Um Ambiente para Modelagem e Execução de Processos

Marcus Felipe M. C. da Fontoura
e-mail: mafe@inf.puc-rio.br

Carlos José P. de Lucena
e-mail: lucena@inf.puc-rio.br

PUC-RioInf.MCC14/97 Abril, 1997

Abstract

This work presents the architecture and main features of an environment for process modeling and analysis. The software and business processes are modeled through a process language based on Petri Nets which handles all important objects for process definition such as artifacts, roles, and tools.

Keywords: Processes, Process Programming, Software Engineering Environments, Process Languages.

Resumo

Este trabalho apresenta a arquitetura e as características principais de um ambiente para modelagem e análise de processos. A modelagem dos processos, tanto de software quanto de negócio, é feita através de uma linguagem de processos baseada em Redes de Petri que manipula os objetos relevantes à definição dos processos tais como artefatos, cargos e ferramentas.

Palavras-Chaves: Processos, Programação de Processos, Ambientes de Engenharia de Software, Linguagens de Processo.

1. Introdução

Vários estudos têm sido feitos no sentido de se desenvolver "Fábricas de Software" [Hubert 91] com o intuito de aprimorar o desenvolvimento e a qualidade dos produtos de software. Junto com a idéia de "Fábricas de Software" surge o conceito de controle do "Processo de Software".

"Ambientes de Engenharia de Software dirigidos por Processo" (*PSEE*) caracterizam-se por dar suporte a descrição e execução de processos de modo a auxiliar e controlar todas as atividades envolvidas na produção e manutenção de um software operacional. Além disso, a interface do usuário com o ambiente é orientada pelo processo definido [Gimenes 94].

Este trabalho apresenta as características e a arquitetura de um *PSEE* contendo editores gráficos de processo, visualizadores e ferramentas de apoio à execução. A linguagem de representação de processos foi baseada em Redes de Petri incorporando alguns aspectos definidos em JIL [Sutton & Osterweil 97], tais como tratamento de exceções local e global, existência de pré-condições, pós-condições e restrições e o conceito de subprocessos. O uso de Redes de Petri em linguagens de definição de processos é bastante aceito, principalmente pela facilidade na representação de sincronismo, necessária para esse tipo de aplicação.

O desenvolvimento de software é uma tarefa que deve ser realizada pelo conjunto "homem-máquina". Portanto o ambiente proposto também dá suporte a uma descrição "informal" do processo mais facilmente entendida por seres-humanos. Assim sendo, todo processo definido terá uma representação formal que será entendida, instanciada e executada, e uma representação informal, que servirá como documentação para auxiliar os usuários no entendimento do processo. A modelagem da representação informal (documentação) dos processos é baseada em hipertexto. Existe um mapeamento direto das representações formal e informal através de uma relação entre atividades ou tarefas, representadas na descrição formal, e nós de um hipertexto, representados na descrição informal do processo.

Uma outra característica do ambiente proposto é o fato de sua interface de execução ter sido desenvolvida em WWW *(World Wide Web)*, permitindo assim que seus usuários possam estar espalhados em uma WAN *(Wide Area Network).*

O seção 2 apresenta a arquitetura e as características básicas do ambiente proposto. A seção 3 descreve alguns trabalhos relacionados e em seguida são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2. Arquitetura e Características Básicas

2.1 Arquitetura

PAGoDE *(Process Analisys desiGn and Documentation Environment)* é um ambiente de engenharia de software orientado a processos [Karrer & Scacchi 94, Gimenes 94]. A idéia básica é permitir que se modelem processos, tanto de software quanto de negócio, e que os processos modelados possam ser executados e acompanhados com auxílio do ambiente.

O ambiente pode ser dividido em dois módulos distintos:

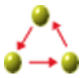
- Módulo de edição de processos: onde são definidos os processos através de uma linguagem de processos;
- Módulo de execução: que possui uma máquina de instanciação e execução (*enactment engine*) de processos. Esse módulo é responsável por interpretar a descrição do processo que se deseja executar, instanciá-la e controlar sua execução. O controle de uma interface baseada em agendas para execução de processos que necessitem de intervenção humana também faz parte deste módulo.

Ambos os módulos fazem uso de uma camada de gerenciamento de objetos, que é responsável por fornecer os objetos necessários para a implementação de cada um dos módulos.

O repositório de PAGoDE contém objetos de definição, utilizados na definição dos processos, objetos de execução, responsáveis pela instanciação, execução e controle dos processos, e objetos de métrica, que são objetos que contém informações sobre processos previamente executados no ambiente.

Objetos de definição são os objetos que são manipulados pela linguagem de processos do ambiente. A tabela abaixo apresenta todos os objetos de definição.

Objeto	Descrição
 Processos	Cada objeto processo contém a descrição de um processo modelado. PAGoDE permite que processos possam ser decompostos em subprocessos, permitindo assim o aninhamento de processos em vários níveis. Os processos podem ser classificados como batch, que são processos que não necessitam intervenção humana e processos de usuário, que são processos que necessitam intervenção humana.
 Cargos	Os objetos cargos representam a estrutura organizacional modelada. A estrutura de cargos é hierárquica, ou seja, cargos podem conter outros cargos. Cada cargo pode possuir vários atores, que são objetos que representam os funcionários da organização sendo modelada. São os atores que vão interagir nos processos de usuário.
 Artefatos	Artefatos (ou documentos) são os produtos que são consumidos e/ou gerados pelos processos. Um processo de usuário especifica que um determinado cargo deve produzir um determinado artefato, por exemplo, uma requisição. Quando esse processo é executado, um ator daquele cargo deve ser designado para editar tal requisição, produzindo assim o artefato especificado. Os artefatos são compostos por campos. No exemplo acima a requisição poderia conter campos como Nome, Idade e Salário.

 Ferramentas	PAGoDE possui dois tipos de ferramentas: usuário e batch. Ferramentas de usuário são utilizadas para auxiliar a edição de artefatos. O ambiente permite que cada campo de um determinado artefato tenha uma ferramenta de auxílio. Um artefato que representa a documentação de um sistema, por exemplo, pode ser editado com auxílio de um editor de diagramas. Ferramentas batch são utilizadas em processos batch para processar artefatos sem a necessidade de intervenção humana. Os dois tipos de ferramentas representam aplicações externas ao ambiente.
 *Advisors*	*Advisors* (ou *project advisors*) são um tipo especial de ferramenta batch que atua acompanhando a execução dos processos e realizando tarefas de auxílio ao gerenciamento do projeto. *Advisors* podem fazer uso dos objetos de métrica para obter informações sobre execuções anteriores de um determinado processo.

A persistência dos objetos manipulados em PAGoDE é garantida pela camada de armazenamento. Essa camada torna os métodos de armazenamento e a estrutura da base de dados utilizada na implementação do ambiente totalmente transparentes para o resto do sistema. Isso permite que se possa alterar as características e a definição da base de dados utilizada sem que se altere a implementação das demais camadas do sistema.

A figura abaixo ilustra essa arquitetura.

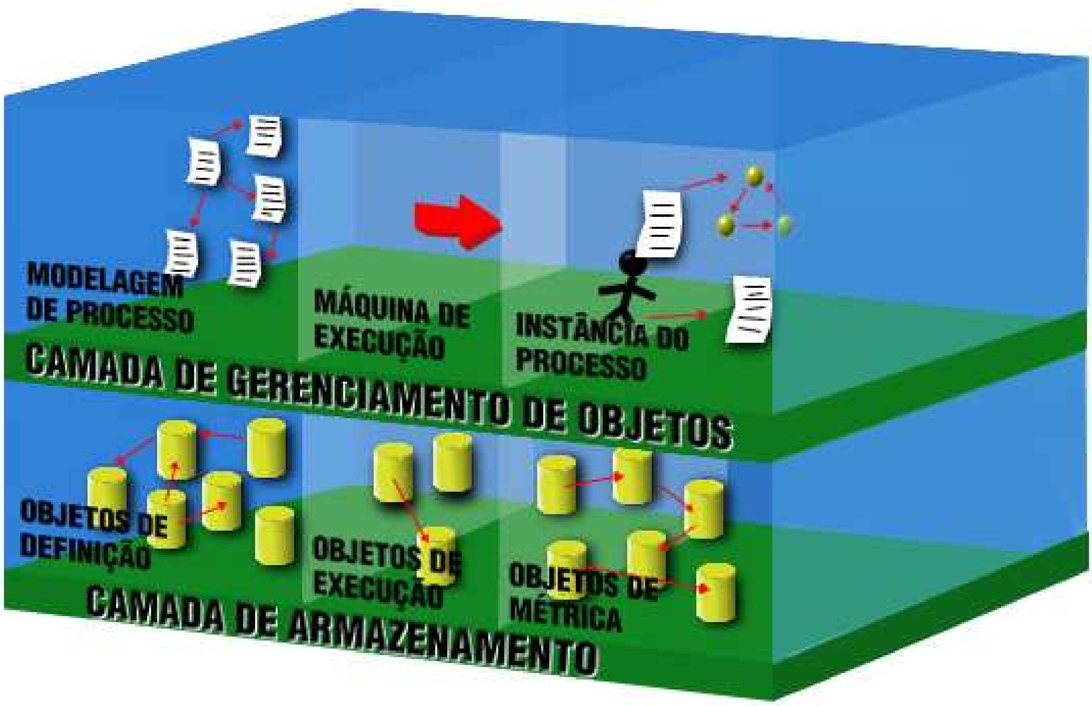


Figura A: Arquitetura do ambiente PAGoDE

2.2 Tipos de Usuários

O sistema possui dois tipos de usuários bem distintos, a saber:

- Engenheiro de negócio: responsável pela modelagem e acompanhamento dos processos;
- Operador: funcionário da organização (ator) que interage com o sistema para a execução de processos de usuário.

O engenheiro de negócio faz a modelagem dos processos baseado no seu conhecimento do negócio da organização. No caso de organizações de desenvolvimento de software o papel do engenheiro de negócio é feito por engenheiros de software que possuam conhecimento dos processos de desenvolvimento utilizados.

Em geral as organizações possuem algum tipo de documentação dos seus processos. Neste caso a função do engenheiro de negócio é a de modelar os processos através da linguagem de processos do ambiente, com base nessa documentação. No caso em que não exista nenhuma documentação dos processos, essa documentação deve ser gerada para que então os processos possam ser modelados.

Além da modelagem o engenheiro de negócio é também responsável pelo acompanhamento da execução dos processos. Obviamente uma organização de porte médio deverá possuir vários engenheiros de negócio, responsáveis, por exemplo, por diferentes departamentos (modelados em PAGoDE pela estrutura de cargos).
Os operadores de uma organização são os responsáveis pela execução de processos do usuário. Na instanciação de um processo do usuário, o operador (modelado por um objeto ator) responsável pela execução de tal processo deve ser especificado. A interface vista por cada operador é baseada em agendas onde o operador pode verificar quais processos pendentes ele tem para realizar bem como instanciar novos processos. A idéia de interface baseada em agendas é usada em vários ambientes tais como ProcessWeaver [Bourdon 92] e IPSE 2.5 [Bruynooghe et. al. 91].

A interface de agendas foi implementada em WWW (World Wide Web), permitindo assim que a execução dos processos seja distribuída. O uso de WWW também permite que sejam modelados processos que transcendam os limites organizacionais. Um exemplo simples é a modelagem de processo de compra entre uma empresa fornecedora e seus clientes. A empresa fornecedora pode modelar esse processo criando um subprocesso de pedido de compras que é executado por um ator denominado “Comprador”. Portanto, quando alguma empresa cliente for realizar a compra basta que um operador desta empresa se identifique como “Comprador” e instancie um novo processo de pedido de compras.

2.3 Documentação de Processos (Representação Informal)

Conforme foi dito anteriormente um dos trabalhos do engenheiro de negócios é o de converter a documentação de processos já existente na organização para uma modelagem baseada na linguagem de processos do ambiente. No entanto, o ambiente também permite que uma representação textual (que é o tipo de documentação de processos geralmente encontrada nas organizações) possa ser associada a cada processo modelado.

Portanto o sistema é capaz de armazenar duas representações para cada processo: uma representação formal, descrita na linguagem de processos do ambiente, e uma representação textual (ou informal). A representação formal será usada pela máquina de instanciação e execução enquanto a representação textual será usada como documentação pelos operadores.

Cada operador poderá consultar a documentação (representação informal) dos processos para obter informações relevantes tais como objetivos do processo, tarefas que devem ser realizadas, artefatos que manipula e relacionamentos entre processos. Em [Fiorini 95] encontra-se uma descrição de atributos relevantes para documentação de processos.

Como a estrutura de processos é hierárquica, ou seja, processos podem ser compostos por outros processos (subprocessos) em vários níveis de profundidade, essa hierarquia deve ser refletida também na documentação. Outra característica importante da representação dos processos em PAGoDE é que cada operador que pertença a um determinado cargo é capaz de visualizar apenas os processos que podem ser executados por aquele cargo (ou por seus subcargos). Isso significa que operadores que pertençam a cargos diferentes podem possuir visões diferentes das hierarquias de processos do ambiente.

A necessidade de representação de hierarquias e controle de visões por cargo são dois requisitos importantes que são atendidos pelo sistema de documentação do ambiente. Para atender tais requisitos a forma de representação escolhida para a documentação dos processos foi a hipertextual baseada no Modelo de Contextos Aninhados *(NCM - Nested Context Model)* [Soares et. al. 95].

O *NCM* baseia-se nos conceitos de nós de conteúdo e nós de composição, onde os nós de conteúdo representam a informação (no caso do PAGoDE cada nó de conteúdo representa a documentação de um processo) e os nós de composição representam relacionamentos entre nós (tanto de conteúdo quanto de composição). A implementação dessa estrutura baseia-se no *Design Pattern Composite* [Gamma et. al. 95].

O sistema de documentação foi construído criando-se um nó de composição para cada cargo representando sua visão da hierarquia de processos. Obviamente esses nós de composição são compostos por outros nós de composição representando a estruturação hierárquica de cada processo (decomposição em subprocessos).

Em PAGoDE as duas formas de representação de processos, formal e informal, são integradas. O operador pode consultar a documentação de processos e a partir daí executá-lo, bem como enquanto estiver executando um processo consultar sua documentação. A figura abaixo representa esse mapeamento entre as formas de representação de processos do sistema.

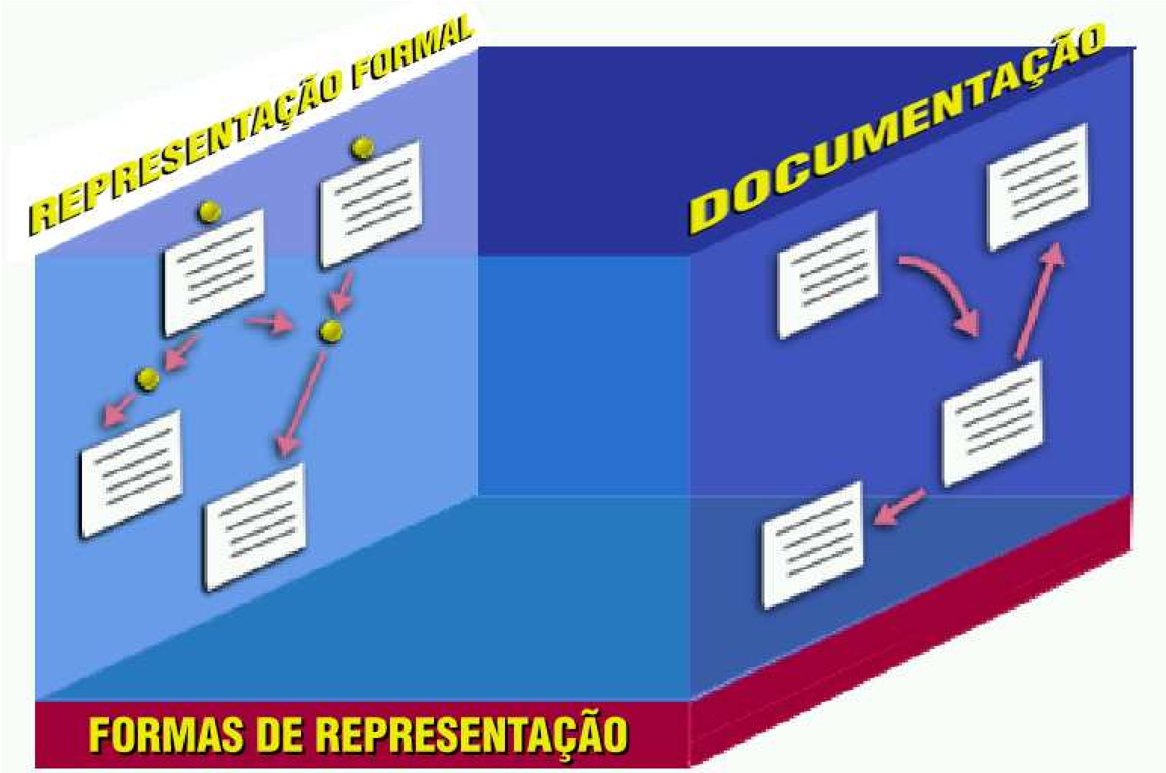


Figura 2: Mapeamento entre as representações de processos

A consulta da documentação do sistema é feita na mesma interface baseada em agendas vista pelos operadores.

2.4 Linguagem de Modelagem de Processos (Representação Formal)

A linguagem de processos do ambiente PAGoDE (PAGoDE Language) é baseada na linguagem JIL [Sutton & Osterweil 97]. O fato de JIL[1] ser uma linguagem textual torna muito difícil o acompanhamento (*trace*) da execução de processos escritos nesta linguagem. Essa dificuldade vem do fato de que processos podem ser executados em paralelo, necessitam de pontos de sincronismo e possuem dependências entre si [Barthelmess & Wainer 95]. Essas características são mais facilmente entendidas através de uma representação gráfica.

Uma representação visual que atende aos requisitos descritos acima é a de Redes de Petri [Peterson 81]. Redes de Petri têm sido bastante utilizadas em linguagens de processos [Bandinelli et. al. 93, Deiters & Gruhn 90]. A execução de processos pode ser vista como um sistema de tempo real onde existem restrições temporais para a execução de tarefas. Portanto o modelo de Redes de Petri utilizado em PAGoDE Language é o de Redes de Petri Temporizadas *(Time Petri Nets)* [Merlin 76, Merlin & Farber 76].

PAGoDE Language é uma linguagem para programação de processos que integra os conceitos existentes em JIL com uma representação gráfica baseada em Redes de Petri Temporizadas.

[1] O ambiente Julia apresenta uma representação gráfica para JIL, contudo essa representação ainda está em desenvolvimento e, portanto, não é tão bem aceita e conhecida quanto, por exemplo, Redes de Petri.

PAGoDE Language manipula os objetos de definição (processos, cargos, artefatos, ferramentas e *project advisors*) apresentados anteriormente.

Processo é o elemento principal na linguagem. A figura abaixo mostra a hierarquia de classes que modelam os processos no ambiente PAGoDE.

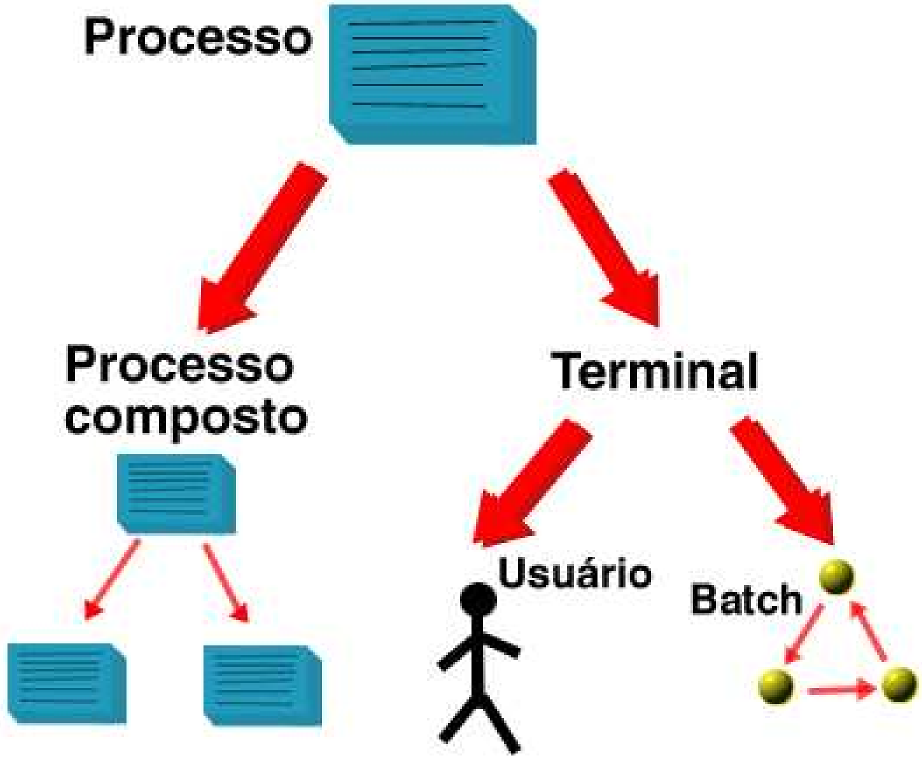


Figura 3: Hierarquia de classes de processo

Conforme discutido anteriormente, processos de usuário são processos que necessitam de intervenção de atores para sua realização enquanto processos batch são executados apenas por ferramentas.

Cada processo é representado em PAGoDE Language por uma transição em uma Rede de Petri Temporizada. Para cada processo composto (formado por subprocessos que podem ser de usuário, batch ou compostos) a transição representa uma outra Rede de Petri Temporizada, formando assim uma Rede de Petri Temporizada Hierárquica (RPTH) [Willrich et. al. 96].

Cada transição da RPTH contém a especificação do processo modelado naquela transição. Essa especificação pode ser feita tanto em tempo de modelagem quanto em tempo de execução. A forma da especificação varia com o tipo de processo sendo modelado (usuário, batch ou composto) porém existe uma parte comum referente à especificação dos seguintes atributos:

- Pré-condições, restrições e pós-condições[2]: assim como em JIL, representam as condições que devem ser atendidas para o início, durante a execução e para o término de um

[2] O atributo restrições não é utilizado em processos batch, uma vez que seu propósito é o de validar a execução do processo.

processo. Em PAGoDE Language as pré-condições habilitam o disparo das transições da RPTH;

- Definição do intervalo de tempo de disparo do processo (TDI, Tempo de Disparo Inicial, e TDF, Tempo de Disparo Final): o intervalo de disparo funciona como pré e pós-condições na execução dos processos;
- Tratamento de exceções: o tratamento de exceções de PAGoDE Language é exatamente igual ao de JIL. A violação de pré-condições, restrições e/ou pós-condições pode ser tratada localmente ou globalmente através do mecanismo de controle de fluxo reativo;
- Controle reativo: o controle reativo de PAGoDE é baseado no mecanismo de eventos, onde a ocorrência de um determinado evento pode disparar a execução de uma nova instância de processo que irá tratar esse evento.

2.4.1 Processos de Usuário

Processos de usuário especificam a edição de um artefato por um ator de um determinado cargo. Portanto, para cada processo de usuário descrito em PAGoDE Language os seguintes atributos devem ser especificados:

- Artefato: representando um artefato previamente cadastrado no ambiente PAGoDE;
- Cargo: indicando o cargo (também previamente cadastrado em PAGoDE) que deve conter o ator que irá executar o processo;
- Ator: operador que irá executar o processo.

A edição do artefato poderá fazer uso de ferramentas de usuário que tenham sido cadastradas para auxiliar a edição de campos daquele artefato.

2.4.2 Processos Batch

Processos batch são executados sem a intervenção humana. Processos batch representam o processamento de artefatos por ferramentas e são especificados em PAGoDE Language através dos seguintes atributos:

- Ferramenta: ferramenta batch (ou *advisor*) que irá realizar o processamento;
- Mapeamento: especificação do mapeamento entre os parâmetros de entrada e saída da ferramenta e os artefatos que serão processados e gerados.

2.4.2.1.1 *Project Adivisors*

Project advisors são tipos especiais de ferramentas batch que podem fazer uso dos objetos de métrica do ambiente. A finalidade dos objetos de métrica é a de formar um repositório de informações sobre execuções prévias de processos. Esse repositório contém várias informações relevantes tais como tempo médio de duração de processos e comparação de desempenho de processos quando executados por atores diferentes.

Um exemplo de *Advisor* pode ser uma ferramenta que otimiza a distribuição das tarefas entre os atores levando em conta o desempenho desses atores em execuções prévias desses mesmos processos.

Na versão atual de PAGoDE não existe nenhum suporte para criação de novos *advisors*, contudo pretende-se incorporar ao ambiente assistentes (*wizards)* para auxiliar essa tarefa.

2.5 Biblioteca de Padrões de Processo

Padrões de design (*design patterns*) foram introduzidos por Christopher Alexander [Alexander et. al. 77] para a área de arquitetura. Ele definiu um padrão de design como um elemento que descreve uma solução genérica para um problema que ocorre repetidamente em um determinado cenário. Esta solução genérica pode ser usada diversas vezes, sem a necessidade de repensar o problema. O que Alexander definiu pode ser facilmente utilizado no design de software [Gama et. al. 95, Alencar et. al. 95].

O uso de *design patterns* no desenvolvimento de software tem sido proposto também como uma forma de documentar *frameworks* [Johnson 92, Gama et. al. 93], afim de facilitar o seu entendimento e conseqüente uso.

Um padrão de design é composto por quatro partes essenciais [Gama et. al. 95, Moura 96]:

- Nome: identificador que descreve o problema de design. Nomear um padrão de design facilita o trabalho do projetista, pois o aumento de vocabulário permite um design em alto nível. A comunicação de idéias aos companheiros de trabalho também é facilitada. Outra vantagem, é a possibilidade de documentar projetos de forma mais detalhada;
- Problema: descreve a situação onde pode ser aplicado um padrão de design. Explica o problema e o contexto do mesmo. Em geral esta parte inclui uma lista de condições que devem ser satisfeitas, afim de se aplicar corretamente o padrão de design;
- Solução: descreve os elementos que fazem parte da solução, seus relacionamentos, responsabilidades, e colaboradores. Esta parte deve descrever uma solução genérica, na medida em que um padrão de design deve poder ser aplicado em diversas situações;
- Consequências: são os prós e contras de aplicar-se um padrão de design. Esta parte contém a avaliação entre as alternativas de design, e a descrição dos custos e benefícios em aplicá-las.

O conceito de *design patterns* pode ser facilmente estendido para modelagem de processo (*process patterns*).

Uma grande diferença entre *process patterns* e *design patterns* é que os padrões de processo são sempre dependentes de domínio enquanto que os padrões de design não o são necessariamente. Os padrões de design apresentados em [Gama et. al. 95], por exemplo, não são dependentes de nenhum domínio de aplicação.

PAGoDE possui uma biblioteca de padrões de processo classificadas por domínio e permite que novos domínios sejam cadastrados assim como novos padrões. Dessa forma o engenheiro de negócio pode fazer uso de processos bem estabelecidos no seu domínio de trabalho para modelar os processos de sua organização.

O estabelecimento de padrões de processo depende do conhecimento vasto do domínio de aplicação daquele processo. No caso do domínio de desenvolvimento de software vários padrões são estabelecidos. Em geral esses padrões são baseados em modelos de ciclo de vida de software, tais como Booch [Booch 94] e Rumbaugh [Rumbaugh et. al. 91], aliados aos aspectos gerenciais do desenvolvimento, como alocação da equipe e controle do cronograma do projeto.

*2.6 Análise de Processos (*Trace*)*

A análise de processos em PAGoDE é feita através de um mecanismo de *trace*, onde cada transição da RPTH é representada por cores diferentes identificando estados de execução diferentes. Os seguintes estados de execução são possíveis para cada processo:

- Ativo: o processo está executando naquele momento;
- Inativo ou bloqueado: está aguardando o início de sua execução;
- Abortado: teve sua execução interrompida devido à violação de alguma restrição.

A figura abaixo mostra a visualização de um *trace* em um determinado instante da execução de um processo em PAGoDE.

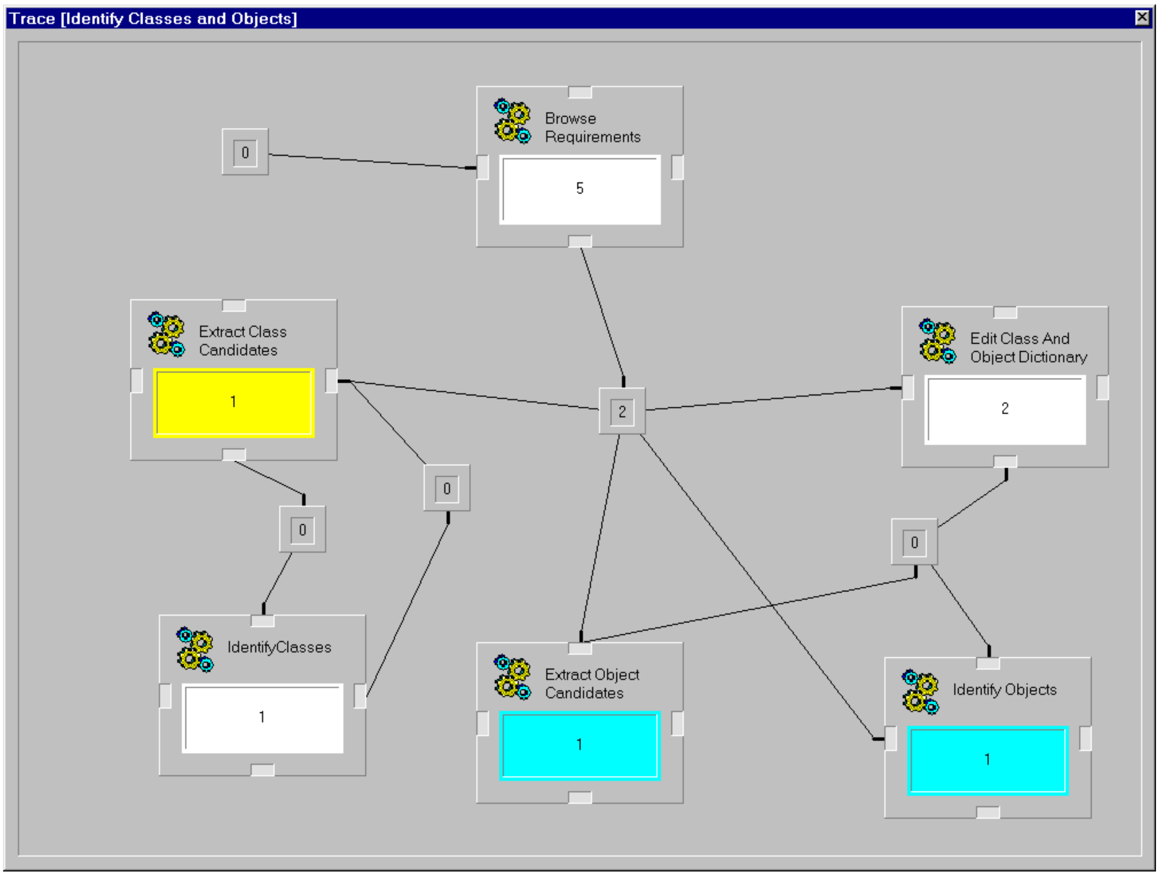


Figura 4: Acompanhamento de processos (*Trace*)

3. Trabalhos Relacionados

O ambiente Articulator [Sccachi 96] baseia-se na descrição de processos através da definição de classes de objetos, que possuem atributos, relações, restrições, controle de fluxo, regras e métodos. A modelagem é baseada na captura de descrições informais do processo e na passagem dessas descrições para representações formais de processos e instâncias de processos. As grandes contribuições desse ambiente são o suporte visual à execução, capacidade de simulação e o poderoso sistema de análises de processo.

ProcessWeaver [Bourdon 92] é um modelo que utiliza Redes de Petri para a representação dos processos. Ele dá suporte a descrição de atividades em função dos seus recursos, entradas, saídas e parâmetros de controle. As transições da rede representam as atividades enquanto a existência de marcadores nos lugares habilitam sua execução. O ambiente de execução controla uma interface baseada em agendas, vista pelos membros da equipe do projeto. A partir dessa interface cada usuário pode executar suas tarefas com o auxílio de ferramentas externas ao ambiente. Os vários tipos de processo possuem representações visuais diferentes, proporcionando uma poderosa representação gráfica para o ambiente.

O ambiente Julia [Sutton & Osterweil 97] é um ambiente integrado de controle de processos. A modelagem dos processos é feita com base na linguagem JIL (Julia Input Language), que serviu de base para a definição da linguagem do ambiente PAGoDE. Julia fornece vários serviços de suporte a execução de processos, que são baseados em um interpretador da linguagem e em agentes (incluindo agentes humanos). Durante a execução dos programas o interpretador se comunica com um gerenciador de objetos para solicitar a aquisição de artefatos e com um gerenciador de recursos, para solicitar a aquisição de recursos. Os gerenciadores de objeto e de recurso, por sua vez, fazem uso de um gerenciador de *lock,* que é responsável pelo controle de concorrência. Os conflitos de aquisição de objetos e de recursos são resolvidos por um objeto, PCA *(Process Control Authority),* que pode necessitar de intervenção humana para tal.

Uma discussão de outros ambientes de engenharia de software orientados a processo pode ser vista em [Gimenes 94, Karrer & Scacchi 94].

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

A partir da análise de estudos de caso realizados (descritos detalhadamente em [Fontoura 97]) e com base na avaliação dos ambientes orientados a processo existentes algumas conclusões podem ser tiradas a respeito do ambiente apresentado neste trabalho:

- A separação dos tipos processo em batch e de usuário facilita bastante a modelagem do processo. Essa característica não é apresentada de forma explícita em nenhum dos ambientes estudados;
- Processos compostos também facilitam bastante a modelagem e possibilitam que processos possam ser reutilizados para compor processos mais complexos;
- O suporte à duas representações de processo, formal e informal, integradas é de fundamental importância para a utilização efetiva do ambiente por parte dos operadores. Os ambientes estudados também não apresentam essa característica;

- O suporte visual ao acompanhamento dos processos *(trace)*, encontrado apenas no ambiente Articulator [Scacchi 96], facilita bastante o gerenciamento dos projetos, permitindo que os engenheiros de negócio tenham controle total do andamento de cada projeto sob sua responsabilidade;
- *Project Advisors* se mostraram de fundamental importância para a modelagem dos processos, conforme demonstrado nos estudos de caso apresentados;
- A introdução do conceito de padrões de processo (ainda não encontrado na literatura) é importante tanto sob aspectos teóricos quanto no auxílio ao trabalho do engenheiro de negócios;
- A utilização de WWW para o desenvolvimento da interface dos operadores torna a utilização do sistema bastante flexível, permitindo que operadores trabalhem espalhados em uma WAN;
- O uso de WWW também é importante na padronização da interface do ambiente, diminuindo assim a curva de aprendizado por parte dos operadores;
- Uma característica interessante da utilização do ambiente é o fato do módulo de edição (engenheiro de negócios) poder ser cadastrado no ambiente como uma ferramenta, permitindo assim que se modelem processos que possuam etapas (subprocessos) relativas à modelagem de processos;
- Em relação à modelagem da implementação atual do ambiente, a utilização do relacionamento de visualização *(Views a)* [Alencar et. al. 97b], tornou bastante clara a estrutura do modelo de execução.

Um ponto que pode ser considerado deficiente na versão atual do ambiente é a dificuldade de modelagem de processos por engenheiros de negócio que não sejam programadores. Na próxima versão serão desenvolvidos assistentes *(wizards)* com o intuito de facilitar essa tarefa.

Uma outra deficiência do ambiente é a falta de suporte à outras linguagens de representação de processo. Para diferentes utilizações do ambiente diferentes linguagens de representação são necessárias. Um exemplo seria a utilização do ambiente para *Process Schedulling* [Schlenoff et. al. 96], onde uma representação da linguagem de processos baseada em diagramas PERT seria mais adequada. O *framework* para construção de *Process Life-Cycle Applications* apresentado em [Alencar et. al. 97a] visa solucionar esse problema.

A seguir é apresentada uma lista de trabalhos para melhoria e complementação do ambiente PAGoDE. Parte desses trabalhos já esta sendo desenvolvida em projetos do Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio.

- Desenvolvimento de ferramentas para análise e otimização de processos. Essa ferramenta seria responsável por vários tipos de análises tais como *what-if*, checagem de inconsistências e checagem de *deadlocks*;
- Desenvolvimento de uma camada de suporte à *EDI (Eletronic Data Interchange*) [Premenos 97], permitindo que processos inter-organizacionais sejam realizados de acordo com esse padrão;
- Modelagem e desenvolvimento da camada de controle e gerenciamento de processos do ambiente de engenharia de software TOTEM [Staa & Cowan 95], atualmente em desenvolvimento no LES.

Existem também algumas extensões teóricas deste trabalho:

* Modelagem de um *framework* para construção de ambientes orientados a processos com o uso de *Viewpoints* e *Design Patterns* [Alencar et. al. 97a];
* Estudos para estabelecimentos de padrões de processo *(process patterns*) na área de engenharia de software;
* Realização de estudos de caso para avaliação de métricas com a utilização do ambiente;
* Formalização da semântica da linguagem de processos.

5. Referências

[Alencar et. al. 95] Alencar, P. S. C., Cowan, D. D., Lucena, C. J. P., "Integrating Design Patterns an Subject-Oriented Programming within the ADV Framework", Submitted to the 18th International Conference on Software Engineering, ICSE'95, 1995.

[Alencar et. al. 97a] Alencar, P. S. C., Cowan, D. D., Fontoura, M. F. M. C., Lucena, C. J. P., Nelson, T.: "A Framework Development Approach based on Viewpoints", Techinical Report, Computer Systems Group, University of Waterloo, Ca, 1997.

[Alencar et. al. 97b] Alencar, P. S. C., Cowan, D. D., Nova, L. C. M., Lucena, C. J. P., "Interface Modeling with ADVs" , Techinical Report, Computer Systems Group, University of Waterloo, Ca, 1997.

[Alexander et. al. 77] Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein , M., Jacobson, M., Fiksdahl-King , I., Angel, S., "A Pattern Language", Oxford University Press, New York, 1977.

[Bandinelli et. al. 93] Bandinelli, S., Fuggetta, A., Grigolli, S.: "Process modeling in-the-large with SLANG", In Proc. of the Second International Conference on Software Engeneering, pp. 144-154, 1993.

[Barthelmess & Wainer 95] Barthelmess, P. & Wainer, J.: "Workflow Modeling", CYTED-RITOS International Workshop on Groupware, Lisbon, Portugal, Setembro 1996

[Booch 94] Booch, G.: "Object-Oriented Analisys and Design with Applications", The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., segunda edição, 1994.

[Bourdon 92] Bourdon, M.: "Process Weaver: Process Modeling Experience Report", Technical Report, CAP Gemini Innovation, 1992.

[Bruynooghe et. al. 91] Bruynooghe, R. F., Parker, J. M., Rowles, J. S.: “ PSS: A system for Process Enactment”, Proceedings of the First International Conference on Software Process, Los Angeles, California, USA, IEEE Computer Society Press, Outubro 1991.

[Deiters & Gruhn 90] Deiters, W. & Gruhn, V.: “Managing software process in the enviroment melmac”, In Proc. of the Fourth ACM SIGSOFT Symposium on Practical Software Development Enviroments, pp. 193-205, 1990. Irvine, California.

[Fiorini 95] Fiorini, S. T.: “Processos de Negócio e Hipertextos: Uma Proposta para Elicitacao de Requisitos”, Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1995.

[Fontoura 97] Fontoura, M. F.: “Um Ambiente para Modelagem e Execução de Processos”, Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1997.

[Gama et. al. 93] Gamma, E., Helm, R., Vlissides, J., Johnson, R. E., “Design Patterns: Abstraction and Reuse of Object-Oriented Design”, Proceedings ECOOP, ed. O. Nierstrasz, LNCS, Springer-Verlag, Kaiserslautern, Germany, 1993.

[Gama et. al. 95] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. E., Vlissides, J.: “Design Patterns, Elements of Reusable Object-Oriented Software”, Addsion-Wesley 1995.

[Gimenes 94] Gimenes, I. M. S.: “Uma Introdução ao Processo de Engenharia de Software”, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil, Julho 1994.

[Hubert 91] Hubert, L.: “An Enviroment for Software Process Modeling integrated with Project Management and Product Management facilities”, First European Workshop on SPM, Milan, Italy, May 1991.

[Johnson 92] Johnson, R. E., “Documenting Frameworks using Patterns”, Proceedings OOPSLA, ACM SIGPLAN Notices, 27(10) pp. 63-76, 1992.

[Karrer & Scacchi 94] Karrer, A. S. & Scacchi, W.: “Meta-Enviroments for Software Production”, Information and Operation Management Department, University of Southern

California, 1994.

[Merlin & Farber 76] Merlin, P. M. & Farber, D. J.: “Recoverability of Communications”, IEEE Transactions on Communictions, Vol. COM-24, No. 9, pp. 1036-1043, Setembro 1976

[Merlin 76] Merlin, P. M.: “A Methodology for the Design and Implemetation of Comunication Protocols”, IEEE Transactions on Communictions, Vol. COM-24, No. 6, pp. 614-621, Junho 1976.

[Moura 96] Moura, L.: “Um Sistema de Programação Visual”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1995.

[Peterson 81] Peterson, J. L.: “Petri Net Theory and the Modeling of Systems”, Prentice-Hall, N.J., 1981.

[Premenos 97] Premenos Technology Corporation: http://www.premenos.com/

[Rumbaugh et. al 91] Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorenson, W.: “Object-Oriented Modeling and Design”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1991.

[Scacchi 96] Scacchi, W.: “Modeling, Simulating and Enacting Complex Organizational Processes: A Lyfe Cycle Approach”, Information and Operation Management Department, University of Southern California, 1996.

[Schlenoff et. al. 96] Schlenoff, C., Knutilla, A., Ray, S.: “Unified Process Specification Language: Requirements for Modeling Process”, U. S. Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Stantards and Technology (NIST), Manufacturing Engineering Laboratory, Manufacturing Systems Integration Division, Gaithersburg, MD 20899, Setembro 1996.

[Soares et. al. 95] Soares, L. F. G., Casanova , M. A., Rodriguez, N. R.: “Nested Composite Nodes and Version Control in an Open Hypermedia System”, International Journal on Information Systems; Special issue on Multimedia Information Systems, vol 20, No. 6. Elsevier Science Ltd. England, pp.501-520, Setembro de 1995.

[Staa & Cowan 95] Staa, A. & Cowan D.: “An Overview of TOTEM Software Engeneering Meta-Enviroment”, Monografias em Ciência da Computação, Departamento de Informática, PUC-Rio, Novembro 1995.

[Sutton e Osterweil 97] Sutton, S. M. & Osterweil, L.: "The Design of a Next-Generation Process-Language", CMPSCI Technical Report 96-30, University of Massachusetts at Amherst, Computer Science Department, Amherst, Massachusetts 01003, Janeiro 1997 .

[Willrich et. al. 96] Willrich, R., Senac, P., Sannes, P. D., Diaz, M.: "Towards Hypermedia Documents Design", 14º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, SBRC' 96, Fortaleza, Ceara, Brasil, 1996.