

**Reinaldo Xavier de Mello**

**Um Modelo de  
Escalonamento Colaborativo  
de Eventos Baseado em  
Corrotinas**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
Programa de Pós-graduação em  
Informática**

Rio de Janeiro  
Setembro de 2005

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Reinaldo Xavier de Mello**

**Um Modelo de Escalonamento  
Colaborativo de Eventos Baseado em  
Corrotinas**

**Dissertação de Mestrado**

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

Orientador: Prof. Renato Cerqueira

Rio de Janeiro  
Setembro de 2005



**Reinaldo Xavier de Mello**

**Um Modelo de Escalonamento  
Colaborativo de Eventos Baseado em  
Corrotinas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre 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. Renato Cerqueira**

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Roberto Ierusalimsky**

PUC-Rio

**Prof. Noemi de La Rocque Rodriguez**

PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico —

PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de Setembro de 2005

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

### **Reinaldo Xavier de Mello**

Graduou-se em Engenharia da Computação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Fez uma Iniciação Científica no Departamento de Matemática, na qual desenvolveu softwares de auxílio ao ensino de Cálculo. Participou do programa de graduação sanduíche da CAPES junto ao INP de Grenoble, França em 2001/2002, Trabalhou na empresa Wiz em sistemas de telecomunicação sem fio.

#### Ficha Catalográfica

Mello, Reinaldo Xavier de

Um Modelo de Escalonamento Colaborativo de Eventos Baseado em Corrotinas/ Reinaldo Xavier de Mello; orientador: Renato Cerqueira. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2005.

v., 64 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Sistemas Distribuídos 3. Corrotinas 4. Escalonamento de Eventos I. Cerqueira, Renato. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

## Agradecimentos

Ao meu orientador Renato Cerqueira, pela paciência com a qual me orientou durante o mestrado.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho teria sido realizado.

À todos aqueles que amo. Obrigado.

## Resumo

Mello, Reinaldo Xavier de; Cerqueira, Renato. **Um Modelo de Escalonamento Colaborativo de Eventos Baseado em Corrotinas**. Rio de Janeiro, 2005. 64p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Sistemas orientados a eventos estão se tornando cada vez mais presentes em diversos domínios de aplicação. Sistemas gráficos interativos e sistemas distribuídos são exemplos clássicos de cenários favoráveis ao emprego do paradigma de programação orientada a eventos. Atualmente, novos cenários estão surgindo, tais como os ambientes de programação para telefones celulares e, apesar dessa crescente presença em sistemas computacionais, o paradigma de orientação a eventos ainda apresenta uma série de desafios, tais como a elaboração de mecanismos eficientes para o despacho de eventos e o gerenciamento concorrente da execução desses tratadores, otimizando o uso dos recursos computacionais disponíveis.

Este trabalho apresenta um modelo para o desenvolvimento de escalonadores de eventos em ambientes de programação orientados a eventos. É feito um estudo dos principais modelos de escalonadores existentes e é proposta uma solução para o escalonamento colaborativo dos eventos, utilizando corrotinas em conjunto com outros padrões de projeto estudados. Defende-se um modelo onde o escalonador é responsável por encapsular a complexidade do gerenciamento de múltiplas linhas de execução colaborativas, procurando otimizar o uso de CPU durante chamadas de métodos bloqueantes.

O uso de corrotinas permite o fácil gerenciamento dessas múltiplas linhas de execução, através da definição de mecanismos de abstração de controle, que permitem o encapsulamento do contexto de execução e a suspensão e retomada do processamento de forma transparente ao escalonador e às próprias linhas de execução. O fato de ser um modelo de concorrência colaborativa evita problemas com o controle de acessos concorrentes ao estado compartilhado pelas várias linhas de execução gerenciadas pelo escalonador.

O modelo é aplicado em dois cenários distintos: uma ferramenta de programação para telefones celulares, que são inerentemente orientados a eventos de processamento assíncrono e apresentam pouco poder de processamento e fortes restrições no uso da memória disponível; e um *middleware* CORBA escrito em Lua, onde a comunicação entre os objetos distribuídos é toda baseada no modelo de chamada remota de métodos.

### Palavras-chave

Corrotinas; Escalonamento de Eventos; Middleware; OiL; BREW.

## Abstract

Mello, Reinaldo Xavier de; Cerqueira, Renato. **A Collaborative Model for Event Scheduling Using Coroutines**. Rio de Janeiro, 2005. 64p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Event oriented systems are becoming present on many domains of applications. Distributed systems and graphical interactive systems are classical examples of environments that adapt well to the concept of event oriented programming. There are also emerging scenarios like cellphone runtime environments. Despite the growing presence on the computational systems, some challenges still remain, like efficient method dispatch models and the management of concurrent processing of the event handlers.

This work propose a model for an event scheduler using collaborative routines. We introduce a study on some mainstream scheduler models and propose a model where the scheduler holds the responsibility to encapsulate the complexity of managing multiple lines of execution, minimizing the CPU time wasted with blocking methods.

The coroutine model allows the management of these multiple lines of execution using a general control abstraction, which allows seamless context switching during the multiple suspending and resuming of the routine. Also, without preemption, there is no overhead due to access control of the shared resources.

The proposed model is tested on two different scenarios: one programming framework designed to be run on mobile phones, a fully asynchronous environment with low processing power and severe memory constraints; and a CORBA middleware written in Lua, where the communication between distributed objects is based on the remote procedure call model.

## Keywords

Coroutines; Event Scheduling; Middleware; OiL; BREW.

## Sumário

1	Introdução	<b>9</b>
1.1	Objetivos	10
1.2	Abordagem do Problema	11
2	Escalonadores	<b>13</b>
2.1	Escalonadores Preemptivos	13
2.2	Escalonadores Colaborativos	16
2.3	Considerações Finais	22
3	Modelo Proposto	<b>24</b>
3.1	Observador de Eventos	25
3.2	Repositório de Tratadores de Eventos	29
3.3	Escalonador	30
3.4	Considerações Finais	33
4	Estudo de Caso: Middleware CORBA	<b>34</b>
4.1	Remote Procedure Call	34
4.2	Common Object Request Broker Architecture	34
4.3	ORB in Lua	35
4.4	Ambiente de Testes e Análise de desempenho	43
5	Estudo de Caso: LuaBREW	<b>50</b>
5.1	Ambiente BREW	50
5.2	Ferramenta LuaBREW	51
5.3	Exemplo de Uso	56
6	Conclusão	<b>60</b>
6.1	Trabalhos Futuros	60
	Referências Bibliográficas	<b>62</b>



...

Two roads diverged in a wood, and I—  
I took the one less traveled by,  
And that has made all the difference.

**Robert Frost**, *The Road Not Taken*.