 5 da Figura 3.9. Como esses vértices já foram definidos em outra cadeia, nesse caso, na cadeia principal, eles são apenas referenciados nas cadeias secundárias.

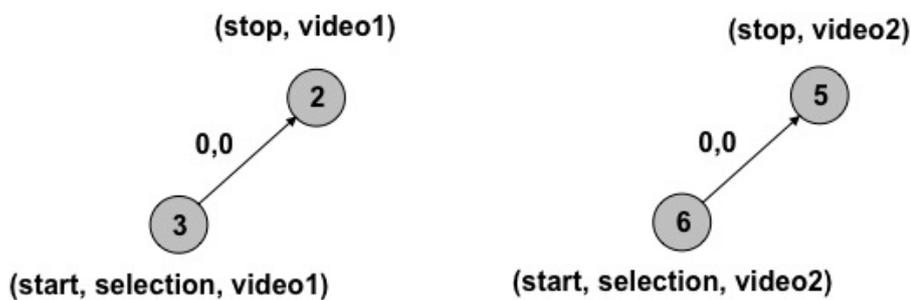


Figura 3.9 - Duas cadeias temporais secundárias do HTG da Figura 3.7.

Ainda na Figura 3.9, a primeira cadeia secundária é iniciada pelo vértice correspondente ao início do evento de seleção do objeto “video1” (vértice 3). Essa transição, quando executada como consequência de uma ação interativa representada na cadeia principal, provoca o fim da apresentação do objeto “video1” (vértice 2). Com consequência dessa ocorrência, o tempo previsto para o início da apresentação do objeto “video2” (vértice 4) será modificado. A Figura 3.10 mostra a cadeia resultante da junção dessa cadeia secundária com a cadeia principal, no momento “x segundos” que ocorre a interação do usuário.

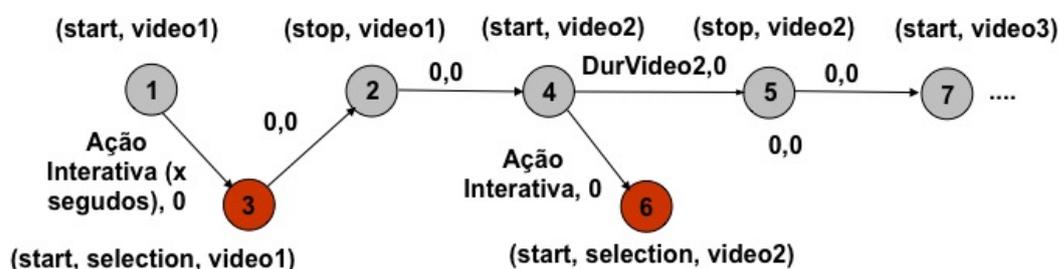


Figura 3.10 - Cadeia HTG resultante da junção da cadeia principal com a primeira cadeia secundária.

A outra cadeia secundária da Figura 3.9 possui vértices que representam as mesmas transições de eventos, porém, para o objeto “video” (vértices 6 e 5). As

demais cadeias secundárias desse exemplo serão construídas de forma similar, para os demais vídeos da aplicação.

Cadeias temporais podem ser interpretadas de diferentes formas. Cada uma dessas interpretações define um plano temporal, alguns dos quais serão propostos no Capítulo 5, com o objetivo de controlar a qualidade das apresentações e otimizar a utilização de recursos.

Em relação à apresentação, durante a sua ocorrência, cadeias vão sendo adicionadas ou descartadas, dependendo da ocorrência das transições de eventos imprevisíveis, conforme exemplificado na Figura 3.10. Ao final de uma apresentação, um outro HTG, na maioria das vezes diferente do HTG original concebido na autoria (um HTG original filtrado), será construído. Esse novo HTG representa o histórico da apresentação que pode ser salvo a qualquer momento, permitindo que a mesma apresentação seja novamente realizada, com todas as adaptações e opções escolhidas pelo usuário.

Como exemplo, considerando a aplicação da Figura 3.4, supondo que nesse exemplo, o sistema de apresentação não seja capaz de apresentar dois vídeos simultaneamente e que o usuário não realize a ação interativa permitida, no final da apresentação o seu histórico é representado pelo HTG ilustrado na Figura 3.11.

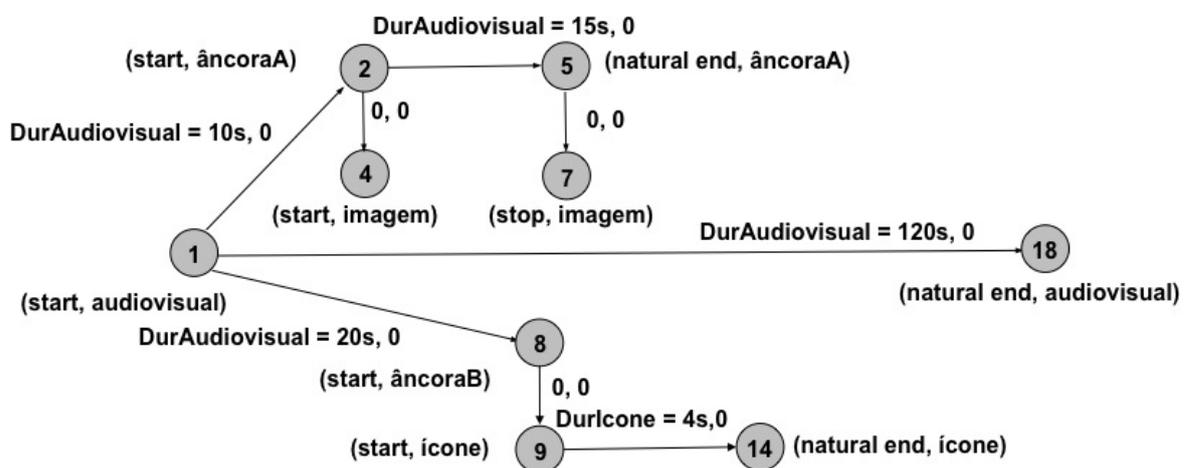


Figura 3.11 - Um possível HTG final para a apresentação da Figura 3.4.