

# Simulador de Plataformas MapReduce

Wagner Kolberg<sup>1</sup>, Cláudio F. R. Geyer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

{wkolberg,geyer}@inf.ufrgs.br

**Abstract.** *This article presents the MRSG simulator for MapReduce platforms. The simulator's goal is to serve as a research tool, and assist in the development of new approaches and solutions to MapReduce platforms. It is described, as well, the decisions made in the simulator's model, it's architecture, and the current development state. An initial validation shows the current precision of the already implemented features, in comparison to real executions of the Hadoop MapReduce platform.*

**Resumo.** *Neste artigo é apresentado o MRSG, um simulador de plataformas MapReduce, cujo objetivo é servir como ferramenta de auxílio à pesquisa de novas abordagens e soluções para plataformas MapReduce. São descritas também as decisões tomadas na modelagem do simulador, sua arquitetura, e o estado atual de desenvolvimento. Uma validação inicial demonstra a precisão atual dos recursos já modelados, em comparação com execuções reais da plataforma Hadoop MapReduce.*

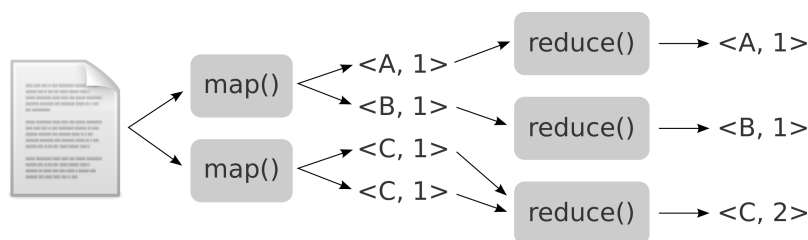
## 1. Introdução

O MapReduce é um modelo de programação paralela, ao qual existe uma plataforma associada, com o objetivo de abstrair os detalhes de implementação de aplicativos distribuídos. Em outras palavras, o usuário da plataforma deve preocupar-se apenas com o desenvolvimento de sua solução, que segue o *modelo* MapReduce, e não com problemas advindos da distribuição do aplicativo em um cluster, ou grade. A plataforma MapReduce encarrega-se de controlar a comunicação entre nós, distribuição de tarefas e dados, falhas, dentre outros aspectos comuns em ambientes distribuídos [Dean and Ghemawat 2008].

O modelo MapReduce consiste de duas funções, uma de mapeamento e outra de redução. No mapeamento, o usuário gera um conjunto de pares chave/valor, de acordo com algum processamento realizado sobre os dados de entrada. Todos os pares associados a uma mesma chave, são então processados pela função de redução [Dean and Ghemawat 2008]. A figura 1 ilustra este comportamento.

Como a criação de tarefas, particionamento de dados, e todos os demais aspectos de distribuição do sistema são controlados pela plataforma, é muito importante que sua implementação seja eficiente. Ela deve apresentar um comportamento adequado para uma variedade de ambientes, e também de aplicativos. Logo, decisões tomadas no projeto de um *framework* MapReduce, apresentam um impacto importante em sua execução.

A busca por um sistema cada vez mais eficiente e flexível, leva pesquisadores a estudar novos algoritmos de escalonamento de tarefas, distribuição de dados, e outras melhorias em recursos do MapReduce que possibilitem o avanço desta tecnologia.



**Figura 1. Fluxo de execução e dados no modelo MapReduce**

Porém, testar estas novas soluções pode apresentar custos elevados, e requer grande esforço. Ao testar novas abordagens, o pesquisador deve considerar aspectos de escalabilidade, por exemplo, o que torna necessária uma infraestrutura muito grande e complexa. Para avaliar um novo escalonador de tarefas, deve-se observar seu comportamento quando estas são longas, curtas, ou quando possuem tamanhos variados. Vários outros exemplos poderiam ser citados, e assim como os que foram expostos, requerem tempo, esforço, e possuem custos elevados.

A fim de facilitar estes processos de avaliação e teste, o MRSG provê um modelo simplificado e de alto nível, que simula o comportamento de uma plataforma MapReduce. Através dele, um algoritmo teórico pode ser rapidamente traduzido em código executável e analisado em diversos ambientes simulados, e com uma variedade de parâmetros distintos. O MRSG auxilia, também, na concepção de novas soluções, pois através dele é possível realizar implementações simuladas, e identificar possíveis erros de projeto de maneira antecipada, antes de uma implementação real.

## 2. Trabalhos Relacionados

Enquanto existe uma variedade razoável de simuladores de propósitos gerais para ambientes distribuídos, poucos simuladores específicos para o MapReduce podem ser encontrados. As soluções mais recentes são descritas a seguir.

O MRPerf [Wang et al. 2009] é um simulador para o Hadoop MapReduce, que utiliza o ns-2 como base para sua simulação de rede. O MRPerf, contudo, não simula recursos importantes da plataforma Hadoop, que apresentam impacto importante no desempenho do sistema, especialmente quando o ambiente simulado é heterogêneo. Como exemplo é possível citar a replicação de blocos do sistema de arquivos distribuído, e o mecanismo de execução especulativa.

Mais recentemente, em [Hammoud et al. 2010], foi proposto o simulador MR-Sim, que propõe-se a simular aplicativos no modelo MapReduce. Isto é, a partir de um aplicativo, como multiplicação de matrizes por exemplo, o simulador estima o tempo de execução e analisa o comportamento da plataforma. Porém não apresenta uma interface para a modificação dos algoritmos da plataforma em si. Seu objetivo é testar a escalabilidade de aplicativos que seguem o modelo MapReduce, e seu comportamento em configurações diversas.

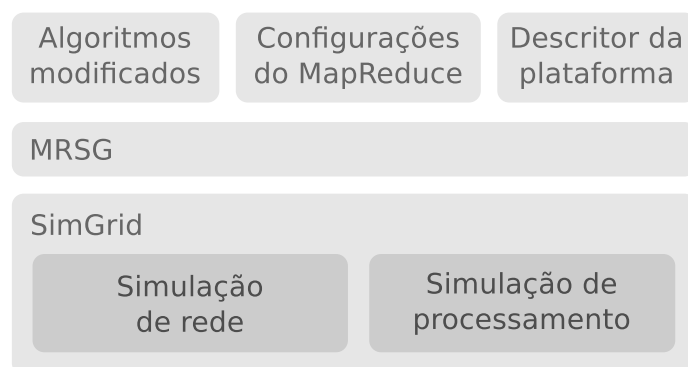
## 3. Simulador MRSG

O MRSG tem o objetivo de facilitar a pesquisa sobre o comportamento do MapReduce e possíveis modificações nessa tecnologia. Para tal, o simulador busca proporcionar:

- Uma maneira simplificada de traduzir algoritmos teóricos (escalonamento de tarefas, distribuição de dados, etc) para código executável, facilitando a análise desses algoritmos.
- Facilidade na variação e teste de configurações do sistema.
- A possibilidade de validar algoritmos em larga escala, sendo que não é necessária uma infraestrutura real.

É importante destacar, também, que o MRSG propõe-se a simular ambientes heterogêneos, onde as máquinas possuem alta variabilidade em termos de capacidade de processamento. A simulação de ambientes voláteis, apesar de não modelada atualmente, também é um objetivo futuro da ferramenta.

O MRSG utiliza o simulador de grades SimGrid [SimGrid 2010] como base de sua implementação. Conforme ilustrado na figura 2, toda a simulação de rede e processamento de tarefas fica a cargo do SimGrid. Portanto, o MRSG simula o comportamento da plataforma MapReduce através de chamadas às funções do SimGrid, sem modificá-lo de qualquer maneira. Além disso, uma interface é proporcionada ao usuário, possibilitando a descrição do ambiente (topologia, poder computacional, etc), e o desenvolvimento de novos algoritmos.



**Figura 2. Arquitetura do simulador MRSG**

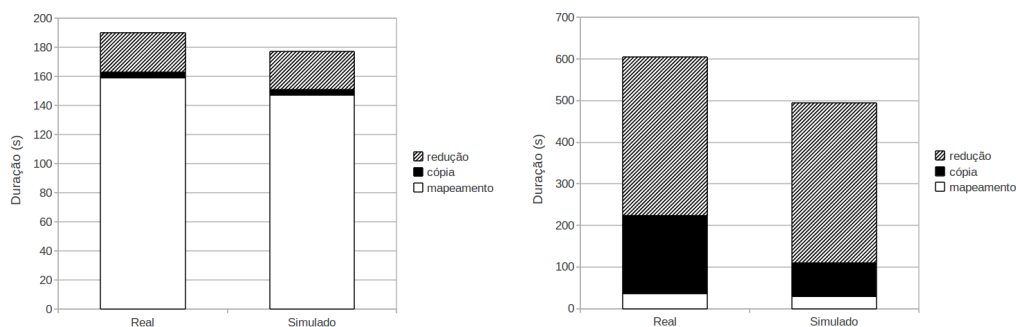
### 3.1. Estado Atual

No estado de desenvolvimento atual, o MRSG implementa: o sistema de arquivos distribuído, com replicação de blocos; o fluxo básico de execução do MapReduce, que compreende a execução de tarefas de mapeamento e redução, e a transferência de dados (DFS e pares intermediários); e o mecanismo de execução especulativa.

Em contrapartida, não foram ainda modelados o recurso de configuração de *racks*, e ambientes voláteis.

### 3.2. Validação Inicial

Com os recursos já implementados, o simulador foi comparado com execuções reais da plataforma Hadoop MapReduce. Para tal, utilizou-se um aplicativo de processamento de logs. Os resultados podem ser observados na figura 3, que apresenta o comparativo entre os tempos das fases de mapeamento, cópia, e redução do MapReduce, entre a execução real e simulada.



**Figura 3. Validação do simulador**

No primeiro gráfico, os testes foram realizados com 20 núcleos e 20 reduções, e no segundo com 200 núcleos e apenas 1 redução.

É possível observar que existe uma proximidade considerável entre a simulação e execução real, exceto na fase de cópia do segundo teste. A quantidade de tarefas sobre dados locais e tarefas especulativas, apesar de não ilustrada nos gráficos, também manteve-se de acordo com a execução real. Em trabalhos futuros uma validação mais exhaustiva será conduzida, a fim de obter-se uma validação mais significativa e consistente, do comportamento do simulador.

#### 4. Considerações Finais

Este artigo apresentou o MRSG, um simulador de plataformas MapReduce, e descreveu seus objetivos e arquitetura. Apesar de ainda estar em desenvolvimento, foi possível realizar validações iniciais do simulador, que demonstraram uma proximidade considerável entre execuções reais e simulações. Contudo, é possível observar que aprimoramentos podem ser realizados no simulador, e novos recursos devem ser adicionados.

#### Referências

- Dean, J. and Ghemawat, S. (2008). Mapreduce: simplified data processing on large clusters. *Commun. ACM*, 51(1):107–113.
- Hammoud, S., Li, M., Liu, Y., Alham, N. K., and Liu, Z. (2010). Mrsim: A discrete event based mapreduce simulator. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2010 Seventh International Conference on*, volume 6, pages 2993–2997.
- SimGrid (2010). Simgrid home page. Disponível em: <<http://simgrid.gforge.inria.fr/>>. Acesso em: agosto 2010.
- Wang, G., Butt, A. R., Pandey, P., and Gupta, K. (2009). Using realistic simulation for performance analysis of mapreduce setups. In *LSAP '09: Proceedings of the 1st ACM workshop on Large-Scale system and application performance*, pages 19–26, New York, NY, USA. ACM.