

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Daniel Abadi Orlean**

## **Um Processo Unificado para Engenharia de Ontologias**

### **Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática

Orientador: Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro  
Agosto de 2003



**Daniel Abadi Orlean**

## **Um Processo Unificado para Engenharia de Ontologias**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Carlos José Pereira de Lucena**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Daniel Schwabe**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Simone Diniz Junqueira Barbosa**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Ney Dumont**

Coordenador Setorial do Centro  
Técnico e Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2003

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

### **Daniel Abadi Orlean**

Daniel Abadi Orlean concluiu a graduação em Engenharia de Computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro tendo obtido diversos certificados de excelência acadêmica. Ingressou em 2001 no programa de Mestrado em Informática da mesma Universidade, concluindo os requisitos necessários em 2003. Neste período, participou de vários projetos de pesquisa envolvendo a academia e a indústria.

#### Ficha catalográfica

Orlean, Daniel Abadi

Um processo unificado para engenharia de ontologias / Daniel Abadi Orlean; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2004.

159 f. : il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas

CDD: 004

A Celia e Enrique Orlean – meus pais, fundamentais em todos esses anos e a Luiz  
Felipe Orlean, um grande irmão e amigo.

## Agradecimentos

Muitos dizem que escrever os agradecimentos de uma tese ou dissertação é a parte mais difícil do trabalho. Cheguei a acreditar nessas pessoas. Depois de dois anos (tudo bem, eu admito, foi um pouco mais que isso) lendo centenas de publicações, levantando bibliografia, pesquisando e escrevendo, analisando estudos de casos e casos de teste, dormindo e comendo mal e quase não tendo tempo para as pessoas que são importantes para mim, cheguei a uma conclusão: é tudo charme!

Mesmo correndo o risco de esquecer alguém, mencionar quem esteve ao meu lado nesses momentos é muito gratificante.

Eu não poderia começar de forma diferente. Meu pai, Enrique “Animal” e minha mãe, “Doda” Celia foram meus dois primeiros professores. E isso não é apenas uma figura de linguagem. Com eles – e por causa deles - aprendi quase tudo o que eu sei. Meu pai me ensinou a aprender. Minha mãe me ensinou a gostar de ler e escrever. Os dois juntos me ensinaram a ser “gente”. Todo o amor, carinho e caráter que vocês me passaram foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

Eu não sei dizer se um grande amigo vira um irmão ou se um grande irmão vira um amigo. Sei que não preciso me preocupar com isso, já que meu irmão, Luiz Felipe, faz esses dois papéis. Vê se não esquece de mim na sua formatura!!

Alguns orientadores são apenas professores. Outros vão além e tornam-se amigos de seus alunos. O Professor Carlos Alberto Pereira de Lucena já passou dessas duas fases. Sua missão é criar as condições para que seus alunos trilhem caminhos de sucesso, e, com certeza, ele faz isso muito bem. Professor Lucena, muito obrigado por todas as oportunidades e pelo estilo de orientação inovador e estimulante.

Conheci o Professor Daniel Schwabe no último ano de minha graduação em Engenharia de Computação e me impressionei desde o princípio com seu estilo franco e bem embasado. Durante meus anos de mestrado, ele sempre estava disponível para rápidas conversas (sempre de quatro a seis horas!) e para dar sua opinião. Convidá-lo para a banca significava ter de estar preparado para receber críticas sempre construtivas e enriquecedoras.

Ao ver a excelente participação da Professora Simone D. J. Barbosa em outras bancas decidi que não podia deixar de contar com sua presença em minha defesa. Seus comentários foram muito valiosos para que a qualidade desse trabalho fosse substancialmente aumentada.

Eu sempre tive certeza de que era o sócio mais esperto da Milestone. Afinal, consegui convencer dois “feras” de que trabalhar comigo valeria a pena! E não é que tem dado certo? Dois grandes amigos e excelentes profissionais. Chicão, vulgo Francisco Ferreira, com sua objetividade e pragmatismo essenciais e Cristiano “DaMatta” Rocha, um “cara” sempre em busca do “ótimo”. A cada vez que paro para conversar com vocês aprendo mais do que poderia imaginar.

A toda minha família – avôs e avós, tios, tias e primos - um exemplo de luta e garra que mostra que mesmo com todas as dificuldades somos capazes de construir nossos sonhos.

A Adriana, que esteve ao meu lado durante esses dois anos, os mais intensos da minha vida. Não pude estar do seu lado todas as vezes que você merecia, mas espero que você seja muito feliz!

Das salas de aula de engenharia até meu círculo de amizades para toda a vida, outras pessoas incríveis que eu não posso esquecer. “Pirulito”, amigo de nights de farra e de noites viradas para terminar o trabalho do Arndt. Leo, amigo de longa data e de outros carnavais, blocos e micaretas! Felipe, o Cohen, um cara genial que escolheu um caminho mais fácil que o pessoal da computação – foi trabalhar com finanças, e hoje só mexe com Excel.

Completando essa galera, João e Matheus, dois amigos e parceiros geniais! E, e claro, a todos os outros da C961: Vince, Heron, Bak, Markus, Luiz (o C.P.M.F que não é imposto), Eric, Alexandre, Ascensão e a você que eu devo ter esquecido e que está com raiva de mim agora.

Se existe um anjo na Terra, o nome dele é Vera. O Professor Lucena que me perdoe, mas sua participação na conclusão de meu mestrado é tão importante quanto à dele. Prestatividade e boa vontade deviam ser seus sobrenomes.

À equipe técnica da Milestone – Leme, Nasser, Danilo, André e Leo - profissionais da mais alta qualidade e com quem queremos crescer juntos.

Ao pessoal LES – onde eu devo ter passado mais tempo do que em minha própria casa nesses dois últimos anos. Desde os veteranos – LF (o da rede!), Akeo, Alessandro, Viviane, Sérgio Crespo, Guga e Daflon (duas feras!), Fred, LF (o da rede não, o outro!), Mariela, Leo Cunha, Anarosa, Cristina (da Bahia), Jorge, Cristina (de Petrópolis) e Rivero – até os recém chegados, como Rodrigo (Pelotas), Ferrão, Dani (aproveito para as duas!), Rodrigo Paes e Uirá. De novo, eu sei que esqueci alguém...

Ao pessoal do mestrado e doutorado da PUC-Rio, que vive ou viveu na pele tudo o que eu estou falando – Fabiomar, Pigatti (“DI-MAIS!”), Baiano e Davi, as “meninas” - Maíra, Luciana, Lucimar, Viviane, Paula, Taciana e Juliana – e Fredão, que não faz nem mestrado nem doutorado na PUC-Rio, mas já faz parte da galera.

Aos outros professores da PUC-Rio que em muito influenciaram minha formação: Arndt von Staa, César Salim, Marcus Poggi e Júlio Cesar Leite.

À galera do NaFolia que faz questão de nos lembrar sempre que a vida não é feita só de trabalho, e à galera do CESC, sempre presente nos melhores e nos piores momentos.

Às “meninas do Gênesis”, que acompanharam os últimos meses desse desafio – Lara, Fernanda, Patrícia, Vanessa, Débora e Marina, vocês são umas figuras!

Aos alunos de graduação e mestrado que participaram com casos de teste para os resultados dessa dissertação. Rodrigo Prestes Machado, Daniela Brauner e Ariadne Pacheco, obrigado pelos comentários e críticas!

Ao CNPq, a Finep, a Módulo, a FPLF e ao First, pelo apoio financeiro concedido através bolsas de pesquisa ou como financiamento para os projetos relacionados ao tema deste trabalho.

E, finalmente a você, que teve paciência de ler esse extenso agradecimento até aqui. Valeu galera!!!!

## Resumo

Orlean, Daniel Abadi; Lucena, Carlos José Pereira de. **Um Processo Unificado para Engenharia de Ontologias**. Rio de Janeiro, 2003. XXp. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A Web Semântica já está deixando de ser uma visão de Tim Berners-Lee para virar uma realidade. Diversos projetos em todo o mundo já exploram as potencialidades dessa segunda geração da Web para tornar seu conteúdo processável por máquinas. Infelizmente (ou felizmente!), os computadores não são capazes de desenvolver por livre e espontânea vontade uma linguagem consensual de comunicação. É nesta etapa que entram em cena as ontologias. Conhecida no ramo da filosofia como “teorias sobre a natureza da existência”, as ontologias têm sido encaradas de maneira consideravelmente diferente no universo computacional. Representam um entendimento comum e compartilhado sobre um domínio específico e têm como o objetivo principal permitir a comunicação entre organizações, pessoas e aplicações. Isto tipicamente exige o comprometimento de grupos de pessoas e o uso de metodologias, processos e/ou métodos bem definidos. Com o aumento de sua importância, o projeto e desenvolvimento de ontologias vêm deixando de ser uma arte para se transformar em um processo de engenharia.

Diversas propostas já foram apresentadas para o problema de engenharia de ontologias, muitas delas apoiadas por estudos acadêmicos e industriais. No entanto, é importante notar que nenhuma dessas metodologias – que em muitos casos resumem-se apenas a heurísticas extraídas da experiência de seus autores ou a orientações sobre como alcançar bons resultados – atende por completo aos requisitos potenciais do projeto de uma ontologia.

O que se propõe neste trabalho é a unificação de disciplinas e atividades oriundas de metodologias distintas em um framework de processos abrangente, intitulado KUP – Knowledge Unified Process, que permite um adequado projeto e desenvolvimento de ontologias e bases de conhecimento. Entende-se como um processo um conjunto de atividades e resultados associados a essas atividades com o objetivo de garantir a geração de um produto final, seja este produto um software, uma ontologia ou uma ontologia associada a sua base de conhecimento. A unificação deste processo segue as melhores práticas em engenharia de software existentes na



indústria e é apoiada por um framework de avaliação de metodologias consolidado na academia.

Foram realizados dois estudos de caso para este framework de processos, um envolvendo o desenvolvimento de uma solução de gestão de conhecimento em segurança da informação e outro envolvendo a integração de uma ferramenta de gestão de competências para ambientes de educação a distância.

## **Palavras-chave**

Web Semântica, Ontologias, Engenharia de Ontologias, Framework de Processos, Gestão de Conhecimento, Unificação de Processos

## ABSTRACT

Orlean, Daniel; Lucena, Carlos José Pereira de (Advisor). **A Unified Process Framework of Ontology Engineering**. Rio de Janeiro, 2003. XXp. M. Sc. Dissertation – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The Semantic Web is now a reality. Several projects all around the world are already using tools and technologies developed to support the second generation of the Web to provide machine-processable content for software agents, web services and applications. However, computers can not agree on a consensual language by themselves. Ontologies can be used as a way to provide this shared conceptualization, making possible the desired communication among organizations, people and applications. Several proposals have been already presented regarding ontology engineering - many supported by academic and industrial case studies. However, none of them encompasses all the requirements identified for an ontology construction project.

This work describes the unification of different features extracted from those methodologies to build a process framework named KUP – the Knowledge Unified Process. This unified process is based on several industry best practices and on a well accepted ontology methodology evaluation framework. Two case studies were developed so as to support and validate this process framework. The first was the development of a semantic web solution for security information knowledge management and the second one was the integration of a skill management tool to a learning management system, through ontologies.

## Keywords

Semantic Web, Ontologies, Ontology Engineering, Knowledge Management, Unified Process, Process Framework

## Sumário

1	Introdução	17
1.1.	Motivação	17
1.2.	A Web Semântica	18
1.2.1.	A Evolução da Web Semântica	19
1.3.	Ontologias	21
1.4.	Engenharia de Ontologias	23
1.5.	Objetivo	24
1.6.	Estrutura da Dissertação	25
1.7.	Metodologia	26
2	Fundamentação – Conceitos Básicos	28
2.1.	Processos e Frameworks de Processos	28
2.1.1.	<i>Terminologia</i>	29
2.2.	Gestão de Conhecimento	31
2.3.	Agentes de Software e Sistemas Multi-Agentes	32
3	Trabalhos Relacionados	36
3.1.	Metodologias, métodos e processos para engenharia de ontologias	36
3.1.1.	<i>METHONTOLOGY</i>	36
3.1.2.	<i>Metodologia On-To-Knowledge</i>	37
3.1.3.	<i>Metodologia de Uschold &amp; King</i>	38
3.1.4.	<i>Metodologia de Grüninger &amp; Fox</i>	38
3.1.5.	<i>Método SENSUS</i>	39
3.1.6.	<i>Método Cyc</i>	39
3.1.7.	<i>Método KACTUS</i>	40
3.2.	Gestão de Conhecimento utilizando Ontologias e a Web Semântica:	
	Portais Semânticos	40
3.2.1.	<i>SEAL e SEAL-II</i>	40
3.2.2.	<i>KA2</i>	41

3.2.3. <i>University of Tatum Semantic Portal</i>	41
3.3. Integração de ontologias	42
3.3.1. <i>PROMPT</i>	43
3.3.2. <i>Chimaera/Ontolingua</i>	45
3.4. Gestão Distribuída de Conhecimento utilizando Ontologias	45
3.4.1. <i>OntoShare</i>	45
4 Estudo de Caso Preliminar	47
4.1. Desenvolvimento do Portal Semântico do Grupo TecComm: Gestão de Conhecimento em Projetos de Pesquisa utilizando Ontologias e Web Services	47
4.1.1. <i>Introdução</i>	47
4.1.2. <i>O Projeto e Desenvolvimento do Portal Semântico de Conhecimento do Grupo TecComm</i>	48
4.1.3. <i>A Ontologia de Projetos de Pesquisa</i>	48
4.1.4. <i>O Framework Portalware</i>	50
4.1.5. <i>Instanciando os Modelos do Portalware a partir da Ontologia</i>	53
4.1.6. <i>A Camada Semântica</i>	55
4.1.7. <i>Conclusões do Estudo de Caso</i>	56
5 Processo de Unificação e o KUP	59
5.1. O KUP	59
5.2. O Framework de Avaliação de Metodologias e Processos para Engenharia de Ontologias	59
5.2.1. <i>CrITÉrios para Avaliação</i>	60
5.2.2. <i>Melhores Práticas em Processos de Desenvolvimento</i>	63
5.2.3. <i>Metodologias Avaliadas</i>	66
5.3. Componentes do KUP	67
5.3.1. <i>O Meta-Modelo SPEM</i>	67
5.3.2. <i>Notação para Elementos Estruturais do KUP inspirada no SPEM</i>	70
5.3.3. <i>Meta-Estrutura do KUP</i>	71
5.3.4. <i>Organização do KUP segundo suas Fases, Disciplinas, Iterações e Atividades</i>	72
5.3.5. <i>Disciplinas, Atividades e Artefatos</i>	74

6 Casos de Teste	111
6.1. Gestão de Conhecimento em Segurança da Informação	111
6.1.1. <i>O Problema</i>	111
6.1.2. <i>O E-BTS</i>	114
6.1.3. <i>A Ontologia de Segurança da Informação e o KUP</i>	115
6.1.4. <i>Conclusões do Caso de Teste E-BTS</i>	116
6.2. Gestão de Competências	118
6.2.1. O Problema	118
6.2.2. Conceitos e Terminologia	120
6.2.3. Treinamento Baseado em Competências	121
6.2.4. Projeto Skill-O – Skill Organizer	123
6.2.5. Integração de diferentes fontes de informação	124
6.2.6. Conclusões	128
7 Conclusões e Trabalhos Futuros	129
7.1. Conclusões	129
7.1.1. Contribuições	130
7.2. Trabalhos Futuros	131
8 Referências	132
9 Anexo 1 – Guias para Artefatos do KUP	141
10 Anexo 2 – Análise do KUP no desenvolvimento do Projeto E-BTS	156
11 Anexo 3 – Resumo do Projeto Skill-O	158
11.1. Resumo – Desenvolvimento da Skill-O Ontology segundo o KUP	158

## Lista de Figuras

Figura 1 - A Web Semântica como uma extensão da Web atual .....	19
Figura 2 - Os estágios da Web Semântica .....	20
Figura 3 - Os estágios da Web Semântica 2 .....	21
Figura 4 – Metodologia de Pesquisa.....	26
Figura 5 – Metodologia do Estudo de Caso .....	27
Figura 6 – Metodologia da Definição do Processo de Unificação .....	27
Figura 7 - A instanciação de um Framework de Processos em um Processo Concreto .....	31
Figura 8 - Integração e Alinhamento de Ontologias .....	43
Figura 9 - Fragmento da Ontologia para Projetos de Pesquisa em TI do TecComm	49
Figura 10 - Portal do Conhecimento Gerado a partir do Framework Portalware .....	51
Figura 11 - A relação entre o Modelos utilizados para a instanciação do Framework Portalware .....	52
Figura 12 - Partindo de uma Ontologia até uma Aplicação Hipermissão Utilizando o Framework Portalware.....	55
Figura 13 - Modelo Conceitual do SPEM : Papéis, Artefatos e Atividades .....	68
Figura 14 - Meta-Modelo do KUP .....	72
Figura 15 - Diagrama de Fases do KUP.....	73
Figura 16 - Instanciação do Framework de Processos em um Processo Concreto ....	74
Figura 17 - Modelo da Disciplina de Análise de Viabilidade.....	78
Figura 18 - Análise de Requisitos - Identificação do Propósito e Escopo.....	83
Figura 19 - Análise de Requisitos : Captura dos Cenários Motivacionais .....	84
Figura 20 - Análise de Requisitos – Identificação de Fontes de Informação durante a Elicitação de Requisitos .....	85
Figura 21 - Análise de Requisitos – Elaboração dos Casos de Uso durante a Elicitação de Requisitos .....	86
Figura 22 - Estratificação das Questões de Competência.....	88
Figura 23 - Projeto da Ontologia - Conceitualização .....	93
Figura 24 - Projeto da Ontologia - Formalização .....	94
Figura 25 - Projeto da Ontologia - Avaliação e Refinamento .....	95
Figura 26 - Implementação da Ontologia .....	103
Figura 27 - Implantação – Especificação de Arquitetura e Seleção de Ferramentas	109

Figura 28 – Implantação - Desenvolvimento das Aplicações e Implantação no Ambiente de Produção .....	109
Figura 29 - Arquitetura do E-BTS.....	114

Tabela 1 - Questões de Competência para o Conceito Projeto da Ontologia.....	50
Tabela 2 - Notação utilizada na definição do KUP .....	71
Tabela 3 - Papéis de Referência e Disciplinas Relacionadas.....	76
Tabela 4 - Tabela Comparativa entre Linguagens de Implementação de Ontologias – Elementos Fundamentais de Representação do Conhecimento .....	98
Tabela 5 - Tabela Comparativa entre Linguagens de Implementação de Ontologias - Framework de Avaliação de Qualidade .....	101