

# EXEHDA: Um Ambiente de Execução para Adaptação Dinâmica ao Contexto de Aplicações na *Pervasive Computing*

Adenauer Correa Yamin<sup>1</sup>  
Iara Augustin<sup>2</sup>  
Rodrigo Araujo Real<sup>3</sup>  
Luciano Cavalheiro da Silva<sup>4</sup>  
Jorge Luis Victória Barbosa<sup>5</sup>  
Cláudio Fernando Resin Geyer<sup>6</sup>

389613

## Resumo

Este trabalho propõe um modelo destinado à execução de aplicações distribuídas, denominado EXEHDA (*Execution Environment for High Distributed Applications*) (YAMIN, 2003). O EXEHDA tem como premissa central oferecer uma gerência da execução que promove adaptação ao contexto em que ocorre o processamento. As aplicações alvo são distribuídas e contemplam mobilidade de hardware e software, sendo baseadas no paradigma de programação empregado pelo projeto ISAM. O mecanismo de adaptação do EXEHDA propõe uma estratégia colaborativa entre aplicação e ambiente de execução, através da qual é facultado ao programador individualizar políticas de adaptação para reger o comportamento de qualquer dos componentes da aplicação (YAMIN, 2002a) (AUGUSTIN, 2001). As políticas que irão reger os mecanismos de adaptação são especificadas pelo ambiente de desenvolvimento provido pelo ISAMadapt (AUGUSTIN, 2002). Na concepção e desenvolvimento do EXEHDA, foram considerados temas das seguintes áreas da ciência da computação: programação em sistemas distribuídos e paralelos (YAMIN, 1999), escalonamento de tarefas (YAMIN, 2001a) (YAMIN, 2001b), arquitetura de software, adaptação em sistemas computacionais, comunicação e sincronização em sistemas distribuídos e computação móvel (YAMIN, 2002b) (AUGUSTIN, 2002).

<sup>1</sup>adenauer@inf.ufrgs.br Bolsista CAPES/PCIDT

<sup>2</sup>august@inf.ufrgs.br Bolsista CAPES/PCIDT

<sup>3</sup>rreal@inf.ufrgs.br Bolsista CAPES

<sup>4</sup>lucc@inf.ufrgs.br Bolsista CNPQ

<sup>5</sup>barbosa@inf.ufrgs.br

<sup>6</sup>geyer@inf.ufrgs.br

## 1 Motivação

Tendo como referência os primeiros resultados da pesquisa pertinente ao EXEHDA, registrados com a publicação (YAMIN, 2001b), foi possível observar a transformação das áreas de *Grid e Mobile Computing* (Computação em Grade e Móvel) de uma conotação de interesse emergente, para outra caracterizada por uma demanda real e qualificada de produtos, serviços e pesquisas.

Integrando as premissas da Computação em Grade e Móvel, observa-se um movimento em direção à *Pervasive Computing*, a qual contempla aplicações com novas funcionalidades. *Pervasive Computing* é a proposta de um novo paradigma computacional, que permite ao usuário acesso ao seu ambiente computacional sem restrição quanto ao seu posicionamento e o decorrente ponto de acesso a infra-estrutura de equipamentos.

Em contraste com a premissa clássica da computação distribuída de garantir para os programadores e usuários uma transparência com relação aos recursos computacionais (contexto físico da execução), esta nova classe de aplicações é sensível ao contexto onde ocorre a execução (*context-aware*) e intencionalmente interaja com os mesmos.

Na perspectiva do EXEHDA, as condições de contexto são pró-ativamente monitoradas e o suporte à execução deve permitir que tanto a aplicação como ele próprio utilizem estas informações na gerência de seus aspectos funcionais e não funcionais. Este processo requer a existência de múltiplos caminhos de execução para as aplicações, ou de configurações alternativas, as quais exibem diferentes perfis de utilização dos recursos computacionais. Independentemente dos mecanismos de adaptação sensíveis ao contexto, a premissa *follow-me* da *Pervasive Computing* deverá ser suportada, garantindo a execução da aplicação do usuário em qualquer tempo e lugar. Esta temática está contemplada em (YAMIN, 2002b).

## 2 Contexto de Pesquisa do EXEHDA

Cinco projetos de que o autor vem participando têm influenciado decisivamente na concepção do EXEHDA. Dois contribuíram na gênese da proposta: Opera e Appelo, e três são responsáveis pelas motivações atuais: Holoparadigma, ISAM e contextS.

É importante ressaltar que o paradigma declarativo da Programação em Lógica faculta uma clara separação entre a semântica da linguagem e o controle da execução. Esta característica é explorada no projeto OPERA, permitindo que o gerenciador da arquitetura possa decidir as ações pertinentes ao controle físico da execução de forma **adaptativa** aos recursos computacionais disponíveis (processadores, rede etc.).

As atividades do OPERA entre 1996 e 1998 estiveram inseridas no contexto do projeto APPELO: Ambiente de Programação Paralela em Lógica. Este projeto multi-institucional foi financiado pelo PROTEM III do CNPQ e congregou três universidades brasileiras (UFRGS, UFRJ e UCPel) com duas no exterior (UP- Portugal e NMSU-USA). Estas pesquisas relac-

onadas com a exploração automática do paralelismo implícito em um ambiente com disponibilidade variável de recursos influenciaram os estudos que culminaram no EXEHDA.

Por sua vez, dois projetos iniciados mais recentemente - Holoparadigma (HOLO, 2002) e ISAM (ISAM, 2002)- foram fundamentais na concretização dos trabalhos pertinentes ao EXEHDA; estes projetos tiveram financiamento da FAPERGS nos anos de 2000 e 2001 respectivamente. As pesquisas desenvolvidas no contexto do EXEHDA estão totalmente alinhadas com os objetivos destes projetos, constituindo com estes um *framework* coeso. Por último, o projeto *contextS* (CONTEXTS, 2003), recém iniciado e com financiamento do CNPQ, será fundamental na integração dos esforços de pesquisa até então realizados.

Resumidamente uma relação entre as frentes de pesquisa deste projeto seria: o **Holoparadigma** (HOLO, 2002) define o modelo e a linguagem de programação utilizados, e contempla de forma intrínseca questões de mobilidade e distribuição. O **ISAMadapt** (AUGUSTIN, 2002) especifica as abstrações para expressar em tempo de projeto e implementação a adaptação em aplicações distribuídas na premissa da *Pervasive Computing*. Dentre outras, existem abstrações (i) para definir adaptadores para os códigos das entidades de modelagem do Holoparadigma, (ii) para definir políticas e (iii) para especificar contextos que norteiam os mecanismos adaptativos do EXEHDA. O **EXEHDA** (YAMIN, 2002c), por sua vez, viabiliza um comportamento reativo e ativo na gerência das entidades de modelagem do Holoparadigma, em um middleware com elevada escalabilidade, e que suporta cooperação com as definições em tempo de programação do ISAMadapt na decisão das ações adaptativas. As ações adaptativas têm como núcleo um mecanismo de escalonamento totalmente integrado ao controle EXEHDA na execução distribuída do Holoparadigma.

### 3 Princípios e Modelo

A contribuição central do EXEHDA ao Projeto ISAM ocorre sob duas linhas gerais: (1) garantir uma clara separação das atividades a nível de sistema e de aplicação; (2) reduzir interações complexas a políticas nucleares de gerência da execução. Isto é organizado tendo por base os princípios introduzidos a seguir.

**Hierarquia na Aplicação dos Mecanismos de Adaptação:** no EXEHDA a premissa geral é separar os conceitos de computação, coordenação e reconfiguração. Por sua vez, a política de controle do EXEHDA é o da superposição: (i) componentes se sobrepõem aos repositórios de código; (ii) relações de composição se sobrepõem aos componentes, por fim, (iii) políticas de adaptação se sobrepõem às relações de composição e consequentemente aos componentes.

Esta abordagem faculta que, sem alterações no código, a execução da aplicação seja modificada pela inclusão e/ou remoção de relações de composição, ou de políticas de adaptação. Além do mais, o EXEHDA faculta que as políticas de adaptação sejam aplicadas a componentes (ou a relações de composição) específicos, flexibilizando deste modo a coexistência

de diferentes políticas de adaptação em uma mesma aplicação. É defendida a tese que esta abordagem potencializa o aproveitamento da flexibilidade oferecida pelo ISAMadapt no desenvolvimento de aplicações, sem que se tenha de incorrer em solução adaptativas construídas especificamente para cada problema (*ad-hoc*).

**A Adaptação Multinível Colaborativa:** qualquer mecanismo de adaptação empregado implica na manipulação de alguma propriedade funcional ou comportamental (não funcional) da aplicação. Alterações no perfil da aplicação em função da adaptação afetarão o retorno dado ao usuário. Logo, as estratégias que serão utilizadas devem fazer parte dos cuidados pertinentes a especificação da aplicação.

Por sua vez, o ambiente de execução deve fornecer meios (*a*) para que sejam monitorados elementos computacionais do ambiente, (*b*) para que a aplicação possa registrar seu interesse em determinados elementos, (*c*) para notificar à aplicação das alterações ocorridas, e (*d*) para selecionar o comportamento alternativo mais adequado ao ajuste das novas condições ambientais. Como o ambiente de execução gerencia todas as aplicações, este também pode ter um comportamento pró-ativo, e executar adaptações relativas à administração e desempenho do sistema de forma global. Este mecanismo está contemplado em (YAMIN, 2002a), sendo denominado no ISAM como "Adaptação Multinível Colaborativa".

**Suporte à Premissa Follow-Me da Pervasive Computing:** a natureza da mobilidade do hardware (e na maioria das vezes também a do software) não garante a interação contínua entre os componentes da aplicação distribuída. As desconexões são comuns, não somente devido ao meio físico utilizado (conexões *wireless*), mas sobretudo como uma estratégia para economia de energia nos dispositivos móveis. Daí o princípio do ISAM de empregar comunicações anônimas e assíncronas entre os componentes de software que constituem a aplicação. Uma versão escalável e distribuída desta proposta de comunicação foi implementada no EXEHDA em (CARDOZO; BARBOSA; YAMIN, 2002).

O comportamento oportunístico da Computação em Grade, no qual a disponibilidade de recursos é imprevisível, somada à ausência de localidade física dos nodos introduzida pela Computação Móvel, são tratados através dos serviços que compõem as células de execução (Gerência Física das EXEHDAcél). As EXEHDAcél formam uma rede *peer-to-peer* cujo estado atual é dinamicamente disponibilizado para as camadas superiores do *middleware*.

Os componentes de software da aplicação utilizados pelo ISAMadapt também são intrinsecamente móveis. Para gerenciar esta mobilidade de software o EXEHDA disponibiliza um *Serviço de Diretório Global* integrado aos mecanismos de gerência física e adaptação. As adaptações podem ter origem em definições gerais (controladas pelo sistema) ou específicas para uma aplicação. Isto leva a um comportamento reflexivo no qual o *middleware* se adapta ao contexto da execução. Este *Serviço de Diretório* gerencia os atributos dos componentes (relações de composição, localização física, etc.) a partir de uma interface de *Name Service* de alto nível. Este serviço do EXEHDA foi prototipado e avaliado em (SCHAEFFER, 2002).

## 4 Algumas Lições Aprendidas

No desenrolar da pesquisa foi identificada a necessidade de perseguir compatibilidade com tendências internacionais na área. Para tal, foi modelada para o EXEHDA uma interface de serviços com o *Globus Metacomputing Tool Kit* (FOSTER; KESSELMAN, 1999). O Globus é atualmente uma das mais difundidas propostas para *Grid Computing*. Através desta interface é possível empregar as funcionalidades do Globus na consolidação da infra-estrutura de nodos fixos que compõem as células de execução (EXEHDAcélis). Uma descrição desta modelagem está disponível em (REAL, 2002).

A seleção de tecnologias para a concepção de um *middleware* que associe mobilidade de equipamento e código com sensibilidade ao contexto na proposta de *Grid Computing* (culminando na *Pervasive Computing*) é uma tarefa desafiadora. Para integração destes conceitos, está sendo explorada a tecnologia Java e suas soluções para computação em rede, tratamento da heterogeneidade e segurança (SILVA, 2001).

Os resultados registrados em (YAMIN, 2002c) apontam favoravelmente para a proposta que está sendo desenvolvida no ISAM, e particularmente no EXEHDA. Diferentemente de soluções *ad-hoc* que potencializam o esforço de programação, ou soluções gerais que implicam em perda de desempenho, a proposta é sintonizar a arquitetura para a demanda da aplicação, e se necessário adaptar a aplicação para a melhor condição de trabalho que o ambiente de execução puder oferecer.

## Referências

- AUGUSTIN, I. et al. Towards a taxonomy for mobile applications with adaptive behavior. In: *(PDCN02)*. Innsbruck, Austria: International Association of Science and Technology for Development (IASTED), 2002.
- AUGUSTIN, I. et al. Requisitos para o projeto de aplicações móveis distribuídas. In: *VIII CACIC Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. Santa Cruz, Argentina: [s.n.], 2001.
- AUGUSTIN, I. et al. Isam - a software architecture for adaptive and distributed mobile applications. In: *VII ISCC 2002 IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS*. New York: IEEE Press: [s.n.], 2002.
- CARDOZO, M. A.; BARBOSA, J.; YAMIN, A. C. *Uma Contribuição à Comunicação e a Coordenação no EXEHDA*. Trabalho para conclusão do curso de Bacharelado em Computação. Pelotas, Outubro 2002.
- CONTEXTS. *Projeto ContextS, um Middleware para Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis ao Contexto. Projeto aprovado na chamada conjunta do SEPIN/MCT - FINEP - CNPq 01/2002. Programa PDI-TI. Fundo Setorial de Informática*. 2003.

FOSTER, I.; KESSELMAN, C. (Ed.). *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999.

HOLO. *Projeto Holoparadigma*. 2002. WWW. Disponível em <http://www.inf.ufrgs.br/~holo>. Acesso em dezembro de 2002.

ISAM, *Projeto ISAM*. 2002. WWW. Disponível em <http://www.inf.ufrgs.br/~isam>. Acesso em dezembro 2002.

REAL, R. A. *Avaliando a Utilização do Globus Metacomputing Toolkit no Projeto EXEHDA*. Trabalho Individual, Abril 2002.

SCHAEFFER, A. E. *EXEHDA-HM: Uma Contribuição à Gerência da HoloTree*. Trabalho para conclusão do curso de Bacharelado em Computação. Porto Alegre, Setembro 2002.

SILVA, L. da et al. Mecanismos de suporte ao escalonamento em sistemas com objetos distribuídos Java. In: *VIII CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (CACIC 2001)*. Santa Cruz, Argentina: Universidad Nacional de la Patagonia Austral, 2001.

YAMIN, A. C. *Um Estudo das Potencialidades e Limites na Exploração do Paralelismo*. Trabalho Individual, Dec 1999.

YAMIN, A. C. Escalonamento em sistemas paralelos e distribuídos. In: *Escola Regional de Alto Desempenho (ERAD)*. Gramado: SBC/UFRGS/PUCRS: [s.n.], 2001.

YAMIN, A. C. et al. Explorando o escalonamento no desempenho de aplicações móveis distribuídas. In: *II Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho (WSCAD)*. Pirenópolis, GO: [s.n.], 2001.

YAMIN, A. C. et al. Collaborative multilevel adaptation in distributed mobile applications. In: *XXII International Conference of the Chilean Computer Science Society*. Atacama, Chile: IEEE-CS, 2002.

YAMIN, A. C. et al. Isam: a pervasive view in distributed mobile computing. In: *Network Control and Engineering for QOS, Security and Mobility with Focus on Policy-Based Network (Net-Con 2002)*. Paris, França: IEEE-IFIP, 2002.

YAMIN, A. C. et al. A framework for exploiting adaptation in high heterogeneous distributed processing. In: IEEE. *XIV Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD 2002)*. Vitória - Brazil, 2002.

YAMIN, A. C. et al. Towards merging context-aware, mobile and grid computing. In: LONDON:SAGE. *Journal of High Performance Computing Applications (JHPCA)*. [S.l.], 2003.