



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/07.07.21.58-PRP

CAPACITAÇÃO COMPUTACIONAL INSTITUCIONAL EM MODELOS MHD E HÍBRIDOS PARA SISTEMA HPC

Varlei Everton Menconi - Desenvolvedor
Odim Mendes Júnior - Supervisor
Margarete Oliveira Domingues - Co-supervisora

Relatório de Atividade de Desenvolvimento Científico-Tecnológico -
Período do projeto: 01/06/2016 a
16/07/2016 INPE, CEA: 18 de junho de 2017

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3P8GSAS>>

INPE
São José dos Campos
2017

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

E-mail: pubtc@inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):

Presidente:

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Membros:

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID) **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Duca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/07.07.21.58-PRP

CAPACITAÇÃO COMPUTACIONAL INSTITUCIONAL EM MODELOS MHD E HÍBRIDOS PARA SISTEMA HPC

Varlei Everton Menconi - Desenvolvedor
Odim Mendes Júnior - Supervisor
Margarete Oliveira Domingues - Co-supervisora

Relatório de Atividade de Desenvolvimento Científico-Tecnológico -
Período do projeto: 01/06/2016 a
16/07/2016 INPE, CEA: 18 de junho de 2017

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3P8GSAS>>

INPE
São José dos Campos
2017



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.



RELATÓRIO TÉCNICO

Capacitação computacional institucional em modelos MHD e híbridos para sistema HPC

Especificação do trabalho de desenvolvimento científico-tecnológico:

Este relatório do trabalho desenvolvido refere-se a projeto do processo institucional 454779/2015-1 do programa MCTI-INPE/PCI, número do processo individual 170085/2016-3, desenvolvido pelo engenheiro Varlei Everton Menconi, supervisionado pelo Dr. Odim Mendes Júnior, da Divisão de Geofísica Espacial (DGE), da Coordenação Geral de Ciências Espaciais (CEA), e co-supervisionado pela Dra. Margarete Oliveira Domingues, do Laboratório de Computação e Matemática Aplicada (LAC), da Coordenação de Tecnologias Especiais (CTE), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O seu conteúdo está situado no contexto de projetos maiores estruturadores em desenvolvimento no INPE, que dizem respeito a implantação e uso de um núcleo de processamento utilizando computadores de alto desempenho (HPC, High Performance Computer, financiamento: MCTI/FINEP/CT-INFRA 01120527-00, responsável de subprojeto Dr. Odim Mendes Jr.), com o objetivo de execução de modelagens de plasmas espaciais e astrofísicos. Juntamente com o pesquisador supervisor, o engenheiro participou da concepção e projeto do recurso HPC em 2011 e a decorrente submissão de projeto a FINEP/CT-INFRA e formação de equipe embrionária científica (na CEA e LAC) para utilização. Nesta etapa, para utilização mais eficiente dos recursos computacionais, o profissional engenheiro analisou, discutiu e orientou a aplicação de aprimoramentos da infraestrutura e forma de utilização. Para verificar os resultados, um teste prático de modelagem magneto-hidrodinâmica foi realizado.

1) Histórico

O profissional engenheiro da Ciência da Computação participou, em duas oportunidades, com bolsas de longa duração do CNPq para o desenvolvimento de projetos agregadores de capacidade institucional, com pleno sucesso. Fruto desta interação de longo prazo do ambiente de pesquisa e da competência de atuação profissional dedicada à pesquisa, como um dos resultados diretos da habilidade do bolsista integrado à equipe de desenvolvimento científico, foi possível projetar, adquirir e implantar a infraestrutura do núcleo de um sistema computacional de alto desempenho (High Performance Computer, HPC) na Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA) do INPE, de forma a permitir



modelagens numéricas de plasmas espaciais. Esse projeto, sob coordenação do Dr. Odim Mendes Jr., DGE/CEA, teve um custo de quase um milhão de reais (em recursos diretos da FINEP/CTI-INFRAESTRUTURA, foram R\$ 729.000,00). O número inicial de pesquisadores envolvidos é de dez (10), com o potencial em futuro breve de aumentar. Nesta fase do projeto, trabalha-se na estruturação melhorada dos recursos computacionais e na realização de um caso teste de modelagem computacional.

2) Resumo do Projeto

O projeto de "Capacitação computacional em modelos MHD e Híbrido espaciais para sistema HPC" realiza a implantação e capacitação em recursos computacionais especializados para as modelagens de plasmas espaciais demandados pela equipe de pesquisa de Ciências Espaciais, da Coordenação de Ciências Espaciais, em cooperação com equipe de Computação Científica do Laboratório de Computação e Matemática Aplicada, dos Laboratórios Associados e equipe do programa de Clima Espacial do INPE (Embrace). O procedimento será de instalação dos pré-requisitos necessários, a implementação de um conjunto de códigos de magneto-hidrodinâmica, a implantação de recursos visualizadores, compatibilização de servidoras, subsídios à documentação pertinente ao trabalho, e capacitação de recursos humanos. Como resultados do projeto, esperam-se o sistema computacional com funcionalidades MHD e híbridas ativadas, informações e instruções estruturadas, organizadas e disponíveis em documento, e capacitação inicial de equipe supervisora. Um resultado científico será gerado com a análise de um caso básico de interação do meio interplanetário com a Terra.

3) Objetivo

Este projeto objetiva estruturar e possibilitar a utilização do recurso de alto desempenho para a modelagens de processos do plasma espacial e sua interação com a Terra. Os resultados esperados são a obtenção de modelagens e visualizações científicas mais elaboradas.

4) Atividades Desenvolvidas durante o período da bolsa

O Engenheiro em questão constitui hoje consultor especializado brasileiro que complementa sob demanda a competência da equipe. Ele foi convidado, por não estar vinculado à instituição, a colaborar para uma etapa crucial do projeto, que é a efetivação do funcionamento do ambiente de modelagem. Sua longa experiência profissional computacional e a convivência efetiva com necessidades



numéricas do ambiente espacial situam-no entre os poucos brasileiros em atuação nesta área interdisciplinar com competência para gerir os desafios necessários no curto prazo. Nesta etapa, inclusive, o candidato preparou recursos humanos (treinamento em situação prática) para lidar com tais frameworks (ambientes) de computação científica. Procedeu-se então com:

Análise e testes com os diversos módulos de compiladores (e releases) existentes no ambiente operacional do Bright Cluster Manager para compilar os códigos de modelos mhd em uso pelo grupo de pesquisa;

Instalação de pacotes, bibliotecas e programas auxiliares necessários para a compilação dos códigos MHD de interesse;

Testes de desempenho de hardware do cluster HPC, sobretudo a parte de comunicação das redes internas do sistema (rede infiniband, ethernet e IPMI). Instalação de pacotes gerenciadores destas redes no sistema operacional do cluster;

Orientação para uso do ambiente computacional do cluster orion-d11 para alguns usuários de grupos de pesquisa;

Testes de desempenho de com a rede externa, ou seja, o i/o de dados entre a rede INPE (rede 150.163.x.x) e o cluster. Nestes testes, levantou-se a necessidade melhorar a estrutura de comunicação entre o cluster e a rede dos usuários;

Estudos para levantamento e aquisição de uma solução de sistema de storage (armazenamento) para ser incorporado ao cluster orion-d11, com o objetivo de ampliar a capacidade do volume de armazenamento atual (de 1.1 terabyte), possibilitando maior uso de aplicações e maior volume de armazenamento de dados processados. Avaliação de expansão para atender além do Orion-d11 o cluster Helios.



5) Resultados Obtidos em função do Plano de Trabalho proposto

- (1) Implementação dos pré-requisitos e dos códigos de magneto-hidrodinâmica de interesse.
- (2) Implementação de recursos computacionais acessórios de ambiente tipo Unix e subsídios para documentação das implementações executadas.
- (3) Caso científico simulado de interação de fenômeno de plasma do meio interplanetário sobre a Terra.
- (4) Capacitação da equipe-embrião de pesquisadores espaciais

Amostra da excelência de resultado obtido com a realização do trabalho:

Dentro de um dos trabalhos do projeto, lidando com implementações, configurações e instalações, pode-se constatar ao final pela comparação do cluster Orion-d1 (sistema que foi aprimorado) com o cluster Helios (sistema inalterado, funcionando como caso de controle), que o desempenho com RAID 10 por hardware ficou bem superior ao de controle com RAID 5 por software (taxa de gravação de 560MB/s contra 70MB/s, respectivamente). Na Figura 1 superior mostra o desempenho na taxa de gravação do Orion-d11 e na inferior a do Helios. Na Figura 2 superior mostra-se em teste a capacidade atual da taxa de comunicação do Orion-d11 e a limitação de comunicação imposta pela rede de internet atual do prédio CEA-II.

Na parte científica de uso do ambiente de simulação e de capacitação de recursos humanos na instituição, a Figura 3 apresenta resultados alcançados de aplicação de técnica e modelagem numérica magneto-hidrodinâmica.

```
[root@orion-d11 Downloads]# dstat -tdcD total 2
----system---- -dsk/total- ----total-cpu-usage----
  time      read  writ  usr  sys  idl  wai  hiq  siq
18-11 15:36:43    21k  120k    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:45     0   26k    0   2   97    0   0   0
18-11 15:36:47     0    0    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:49     0  427M    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:51     0   49M    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:53     0  138M    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:55     0  569M    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:57     0  564M    0   0  100    0   0   0
18-11 15:36:59     0  177M    0   0  100    0   0   0
18-11 15:37:01     0    0    0   0  100    0   0   0
18-11 15:37:03     0    0    0   0  100    0   0   0
18-11 15:37:05     0   40k    0   0  100    0   0   0^C
```

```
[root@helios fauez]# dstat -tdcD total 2
----system---- -dsk/total- ----total-cpu-usage----
 date/time    read  writ  usr  sys  idl  wai  hiq  siq
18-11 15:13:01  701k 1749k    0   0  100    0   0   0
18-11 15:13:03   12M  44M    0   3   95    3   0   0
18-11 15:13:05   10M  38M    0   0   96    4   0   0
18-11 15:13:07   13M  53M    0   0   95    5   0   0
18-11 15:13:09   14M  54M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:11   15M  60M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:13   16M  67M    0   1   96    3   0   0
18-11 15:13:15   16M  65M    0   1   96    3   0   0
18-11 15:13:17   16M  62M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:19   15M  65M    0   0   97    3   0   0
18-11 15:13:21   15M  64M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:23   15M  62M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:25   17M  65M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:27   16M  60M    0   0   97    2   0   0
18-11 15:13:29   16M  60M    0   0   96    3   0   0
18-11 15:13:31   15M  68M    0   0   95    5   0   0
18-11 15:13:33   14M  60M    0   0   95    5   0   0
18-11 15:13:35   14M  71M    0   0   95    5   0   0
18-11 15:13:37   15M  70M    0   0   95    5   0   0
18-11 15:13:39   16M  68M    0   0   95    5   0   0
18-11 15:13:41   12M  70M    0   1   95    5   0   0
```

Figura 1 – Desempenho da taxa de gravação entre Orion-d11 (painel superior) e Helios (painel inferior).

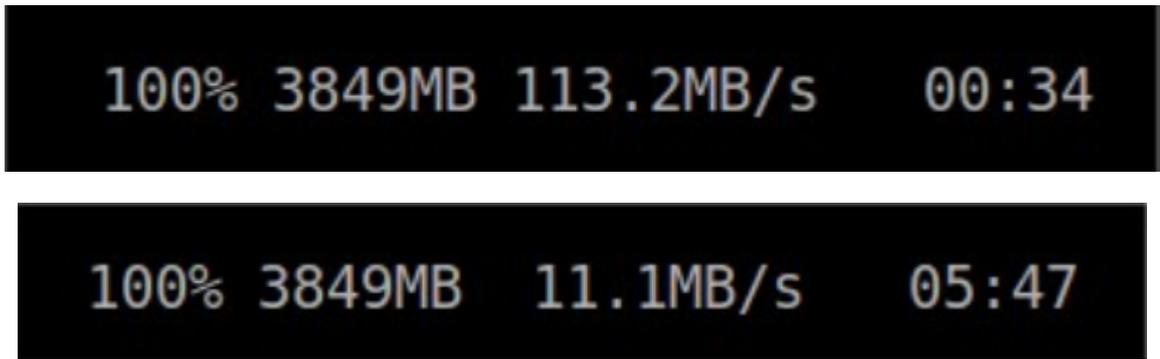
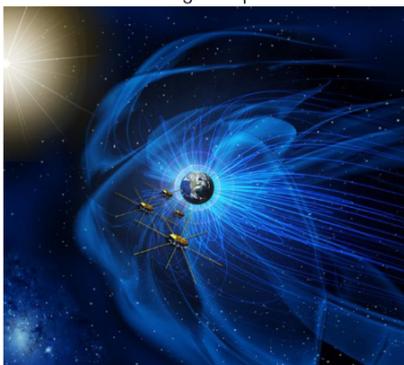
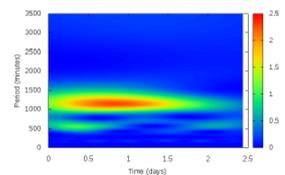
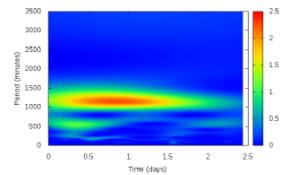
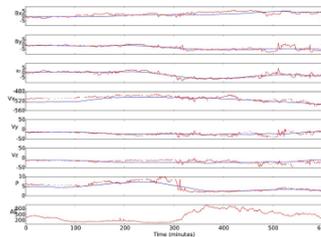
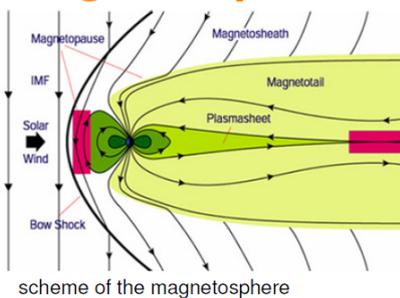


Figura 2 – Desempenho potencial de taxa de transmissão do Orion-d11 (painel acima) e a limitação que a rede física atual (painel abaixo) da internet do prédio CEA-II impõe.

Solar wind interacting with Earth's magnetosphere:



Current concept

Brazilian Journal of Physics (2016)

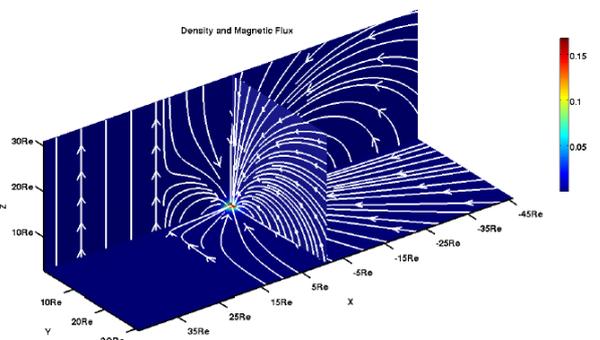


Figura 3 – Com uso do ambiente de simulação e capacitação em recursos, exemplos de resultados alcançados de aplicação de técnica e modelagem numérica magneto-hidrodinâmica. Concepções artísticas à esquerda, crédito a NASA. Figuras de simulação, dos autores.



6) Publicações Científicas realizadas durante o período da bolsa

Lorenzo, M. S.; Domingues, M. O.; Mecias, A. L.; Menconi, V. E.; Mendes, O. **On the Use of Space-Environmental Satellite Data for Global Magnetohydrodynamic Simulations**. Brazilian Journal of Physics (Impresso), v. 46, p. 703-713, 2016. (doi:10.1007/s13538-016-0464-x)

Varlei Everton Menconi, Odim Mendes Jr., Margarete Oliveira Domingues, Marcelo Banik, **HPC-CEA Guia básico para usuários, versão 1.0**. Biblioteca do INPE (em finalização).

7) Conclusões Gerais

Os resultados alcançados contribuem significativamente para projeto de grande interesse da Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas, pois tal tipo de contribuição profissional aprimora recursos computacionais de alto desempenho, que não são triviais de se implantar e utilizar. As etapas realizadas propiciaram melhoria das condições de instalação e funcionamento dos recursos atender a missão do INPE na área de investigação do ambiente espacial e seus efeitos sobre a Terra. O desenvolvimento deste projeto consolida também parcerias de desenvolvimentos científicos e tecnológicos com o Laboratório de Computação e Matemática Aplicada (LAC/CTE) e o programa de Clima Espacial do INPE, o Embrace. Avançou-se institucionalmente para a competitividade no cenário internacional.