

## **fGrid: Modelagem de Variáveis de Incerteza para Escalonamento em Grades Computacionais usando Lógica Fuzzy**

LETICIA SAMPAIO<sup>1</sup>; YAN SOARES, BRUNO MOURA,  
ADENAUER YAMIN<sup>1</sup>; RENATA REISER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel)  
{lsampaio, ybsoares, bmpdmoura, adenauer, reiser}@inf.ufpel.edu.br

### **1. INTRODUÇÃO**

A concepção de sistemas robustos à incerteza das informações extraídas da infraestrutura da Computação em Grade (SOMASUNDARAN et al., 2014) vem constituindo uma área de pesquisa relevante. Para o escalonamento otimizado de tarefas em Grades Computacionais. Frequentemente, dentre os fatores que implicam em incerteza, tem-se o Poder Computacional (PC) e o Custo de Comunicação (CC).

Considerando este contexto, e levando em conta os trabalhos relacionados (SAUER; JURGEN, 1998 – VAHDAT-NEJAD e MONSEFI, 2008), vem sendo desenvolvido o **módulo fGrid**, o qual visa contribuir para melhorar o escalonamento de tarefas, aplicando a abordagem fuzzy na análise da prioridade das máquinas para recebimento de tarefas, tendo em vista a incerteza associada aos fatores acima mencionados, PC e CC.

Este resumo está estruturado em quatro seções. A primeira seção trata dos fundamentos contextuais do trabalho. A próxima seção explana a metodologia utilizada para modelagem do sistema, incluindo conceitos relevantes de Lógica Fuzzy e a análise do escalonamento de tarefas em grades computacionais. Na Seção 3, são apresentados os resultados relativos aos casos de teste, simulados com a ferramenta SimGrid. Por fim, são expostas as considerações finais.

### **2. METODOLOGIA**

#### **2.1 Lógica Fuzzy**

O uso da Lógica Fuzzy (LF) tem como objetivo principal auxiliar na tomada de decisões em ambientes com imprecisão e incerteza. As técnicas utilizam as entradas e saídas de Sistemas Fuzzy com o objetivo de encontrar valores aproximados para diferentes escalas em Conjuntos Fuzzy (CFs), proporcionando assim resultados mais eficientes e robustos.

Um Sistema Fuzzy pode estimar funções de entrada e saída, por meio do uso de técnicas heurísticas, considerando modelos matemáticos. Um sistema de inferência fuzzy considera os seguintes blocos principais: (i) Base de Dados; (ii) Base de Regras (BR); (iii) Unidade de Decisão Lógica; (iv) Interface de Fuzzificação; e (v) Interface de Defuzzificação.

Segundo KLEMENT et al (2004) e considerando-se o intervalo unitário  $U = [0,1]$ , as funções que qualificam as intersecções e uniões fuzzy são modeladas neste trabalho por normas e conormas triangulares, respectivamente.

#### **2.2 Escalonamento de Tarefas**

O escalonamento de tarefas é essencial para que se possa utilizar da melhor forma os recursos em uma Grade Computacional. Sua função consiste em alocar as tarefas nos recursos disponíveis mais adequados. Entretanto, a busca

da solução ótima em um ambiente heterogêneo caracteriza-se como um problema NP-difícil, deste modo os escalonadores valem-se de heurísticas buscando soluções o mais próximas possível da solução ótima (BORRO, 2014). O modelo de escalonamento abordado neste trabalho é o estático, no qual a decisão de em quais recursos as computações serão atribuídas acontece antes da execução da aplicação iniciar.

### 2.3 fGrid: Modelando o Sistema Fuzzy para Tratamento de Decisões

O fGrid é responsável pelo escalonamento estático de tarefas homogêneas do tipo Bag-of-Tasks (BoT). Para o fGrid, considera-se um sistema fuzzy com uma Base de Regras que atua em três etapas: Fuzzificação, Inferência e Defuzzificação, retornando como saída a Prioridade de cada máquina para recebimento das computações. A seguir a descrição das três etapas:

#### 2.3.1 Base de Dados do fGrid – Funções de Pertinência

Através do estudo das variáveis junto a um especialista, foram transformadas as Variáveis Linguísticas (VLs) relativas a cada uma das variáveis em CFs, usando a forma triangular para representação gráfica correspondente às funções de pertinência.

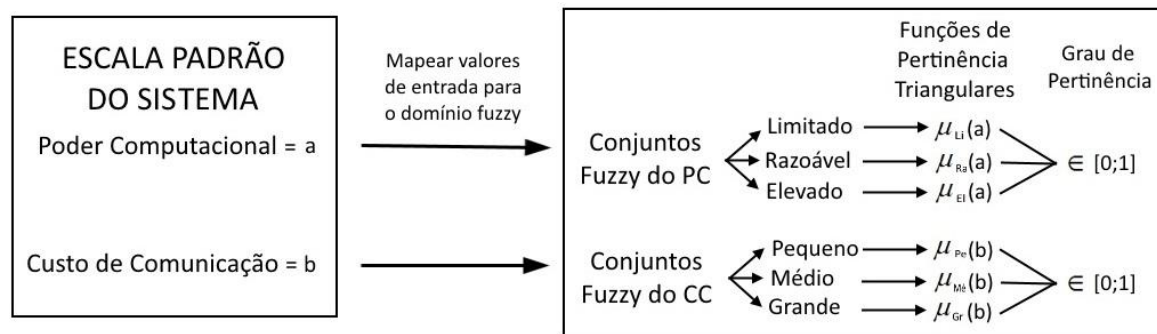
Para mensurar a variável PC, faz-se uso da **ferramenta Linpack**, que devolve o poder de processamento do recurso em FLOPS (*Floating Point Operations Per Second*). Esse valor é ajustado à escala padrão adotada na obtenção dos Termos Linguísticos (TLs), os quais foram definidos junto a um especialista em LF. Os TLs definidos para os CFs dessa variável PC são: “Limitado” (PCL), “Razoável” (PCR) e “Elevado” (PCE - melhor caso). Sendo  $PC = a$  e  $a \in [0;10]$ , têm-se as Funções de Pertinência.

Para definição da variável CC entre as máquinas presentes na Grade Computacional, foi utilizado dos artefatos e configurações do **framework SimGrid**. Os TLs para os CFs definidos para essa variável são: “Pequeno” (CPP - melhor caso), “Médio” (CPM) e “Grande” (CPG). Sendo  $CC = b$  e  $b \in [0;10]$ , têm-se as Funções de Pertinência. É considerado que o custo de comunicação dos vários processadores de um mesmo cluster são iguais, mas distintos entre os diferentes clusters.

A saída referente a variável Prioridade das máquinas também é adaptada para uma escala padrão, e os TLs para os CFs usados nesse caso são: “Baixa” (PB), “Média” (PM) e “Alta” (PA - melhor caso). Sendo  $Pr = c$  e  $c \in [0;10]$ , têm-se as Funções de Pertinência.

#### 2.3.2 Fuzzificação

Nessa etapa, ocorre o mapeamento dos valores de entrada PC e CC para o domínio fuzzy nos seus respectivos CFs, como observa-se na figura 1.



**Figura 1:** Processo de Fuzzificação realizado pelo Módulo Fuzzy do fGrid.

### 2.3.3 Base de Regras

A Base de Regras (BR), leva em conta três fatores para sua construção: (i) as VLs nomeiam os CFs, tornando a modelagem do sistema mais próxima do mundo real; (ii) são utilizadas conexões lógicas do tipo “E” para criar a relação entre as variáveis de entrada; (iii) as implicações são do tipo *modus ponens* (modo afirmativo): Se A então B.

### 2.3.4 Inferência

No processo de Inferência, ocorrem as operações entre os CFs, combinação dos antecedentes das regras e implicações utilizando o operador *modus ponens generalizado*. O processo ocorre em três etapas: (i) Aplicação da Operação Fuzzy; (ii) Aplicação do Método de Implicação Fuzzy; (iii) Aplicação do Método de Agregação Fuzzy.

### 2.3.5 Defuzzificação

Nessa etapa ocorre a transformação da região resultado da Inferência em um valor discreto (que representa a Prioridade). Os métodos avaliados foram: centro da área, centro do máximo e média do máximo. De acordo com os resultados obtidos, a técnica mais consistente para a modelagem do sistema fGrid foi centro da área. Esse método calcula o centróide (x) da área composta pela saída fuzzy do sistema de Inferência (união de todas as contribuições de regras demonstradas nas seções 2.3.3 e 2.3.4).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As experimentações em ambientes reais de aplicações de alto desempenho são muitas vezes limitadas a determinados cenários. Com o intuito de promover a reproducibilidade das avaliações, bem como ter maior flexibilidade na configuração das diferentes condições de teste será feito o emprego do framework SimGrid.

O SimGrid é um framework de simulação para aplicações distribuídas (CASANOVA et al. 2008). Ele pode ser usado para pesquisas em cluster, grades, algoritmo P2P, computação voluntária e estratégias e heurísticas para algoritmos paralelos.

Para avaliação, foram consideradas 30 tarefas homogêneas de tamanho computacional idênticas, e divididas entre clusters conforme infraestrutura apresentada na Tabela 1, e com seus respectivos canais de comunicação como mostra a Tabela 2, advindo que as tarefas são escalonadas a partir do cluster da

UFPEL. Em um primeiro momento, aplicou-se um método de seleção aleatória e, posteriormente, foi utilizado o sistema com a lista de prioridades do fGrid. Os resultados foram, respectivamente, de 87,56 horas (315.242 segundos) e 52,30 horas (188.294 segundos).

**Tabela 1:** Plataforma utilizada na avaliação

**Tabela 2:** CC utilizado na avaliação

	Quantidade de Máquinas por Cluster	Poder Computacional por Máquinas (MFLOPS)	Poder Computacional por Instituição (MFLOPS)	OU VISE-VERSA		Bytes por segundo	Latência Segundos
				DE	PARA		
UFPEL	4	1.889	7.556	UFPEL	UFPEL	1024	0.028
UFRGS	12	348	4.176	UFPEL	UFRGS	874	4.943
PUCRS	10	644	6.440	UFPEL	PUCRS	689	4.852
UFSM	4	1.397	5.588	UFPEL	UFSM	486	9.493

#### 4. CONCLUSÕES

A utilização da Lógica Fuzzy além de dar suporte a incerteza presente nos recursos da grade, também contribui para a manutenibilidade do sistema. Por sua vez, o emprego de uma escala padrão usando VLs facilita a manipulação da lista de prioridades quanto ao escalonamento. Em contraposição a uma gerência mais complexa empregando valores numéricos. Este trabalho está em estágio inicial e, como próximo passo, está prevista a ampliação dos resultados preliminares, através da simulação de outros ambientes, incluindo também o uso de tarefas heterogêneas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORRO, L. C. **Escalaonamento em Grades Móveis: Uma Abordagem Ciente do Consumo de Energia**. 2014. Tese de doutorado, USP - Universidade de São Paulo.

CASANOVA, H. LEGRAND, A. QUINSON, M. Simgrid: A generic framework for large-scale distributed experiments. In: **COMPUTER MODELING AND SIMULATION (UKSIM 2008)**. TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE on. IEEE, 2008. p.126-131.

SAUER, J., SUELMANN, G., APPELRATH, H.J. Multi-site scheduling with fuzzy concepts. **International Journal of Approximate Reasoning**, v.19, p.145-160, 1998.

KLEMENT, E., MESIAR, R., PAP, E. Triangular norms. position paper I: basic analytical and algebraic properties. **Fuzzy Sets and Systems**, v.143(1), p.5-26, 2004.

SOMASUNDARAM, T. S., GOVINDARAJAN, K., KIRUTHIKA, U., BUYYA, R. Semantic-enabled care resource broker (secrb) for managing grid and cloud environment. **The Journal of Supercomputing**, v.68(2), p. 509-556, 2014.

VAHDAT-NEJAD, H., MONSEFI, R. Static parallel job scheduling in computational grids. In: **COMPUTER AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICCEE 2008)**, INTERNATIONAL CONFERENCE on. IEEE, 2008. P.548-552.