

METODOLOGIA E FERRAMENTAS PARA A INTEGRAÇÃO DE SIMULAÇÃO DE PROCESSOS COM A GESTÃO DE PROJETOS

Paulo Roberto Nascimento Travassos

CAP/INPE

Av. dos Astronautas, 1758, CP 515

12245-970 São José dos Campos, SP, Brasil

prntravassos@ig.com.br

Germano de Souza Kienbaum

LAC/INPE

Av. dos Astronautas, 1758, CP 515

12245-970 São José dos Campos, SP, Brasil

germano@lac.inpe.br

Resumo

Este trabalho descreve as bases de uma metodologia e de suas ferramentas de apoio para a integração da simulação de processos com a gestão de projetos. Partindo-se das analogias e diferenças existentes na modelagem e na aplicação das técnicas e ferramentas individuais de cada uma destas áreas de estudo, são formulados conceitos e procedimentos integrados, com o objetivo de unificá-las e aperfeiçoá-las. Diagramas do tipo PERT são utilizados na simulação de processos para estruturar modelos e orientar a elaboração de projetos de experimento, adicionando-se análise de prazos e custos na execução dos modelos de simulação ou de suas componentes. Variações estocásticas dos parâmetros e a replicação de projetos de maneira análoga a uma produção seriada são explorados na gestão de projetos para a melhoria da alocação de recursos. O objetivo principal do trabalho é a apresentação da metodologia e das ferramentas propostas e de sua aplicação em estudos na área de gestão de projetos, visando a melhoria nos seus procedimentos e resultados.

Palavras-Chaves: Simulação Discreta, Metodologia para Simulação; Simulação de Processos; Gerenciamento de Projetos; Ambientes para Simulação de Sistemas; Diagramas de Ciclos de Atividades; Diagramas tipo PERT;

Abstract

This work describes the fundamentals of a methodology and its supporting tools for integrating process simulation with project management techniques. Based on the analogies and differences between the modeling and the application of the individual techniques and tools from each of these research areas, some integrated concepts and procedures are proposed, aiming at the unification and improvement of both kinds of studies. PERT-like diagrams are used in process simulation for model structuring and the project of experiments, adding facilities to perform time and cost analysis as part of model or component execution. Stochastic variation of parameters and the replication of projects as if they were part of a serial production process are used in project management studies to improve resource allocation issues. The main objective of this work is the presentation of the methodology and its supporting tools and of its application to the project management study area, aiming at the improvement of its procedures and results.

Keywords: Discrete Event Simulation, Simulation Methodology; Process Simulation; Project Management; Simulation Environments; Activity Cycle Diagrams; PERT-like Diagrams;

1. INTRODUÇÃO

As técnicas de modelagem e simulação de sistemas discretos, cujas mudanças de estados ocorrem pontualmente no tempo, são amplamente conhecidas e utilizadas na análise de sistemas, especialmente em processos que podem ser modelados como uma rede de filas, formadas diante de atividades. Estes processos são encontrados em uma vasta gama de aplicações, geralmente relacionados com ambientes industriais, constituídos por sistemas de manufatura que apresentam processos seriados (repetitivos) executados por servidores, que podem ser recursos materiais ou humanos, distribuídos em células de trabalho.

Estas ferramentas são muito boas quando se trata de representar a complexidade da estrutura dos componentes de um sistema em estudo e a interação entre suas entidades, ou de descrever as operações que ocorrem dentro das atividades que formam a rede de serviços a ser percorrida pelas entidades ou transações no decorrer do tempo simulado. Por isto elas são utilizadas na análise do desempenho de um sistema, na identificação de gargalos de produção, na fixação e avaliação de estratégias diferenciadas de operação do sistema, etc.

No entanto, elas não foram criadas com a finalidade de permitir sua aplicação na análise e acompanhamento de projetos, visando o cumprimento de seus prazos de execução, a contenção dos custos de suas atividades, ou a melhoria da produtividade geral destes projetos, pela otimização da alocação de seus recursos e redução da duração do ciclo do seu processo completo, ou de seus subprocessos componentes.

Estudos típicos da área de simulação de processos tratam estes aspectos geralmente apenas a posteriori, como análise complementar ao estudo de simulação propriamente dito, sem a devida ênfase, como uma forma de “otimização” dos resultados, e não como uma parte integrante da fase de experimentação. A razão disto é a falta de mecanismos adequados pré-construídos nos sistemas de simulação que permitam este tipo de análise de uma maneira que seja independente do caso específico em estudo.

Estes mesmos aspectos, entretanto, são considerados os mais relevantes em estudos da área de gestão de projetos e são parte integrante das ferramentas utilizadas para análise. Ocorre que um projeto é tradicionalmente visto, segundo Prado [11], como “um empreendimento único e não repetitivo, de duração determinada, formalmente organizado e que congrega e aplica recursos visando o cumprimento de objetivos preestabelecidos”. Por isto os projetos têm sido tradicionalmente tratados na literatura e pelos desenvolvedores de sistemas computacionais como um tema desvinculado de processos seriados, não merecendo uma análise dinâmica aprofundada do seu processo descritivo da forma como é feita em estudos típicos de simulação.

Apesar do tratamento estanque dado aos dois tipos de problemas pelas suas respectivas áreas de estudo, as analogias existentes entre a representação dos processos descritos nas duas áreas são evidentes quando se considera um projeto não como um processo único, mas como um processo também seriado, ou um multi-projeto, composto da repetição em paralelo e com alguma defasagem, do seu processo básico. O objetivo principal deste estudo seria equivalente à condução de um estudo de simulação para a determinação do processo básico ideal, com a adição inclusive da variação estocástica de parâmetros, como a duração das atividades, e a distribuição otimizada dos recursos disponíveis pelas suas diversas fases ou etapas de elaboração.

As analogias existentes entre estas formas de modelagem e análise de processos, empregadas nas áreas de estudo de simulação de processos e de gestão de projetos, nunca foram exploradas em profundidade, apesar de alguns avanços bem recentes identificados na literatura correspondente.

Um destes avanços refere-se à adição de algumas funcionalidades típicas de sistemas de simulação a aplicativos de outras áreas de estudo, como é o caso do uso de planilhas de cálculo, ou até mesmo de programas para gestão de projetos, adaptados ou estendidos para utilizarem variáveis aleatórias e um mecanismo simples de iteração [9]. Estes mecanismos

permitem a execução de uma simulação de Monte Carlo sobre alguns aspectos de interesse de um projeto em estudo, por exemplo, a questão do tempo de execução de uma dada atividade.

O sistema denominado SIMPROCESS, desenvolvido pela americana CACI [2, 3] é um exemplo inverso deste, em que um sistema para simulação teve acrescentado alguns recursos para análise de custo baseado em atividades, mas ele ainda se revela bastante limitado em termos de estruturas e componentes pré-construídos para atuar como ferramenta integrada de apoio para estudos nas áreas de simulação e de gestão de projetos.

Dois outros trabalhos de natureza acadêmica foram identificados em instituições de ensino européias, apontando para o crescente interesse que começa também a ser despertado sobre o assunto nas comunidades de pesquisa da área, como podem ser vistos em [1] e [8].

Novos métodos para a melhoria da gerência de projeto é também tema de estudo da Teoria das Restrições [4], numa abordagem alternativa que deu origem à utilização de uma macro especialmente desenvolvida para uso conjunto com sistemas de gestão de projetos [12], buscando melhorar a execução do projeto pela identificação e balanceamento de suas restrições mais críticas.

O presente trabalho, que já vinha sendo desenvolvido concomitantemente com a identificação dos estudos acima referenciados, procura ir além dos resultados por eles apresentados, em busca de uma integração idealizada das técnicas de simulação de processos e da gestão de projetos.

O objetivo é descrever os fundamentos de uma metodologia e de suas ferramentas de apoio capazes de proporcionar a integração da simulação de processos com a gestão de projetos, e apresentar sua aplicação em estudos da área de gestão de projetos, de forma a melhorar seus procedimentos e resultados.

Este trabalho foi estruturado de acordo com os seguintes tópicos: introdução, base conceitual, domínios de aplicação, fundamentos da metodologia e seus limites, benefícios esperados, plataformas de desenvolvimento, estágio atual da pesquisa, resultados e conclusões.

2. BASE CONCEITUAL

A seguir, são descritos os diagramas de Ciclos de Atividades e do tipo PERT/CPM utilizados, respectivamente, na simulação de sistemas e na gestão de projetos. Em seguida, é apresentado o Diagrama para Modelagem Unificada em Simulação, que é uma proposta original dos autores, visando integrar as duas técnicas em uma única ferramenta.

2.1. DIAGRAMAS DE CICLOS DE ATIVIDADES - SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

Os DCAs, amplamente utilizados na Simulação de Processos, apresentam uma forma gráfica rápida e intuitiva de representação de sistemas discretos, conforme descritos em [10]. Neste modelo os retângulos representam os estados ativos do sistema, os círculos caracterizam as filas, ou estado de espera, formadas diante das atividades, ambos interligados por setas que indicam o fluxo das entidades no sistema. Estes diagramas mostram o ciclo de vida das entidades individuais, bem como a dinâmica de suas interações. Trata-se de um modelo comunicativo de fácil assimilação que pode ser utilizado para a discussão dos principais aspectos da lógica do modelo entre os participantes de um estudo de simulação.

2.2. DIAGRAMAS DO TIPO PERT/CPM – GESTÃO DE PROJETOS

A forma característica de se descrever um projeto é representá-lo utilizando uma rede de atividades encadeadas, denominada PERT/CPM [11], dispostas em eixos que representam o tempo transcorrido de realização destas atividades (eixos paralelos para atividades executadas simultaneamente), com suas durações e relações de precedência, às quais também são associados os recursos necessários a sua realização.

2.3. DIAGRAMAS PARA MODELAGEM UNIFICADA EM SIMULAÇÃO

A possibilidade de unificação destas duas formas de modelagem em diagramas denominados DMUS – Diagramas para Modelagem Unificada em Simulação – ou USMD – Unified Simulation Modelling Diagrams – é demonstrada em [13] e reproduzida neste trabalho. Estes diagramas são uma concepção original dos autores do trabalho e são criados a partir de diagramas PERT/CPM ou DCA, pela introdução de um conceito extra, denominado repositório de recursos, representando depósitos para conter as entidades permanentes do sistema, enquanto elas não estão engajadas em atividades cooperativas com outras entidades e transações.

A representação utilizando DMUS considera a possibilidade de replicação ou reinicialização dos projetos neles descritos, resultando em multiprojetos de execução simultânea, cujos inícios podem ser defasados no tempo. Desta forma um processo descritivo de um projeto pode ser interpretado e tratado como um processo do tipo produção seriada, equivalentes aos processos industriais. Os diagramas DMUS constituem a base comum para o desenvolvimento da metodologia e das ferramentas híbridas apropriadas para a unificação das duas técnicas, com o objetivo de eliminar as suas principais deficiências e agregar suas vantagens relativas, visando torná-las intercambiáveis para aplicações em estudos de ambas as áreas.

3. DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO

Os domínios de aplicação da metodologia proposta é composto pelos sistemas discretos, formados por cadeias de atividades e filas, que podem ser adequadamente representados por diagramas do tipo DCA, e o de cadeias de processos encontradas nos projetos de engenharia e que podem ser descritas como redes de atividades do tipo PERT/CPM.

A seguir são descritos dois problemas típicos, cada um proveniente de uma destas áreas de estudo, que ilustram a questão das analogias e das diferenças existentes entre estes processos descritivos e suas técnicas de modelagem e análise. Uma base comum para o tratamento de ambos os problemas é identificada e os fundamentos para o desenvolvimento da metodologia e das ferramentas que compõem a abordagem integrada para a simulação de processos e a gestão de projetos são formulados.

3.1. SIMULAÇÃO DE SISTEMAS - PROBLEMA 1: UMA ACIARIA IMAGINÁRIA

O problema utilizado para ilustração dos conceitos aqui apresentados está descrito em [6] e aborda o funcionamento de uma aciaria imaginária cujo desenho estilizado é representado na Figura 1 a seguir. Ele é de cunho essencialmente acadêmico e é utilizado em cursos de simulação de sistemas.

As entidades envolvidas são: Torpedos (vagões motorizados), Cranes (guindaste), Blast Furnaces (fornos de fundição), e Steelfurnaces (fornos de resfriamento). Se o número mínimo de vagões não estiver disponível para colher o ferro fundido numa fornada, este terá que ser derramado no solo (de outra forma os fornos serão destruídos).

A primeira questão relevante do problema é determinar quantos vagões se fazem necessários para não haver qualquer rejeito. O problema estudado, entretanto, não se resume apenas à questão de se obter rejeito zero, pois outros aspectos são considerados importantes pela gerência da aciaria. Para isto há a necessidade de se realizar um estudo de simulação que meça a quantidade de ferro fundido desperdiçada por dia de operação, para cada um dos cenários envolvendo um número variável de vagões de três a oito (inclusive), com um ou dois guindastes, e um número também variável de fornos de resfriamento entre cinco e sete.

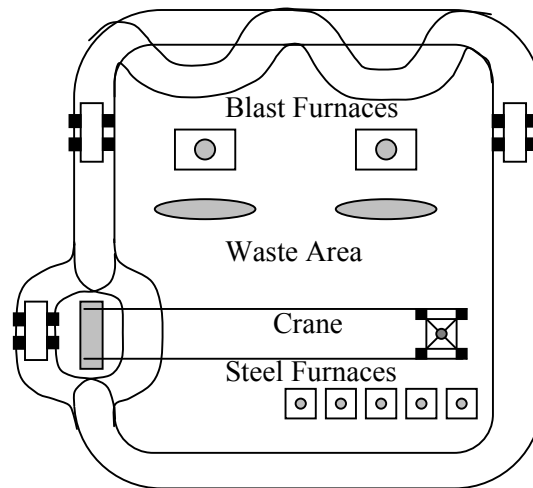


Figura 1 - Desenho da aciaria.

3.1.1. Modelagem do Problema Utilizando DCAs

Os diagramas mostram o ciclo de vida das entidades individuais no sistema, bem como a dinâmica de suas interações. A Figura 2 mostra o DCA para o problema da aciaria.

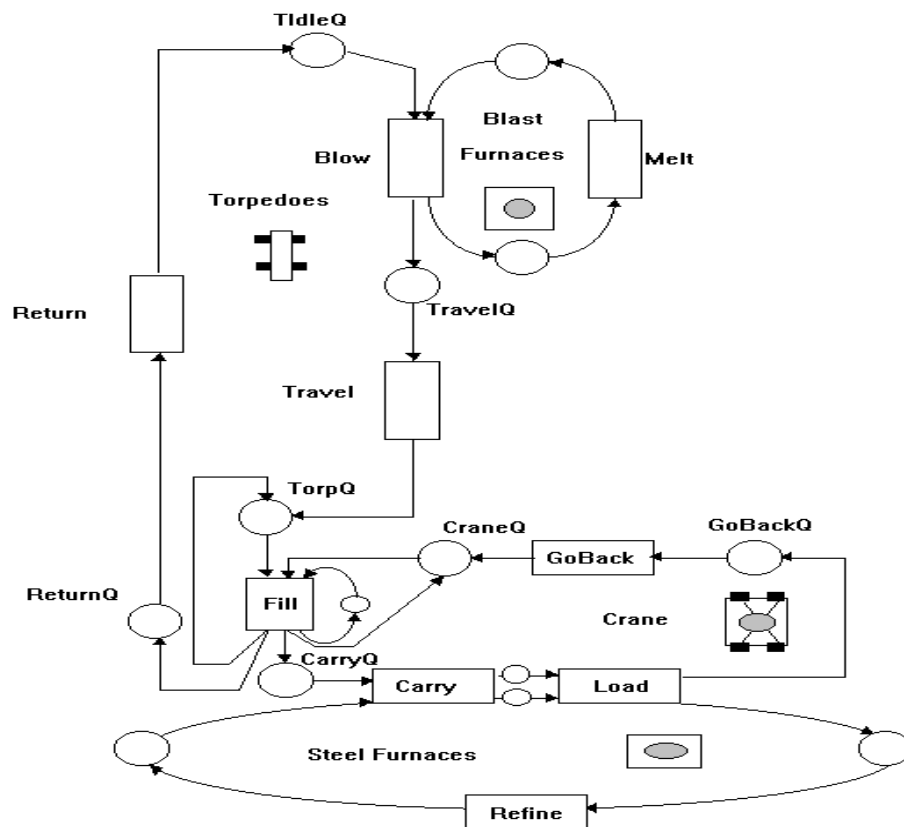


Figura 2 - DCA da Aciaria

3.1.2. Transformação dos DCAs em Diagramas DMUS

A Figura 3 mostra o diagrama resultante da transformação do DCA do problema para a forma de representação gráfica semelhante a uma rede de atividades do tipo PERT acima

denominada DMUS.

A transformação do diagrama compreende a identificação dos caminhos correspondentes aos processos componentes do modelo (correspondentes aos fluxos de controle do programa ao executar as atividades do sistema). Neste caso o processo principal é descrito pelo caminho percorrido pelo ferro fundido, mas o ferro fundido não se constitui numa entidade do sistema (as entidades são itens contáveis), por isto apenas a seqüência de execução das atividades é descrita com uma linha tracejada. Duas ramificações são ainda identificadas, correspondendo às atividades de reposicionamento dos torpedos e guindastes, após estes terem liberado suas cargas.

As entidades permanentes do sistema são representadas com linhas cheias, podendo ser modeladas como recursos e os seus ciclos “quebrados” pela introdução dos repositórios de recursos em seu caminho (círculos concêntricos). Os recursos têm a finalidade de bloquear ou liberar as entidades principais (ou fluxo de controle), de acordo com a disponibilidade ou não destes, no momento da execução das atividades.

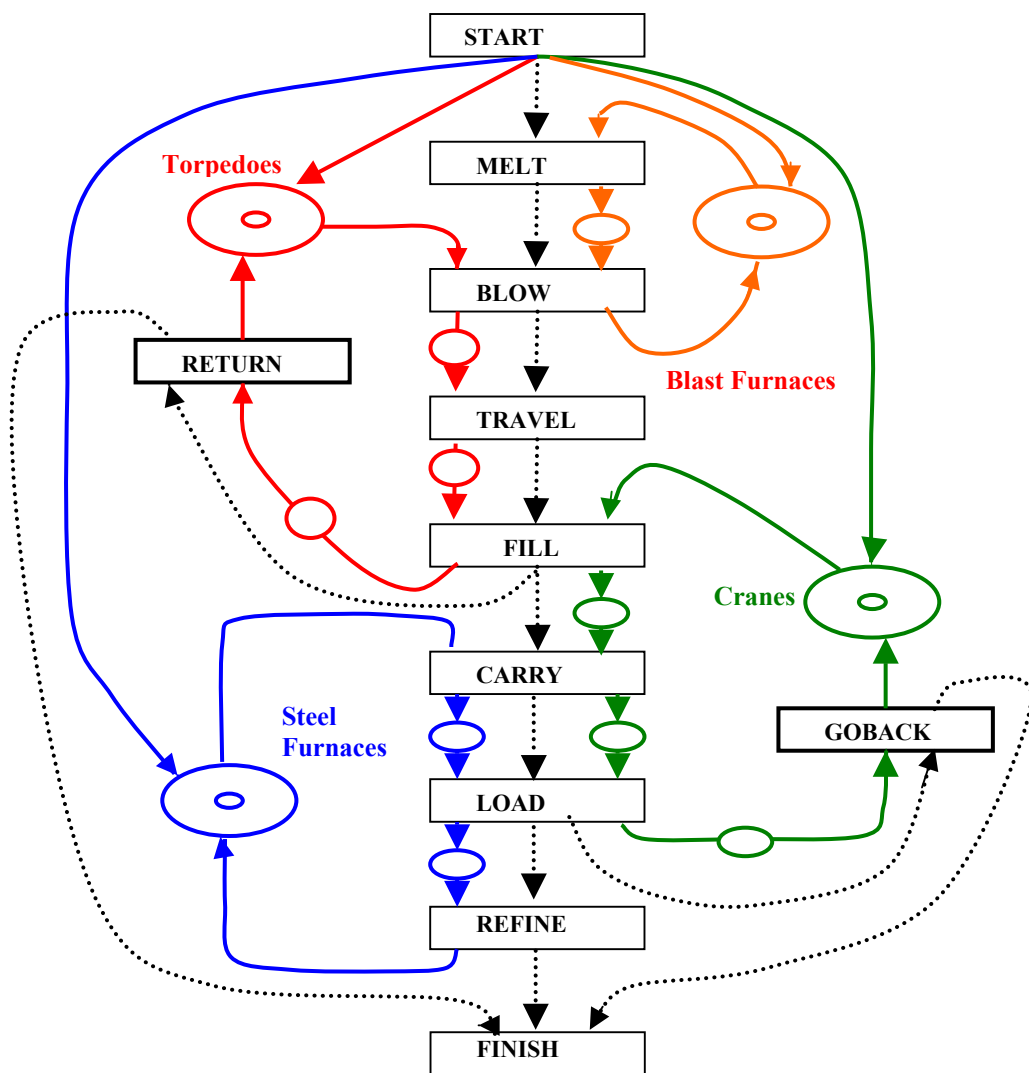


Figura 3 - Representação Gráfica do Tipo DMUS Obtida do DCA

O gráfico mostra a rede de atividades seqüenciadas pelo tempo e ligadas de acordo com as dependências em relação à conclusão de atividades anteriores, tais quais os gráficos PERT tradicionais. As diferenças estão no uso de alguns conceitos novos: o primeiro é o ícone que representa a geração das partidas (corridas de ferro fundido pelos fornos de

fundição) e a geração e alocação dos recursos no início da corrida de simulação; o segundo é o uso dos repositórios de recursos, que são os depósitos usados para armazenar os recursos quando eles estão ociosos; o terceiro é o uso de linhas cheias interligando as atividades, intercaladas por filas simples, para retratar o caminho das entidades dentro do sistema e seu engajamento nas atividades.

3.2. GERÊNCIA E CONTROLE DE PROJETOS - PROBLEMA 2: MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Um projeto de manutenção da aeronave se inicia pela atividade de recebimento do aparelho e preparação para a inspeção. A seguir, a aeronave é subdividida em quatro grandes linhas de inspeção: a primeira irá se dedicar à verificação da fuselagem, a segunda do trem de pouso, a terceira dos equipamentos aviônicos e a última dos motores.

Devidos as restrições impostas pela versão do programa de simulação utilizado, apenas a linha de motores pode permanecer subdividida em outros dois ramos paralelos de atividades. As outras três linhas de inspeção (fuselagem, trem de pouso e equipamentos aviônicos) foram alteradas para resultarem, apenas, em as atividades sequenciais conforme apresentado no diagrama final.

Com a conclusão das respectivas linhas principais de inspeção, a manutenção estará concluída com uma atividade de cheque final, dando-se a seguir a entrega da aeronave ao seu operador.

3.2.1. Modelagem do Problema utilizando o Diagrama do Tipo PERT

A Figura 4 ilustra o projeto simplificado de manutenção de uma aeronave, através de um diagrama do tipo PERT, obtido em [7]. As atividades contêm um número de identificação, o nome da tarefa a ser realizada e as durações em dias (mínima, média e máxima).

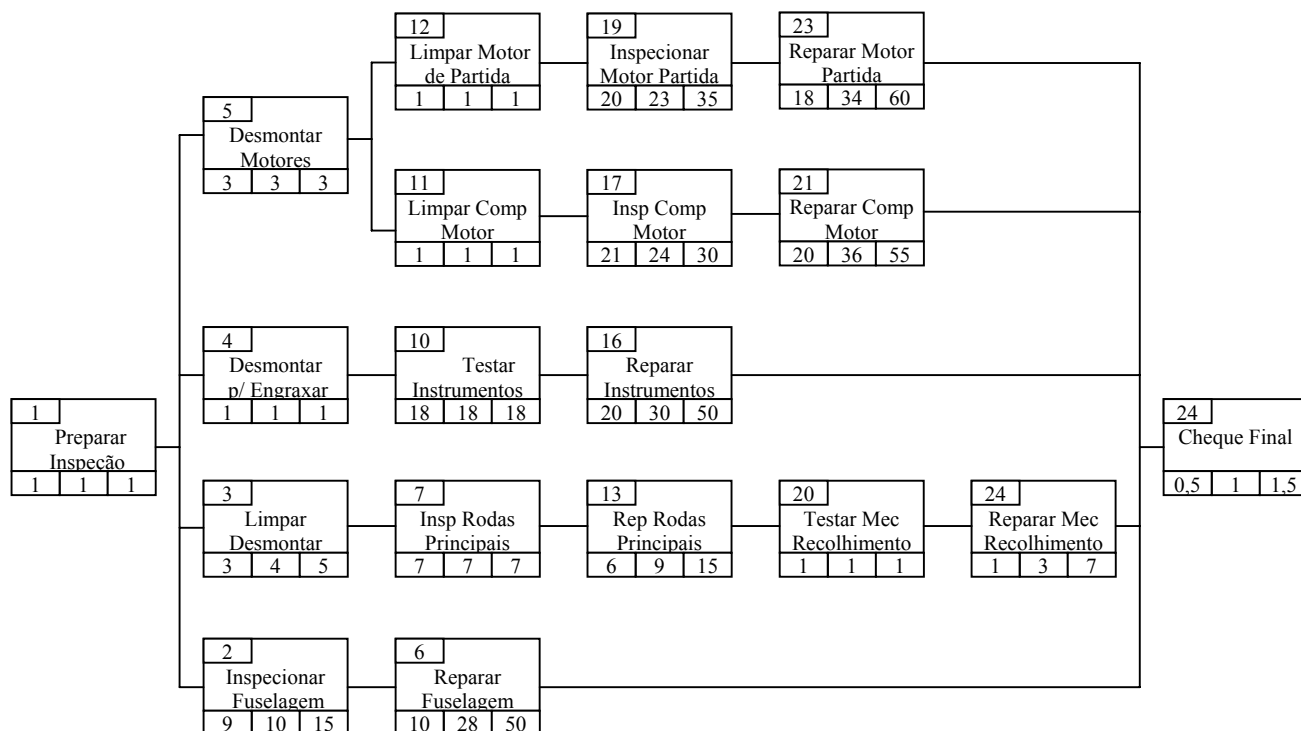


Figura 4 - PERT de Manutenção de Aeronave.

O exemplo foi ligeiramente simplificado em relação à descrição original contida na referência [7], para fins de implementação. As modificações consistiram na eliminação de atividades paralelas existentes em dois ramos do diagrama, com o cuidado de não alterar a duração total, nem o caminho crítico previstos na referência.

3.2.2. Transformação do Diagrama do Tipo PERT em DMUS

A Figura 5 a seguir demonstra a transformação do diagrama PERT de manutenção de aeronave para o tipo DMUS.

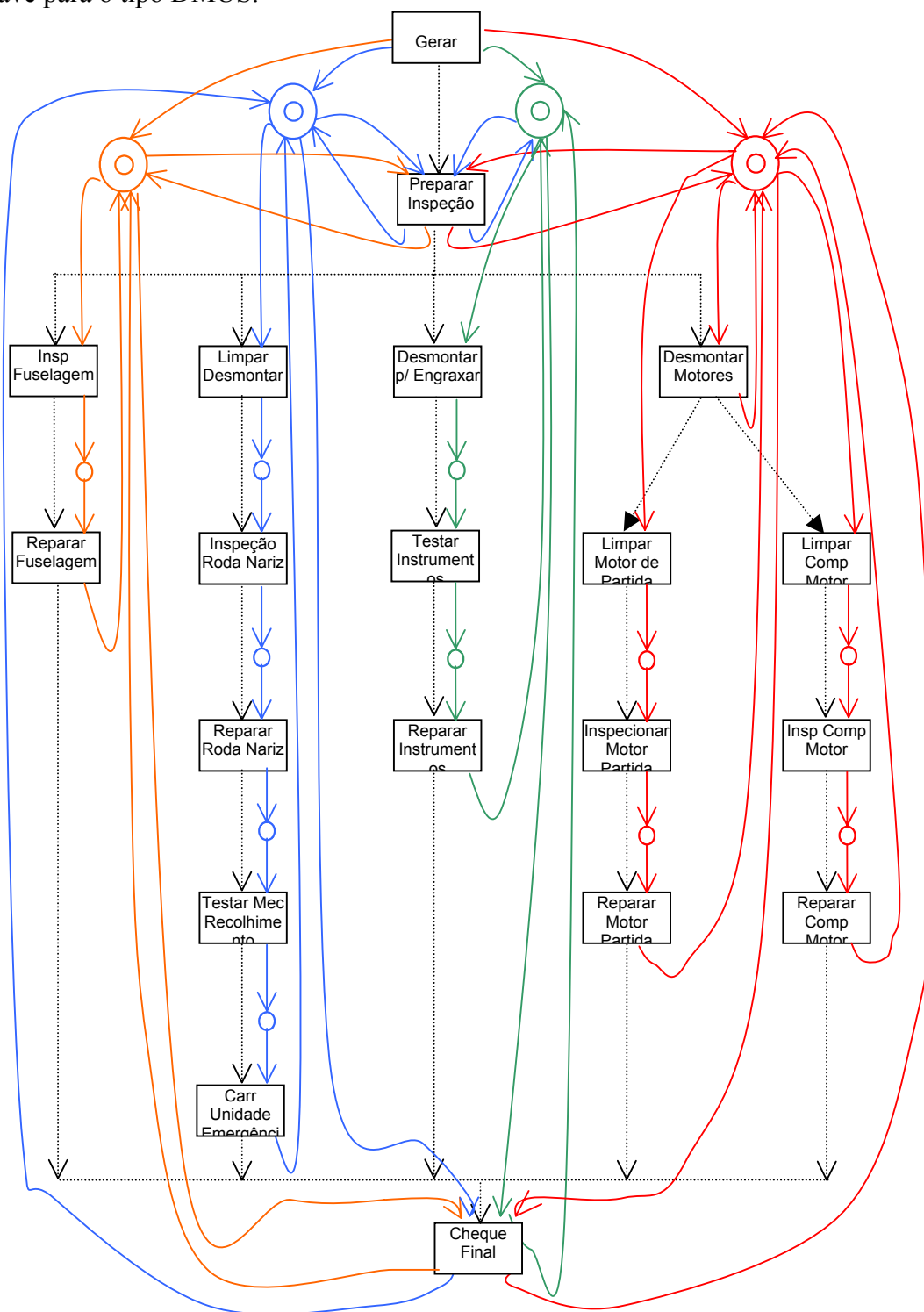


Figura 5 - DMUS do Problema de Manutenção de Aeronave

Na Figura 5 cada cor representa uma classe de recursos associados com as atividades realizadas, sendo a linha de manutenção da fuselagem representada em laranja, do trem de pouso em azul, dos equipamentos aviônicos em verde e os dos motores em vermelho. As linhas em preto tracejadas correspondem ao fluxo de controle dos diversos processos que precisam ser executados em paralelo ao longo do tempo. As atividades são representadas

pelos retângulos e os círculos equivalem às filas onde se localizam os recursos enquanto eles estão sendo utilizados pelas entidades engajadas em suas atividades. Os círculos concêntricos representam os repositórios permanentes de recursos quando estes estão ociosos, da mesma forma como foi visto para o DMUS do problema da Aciaria descrito anteriormente.

3.3. SÍNTESE DO PROCESSO DE MODELAGEM E ANÁLISE

Em conclusão verifica-se que, tanto o projeto de manutenção de uma aeronave, considerado como um problema típico da área de gerência de projetos, quanto o sistema da Aciaria, considerado como um problema típico da área de simulação, podem ser modelados e analisados de forma integrada e podem ser estudados usando simulação de sistemas, com as vantagens já mencionadas anteriormente.

A metodologia e as ferramentas destinadas a dar apoio a este tipo modelagem e análise, entretanto, necessitam ser desenvolvidas de forma apropriadas, pois a forma como os estudos destas duas classes de problemas são atualmente conduzidos não permite que os benefícios da aplicação dos conceitos de uma área de estudo nos problemas da outra sejam usufruídos de maneira imediata.

4. FUNDAMENTOS DA METODOLOGIA E SEUS LIMITES

A escolha do problema da aciaria tem a vantagem de demonstrar que uma ampla classe de sistemas industriais de natureza cíclica, como fica aparente pelo uso dos diagramas DCAs, pode ter sua representação transformada em uma rede de atividades do tipo PERT, que necessita ser atravessada uma única vez durante um ciclo completo de execução. A transformação é possível mesmo com muitas entidades e interações complexas entre elas ocorrendo no sistema, uma vez que o caminho principal e suas ramificações, percorrido por uma execução completa do ciclo de produção, não precisa corresponder ao caminho real de uma entidade ou grupo de entidades pertencentes ao sistema. A estrutura completa de atividades a ser percorrida é denominado matriz de processos, e ela pode ser percorrida por uma entidade virtual denominada “ordem de execução”, que se multiplica quando encontra ramificações que necessitam ser executadas em paralelo, como é o caso do próprio modelo da aciaria mostrado na Figura 3.

A quebra dos ciclos representados nos diagramas DCAs é feita utilizando-se um conceito designado como repositório de recursos e posicionando-se as atividades dos ciclos na seqüência correta em que elas ocorrem, por exemplo, decidindo se a atividade RETURN é executada pelos torpedos no final do seu ciclo, após a atividade FILL, ou como primeira atividade do mesmo, precedendo a atividade BLOW, conforme foi representado na Figura 3.

A aplicação da metodologia e de suas ferramentas está baseada na idéia de que a matriz de processos, equivalente ao ciclo completo de produção, ou o segmento desta atualmente em consideração, pode ser visto como um “projeto” único a ser executado. Os sucessivos ciclos representativos dos diferentes lotes produzidos pelo sistema são tratados pela replicação de seus processos básicos, que podem ser reinicializados qualquer número de vezes, com ou sem atraso com relação ao instante inicial das diversas instâncias, criando uma rede de atividades cuja representação gráfica é modelada e executada sequencialmente, da esquerda para a direita ou de cima para baixo, como mostrada na Figura 3.

Processos de produção industrial em série são tratados desta forma como processo complexo que se forma a partir da replicação de processos básicos correspondentes aos vários lotes a serem fabricados ou, equivalentemente, como um multi projeto feito de diversas instâncias de uma única matriz de processos, com cada instância podendo ser inicializada em um instante diferente de tempo.

A dimensão máxima do espaço de estados correspondente à descrição dinâmica do sistema fica limitada pelo número total de processos simultâneos que estão sendo executados num determinado instante de tempo. Os multi projetos não explodem em número de

instâncias porque o tempo de conclusão de um lote limita o número máximo destas instâncias simultâneas ocorrendo num dado instante de tempo.

Uma dificuldade surge quando algumas atividades que compõem o processo básico de uma dada entidade do sistema tiverem que ser definidas dinamicamente, em tempo de execução, porque o seu processo básico depende do valor de um atributo interno da entidade. Esta dificuldade tem que ser resolvida por meio do encapsulamento desta operação numa atividade macro, existente para todas as instâncias de entidades que percorrem o sistema, mantendo única a matriz de processos que descreve o ciclo de produção completo.

5. BENEFÍCIOS ESPERADOS

A idéia é tirar proveito da aplicação de técnicas de gestão de projetos e de simulação de processos de forma simultânea, beneficiando-se de seus aspectos complementares, com base nos pontos em que cada uma delas tem de mais forte.

Um dos resultados esperados, do ponto de vista do analista de simulação, é o de manter o controle do sequenciamento e dependências de todas as atividades componentes da matriz completa de processos do modelo implementado e dos recursos nele utilizados. A experimentação e a avaliação do modelo podem ser melhoradas e a produtividade de certos segmentos ou do modelo como um todo pode ser aumentada pela otimização na alocação de recursos e pela minimização dos tempos de execução das atividades, sujeitas também à considerações sobre custo das mesmas.

Estes resultados podem ser obtidos pela criação de mecanismos pré-construídos, que são independentes do modelo específico em consideração, e permitem que estas análises sejam conduzidas como parte integrante de qualquer estudo de simulação. Estas funcionalidades podem ser compostas com base nas ferramentas existentes nos sistemas de simulação tradicionais ou podem ter que ser adicionadas em um ambiente integrado para simulação, se elas ainda não estiverem disponíveis na plataforma base a ser usada para o seu desenvolvimento.

Por outro lado, do ponto de vista do modelador e do gerente da área de gestão de projetos, espera-se que a utilização de simulação revele-se como um rico tema de pesquisa e aplicação por si mesmo, complementando aspectos deficientes desta técnica, como a natureza estática com que são tratados os processos por ela modelados. A análise, usando simulação, de um multi projeto criado conforme descrito neste trabalho, produzirá uma melhor compreensão deste projeto ou processo básico e permitirá a melhoria de sua produtividade, pela alocação otimizada de recursos e pelo encurtamento dos ciclos de produção ou de segmentos destes, mantendo-se as considerações sobre seus custos de execução.

A otimização nos estudos de gestão de projetos estará baseada na dissociação dos tempos de atraso incorridos pelas entidades nas filas de espera em frente às atividades do tempo de duração destas atividades propriamente ditas, o que é tratado como um agregado nas estimativas de tempo usadas nos estudos de gestão de projetos. A redução dos tempos de espera através do incremento dos recursos alocados para a execução das tarefas, controlando-se os custos decorrentes, pode levar a uma melhor distribuição de recursos e à melhoria de produtividade na execução de projetos de natureza única.

O ganho de produtividade pode ainda ser maior quando for considerado o fator escala, existente em sistemas reais do tipo multi processos ou multi projetos, onde as diversas instâncias de um mesmo projeto ou de seus subprojetos componentes podem ser iniciadas com alguma defasagem no tempo, com suas ramificações sendo executadas em paralelo, o que é comum em grandes projetos divididos por classes de trabalhadores de acordo com as especialidades de seus serviços.

A falta deste tipo de análise nos estudos de gestão de projeto atuais é explicada pela falta de funcionalidades apropriadas nos sistemas aplicativos disponíveis para a modelagem desta classe de problemas, bem como para a animação da passagem do tempo e para a

alocação de recursos no caso de processos concorrentes. Estes são aspectos claramente deficientes destes sistemas em comparação com os sistemas de simulação existentes. Estes mecanismos serão uma parte essencial de um ambiente integrado para simulação de processos e gestão de projetos, conforme proposto neste trabalho.

A experimentação e avaliação dos modelos será feita com uma combinação dos procedimentos tradicionalmente adotados em estudos de simulação com a adição de técnicas provenientes da área de gestão de projetos, com o objetivo de melhor compreender os fatores experimentais e estratégias que afetam o desempenho do sistema e quantificar os custos a eles relacionados.

6. PLATAFORMAS PARA O DESENVOLVIMENTO

Os recursos computacionais a serem utilizados compreendem os comuns existentes em cada área de estudo, com a finalidade de explorar melhor os fundamentos de cada uma destas técnicas ainda de forma isolada, e as ferramentas extras necessárias para o desenvolvimento do ambiente integrado de apoio à metodologia que está sendo proposta.

6.1. O USO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

O exame de sistemas de gerenciamento de projetos na sua forma original faz-se necessário na fase de estudo das funcionalidades existentes nos mesmos que não estão disponíveis em sistemas de simulação.

Devido à menor sofisticação, em termos de funcionalidades pré-construídas, e ao maior grau de especialização destes sistemas, quando comparados com os sistemas de simulação de processos existentes, e tendo em vista a dificuldade de se encontrar sistemas abertos para pesquisa deste tipo, não é intenção se proceder a um desenvolvimento do sistema integrado a partir do sistema de gerenciamento de projetos, mas sim o contrário.

Desta forma o uso deste tipo de sistema será limitado, visando principalmente se obter maior conhecimento sobre os aspectos relevantes para a gerência de projetos nele tratados, para que estes aspectos e seus correspondentes requisitos sejam futuramente incorporados ao sistema integrado, cujo desenvolvimento se fará a partir de um sistema de simulação (ou ambiente de desenvolvimento para sistemas de simulação).

6.2. O USO DE SISTEMAS DE SIMULAÇÃO DE PROCESSOS

Na fase inicial do estudo, a aplicação de um sistema de simulação que permita representar um projeto e modelar os aspectos dinâmicos contidos em multiprojetos será de grande importância, o que será feito de forma exploratória e independente da aplicação de um ambiente de desenvolvimento com potencial para prototipação do ambiente integrado, como o que é mencionado no ítem 6.3 abaixo.

A ferramenta de simulação aqui citada, mesmo numa versão comercial ou fechada, como por exemplo a apresentada em [5], será utilizada para verificar até que ponto os sistemas de simulação existentes conseguem implementar a lógica de representação de projetos baseada em diagramas do tipo PERT/CPM, e atender as necessidades de análise de um gerente de projetos, e em que aspectos eles são deficientes para esta finalidade.

Para tal deve ser escolhido um sistema de simulação bastante completo, que possa implementar fluxos de entidades de diferentes classes que realizam processos em paralelo, individualmente ou em cooperação com outras classes de entidades, tratamento apropriado de alocação e liberação de recursos, e que possam ter partes de seu modelo replicadas e tratadas como submodelos, preferencialmente através de uma modelagem gráfica e hierárquica.

Não há a necessidade de que o sistema escolhido seja aberto para pesquisa, pois a finalidade é a de consolidar o conhecimento sobre as funcionalidades disponíveis nestes sistemas, bem como sobre aquelas ainda faltantes, em relação à implementação de um estudo típico da área de gerenciamento de projetos através de um sistema de simulação.

6.3. O USO DE UMA PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO

Como plataforma de desenvolvimento do ambiente integrado de simulação propõe-se inicialmente que seja utilizado o sistema SIMPROCESS, produzido pela CACI, conforme descrição contida em [2, 3].

O sistema SIMPROCESS apresenta uma série de características que o habilitam como ambiente de desenvolvimento para a aplicação proposta, a saber:

- Sistema para simulação discreta baseado em processos;
- Interface gráfica interativa com animação;
- Biblioteca de componentes pré-construídos e expansível, contendo as características principais de simulação baseada em processos, permitindo modelagem gráfica hierárquica, execução e acompanhamento da experimentação (cenários), geração de relatórios, etc.

Como alternativa de ferramenta para o SIMPROCESS no desenvolvimento do ambiente haveria o sistema TOMAS (Tool for Object-oriented Modelling And Simulation) [8]. O TOMAS é um pacote acadêmico, desenvolvido na Universidade de Delft, utilizado na simulação de eventos discretos para análise e controle de ambientes de produção. Possui as seguintes características:

- Modelagem Orientada a Objetos
- Ambiente gráfico
- Modelos animados
- Linguagem DELPHI
- Código aberto

7. ESTÁGIO ATUAL DA PESQUISA

O diagrama USMD da aciaria foi implementado tanto no sistema SIMPROCESS como no MS Project 2000 e o mesmo tipo de implementação dual foi feita com o modelo de manutenção de aeronaves. Ambos os modelos foram representados como se eles fossem modelos de processos simples ou projetos únicos, isto é, os modelos contemplavam apenas um ciclo completo do processo de produção.

Conceitos como caminho crítico e tempo de execução do ciclo de produção ou de segmentos deste, típicos da área de gestão de projetos, foram aplicados ao estudo de simulação dos sistemas, para melhorar a avaliação dos modelos e estudar estratégias diferenciadas para sua operação. Conceitos como a identificação de tempo de espera nas filas em frente das atividades e a alocação dinâmica de recursos foram aplicados ao modelo de manutenção de aeronaves para reduzir tempos de execução de segmentos do processo e do seu ciclo completo de produção.

Conforme esperado, os sistemas mostraram algumas deficiências ao lidar com aspectos desejados da modelagem, como a replicação de processos para a condução de experimentos com multi projetos, no caso da simulação, e com a determinação do tempo de duração das atividades como variáveis dependentes da quantidade de recursos alocados ao modelo, no caso do aplicativo para gestão de projetos.

8. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O uso integrado das técnicas de simulação de processos e de gestão de projetos em estudos envolvendo a modelagem e a análise de sistemas revela que elas têm uma natureza complementar. O primeiro grupo de técnicas permitindo a análise dinâmica do processo e a melhor distribuição dos recursos de produção, e o segundo grupo permitindo uma melhor avaliação dos tempos de conclusão de segmentos ou do ciclo de produção, bem como de seus custos associados.

A aplicação destas técnicas e ferramentas de modo intercambiável em cada uma destas áreas de estudo já produziria por si só melhorias nos procedimentos de avaliação de modelos de simulação e nas tarefas associadas com a gestão de grandes projetos ou multi projetos de natureza idêntica. A combinação destas técnicas e ferramentas é, portanto, bastante promissora, mas suas vantagens não poderão ser inteiramente exploradas simplesmente por meio do uso isolado dos aplicativos de uma área na outra área de interesse, porque eles foram construídos com propósitos específicos, que não levam em consideração sua natureza complementar.

Os benefícios totais desta metodologia unificada só serão atingidos com o projeto e o desenvolvimento de um ambiente de simulação integrado capaz de lidar simultaneamente com os aspectos complementares inerentes das duas áreas de estudo. Um ambiente híbrido deste tipo permitirá a modelagem e a análise de um complexo processo de produção ou projeto de construção de uma maneira análoga a um multi projeto, formado por diversas instâncias de um mesmo processo simples, ou pela composição de subprocessos concorrentes. Com um ambiente deste tipo será possível aumentar a produtividade do sistema real utilizando modelos destes processos, defasando no tempo o início de subprocessos para identificar a melhor estratégia para a distribuição dos recursos e custos envolvidos, e reduzindo o tempo de execução dos ciclos completos de produção ou dos segmentos componentes.

A metodologia completa e suas ferramentas serão produzidas pela adição de funcionalidades do tipo existentes em aplicativos da área de gestão de projetos a aplicativos da área de simulação, ao invés do contrário, porque estes últimos são muito mais completos e já possuem funcionalidades para lidar com aspectos dinâmicos e manipulação de complexos modelos de processos.

Este trabalho inicial aborda as analogias e diferenças existentes nos fundamentos conceituais pertencentes às duas áreas de estudo citadas, nas formas de representação de modelos e nos procedimentos adotados por elas. Alguns conceitos e procedimentos para a integração e exploração das vantagens relativas de cada área numa metodologia unificada foram apresentados. Um esboço de um roteiro de pesquisa foi elaborado com vistas ao desenvolvimento da metodologia proposta e de suas ferramentas de apoio.

A metodologia proposta apresenta um caráter inovador, podendo ser aplicada a uma ampla gama de problemas, com ênfase especial em sistemas de produção seriada e em multi projetos compostos por projetos de idêntica natureza, cujas execuções compartilham recursos escassos e ocorrem em paralelo. O desenvolvimento completo da metodologia e sua aplicação vai requerer o uso de sistemas aplicativos de simulação e de gestão de projetos para a elaboração de diversos estudos de caso, bem como a criação de um ambiente integrado para simulação e gestão de projetos.

A metodologia e as ferramentas para a modelagem e simulação desta classe ampla de sistemas é objeto de um projeto em desenvolvimento pelo grupo de engenharia de software do LAC, para o qual este trabalho está contribuindo. A pesquisa em andamento faz uso do sistema de simulação SIMPROCESS [2,3], como uma plataforma inicial para o desenvolvimento do ambiente proposto, embora o sistema TOMAS[8] esteja também sendo considerados para este fim.

A pesquisa em andamento será objeto de novas publicações, à medida que novos resultados sejam obtidos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bruzzone, A.G. et Al. "Project Management Tools: Simulation On Web Environment", Proceedings of Websim99, San Diego Janeiro 1999.
- [2] Caci Products Company . **Simprocess User's Guide** - Release 4.0. January, 2004.

- [3] Caci Products Company. **Simprocess Getting Started** - Release 4.0. January, 2004.
- [4] Goldratt, E.M.; Cox J. “**A meta: um processo de melhoria contínua**”. Editora: EDITORA NOBEL, 2003.
- [5] Kelton, D.; Sadowski, R. P.; Sadowski, D. A. **Simulation with ARENA**. Mac-Graw Hill, 2001. 2nd Edition.
- [6] Kienbaum, G. S. Paul, R. J. **An Object-Oriented Graphical User Interface for Simulation Modeling of Manufacturing Systems**. Simulation Practice & Theory, 2(1994):141-157.
- [7] Ottjes, J.A.; Veeke, H.P.M. **Project Management with Simulation - A critical view on the critical path**. Proceeding of ICSC Symposia on Intelligent Systems & Applications. Wollongong, Australia, Dezembro 2000.
- [8] Ottjes, J.A.; Veeke, H.P.M. **TOMAS: Tool for Object-oriented Modelling And Simulation**. Proceeding of Business and Industry Simulation Symposium. Washington D.C. Abril 2000.
- [9] Palisade Corporation. **@RISC 4.5 and @RISC for Projects** - softwares para análise de risco. Informações e demos obtidos na internet no endereço. <http://www.palisade.com>
- [10] Pidd, M. **Computer Simulation in Management Science**. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 3rd Edition.
- [11] Prado, Darci. **Administração de Projetos com PERT/CPM**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.
- [12] Prochain Solutions Inc. **Project Management Scheduling Using Critical Chain-** Informações obtidas na internet no endereço. <http://www.prochain.com>.
- [13] Travassos, P. R. N.; Kienbaum, G.S. Gerenciamento de projetos e simulação de processos: uma abordagem integrada. ANAIS do III WORCAP - INPE - São José dos Campos: nov. 2003.