

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

Tema Geral:

Modelagem e Simulação de Sistemas

Título Provisório:

**Distribuição do ambiente de simulação SIMOO utilizando o
padrão HLA**

Plano de Estudo e Pesquisa

Daniel de Freitas Wildt

Orientador: Prof. Dr. Flávio Rech Wagner

Porto Alegre, dezembro de 2000.

Sumário

| | |
|---|----|
| Sumário | 2 |
| Resumo..... | 3 |
| 1 Motivação..... | 4 |
| 1.1 Projeto SIMOO..... | 4 |
| 1.2 Simulação Paralela e Distribuída e Simulação Distribuída Interativa | 6 |
| 1.3 High Level Architecture (HLA)..... | 7 |
| 2 Objetivos | 12 |
| 2.1 Objetivos gerais..... | 12 |
| 2.2 Objetivos específicos (atividades previstas) | 12 |
| 3 Cronograma..... | 14 |
| Bibliografia | 15 |

Resumo

A pesquisa em Simulação vem permitindo uma constante evolução na área. Um dos resultados alcançados está em [COP1997], onde temos o ambiente para Simulação Interativa Visual SIMOO, uma ferramenta genérica para modelagem e simulação discreta que possui várias facilidades tanto para quem constrói o modelo quanto para os usuários responsáveis por realizar a experimentação destes. Dentro do SIMOO podemos trabalhar com diversos paradigmas de simulação e ainda contar com as facilidades da Orientação a Objetos para a modelagem do sistema em estudo. Outros trabalhos foram realizados posteriormente para estender o ambiente, proporcionando assim novas funcionalidades e novas possibilidades para estudo em simulação.

As áreas de Simulação Paralela e Distribuída e Simulação Distribuída Interativa são bons exemplos dos avanços na pesquisa em simulação, visto os resultados alcançados com a utilização destas tecnologias. Modelos mais realistas e velozes puderam ser criados, novos problemas poderiam agora ser mapeados para um ambiente simulado. No entanto, para realizar a integração de modelos ou ambientes devem ser implementados protocolos de comunicação comuns, muitas vezes as ferramentas tem de ser portadas para outras plataformas e/ou linguagens de programação para que assim dois ambientes de simulação ou dois modelos possam trabalhar juntos.

Em [DMS2000] encontramos a definição do padrão HLA (*High Level Architecture*), que busca a interoperabilidade dos modelos e ambientes de simulação, a partir do momento que define uma interface padrão que todos os componentes da simulação devem ter implementado. Com este processo o reuso de modelos é uma realidade.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar a distribuição do ambiente de simulação SIMOO utilizando o padrão HLA para poder permitir que modelos implementados no SIMOO possam se comunicar com outros ambientes de simulação que também implementam o padrão. Será implementado um protótipo para validação do ambiente neste novo padrão.

Palavras-chave: Simulação Interativa Visual, Orientação a Objetos, *High Level Architecture* (HLA), Programação Distribuída, Simulação Paralela e Distribuída, Simulação Distribuída Interativa.

1 Motivação

O uso de simulação de computador é uma técnica que busca criar uma representação do mundo real para que este possa ser testado. Estas técnicas são utilizadas [GOR1969, SHA1975, PRA1999] em casos onde por exemplo, a experimentação com o sistema real é impossível ou não desejável (desenvolvimento de novos sistemas, como circuitos integrados), para realização de sistemas de treinamento, quando se deseja testar algum sistema utilizando uma escala de tempo maior ou menor, entre outros.

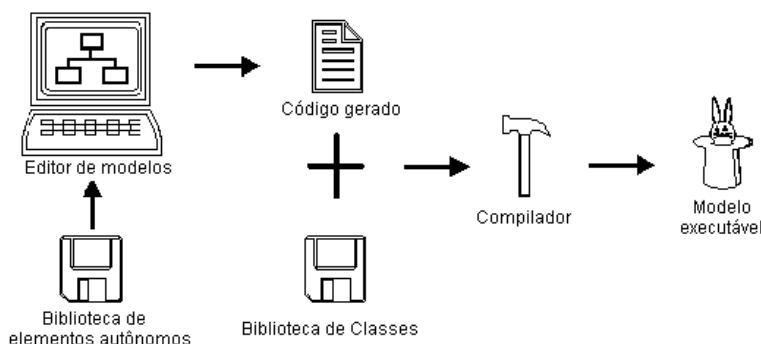
Segundo [PRA1999], o conceito mais aceito para simulação atualmente é o que diz que "Simulação é uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital". Contudo, quando falamos em simulação, o conceito mais clássico encontramos em [SHA1975], onde simulação é "o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com tal modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema ou avaliar várias estratégias (dentro dos limites impostos por um critério ou conjunto de critérios) para a operação de um sistema".

1.1 Projeto SIMOO

Dentro do contexto de modelagem dos sistemas, várias formas para representar os modelos foram propostas ao longo dos anos. Este trabalho está focalizado no ambiente SIMOO, proposto por [COP1997], onde foram usadas em conjunto técnicas de orientação a objetos, para facilitar a descrição dos modelos. SIMOO é um *framework* desenvolvido no Instituto de Informática, que tem como objetivo possibilitar um ambiente de modelagem interativo onde se pode fazer uso de diversos paradigmas de simulação na construção de modelos discretos.

Dentre os módulos existentes no ambiente proposto inicialmente, temos um editor de modelos, o MET (*Model Editor Tool*) [JOR1997] [JOR1998], e uma biblioteca de Simulação. Com a união destes dois componentes temos um ambiente de modelagem e simulação poderoso, com recursos para visualização no momento da experimentação, como, por exemplo, controle da simulação (parar, avanço passo a passo, visualização de valores de atributos das entidades existentes, etc.). O usuário do SIMOO descreve o modelo no editor MET, depois realiza a geração de código do modelo e compila este código gerado. Neste momento é gerado um programa executável com o modelo pronto

para ser simulado. Todos estes processos são realizados dentro da IDE (*Integrated Desktop Environment*) do MET. Esta descrição realizada acima pode ser visualizada na figura abaixo:



Após a implementação do ambiente SIMOO, diversas extensões foram propostas, como por exemplo:

- [FER1999]: criação de um conjunto de classes genéricas para a simulação de arquiteturas de computadores;
- [ROD2000]: extensão do trabalho proposto em [FER1999], temos a proposta de um ambiente de ensino para organização de computadores.
- [OYA1999]: foi feita a criação uma biblioteca de elementos autônomos onde fica possível o uso de co-simulação.
- [BEC1999]: extensão no editor para que este considerasse questões de tempo real;
- [WAG1999]: fez diversas mudanças no que se refere ao modo de modelagem no editor. Este trabalho propôs uma nova abordagem para modelagem e simulação interativa visual, VISM (*Visual Interactive Simulation and Modeling*), que resultou no ambiente VISME (*Visual Interactive Simulation and Modeling Environment*);
- [PIL2000]: aqui vemos o primeiro trabalho voltado para a distribuição da simulação. Neste trabalho foi construído um núcleo de simulação distribuída, o JavaSIM, que trabalha em conjunto com o SIMOO;
- [JOR2000]: aqui foi proposto o OSA (*Open SIMOO Architecture*), onde o autor procura dar mais robustez e flexibilidade ao framework SIMOO, com funcionalidades como a introdução de uma forma descrição genérica dos objetos, a possibilidade de integração entre a ferramenta de modelagem (MET)

e um experimento em execução, aumentando em muito a sua funcionalidade. Dentro do escopo do trabalho a contribuição mais importante se refere ao objeto centralizador OSA, que tem a possibilidade de se comunicar com as outras partes da arquitetura. Tem por exemplo a possibilidade de se comunicar com os elementos de visualização, com o modelo MET, com o experimento, recuperando as suas saídas e assim controlando a simulação dos modelos de forma bem consistente.

1.2 Simulação Paralela e Distribuída e Simulação Distribuída Interativa

Com o objetivo de se buscar melhorias no desempenho dos modelos ou, ainda, ter o desenvolvimento de representações que possuam uma fidelidade maior com relação ao modelo real, pode-se fazer uso dos conceitos de Simulação Paralela e Distribuída e Simulação Distribuída Interativa. Adicionalmente ao processo de simulação tradicional, aqui devem ser levadas em conta questões como o paralelismo desejado e o sincronismo a ser controlado no momento do desenvolvimento.

Quando se fala em paralelismo, logo se pensa no sincronismo, que é um ponto muito importante na pesquisa em Simulação Paralela e Distribuída (*PADS - Parallel and Distributed Simulation*). Os algoritmos para sincronização vão assegurar que os eventos são processados da maneira correta, levando em conta sua causalidade. As estratégias podem ou não respeitar as restrições de causalidade local (*LCC - Local Causality Constraint*) [FUJ1990]. As duas principais alternativas para a resolução deste problema são a abordagem pessimista (conservadora) e a abordagem otimista.

A abordagem pessimista garante que os eventos são processados baseados na sua ordem de chegada. Esta abordagem respeita as restrições de causalidade local, implicando deste modo no bloqueio da simulação local até que a ordem de causalidade esteja correta. Esta abordagem foi pesquisada inicialmente em [CHA1979].

Já a abordagem otimista permite que os eventos sejam processados "não importando sua ordem de chegada". Esta abordagem não respeita as LCC, permitindo a ocorrência de erros de causalidade. Neste caso, quando é recebido um evento e se percebe que ocorreram violações na LCC, o processo local deve realizar uma operação de *rollback* para um tempo onde o evento recebido possa ser processado. Depois os eventos seguintes são processados corretamente. A pesquisa com esta abordagem foi iniciada em [JEF1985].

Buscando a implementação de um protocolo onde seria garantida a consistência entre tipos de simulações e permitiria a conexão entre simuladores heterogêneos, a *Defense Advanced Research Project Agency* (DARPA), em 1989, desenvolveu o conceito de Simulação Distribuída Interativa (*DIS - Distributed Interactive Simulation*).

As pesquisas em Simulação Paralela e Distribuída e Simulação Distribuída Interativa possuem contrastes interessantes, como é visto em [FUJ1995]. Entre características que podemos citar está a preocupação com a velocidade, onde a pesquisa em PADS busca que as simulações sejam o mais rápidas quanto seja possível (*speedup*), enquanto a pesquisa em DIS procura atender nas simulações requisitos de tempo real. Outro ponto interessante são as aplicações das duas áreas de pesquisa. Em PADS, encontramos aplicações voltadas para telecomunicações, circuitos VLSI, entre outras, enquanto a pesquisa em DIS tem como exemplos o controle de tráfego aéreo e aplicações para treinamento militar.

1.3 High Level Architecture (HLA)

Como vimos na seção anterior, as pesquisas em PADS e DIS renderam muitas aplicações, PADS com a construção de modelos procurando obter um desempenho melhor ao mesmo tempo em que controla as relações de causalidade entre os eventos e DIS no desenvolvimento de ambientes de simulação altamente interativos, permitindo que usuários compartilhem dos recursos de simulação em tempo real. No entanto, conforme encontramos em [VAR1999], ainda existem problemas a serem resolvidos, como desempenho, uso eficiente da rede (comunicação), reutilização de códigos de modelos de simulação e, mais ainda, interoperabilidade em ambientes heterogêneos.

O padrão HLA (*High Level Architecture*) foi proposto pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, em [DMS2000], e surgiu como um padrão de interoperabilidade, hoje considerado um padrão OMG (*Object Management Group*)/IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Alguns motivos que contribuíram para sua criação são:

- Modelos e ambientes de usuário não satisfazem todos usuários e usos;
- Não é possível antecipar todos os usos das simulações e maneiras de combiná-las no futuro.

Esta especificação define os serviços e interfaces padrão que serão usados pelos modelos de simulação e pelos componentes que constituem este modelo. Com isto se busca uma maior reutilização de modelos de simulação e objetos de simulação e ainda realizar uma separação entre funcionalidade da simulação com interoperabilidade, pois quando se deseja integrar modelos desenvolvidos em plataformas ou linguagens diferentes novos esforços são realizados para construir um protocolo onde os modelos poderão se comunicar.

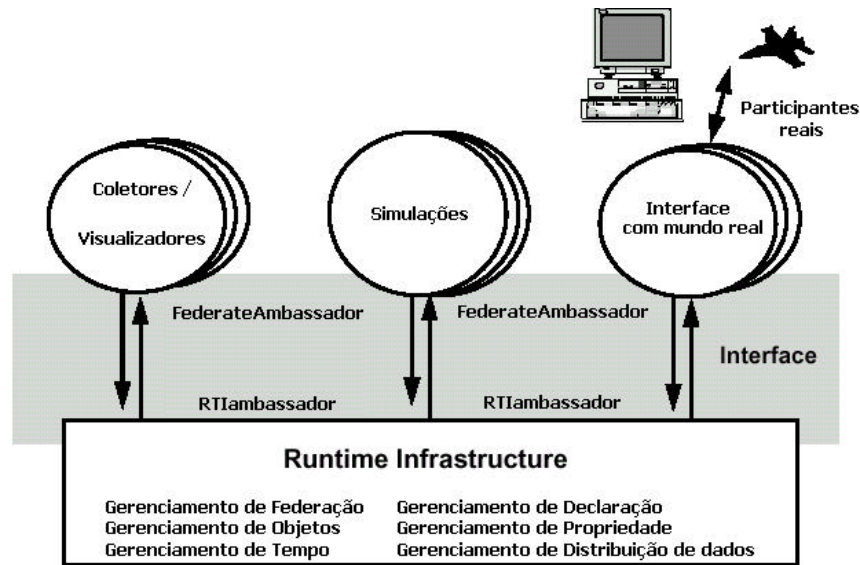
Alguns conceitos importantes sobre a arquitetura são descritos em [DAH1998]. São eles:

- Federação: conjunto de simulações com o mesmo FOM (*Federation Object Model*);
- Federado: membro da federação, representa um ponto de conexão com a infraestrutura. Pode ser um modelo simples (automóvel) como também agregar uma simulação maior (controle de tráfego aéreo);
- SOM (*Simulation Object Model*): descreve o que cada federado pode produzir ou consumir;
- FOM (*Federation Object Model*): define o que existe de comum nos federados (para ser usado na simulação).

HLA é uma arquitetura voltada para o reuso e interoperabilidade de simulações, constituída basicamente de três partes [DAH1998]:

- Regras da HLA: define princípios e convenções que devem ser seguidas pelos federados e pelas federações para que se tenha uma interação adequada;
- *Object Model Template* (OMT): descreve entidades que serão simuladas e interações entre estas entidades na federação. O OMT é um meta-modelo para SOMs e FOMs;
- Especificação da interface: é a especificação da interface entre a RTI (*Runtime Infrastructure*) e os federados.

Abaixo colocamos uma figura que representa os componentes de software de uma federação HLA:



Os objetos federados podem ser visualizados na figura acima como sendo os elementos que interagem com a RTI, ou seja, coletores/visualizadores, simulações, e objetos com interface para o mundo real como mostra o exemplo.

A comunicação entre os federados e a RTI é feita através dos "embaixadores", no nosso exemplo são o *Federate Ambassador* e *RTI Ambassador*.

Dentro do processo de especificação da interface (*Runtime Infrastructure*) são descritos o conjunto de classes de serviços que são fornecidos para os federados pelo RTI [DAH1997] [KUH2000]. Dentre os serviços existentes temos:

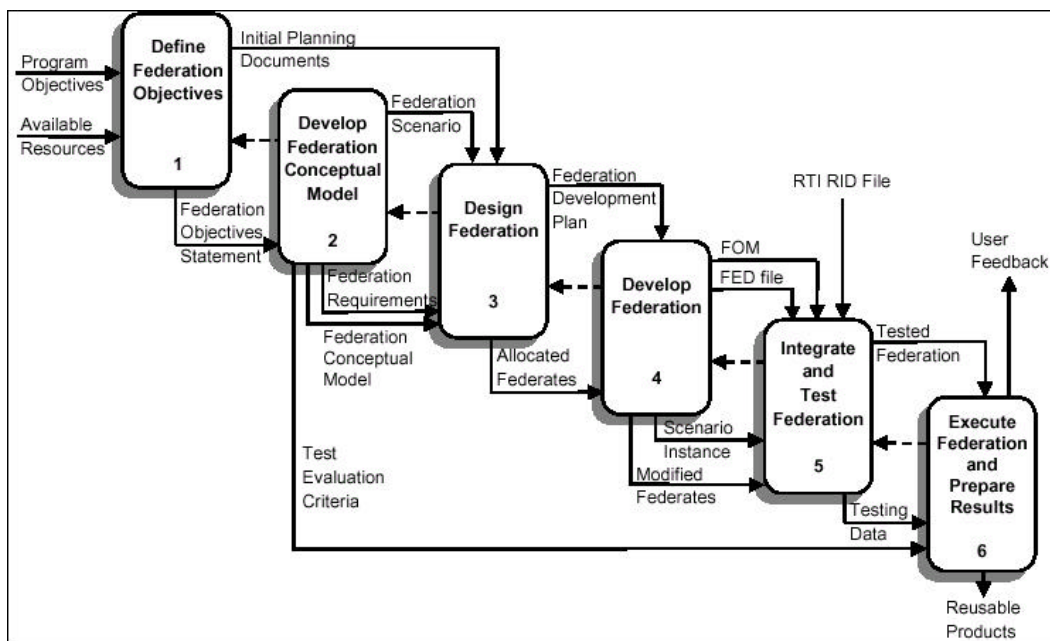
- Gerenciamento de Federação: possui as funcionalidades básicas necessárias para criar e operar a federação;
- Gerenciamento de Objetos: provê funcionalidades como criação, destruição e identificação para os objetos;
- Gerenciamento de Tempo: suporte à sincronização e troca de dados da simulação em execução;
- Gerenciamento de Declaração: provê meios de o federado declarar que informações ele vai exportar (publicar), permitindo que outros federados tenham acesso. Além disso, é aqui onde é realizado a inscrição do federado para atualizações e interações produzidas por outras simulações;
- Gerenciamento de Propriedade: facilidades para transferir dinamicamente os direitos de propriedades de objetos/atributos durante a execução da simulação. Este serviço é muito importante pois apenas o federado com a identificação de

"propriedade" de atributos e/ou objetos tem o direito de modificar / atualizar valores de um atributo em particular;

- Gerenciamento de Distribuição de Dados: provê facilidades para um roteamento eficiente dos dados entre os federados durante o processo de execução da federação.

Um estudo mais aprofundado sobre os serviços, em uma visão mais técnica, pode ser encontrada em [DMS2000a]. Com relação ao gerenciamento de tempo dentro da arquitetura HLA, em [DAH1997] e [FUJ1998] encontramos um estudo bem interessante deste serviço.

A arquitetura da HLA se preocupa em ajudar o processo de construção de modelos. Neste contexto a figura abaixo [DMS2000a] apresenta o processo de desenvolvimento de uma federação, o FEDEP (*Federation Development and Execution Process*).



Toda nova simulação deve passar por este processo de desenvolvimento para ser considerada fiel ao padrão HLA. Todas as etapas são importantes no processo de documentação e desenvolvimento do modelo.

Um estudo mais aprofundado sobre ambientes que trabalham com HLA foi realizado em [WIL2000]. Exemplos dos ambientes estudados:

- [PAR2000]: projeto ParaPUC, que permite a simulação distribuída de eventos discretos, com várias tecnologias como Java, CORBA e HLA;

- [STR1999]: este trabalho mostra o estudo de ambientes como SLX, Pro Model entre outros para que estes funcionem com o padrão HLA;
- [SIM2000]: neste Site encontramos informações sobre a ferramenta SMOC (*Simulation Middleware Object Classes*), provendo uma interface padrão para o desenvolvimento usando o padrão HLA. Com o uso de uma abordagem *middleware*, protege os modelos implementados com relação a variações na implementação da RTI. Possui uma biblioteca de classes com facilidades para transformar modelos legados em modelos adaptados ao padrão HLA, provendo interoperabilidade. Tem facilidades em suportar HLA e DIS simultaneamente;

2 Objetivos

2.1 Objetivos gerais

Com base nos trabalhos relacionados em [WIL2000], e principalmente com documentos sobre o padrão HLA, como [DMS2000a], o objetivo final da Dissertação de Mestrado é a proposta, implementação e validação de modificações na arquitetura do ambiente de modelagem e simulação discreta SIMOO para que este possa gerar modelos que possam funcionar como federados, seja em uma federação de modelos SIMOO como em conjunto com outras abordagens que já possuem suporte ao padrão HLA.

Para isso será necessário existir um trabalho para avaliar as mudanças a serem feitas, novas funcionalidades/ferramentas a serem inseridas no editor de modelos MET e novas funcionalidades na biblioteca de classes de simulação [JOR1998a], para que os modelos gerados funcionem no padrão definido em HLA.

Para validação do protótipo será estudado um problema que necessite de um ambiente que tenha interoperabilidade e que facilite a reutilização da simulação. Uma possibilidade é tornar o trabalho feito em [OYA1999], de co-simulação de sistemas eletrônicos embarcados, compatível com o novo processo, ou seja, com o padrão HLA.

2.2 Objetivos específicos (atividades previstas)

Para o desenvolvimento da dissertação de mestrado e atividades complementares, serão seguidos os seguintes passos:

- ✓ *Objetivo 1:* Revisão bibliográfica;
- ✓ *Objetivo 2:* Submissão de artigo para o *15th European Simulation Multiconference*, com prazo final de envio no dia 15/01/2000;
- ✓ *Objetivo 3:* Estudo dos requisitos necessários para tornar o ambiente SIMOO compatível com o padrão HLA;
- ✓ *Objetivo 4:* Projeto das mudanças necessárias dentro do ambiente SIMOO, processos de reengenharia;
- ✓ *Objetivo 5:* Seminário de andamento, relatando a situação do trabalho;
- ✓ *Objetivo 6:* Implementação do projeto realizado para viabilizar um protótipo funcional;

- ✓ *Objetivo 7:* Validação do protótipo implementado, com estudo de caso ainda a ser confirmado;
- ✓ *Objetivo 8:* Redação da Dissertação
- ✓ *Objetivo 9:* Redação de um ou mais artigos para conferência(s) e revista(s) da área;
- ✓ *Objetivo 10:* Entrega do texto da dissertação;

3 Cronograma

Abaixo temos o cronograma para as objetivos previstos na seção anterior, distribuídas para o ano de 2001.

| Objetivos | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Objetivo 1 | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| Objetivo 2 | X | | | | | | | | | | |
| Objetivo 3 | X | X | | | | | | | | | |
| Objetivo 4 | | X | X | X | | | | | | | |
| Objetivo 5 | | | | | X | | | | | | |
| Objetivo 6 | | | | X | X | X | X | X | | | |
| Objetivo 7 | | | | | | | X | X | X | | |
| Objetivo 8 | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Objetivo 9 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Objetivo 10 | | | | | | | | | | | X |

Bibliografia

- [BEC1999] BECKER, Leandro Buss. **Ambiente de Modelagem e Implementação de Sistemas Tempo Real usando o Paradigma de Orientação a Objetos**. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 1999. Dissertação de Mestrado.
- [CHA1979] CHANDY, K.; MISRA, J. **Distributed Simulation: a case study in design and verification of distributed programs**. IEEE Transactions on Software Engineering, pp. 24-27, Setembro, 1979.
- [COP1997] COPSTEIN, Bernardo. **SIMOO: Plataforma Orientada a Objetos para Simulação Discreta Multi-Paradigma**. Porto Alegre: PPGC - UFRGS, 1997. Tese de Doutorado.
- [DAH1997] DAHMANN, Judith; FUJIMOTO, Richard; WEATHERLY, Richard. **The Department of Defense High Level Architecture**, Winter Simulation Conference, December 1997.
- [DAH1998] DAHMANN, Judith; KUHL, Frederick; WEATHERLY, Richard. **Standards for Simulation: As Simple As Possible But Not Simpler, The High Level Architecture for Simulation**, Simulation, Vol. 71, No. 6, pp. 378-387, December 1998.
- [DMS2000] Página Institucional oficial do **Defense Modeling and Simulation Office (DMSO). The High Level Architecture Homepage**. Disponível via Internet. <http://hla.dmsomil>.
- [DMS2000a] Defense Modeling and Simulation Office. **High Level Architecture Run-Time Infrastructure: RTI 1.3-Next Generation Programmer's Guide Version 3.2**, Setembro, 2000.
- [FER1999] FERREIRA, Luciano. **Um conjunto de Classes para Simulação Interativa Visual de Processadores no Ambiente SIMOO**. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 1999. Dissertação de Mestrado.
- [FUJ1990] FUJIMOTO, Richard. **Parallel Discret Event Simulation**. Communications of ACM, New York, V.33, n.1, Oct. 1990.
- [FUJ1995] FUJIMOTO, Richard M. **Parallel and Distributed Simulation**. Proceedings of the Winter Simulation Conference, Arlington, USA, p.118-125, December, 1995.
- [FUJ1998] FUJIMOTO, Richard. **Time Management in the High Level Architecture**, Simulation, Vol. 71, No. 6, pp. 388-400, December 1998.
- [GOR1969] GORDON, M. G. **System Simulation**. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1969.
- [JEF1985] JEFFERSON, D. **Virtual Time**. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, pp. 404-425, março, 1985.
- [JOR1997] JORNADA, João F. H.; COPSTEIN, Bernardo; WAGNER, Flávio R. **MET - A Graphical Tool for Building Object-Oriented Simulation Models and its Application in Architecture Design**. In: UFRGS Microelectronics Seminar, 1997, Porto Alegre.
- [JOR1998] JORNADA, João F. H. **SIMOO MET - Documentação do Projeto**. Porto Alegre: PPGC - UFRGS, 1998.
- [JOR1998a] JORNADA, João F. H. da. **SIMOO - Library Reference**. PPGC - UFRGS, Porto Alegre, 1998.

- [JOR2000] JORNADA, João F. H. **OSA: Uma arquitetura genérica para a plataforma SIMOO**. Porto Alegre: Instituto de Informática - UFRGS, 2000. Trabalho de Diplomação.
- [KUH2000] KUH, F; Weatherly, R.; Dahmann, J. **Creating Computer Simulation Systems An Introction to the High Level Architecture**. The MITRE Corporation, published by Prentice Hall PTR, 2000. 212p.
- [OYA1999] OYAMADA, Márcio Seiji; WAGNER, Flávio R. **Object-oriented modeling and co-simulation of embedded electronic systems**. Submetido ao IFIP Conference on Very Large Scale Integration, 1999.
- [PAR2000] Site do **Projeto ParaPUC**. Disponível via internet. <http://www.ppgia.pucpr.br/~maziero/parapuc/>. 26 dez. 2000.
- [PIL2000] PILLON, Maurício A.. **JavaSim: Uma Plataforma de Suporte à Simulação Distribuída**. Porto Alegre: PPGCC - PUCRS, 2000. Dissertação de Mestrado.
- [PRA1999] PRADO, Darci Santos do. **Usando o arena em simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- [ROD2000] RODRIGUES, Gustavo Ribeiro. **Proposta de um ambiente de ensino de organização de computadores, tendo como base a arquitetura do processador DLX**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 2000. Trabalho de conclusão.
- [SHA1975] SHANNON, Robert E. **Systems Simulation: The art and science**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1975.
- [SIM2000] Site oficial da **Simulation Middleware Object Classes**. Disponível via internet. <http://www.simulation.com/products/products.html>. 26 dez. 2000.
- [STR1999] STRAßBURGER, Steffen. **On the HLA-based Coupling of Simulation Tools**. In: Proceedings of the 1999 European Simulation Multiconference, ed. H. Szczerbicka, pp. 45-51 (Vol. 1). SCS, Warsaw - Poland, 1999.
- [VAR1999] VARDÂNEGA, Fernando; MAZIERO, Carlos. **Using computational reflection in optimistic distributed simulations**. XIX IEEE International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC'99), Talca - Chile, novembro 1999
- [WAG1999] WAGNER, Paulo Rech. **Uma Nova Abordagem para Modelagem e Simulação Interativa Visual**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1999. Tese de Doutorado.
- [WIL2000] WILDT, Daniel de Freitas. **Um estudo comparativo sobre ambientes de Simulação Distribuída e ambientes que integram conceitos de HLA**. Porto Alegre: PPGC - UFRGS, 2000. Trabalho Individual.