



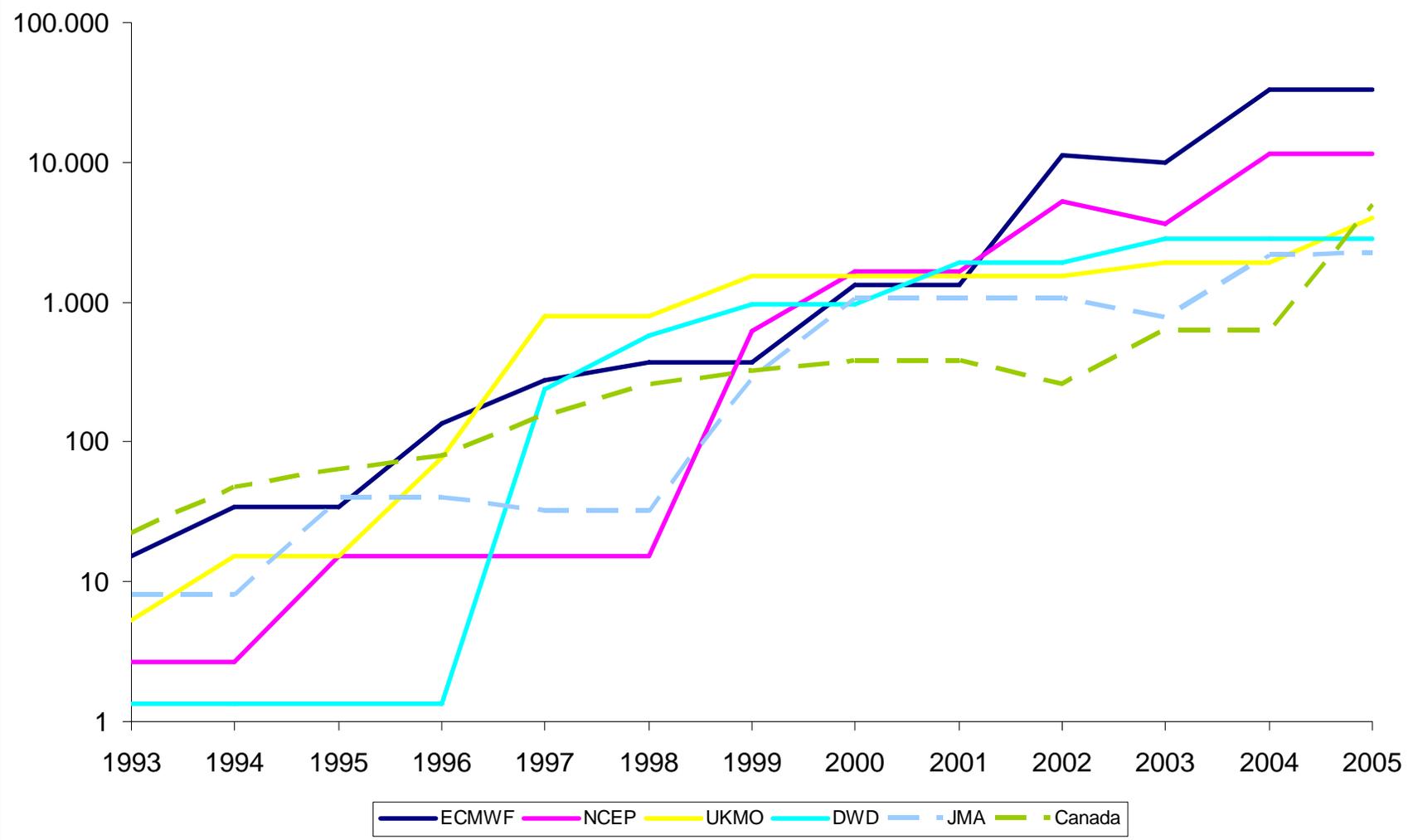
**CENTER FOR WEATHER FORECAST AND CLIMATE STUDIES**

# **HPC ACTIVITIES AT CPTEC**

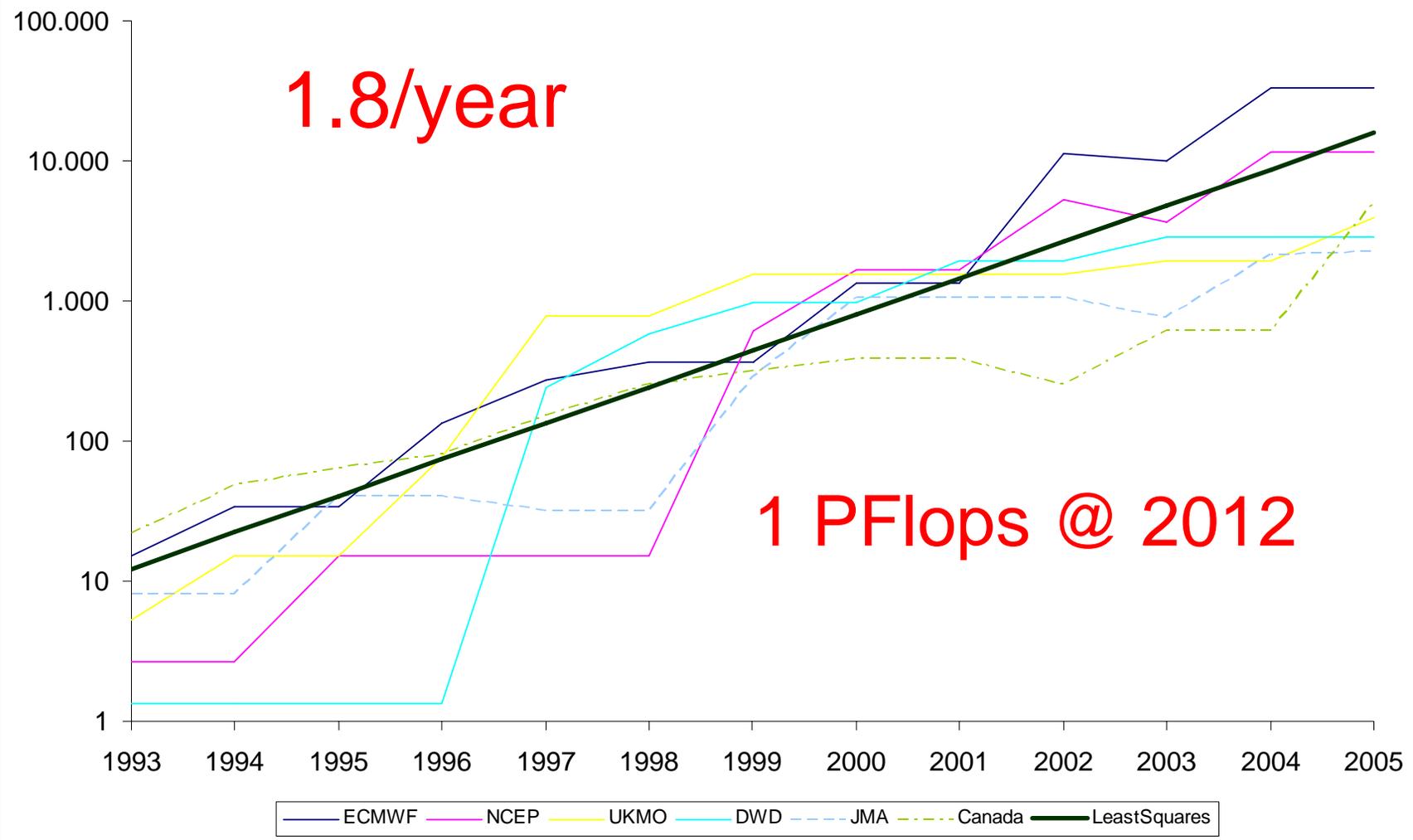
**JAIRO PANETTA (CPTEC)  
SAULO BARROS (USP)  
and many colleagues... (.....)  
ECMWF, OCT 2006**



# Installed Top Speed (GFlops)



# Installed Top Speed (GFlops)



# Supercomputing at CPTEC

## 1994

## 1998

## 2004

MACHINE	SX3	SX4	SX6
NUMBER OF NODES	1	1	12
PROCESSORS	1	8	96
TOP SPEED	3,2 Gflops	16 GFlops	768 GFlops
MEMORY	0,5 GBytes	8 GBytes	768 GBytes
DISK	60 GBytes	220 GBytes	16 TBytes





# Operational Suite

- **Global Spectral Model T213L42 (64km) up to 10 days, twice a day (NCEP analysis and GPSAS assimilation system)**
- **Regional ETA model (20kmL38) up to 5 days, twice a day (RPSAS assimilation system with CPTEC AGCM fields)**
- **Coupled ocean/atmosphere global model (T126L28 + MOM3) up to 30 days, twice a day**
- **CATT-BRAMS environmental model up to 3 days**
- **Global (T126L28, 15 members, 15 days) and regional (40kmL38, 5 members, 5 days) ensembles twice a day**
- **Wave model, climate monthly runs, etc...**





# HPC Group Activities

- **Software aspects of production models:**
  - Parallelism
  - Efficiency
  - Easy to use
  - Easy to modify
- **Provide user support on all software aspects**
- **Transform successful research into production**
- **Probe future technologies**
  - Hardware and software





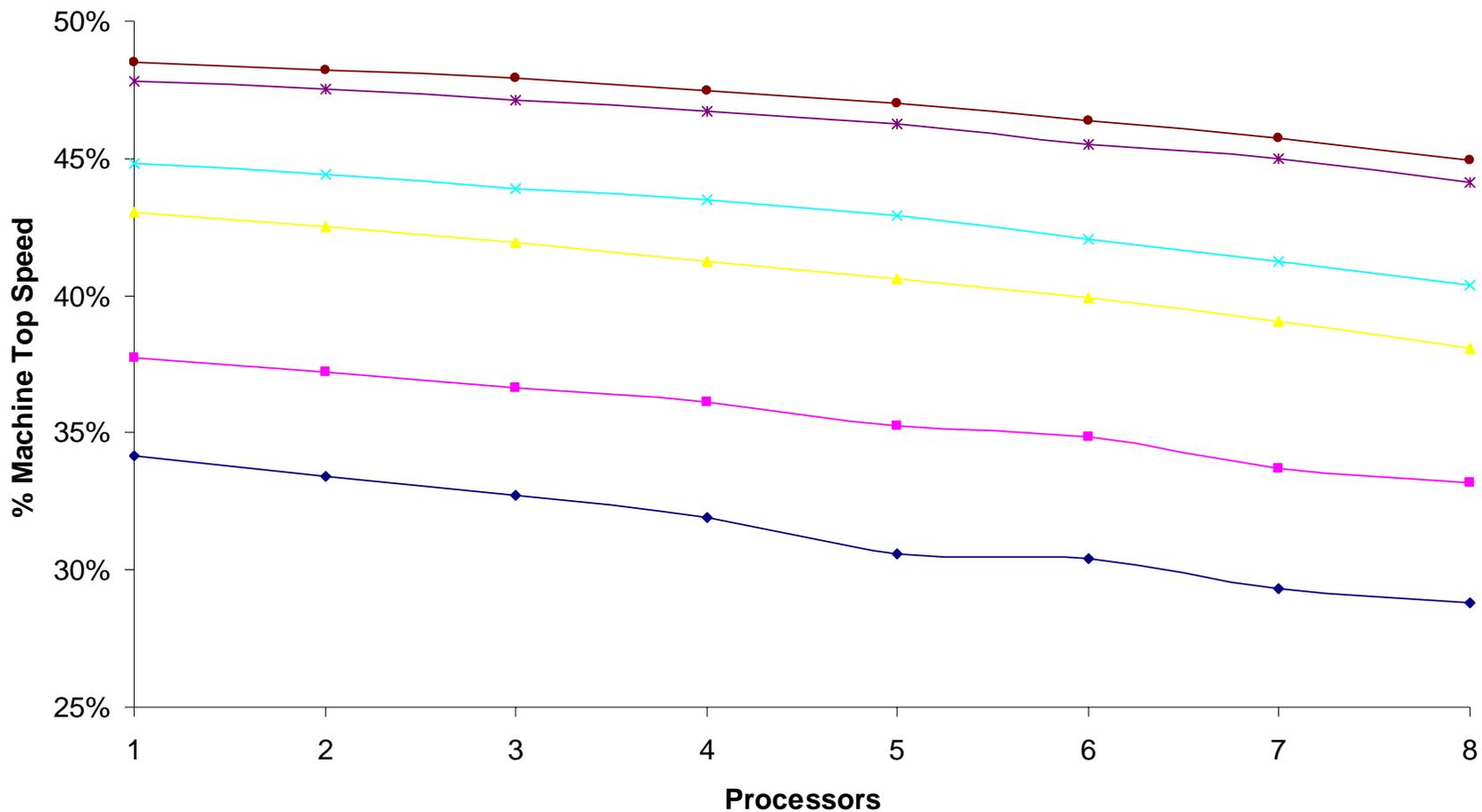
# Global Model

- **Spectral Eulerian or Semi-Lagrangian, Full, Reduced, Quadratic or Linear Grid**
- **Dynamically configurable, Fortran 90, OpenMP, MPI**
- **Binary reproducible, portable, efficient on production machine**
- **Easy to insert new physical parametrizations**
- **Souza's Shallow Cumulus , Grell Ensemble Convection, CLIRAD radiation**
- **About 15 men-years modernization effort**





# Efficiency under OpenMP

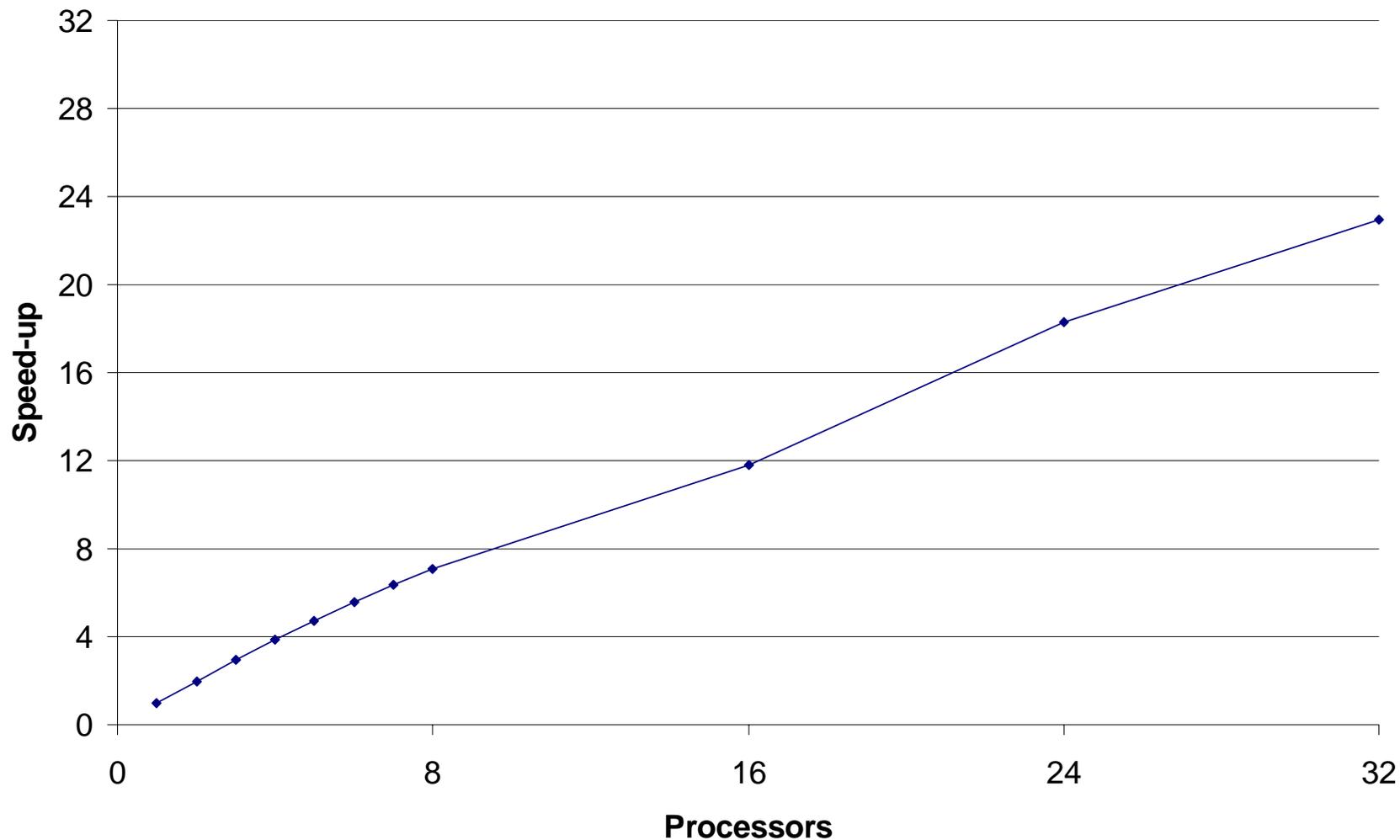


◆ T062L28 (210km) 
 ■ T126L28 (105km) 
 ▲ T170L42 (79km) 
 × T213L42 (63km) 
 ✱ T254L64 (53km) 
 ● T319L64 (42km)

**Eulerian Full**



# MPI + OMP Speed-up





# SL Reduced Grid

**A T341L64, Semi-Lagrangian,  
Reduced Grid, OpenMP +  
MPI executes on 4 full nodes  
(32 procs) at 80,67 GFlops  
(31,5% of top speed)**





# BRAMS

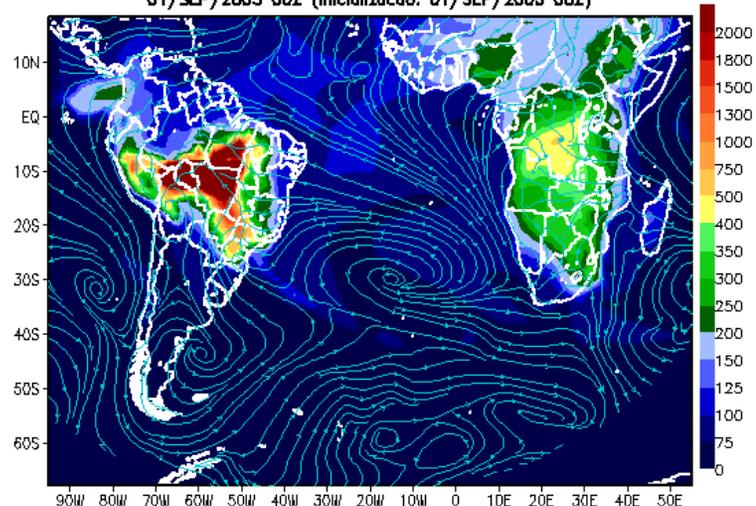
- **Limited area forecast model for regional weather centers**
- **BRAMS = RAMS + tropical parametrizations + software quality + binary reproducibility + higher efficiency**
- **Contributions from multiple sources:**
  - **IAG/USP, IME/USP, UFCG, ...**
- **Fortran 90, MPI**
- **Tailored for PC Clusters**
- **About 20 men-years effort**



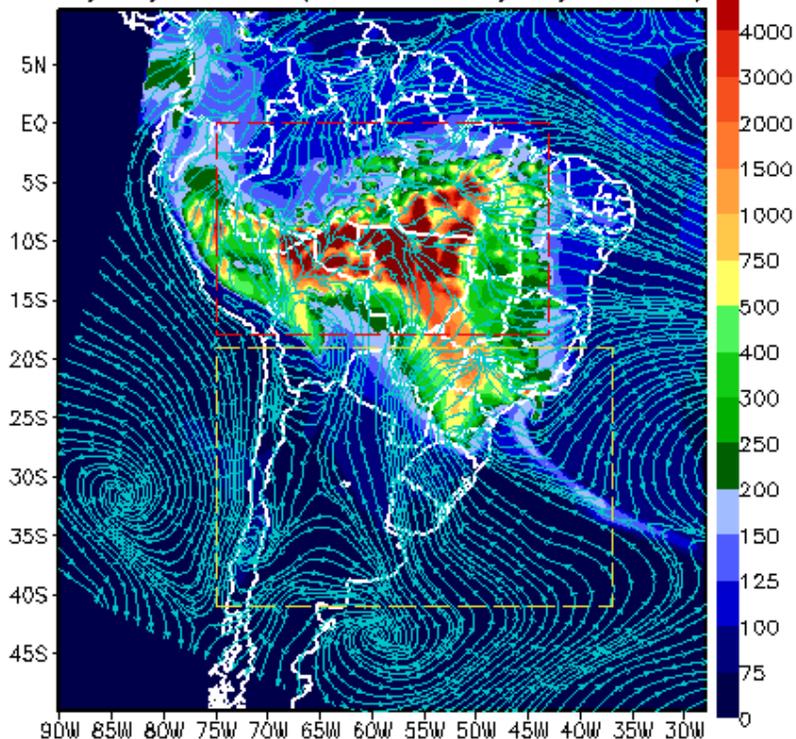
# CATT-BRAMS

*Air Pollution due to biomass burning and urban areas*

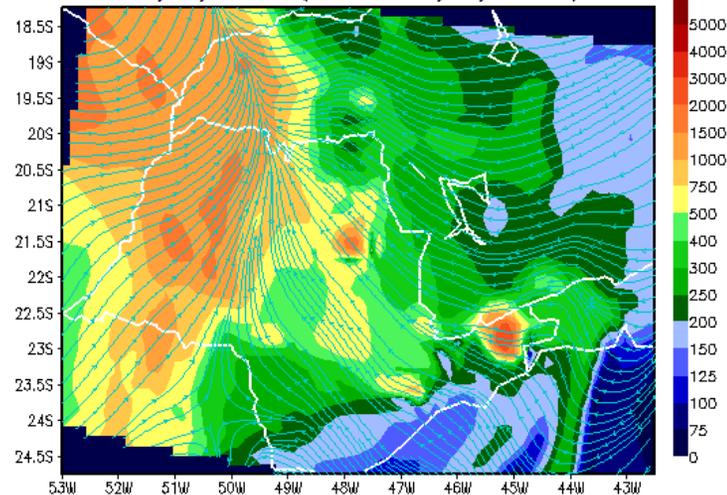
CPTEC/INPE/MCT - MASTER/IAG/USP  
 Vento e Monóxido de Carbono (ppb) 72 m - Total  
 01/SEP/2005 00Z (Inicializacão: 01/SEP/2005 00Z)



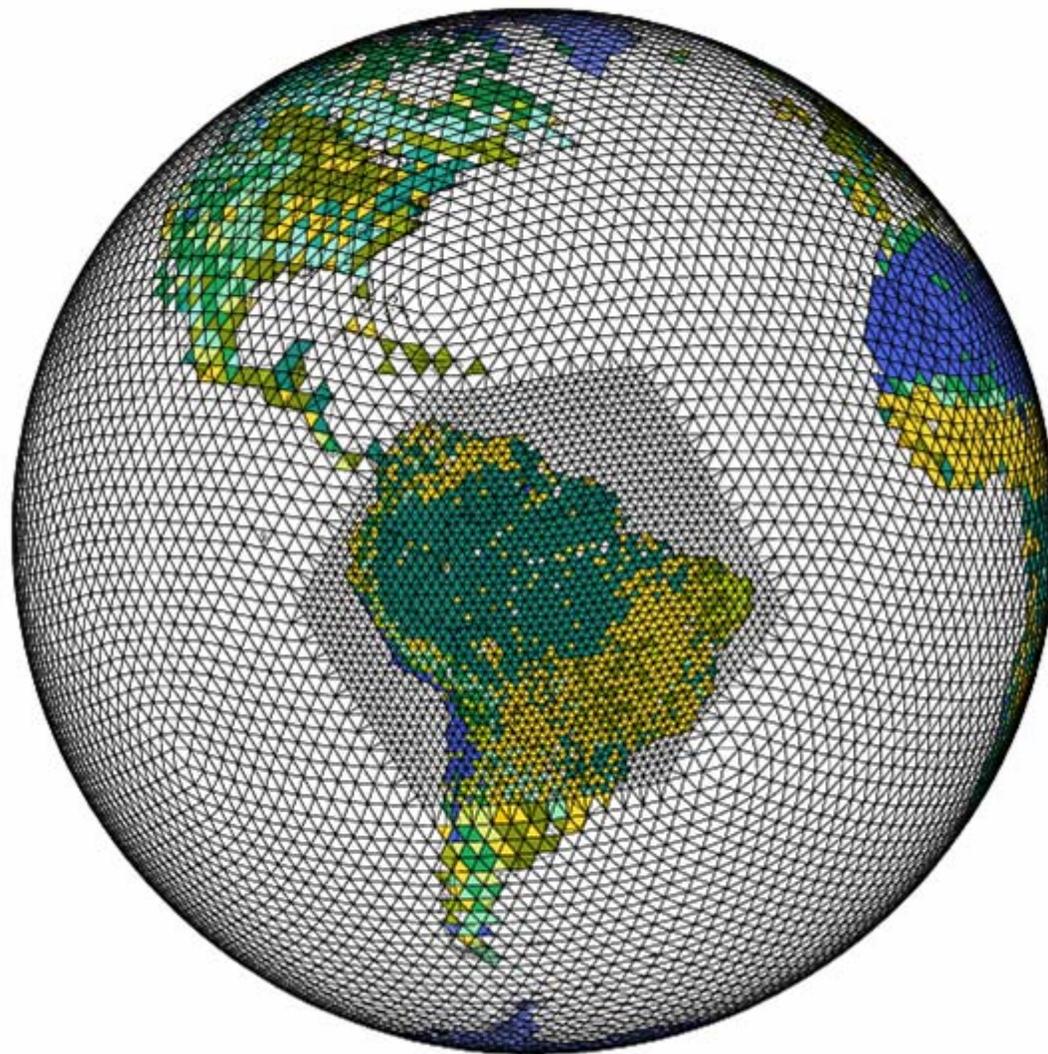
CPTEC/INPE/MCT - MASTER/IAG/USP  
 Vento e Monóxido de Carbono (ppb) 72 m - Total  
 01/SEP/2005 00Z (Inicializacão: 01/SEP/2005 00Z)



CPTEC/INPE/MCT - MASTER/IAG/USP  
 Vento e Monóxido de Carbono (ppb) 72 m - Total  
 01/SEP/2005 00Z (Inicializacão: 01/SEP/2005 00Z)



# Experimenting with OLAM



**150 km global**

**75 km regional**



# OLAM

- **Ocean Land and Atmosphere Model; global version of RAMS**
- **Developed at Duke University by Robert Walko and Roni Avissar**
- **Global triangulation based on icosahedron, shaved eta vertical coordinate**
- **Non hydrostatic, finite volume formulation**
- **Prototype version**
  - **Sound results (daily test runs at CPTEC and IAG/USP)**
  - **Requires software enhancement (long effort)**





# HPC Group Role at CPTEC

**CREATION, DISTRIBUTION,  
MAINTENANCE AND SUPPORT OF  
MODERN, EFFICIENT, UP TO DATE  
OPEN SOURCE SOFTWARE FOR  
METEOROLOGICAL AND  
ENVIRONMENTAL SCIENCES**





# Web Pages

## Global Model

Unpublished  
Prototypes

## Published BRAMS

Ministério da Ciência e Tecnologia

**BRAMS**

E-mail:  OK

Feed:

«Forgot your password?»

«New Register here.»

- Home
- News
- Download
- Projects
- Press Release
- Documentation
- Papers, Theses & Presentations
- Skill against Observations
- Users MODELIN
- Região
- Users RAMSIN
- Links
- Feeding list

Search:

www BRAMS

**Model Description**  
Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS)

BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System) is a joint project of ATMET, IME/USP, IAG/USP and CPTec/INPE, funded by FINEP (Brazilian Funding Agency), aimed to produce a new version of RAMS tailored to the tropics. The main objective is to provide a single model to Brazilian Regional Weather Centers. The BRAMS/RAMS model is a multipurpose, numerical prediction model designed to simulate atmospheric circulations spanning in scale from hemispheric scales down to large eddy simulations (LES) of the planetary boundary layer.

**BRAMS Version 3.2 is RAMS Version 5.04 plus:**

- Shallow Cumulus and New Deep Convection (mass flux scheme with several closures, based on Grell et al., 2002)
- Binary reproducibility (same results independent of processors)
- New 1 km vegetation data derived from IQBP 2.0 + IBGE/INPE dataset LEAF-3 with observed parameters for South American biomes
- Enhanced Portability and Software Quality
- Heterogeneous Soil Moisture assimilation procedure
- Operational assimilation cycle and Forecast procedure
- SIB2 surface parameterization
- Improve serial and parallel performance

Copyright © INPE/CPTec  
Comentários e/ou sugestões: webmaster@cptec.inpe.br

Global Model  
INPE - CPTec

Quarta, 25 de Outubro de 2006

- Home
- Download
- News
- Projects
- Documentation
- Papers and Presentations
- Skill Against Observations
- Users MODELIN
- Links
- Discussion Forum

**Papers and Presentations**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem se preparando para implantar e operar, ainda de forma experimental, um dos centros regionais da América do Sul para processamento e distribuição de dados dos sondadores meteorológicos instalados em satélites da série NOAA. A partir destes dados de sondagem, transmitidos em tempo real, são derivados os perfis verticais da temperatura e umidade da atmosfera, fundamentais para rodar diariamente os modelos de previsão de tempo do CPTec/INPE.

“A expectativa é de que, com a expansão da rede de estações receptoras no Brasil e América do Sul, haverá maior quantidade de dados a serem inseridos nos modelos numéricos, o que deverá melhorar significativamente as previsões de tempo”, enfatiza Maria Assunção Dias, coordenadora do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTec), do INPE.

CPTec recebe diariamente dados obtidos por balões de radiossondagem, lançados de aeroportos, e por satélites, que são enviados posteriormente por instituição norte-americana. No entanto, os dados chegam sem regularidade, com atraso, o que inviabiliza o uso nos modelos de previsão, além de apresentarem grande índice de falhas. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem se preparando para implantar e operar, ainda de forma experimental, um dos centros regionais da América do Sul para processamento e distribuição de dados dos sondadores meteorológicos instalados em satélites da série NOAA. A partir destes dados de sondagem, transmitidos em tempo real, são derivados os perfis verticais da temperatura e umidade da atmosfera, fundamentais para rodar diariamente os modelos de previsão de tempo do CPTec/INPE.

“A expectativa é de que, com a expansão da rede de estações receptoras no Brasil e América do Sul, haverá maior quantidade de dados a serem inseridos nos modelos numéricos, o que deverá melhorar significativamente as previsões de tempo”, enfatiza Maria Assunção Dias, coordenadora do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTec), do INPE.

Recebe diariamente dados obtidos por balões de

Copyright 2006 © INPE/CPTec  
Comentários e/ou sugestões: webma

**OLAM**  
Ocean Land Atmosphere Model

Terça, 03 de Outubro de 2006

- Home
- Download
- News
- Projects
- Documentation
- Papers and Presentations
- Skill Against Observations
- Daily Runs
- Links
- Discussion Forum

**Documentation**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem se preparando para implantar e operar, ainda de forma experimental, um dos centros regionais da América do Sul para processamento e distribuição de dados dos sondadores meteorológicos instalados em satélites da série NOAA. A partir destes dados de sondagem, transmitidos em tempo real, são derivados os perfis verticais da temperatura e umidade da atmosfera, fundamentais para rodar diariamente os modelos de previsão de tempo do CPTec/INPE.

“A expectativa é de que, com a expansão da rede de estações receptoras no Brasil e América do Sul, haverá maior quantidade de dados a serem inseridos nos modelos numéricos, o que deverá melhorar significativamente as previsões de tempo”, enfatiza Maria Assunção Dias, coordenadora do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTec), do INPE.

CPTec recebe diariamente dados obtidos por balões de radiossondagem, lançados de aeroportos, e por satélites, que são enviados posteriormente por instituição norte-americana. No entanto, os dados chegam sem regularidade, com atraso, o que inviabiliza o uso nos modelos de previsão, além de apresentarem grande índice de falhas. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem se preparando para implantar e operar, ainda de forma experimental, um dos centros regionais da América do Sul para processamento e distribuição de dados dos sondadores meteorológicos instalados em satélites da série NOAA. A partir destes dados de sondagem, transmitidos em tempo real, são derivados os perfis verticais da temperatura e umidade da atmosfera, fundamentais para rodar diariamente os modelos de previsão de tempo do CPTec/INPE.

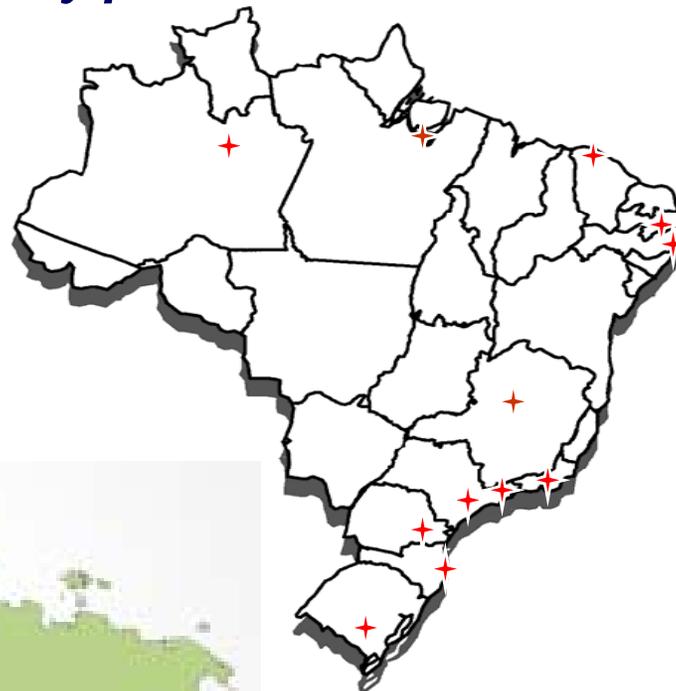
“A expectativa é de que, com a expansão da rede de estações receptoras no Brasil e América do Sul, haverá maior quantidade de dados a serem inseridos nos modelos numéricos, o que deverá melhorar significativamente as previsões de tempo”, enfatiza Maria Assunção Dias, coordenadora do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTec), do INPE.

Recebe diariamente dados obtidos por balões de radiossondagem, lançados de aeroportos, e por satélites, que são enviados posteriormente por instituição norte-americana. No entanto, os dados chegam sem regularidade, com atraso, o que inviabiliza o uso nos modelos de previsão, além de apresentarem grande índice de falhas. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem se preparando para implantar e operar, ainda de forma experimental,

Copyright 2006 © INPE/CPTec  
Comentários e/ou sugestões: webmaster@cptec.inpe.br

# BRAMS DISSEMINATION

*Daily production within Brazil*



*Week of site accesses*



# Effective Portability

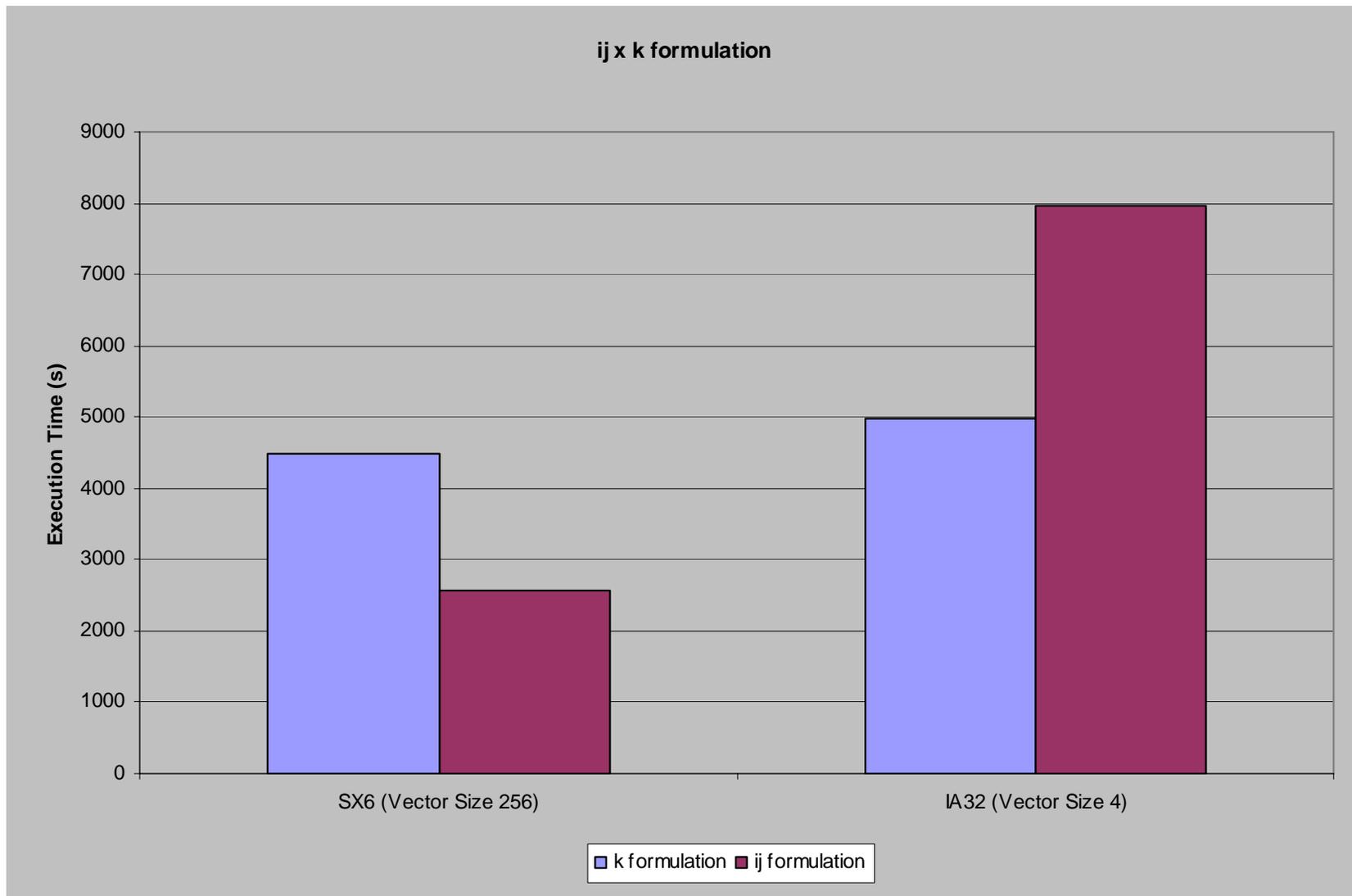
- **Given that:**
  - **CATT-BRAMS runs on NEC-SX6 at CPTEC**
  - **BRAMS runs on PC Clusters all over Brazil**
  - **A desirable single source physics for BRAMS and OLAM**
  
- **Is it possible to generate a single source physics that is efficient on a wide range of architectures?**
  - **Elusive goal over the last 30 years**



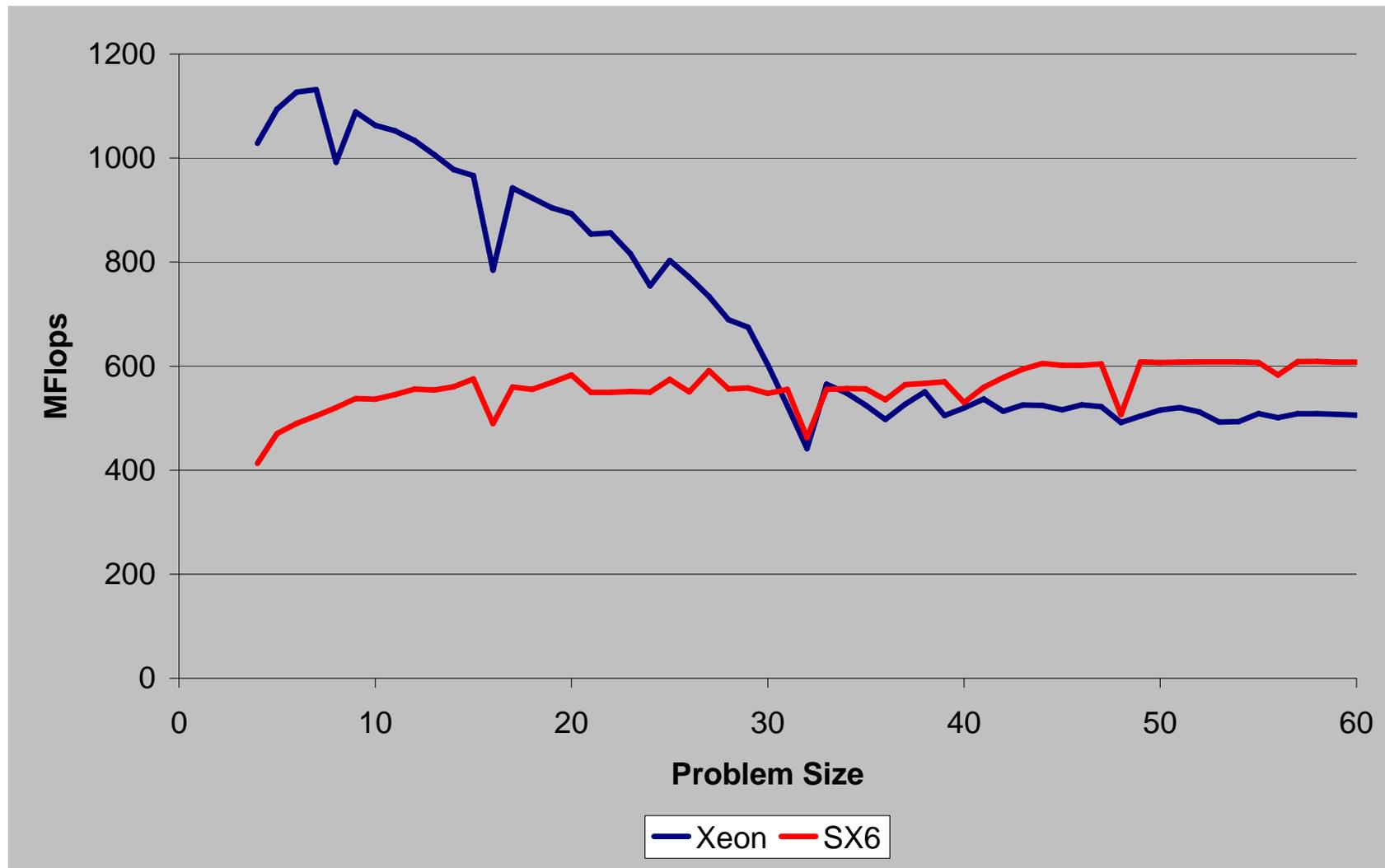
# First Attempt

- **Combine vector instructions with cache reuse**
  - **Vector Instructions on SX and PC**
- **“Unstructured” blocked physics**
  - **From  $(k, i, j)$  formulation into  $(ij, k)$**
  - **Block on  $ij$**
  - **Tailor block size to the architecture**

# First Attempt: Radiation

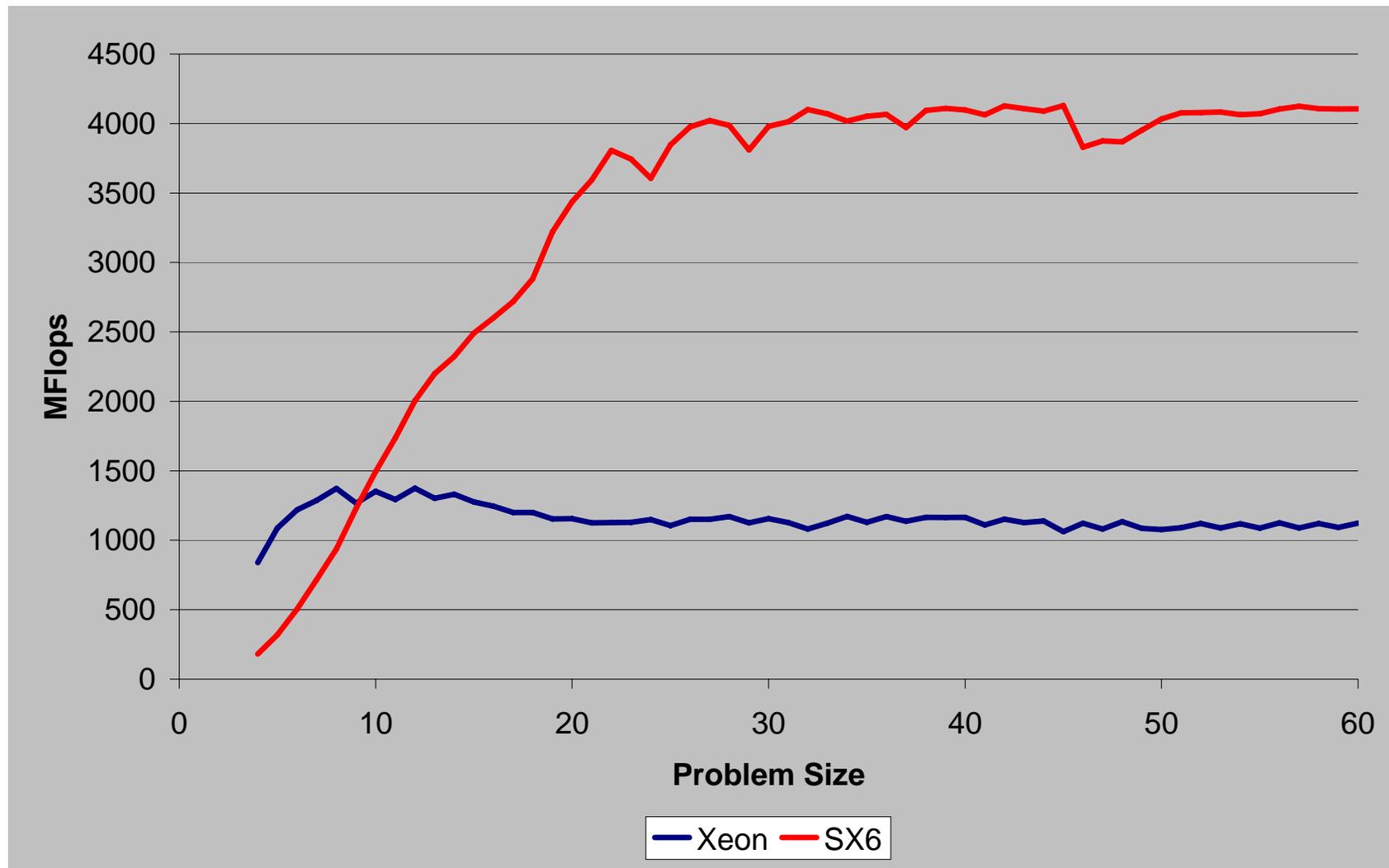


# Second Attempt: Advection



*Original (k, i, j) formulation*

# Second Attempt: Advection



**Current Formulation**

# Second Attempt: Advection

- **Development History:**

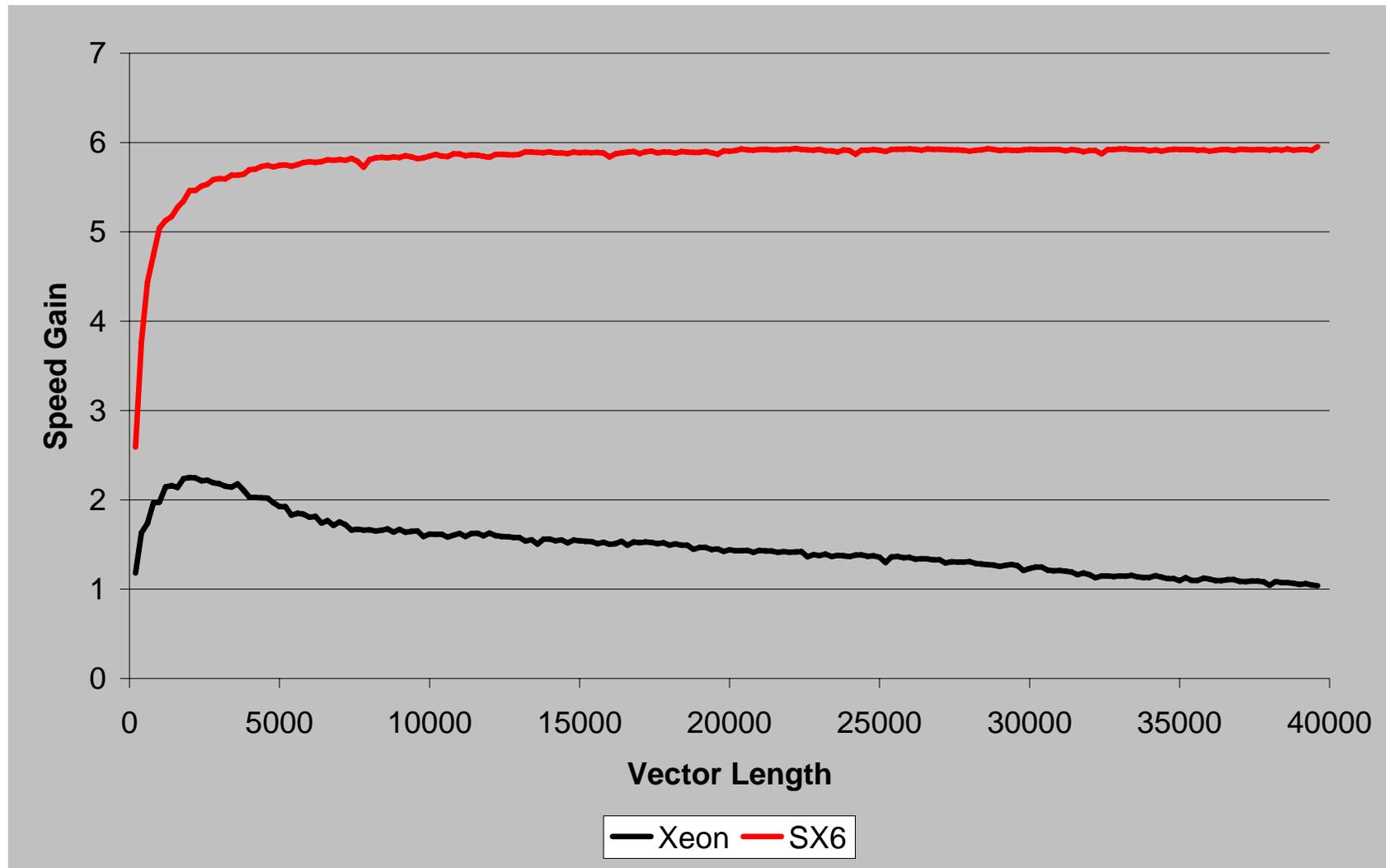
1.  $(k, i, j)$
2.  $(ij, k)$
3. **Blocked  $(ij,k)$**
4.  **$(ijBlk, k, nBlk)$**
5. **Vector  $(nBlk)$  of all fields on type  $(ijBlk,k)$**

- **Single source, efficient on both vector and microprocessor based architectures**

- **There is still a long way to go:**

- **Full code, not single module**
- **Type conversion cost**

# Second Attempt: Advection

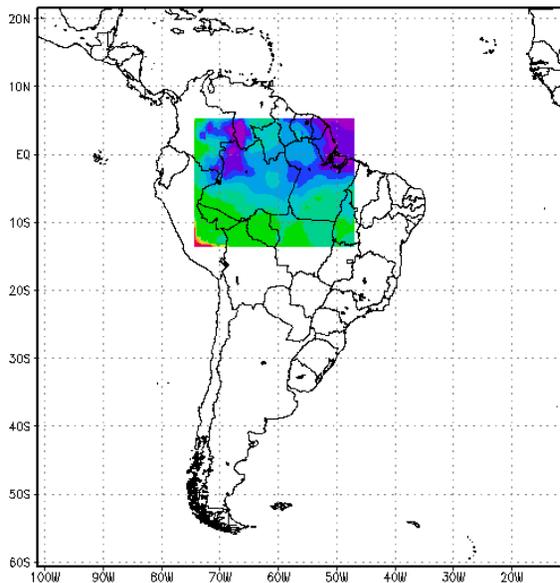


**Single Performance Parameter**

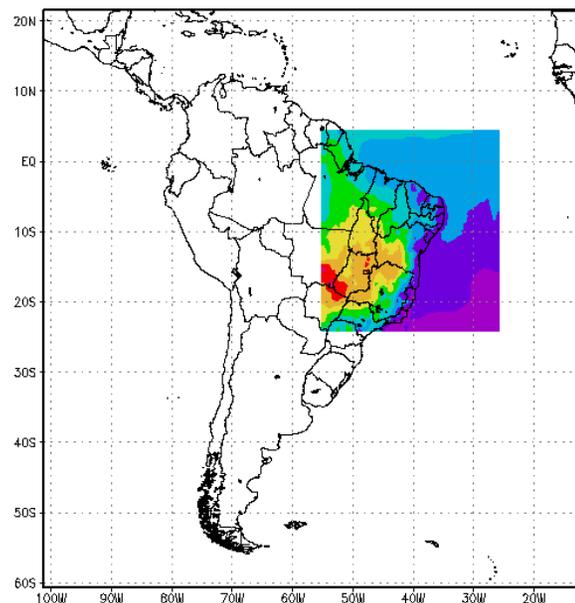
# Grid Computing

- **Three distinct PC clusters spread over Brazil, driven by a portal, scheduled using three distinct grid middlewares, one middleware at a time**
- **BRAMS Climatology Generation:**
  - Partition Brazil in three regions
  - Three starting dates (members)
  - Partition 10 years climatology into one year runs
- **Stressing Grid concept with larger than usual computing load grain**

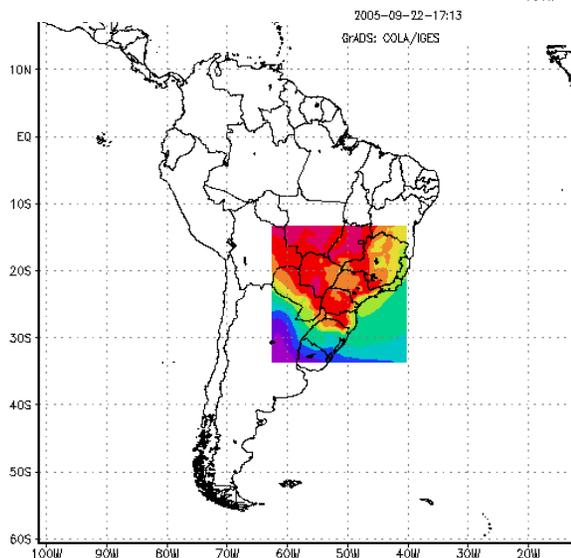
# Domain Partition



GrADS: COLA/IGES



2005-09-23-10:53



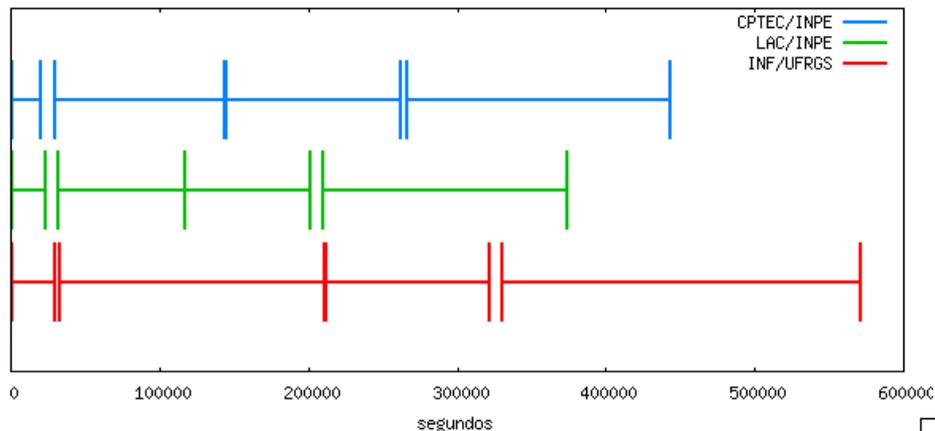
GrADS: COLA/IGES

**40 km resolution,  
but uneven grid  
sizes and  
computational  
efforts**



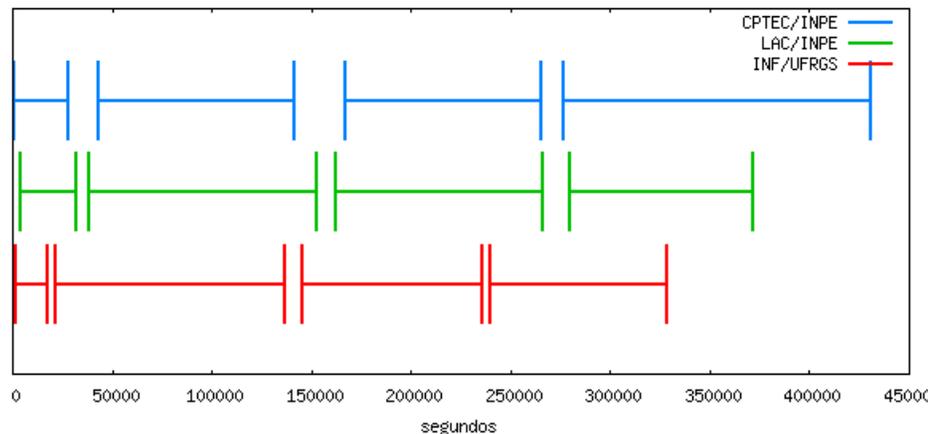
# Results

## 2.6 Speed-up

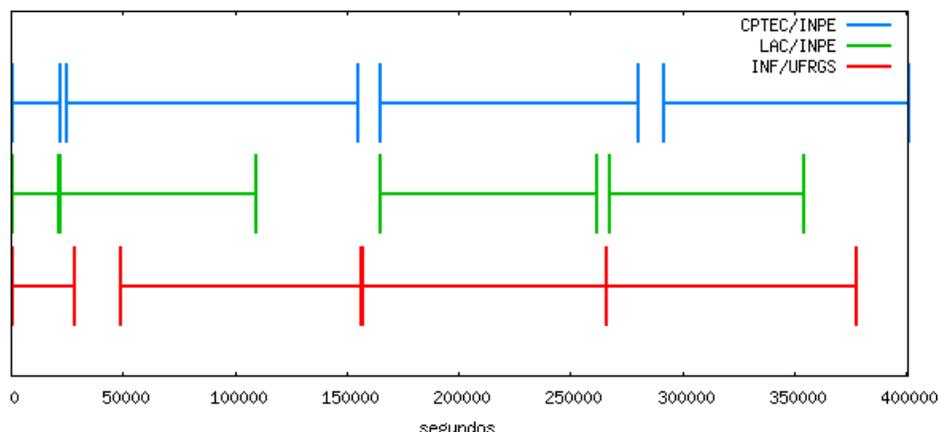


**91/93 (7 days)**

**94/96 (5 days)**



**97/99 (4,5 days)**



# Future Plans - I

- **Formal Procurement for 1000 processors machine, for research purposes**
  - IA32 processors, fast interconnect
  - Proposals due Nov 6<sup>th</sup>
  
- **Goal: “Massively Parallel” versions of:**
  - Global Model
  - CATT - BRAMS
  - Mesoscale models (includes at least BRAMS)
  - Local Ensemble Kalman Filter based Data Assimilation
  - OLAM
  - ...

# Future Plans - II

- **Central computing facility replacement**
  - Schedule for 2007/2008, depending upon funding
  - 20 – 40 TFlops range
  
- **Production Goals:**
  - Higher resolution AGCM (20 km)
  - Higher resolution Environmental Model
  - Higher resolution Mesoscale Models
  - Kalman Filtering based Data Assimilation
  - Climate Change



# THANK YOU

