

**Enio Emanuel Ramos Russo**

**Um Metamodelo para Configuração de Espaços de  
Trabalho Virtuais Colaborativos: Aplicação no  
Gerenciamento de Desastres de Estruturas *Offshore* de  
Óleo e Gás**

**Tese de Doutorado**

Tese apresentada como requisito parcial para  
obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-  
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Marcelo Gattass  
Co-orientador: Prof. Terrence Peter Fernando  
Co-orientador: Prof. Alberto Barbosa Raposo

Rio de Janeiro, 27 de março de 2006

**Enio Emanuel Ramos Russo**

**Um Metamodelo para Configuração de Espaços de Trabalho Virtuais  
Colaborativos: Aplicação no Gerenciamento de Desastres de  
Estruturas *Offshore* de Óleo e Gás**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Marcelo Gattass**

Orientador  
Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Terrence Peter Fernando**

School of Construction and Property Management - University of Salford

**Prof. Alberto Barbosa Raposo**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Carlos José Pereira de Lucena**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Hugo Fuks**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Dr. Álvaro Maia da Costa**

Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Miguez de Mello – Petrobras

**Prof<sup>a</sup>. Flávia Maria Santoro**

Departamento de Informática Aplicada – UNIRIO

**Prof<sup>a</sup>. Renata Mendes de Araujo**

Departamento de Informática Aplicada – UNIRIO

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico

Rio de Janeiro, 27 de março de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Enio Emanuel Ramos Russo**

Mestre em Informática pela PUC-Rio em 1988 e Mestre em Matemática Aplicada pelo Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) em 1988, graduou-se em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) em 1983. Foi Gerente de Informação do CENPES da Petrobras e co-fundador do Tecgraf da PUC-Rio. Atualmente realiza pesquisa em Computação Gráfica e Realidade Virtual.

#### Ficha Catalográfica

Russo, Enio Emanuel Ramos

Um metamodelo para configuração de espaços de trabalho virtuais colaborativos : aplicação no gerenciamento de desastres de estruturas offshore de óleo e gás / Enio Emanuel Ramos Russo ; orientadores: Marcelo Gattass, Terrence Peter Fernando, Alberto Barbosa Raposo. Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Informática, 2006.

198 f. : il. ; 30 cm

Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Colaboração. 3. Metamodelo. 4. Espaços virtuais. 5. Óleo e gás. I. Gattass, Marcelo. II. Fernando, Terrence Peter. III. Raposo, Alberto Barbosa. IV. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. V. Título.

CDD: 004

À minha maravilhosa esposa Márcia.

## Agradecimentos

A Deus, por ter me dado forças e saúde para superar os momentos mais difíceis.

À minha maravilhosa esposa Márcia, que sempre me incentivou e me apoiou, com muito amor e paciência ao longo desses quatro anos.

Aos meus pais, Enio e Dilce, e aos meus avós, Danilo (saudades) e Eddy, pelo carinho e exemplo de vida que me deram, estando sempre presentes ao meu lado, e às minhas irmãs, Patrícia e Cláudia, que sempre torceram por mim.

A toda a família da minha esposa, começando pelo meu querido e falecido sogro Jorge (que Deus o tenha), minha sogra Ana Maria e meus cunhados Marcelo e Marília, por todo o carinho e incentivo que me deram.

Aos meus orientadores Marcelo Gattass, Terrence Fernando e Alberto Raposo, pelas mãos firmes que me apontaram com segurança o melhor caminho a seguir. A eles, verdadeiros amigos, o meu muito obrigado!

Ao Gerente e amigo Álvaro Maia, inspirador e grande incentivador desta Tese!

Ao Prof. Lucena, meu professor de tão longa data, por todo o seu apoio, idéias e interesse em estreitar as relações com a Universidade de Salford.

Aos meus amigos Börje e Pozzer, que tanto me ajudaram na implementação.

Aos amigos Prof. Bruno Feijó, Flávio Szenberg e Rodrigo Toledo, pelas palavras animadoras para que eu prosseguisse no doutorado.

Aos muitos que contribuíram com idéias para esta Tese, Profs. Markus Endler, Renato Cerqueira e Hugo Fuks, Luiz Coelho, Antonio Nascimento, Ivan Menezes, Carlos Cassino, João Luiz, Ernesto Fleck e Eduardo Thadeu da PUC, Prof<sup>as</sup>. Renata Araujo e Flávia Santoro da UNIRIO, Isaias Masetti, Mauro Costa, Carlos Jordani, Luiz Levy e Heitor Araújo, do CENPES, e Roberto de Beauclair, do IMPA.

À Petrobras, por todo o apoio e suporte financeiro, em especial aos gerentes Anelise Lara, Fernando José, Bruno Zeeman, Roberto Murilo e Luís Antônio.

Ao Tecgraf, à PUC e à Universidade de Salford, por tornar disponíveis recursos e apoiar a elaboração da Tese.

Aos meus médicos Jorge André de Segadas, José Joaquim Seabra, Armando José Pimenta, Ricardo Alvariz, Antônia Márcia Cupello, Alexandre Gripp, Milton Arantes e Américo Cardoso, responsáveis pelo restabelecimento da minha saúde.

Aos Profs. Casanova, Paulo Cezar, Luiz Henrique e Waldemar, Felipe Carvalho, Romano, Sérgio, Manuel, Luciana, Ismael, Luciano, Gustavo, Thiago, Márcio, Eduardo, Pedro, Pablo, Felipe Lobo, Ricardo, Fábio, Maurício, Aurélio, Paulo, Haroldo, Roza, Villarim, Delio, Otacilio, Flávio, Orlando e Norman, pela grande força que me deram como amigos de todas as horas.

À Deborah, Ruth, Manu, Alex, Sandra, Claudinei, Herivelto, Paulo, Elson, Sérgio e Michelle, por todo o apoio ao longo de todo o doutorado.

E a todas as outras pessoas que também me ajudaram a realizar este trabalho.

## Resumo

Russo, Enio Emanuel Ramos. **Um Metamodelo para Configuração de Espaços de Trabalho Virtuais Colaborativos: Aplicação no Gerenciamento de Desastres de Estruturas *Offshore* de Óleo e Gás.** Rio de Janeiro, 2006. 198 p. Tese de Doutorado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Várias companhias têm criado equipes virtuais para agregar trabalhadores de diversas especialidades que estão dispersos geograficamente, aumentando a demanda por aplicações CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*). De modo a facilitar o desenvolvimento de uma ampla gama destas aplicações colaborativas, devemos prover uma arquitetura genérica que seja adaptável a diferentes situações, tarefas e configurações de um modo flexível.

Este trabalho investiga como um ambiente de trabalho distribuído pode apoiar o gerenciamento de desastres, envolvendo equipes técnicas colaborativas distribuídas. Primeiramente, identificamos os requisitos para o espaço de trabalho distribuído, a partir dos atores envolvidos em um desastre, e analisamos os sistemas de emergência comerciais disponíveis. Em seguida, elaboramos um metamodelo de multi-perspectiva para auxiliar a configurar este espaço de trabalho virtual colaborativo. Finalmente, derivamos, a partir do metamodelo, um protótipo para o gerenciamento de desastres de estruturas *offshore* de óleo e gás e desenvolvemos uma implementação aderente ao padrão HLA (*High Level Architecture*) para este protótipo, como prova de conceito deste metamodelo.

## Palavras-chave

Trabalho Colaborativo Auxiliado por Computador; Metamodelo; Espaços de Trabalho Virtuais; Óleo e Gás.

## **Abstract**

Russo, Enio Emanuel Ramos. **A Metamodel for Configuring Collaborative Virtual Workspaces: Application in Disaster Management of Oil & Gas Offshore Structures.** Rio de Janeiro, 2006. 198 p. D.Sc. Thesis - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Many companies have been creating virtual teams that bring together geographically dispersed workers with complementary skills, increasing the demand for CSCW (Computer Supported Cooperative Work) applications. In order to facilitate the development of a wide range of these collaborative applications, we should offer a general architecture that is adaptable to different situations, tasks, and settings in a flexible way.

This work investigates how a distributed workspace environment can support disaster management, involving distributed collaborative technical teams. We first identify the requirements for the distributed workspace, from the stakeholders involved in a disaster, and analyse the commercial emergency systems available. We then elaborate a multi-perspective metamodel to support configuring this collaborative virtual workspace. Finally a prototype for oil & gas offshore structures disaster management based on our multi-perspective metamodel is derived and an HLA (High Level Architecture) compliant implementation for this prototype is developed as a proof-of-concept of the metamodel.

## **Keywords**

Computer-Supported Cooperative Work; Metamodel; Virtual Workspaces; Oil & Gas.



## Sumário

1	Introdução	17
1.1.	Motivação	18
1.2.	Metas e Objetivos	19
1.3.	Estrutura da Tese	20
2	Levantamento de Requisitos	22
2.1.	A Evolução da Gestão de Desastres na Petrobras	22
2.2.	Requisitos	23
2.2.1.	A Natureza Distribuída das Equipes	24
2.2.2.	A Natureza Distribuída dos Recursos	25
2.3.	Sistemas Comerciais de Gestão de Emergências	25
2.3.1.	Relatório de Comparação de Recursos do Departamento de Justiça dos EUA	26
2.3.2.	L-3 CRISIS <i>Command and Control System</i>	27
2.3.3.	<i>Oil Spill Crisis Management Simulator</i>	28
2.3.4.	<i>Systems Requirements Document (SRD) do Automated Resource Management System (ARMS) dos EUA</i>	29
2.3.5.	Análises do <i>Crisis Intervention and Operability (CRIOP)</i>	30
2.3.6.	Conclusões sobre os Sistemas de Emergência	30
3	Um Metamodelo para a Configuração de Espaços de Trabalho Virtuais Colaborativos	33
3.1.	Um Metamodelo Centrado nas Atividades	34
3.1.1.	Níveis de Abstração do Metamodelo	36
3.1.2.	Desdobrando os Componentes de um Nível de Abstração Específico	37
3.1.3.	Componentes do Metamodelo	39
3.1.3.1.	Nós	39
3.1.3.2.	Arestas	40
3.2.	Instanciação do Metamodelo Centrado nas Atividades: Modelos	

Centrados nas Atividades	42
3.2.1. Um Modelo Centrado nos Lugares	43
3.2.2. Um Modelo Centrado nas Pessoas	45
3.2.3. Combinação de Perspectivas: um Modelo Centrado nas Atividades	46
3.2.4. Metamodelo Centrado nas Atividades: Algumas Conclusões	48
3.3. Metamodelo Centrado nas Atividades: Componentes de Coordenação	50
3.3.1. Elementos de Especialização das Arestas	50
3.3.2. Regras de Papéis	54
3.3.3. Tabela de Atributos de Mensagens	60
3.3.4. Algoritmos de Remetente e Receptor	62
3.4. Metamodelo Centrado nas Atividades: Linguagem de Especificação para o Componente de Rede	65
3.5. Modelo Centrado nas Atividades: Um Exemplo Simples Completo	69
4 Abordagens Tecnológicas para o Desenvolvimento de Ambientes Virtuais Distribuídos	74
4.1. Considerações sobre o Desenvolvimento de Ambientes Colaborativos	74
4.2. Abordagens de Arquiteturas	79
4.2.1. <i>Middleware</i>	79
4.2.1.1. <i>Message Passing Interface (MPI)</i>	79
4.2.1.2. CORBA e TAO	80
4.2.1.3. Grade Computacional e Globus	81
4.2.1.4. <i>Common Component Architecture (CCA)</i>	82
4.2.1.5. InfoGrid	83
4.2.2. Ambientes Virtuais Distribuídos Puros	85
4.2.2.1. SIMNET, DIS e HLA	85
4.2.2.2. DIVE	87
4.2.2.3. MASSIVE	87
4.2.2.4. Avango	88
4.2.2.5. DEVA/MAVERIK	89

4.2.2.6. Outros DVEs	89
4.2.2.7. HLA	91
5 Metamodelo Centrado nas Atividades: Derivando Modelos e Protótipos	98
5.1. A Aplicação de Gestão de Desastres de Estruturas <i>Offshore</i> de Óleo e Gás	98
5.1.1. Um Primeiro Modelo para a Aplicação Colaborativa de Gestão de Desastres	106
5.1.1.1. Um Protótipo HLA para o Primeiro Modelo para a Aplicação Colaborativa de Gestão de Desastres	118
5.1.1.2. Um Protótipo InfoGrid para o Primeiro Modelo para a Aplicação Colaborativa de Gestão de Desastres	122
5.1.2. Um Segundo Modelo para a Aplicação Colaborativa de Gestão de Desastres	123
5.1.2.1. Um Protótipo HLA para o Segundo Modelo para a Aplicação Colaborativa de Gestão de Desastres	125
5.2. Visualização CAD em Ambientes Virtuais	125
5.2.1. Um Modelo para a Visualização CAD em Ambientes Virtuais	126
6 Conclusões e Trabalhos Futuros	132
6.1. Trabalhos Futuros	135
7 Referências Bibliográficas	140
Apêndice A: Entrevistas	149
Apêndice B: Artigos Publicados	154
Apêndice C: Telas do Protótipo HLA	187

## Lista de figuras

Figura 1 - Modelo colaborativo para a elaboração de um artigo: I1 e I2 são pesquisadores de Informática e E1, E2, E3 e E4 são Engenheiros	36
Figura 2 - Modelo colaborativo para a gestão de um desastre em uma estrutura <i>offshore</i> de óleo e gás	37
Figura 3 - Primeiro nível abaixo do superior, relativo à companhia de óleo e gás do modelo colaborativo de gestão de desastres: ET1 e ET2 representam a Equipe Técnica 1 e a Equipe Técnica 2, respectivamente, e TD1 e TD2 representam, respectivamente, o Tomador de Decisões 1 e o Tomador de Decisões 2	38
Figura 4 - Primeiro nível abaixo do superior, relativo à companhia de óleo e gás no modelo colaborativo de gestão de desastres, agora com o Tomador de Decisões 1 entre o nó das Equipes Técnicas e o Tomador de Decisões 2	39
Figura 5 - Modelo colaborativo da elaboração de um artigo: perspectiva Centrada nos Lugares	43
Figura 6 - Modelo colaborativo da elaboração de um artigo: perspectiva Centrada nas Pessoas	45
Figura 7 - Modelo colaborativo da elaboração de um artigo: perspectiva Centrada nas Atividades	47
Figura 8 - Nova configuração do grupo Teoria	47
Figura 9 - Metamodelo Centrado nas Atividades, processamento pré e pós-comunicação: a) ponto-de-vista do metamodelo; b) ponto-de-vista do pré e pós-processamento	52
Figura 10 - Um exemplo simples completo de um modelo centrado nas atividades: Simulação Integrada	69
Figura 11 - Arquitetura InfoGrid	83
Figura 12 - HLA e RTI (Dahmann et al., 1999)	92
Figura 13 - Visão Lógica de uma Federação HLA (McLeod, 2006)	94
Figura 14 - O Esquema Geral – Federações em Execução (McLeod, 2006)	95
Figura 15 - Passos no Processo de Execução de uma Federação (McLeod, 2006)	96
Figura 16 - O modelo colaborativo de gestão de desastres: figura global	99

Figura 17 - SSTAB: sistema de Estabilidade de Unidades Flutuantes	103
Figura 18 - DYNASIM: sistema de Estabilidade Dinâmica	104
Figura 19 - Um primeiro modelo para a aplicação colaborativa de gestão de desastres, focando na simulação integrada	107
Figura 20 - Um protótipo HLA para o primeiro modelo para a aplicação de desastres	118
Figura 21 - Um segundo modelo para a aplicação colaborativa de gestão de desastres, focando na simulação integrada	124
Figura 22 - Um protótipo HLA para o segundo modelo para a aplicação de desastres	124
Figura 23 - Um modelo para a visualização CAD em ambientes virtuais	127
Figura 24 - Sessão colaborativa sendo iniciada	187
Figura 25 - O operador do SSTAB T1 recebe uma mensagem de T0 para iniciar a simulação do SSTAB	188
Figura 26 - O operador do SSTAB T1 inicia a simulação do SSTAB	188
Figura 27 - Os federados T0, T3 e DM1 recebem uma mensagem de T1 informando que ele começou a simulação do SSTAB	189
Figura 28 - T1 exporta um arquivo geométrico do WAMIT e termina a simulação do SSTAB	189
Figura 29 - T1 envia uma mensagem informando o fim da simulação do SSTAB, com S2 ativando automaticamente o simulador WAMIT	190
Figura 30 - S2 envia automaticamente para os federados T0, T1, T3 e DM1 uma mensagem informando o fim da simulação do WAMIT	190
Figura 31 - O Piloto da Emergência T0 envia os dados ambientais (H=5 e P=10) para o operador do DYNASIM T3	191
Figura 32 - O operador do DYNASIM T3 recebe os dados ambientais (H=5 e P=10) de T0	191
Figura 33 - O operador do DYNASIM T3 envia uma mensagem informando que ele irá iniciar a simulação do DYNASIM	192
Figura 34 - A simulação do DYNASIM é iniciada	192
Figura 35 - O DYNASIM lê e converte o arquivo de saída do WAMIT em um arquivo neutro do WAMIT	193
Figura 36 - T3 entra com os dados ambientais (H=5 e P=10) dentro do DYNASIM	

	193
Figura 37 - T3 termina a simulação do DYNASIM	194
Figura 38 - T3 envia um sinal verde referente à simulação do DYNASIM	194
Figura 39 - Os federados T0, T1 e DM1 recebem uma mensagem de T3 informando o resultado da simulação do DYNASIM	195
Figura 40 - O Piloto da Emergência T0 aprova os resultados das simulações	195
Figura 41 - O Tomador de Decisões DM1 (e os federados T1 e T3) recebe uma mensagem de T0 solicitando que ele valide a seqüência de comandos a ser executada	196
Figura 42 - O Tomador de Decisões DM1 valida a seqüência de comandos a ser executada	196
Figura 43 - Os federados T0, T1 e T3 recebem uma mensagem de DM1 informando que ele validou a seqüência de comandos a ser executada	197
Figura 44 - O Piloto da Emergência T0 notifica a Imprensa a respeito da decisão tomada, enviando um relatório	197
Figura 45 - A Imprensa recebe uma mensagem de T0 informando que um novo relatório está disponível	198

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Metamodelo Centrado nas Atividades: programa de coordenação típico	60
Tabela 2 - Colunas e primeiras linhas de uma tabela de atributos de mensagens típica	61
Tabela 3 - Metamodelo Centrado nas Atividades: algoritmos de remetente e receptor	63
Tabela 4 - Componente de rede: blocos de especificação que definem entidades e relacionamentos	67
Tabela 5 - Componente de rede: Linguagem de Descrição de Dados (DDL)	68
Tabela 6 - Componente de rede: registros de carga para nós e arestas	68
Tabela 7 - Modelo Centrado nas Atividades: registros de carga do componente de rede	70
Tabela 8 - Modelo Centrado nas Atividades: regras de papéis para tecnico_1	71
Tabela 9 - Metamodelo Centrado nas Atividades: tabela de atributos de mensagens para o modelo BR	72
Tabela 10 - Um primeiro modelo para a aplicação de gestão de desastres: registros de carga	108
Tabela 11 - Definição da barra de colaboração e das regras para o Piloto da Emergência	112
Tabela 12 - Regras de papéis para o operador do SSTAB e para o simulador WAMIT	113
Tabela 13 - Regras de papel para o operador do DYNASIM	114
Tabela 14 - Regras de papéis para Tomador de Decisões, Imprensa e Equipes Técnicas	115
Tabela 15 - A tabela de atributos de mensagens do primeiro modelo para a aplicação de desastres	117
Tabela 16 - Um protótipo InfoGrid para o primeiro modelo para a aplicação de desastres	122
Tabela 17 - Regras de papéis para os técnicos do E&P 0, 1 e 2, e para a Unidade 2 do E&P	128

Tabela 18 - Regras de papel para o tomador de decisões	129
Tabela 19 - A tabela de atributos de mensagens para a aplicação de visualização CAD	129