



BESM
Brazilian Earth System Model

Visão Geral e Estado do Desenvolvimento MCGA-CPTEC/INPE

*Paulo Yoshio Kubota
CPTEC, C. Paulista, Brasil
9 abril, 2015*



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação





The Development of Climate models, Past, Present and Future

**INCLUIDO
NOS
MODELOS**

Atmosphere

Atmosphere

Land surface

Atmosphere

Land surface

Ocean & sea-ice

Atmosphere

Land surface

Ocean & sea-ice

Sulphate
aerosol

Atmosphere

Land surface

Ocean & sea-ice

Sulphate
aerosol

Non-sulphate
aerosol

Carbon cycle

IBIS, SiB2

Atmosphere

Land surface

Ocean & sea-ice

Sulphate
aerosol

Non-sulphate
aerosol

Carbon cycle

SiB2, IBIS
Dynamic
vegetation

Atmospheric
chemistry

Ocean & sea-ice
model

Sulphur
cycle model

Non-sulphate
aerosol

Land carbon
cycle model

Ocean carbon
cycle model

Carbon
cycle model

Dynamic
vegetation

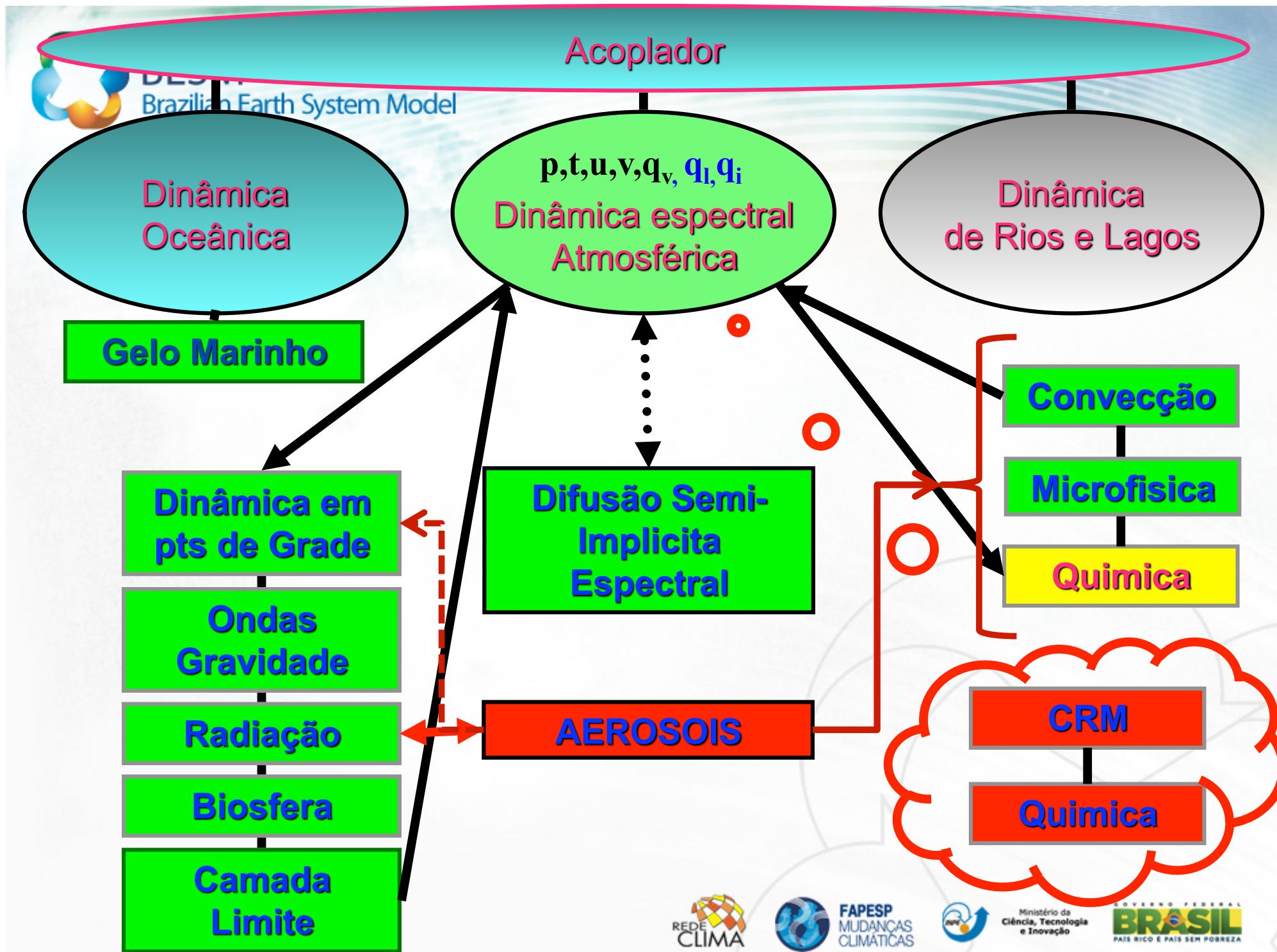
Atmospheric
chemistry

Atmospheric
chemistry

Dynamic
vegetation

Atmospheric
chemistry

Copyright © 2004 Pearson Prentice Hall, Inc.

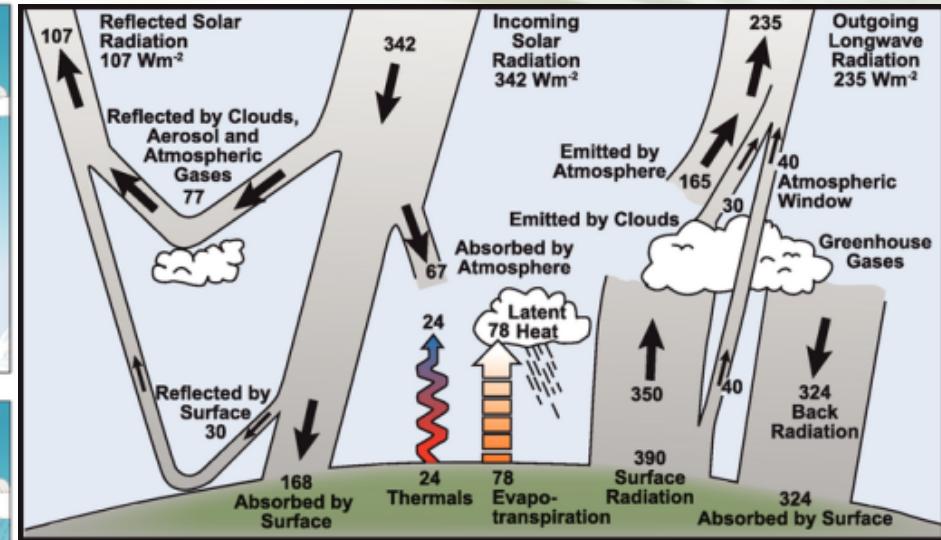
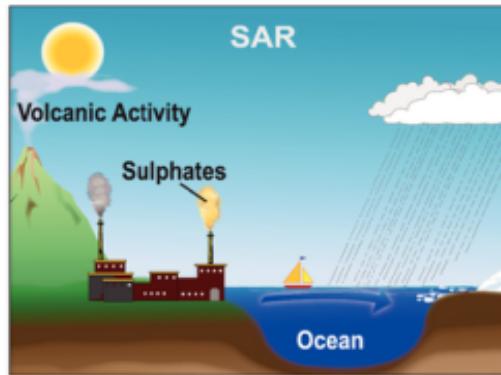
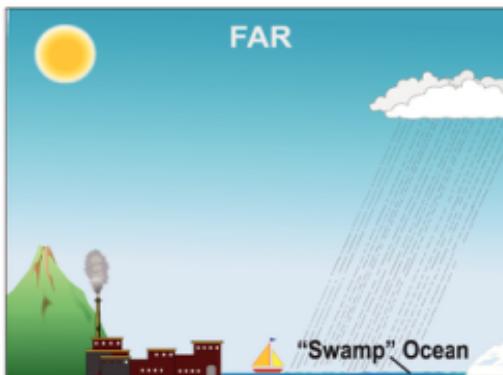
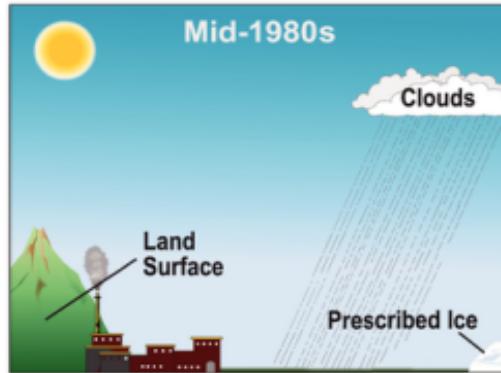
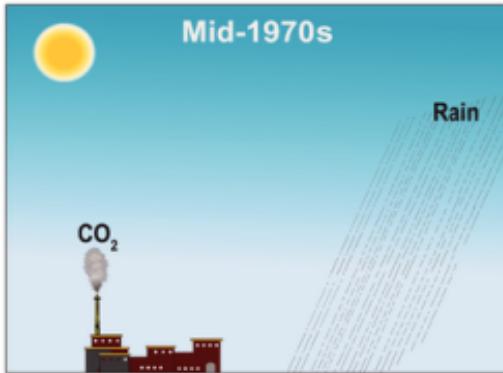




BESM

Brazilian Earth System Model

The World in Global Climate Models



Fonte: Kiehl and Trenberth (1997) [<http://www.eoearth.org/view/article/153654/>].



BESM
Brazilian Earth System Model

Em Desenvolvimento



REDE CLIMA

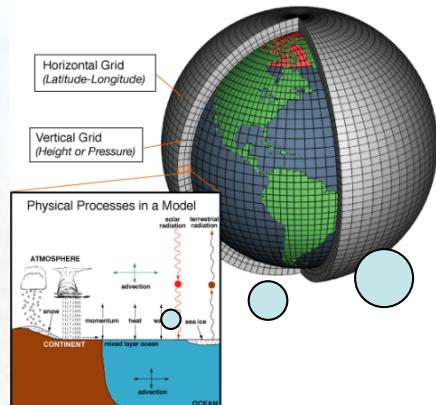


FAPESP
MUDANÇAS
CLIMÁTICAS



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



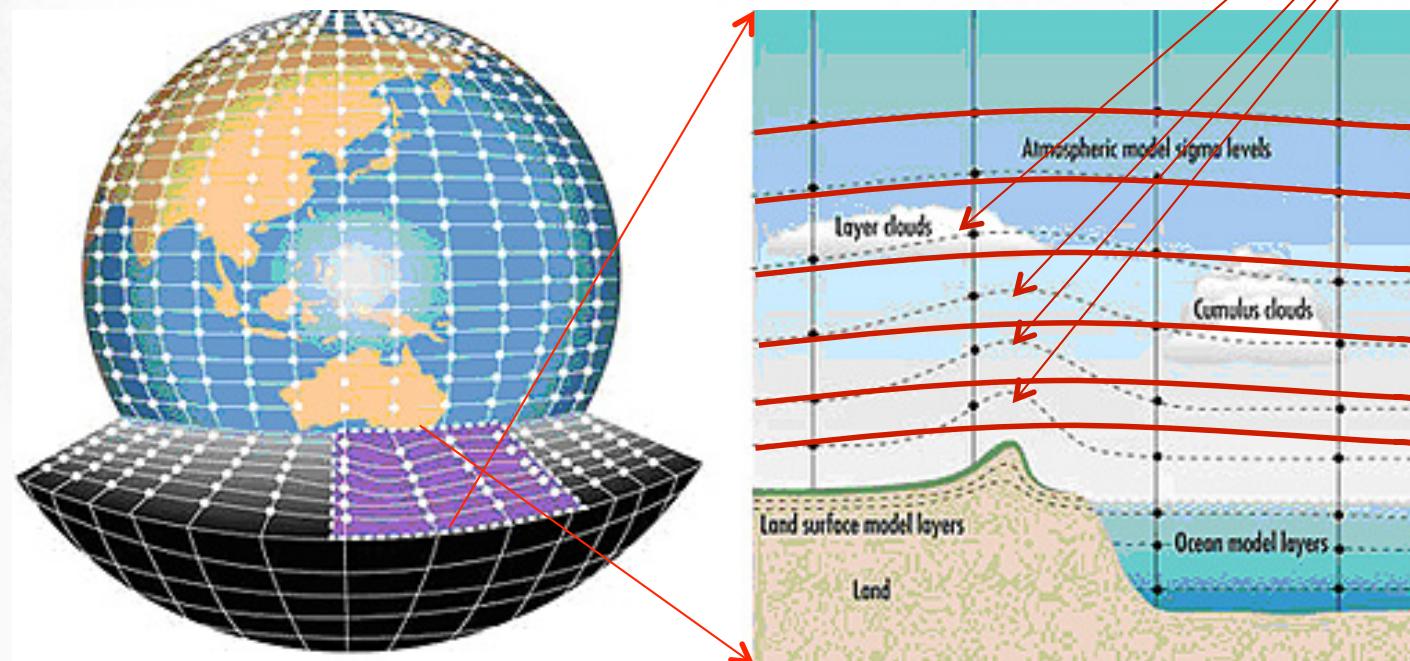


Implementação da coordenada hibrida sigma-pressão [efeito da topografia sobre a convecção]

Restruturação das parametrizações física para utilizar a coordenada hibrida

Pode gerar falsa precipitação

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/AtmosphericModelSchematic.png>



Fonte:<http://www.dpi.nsw.gov.au/research/topics/climate-change/projects-modelling>

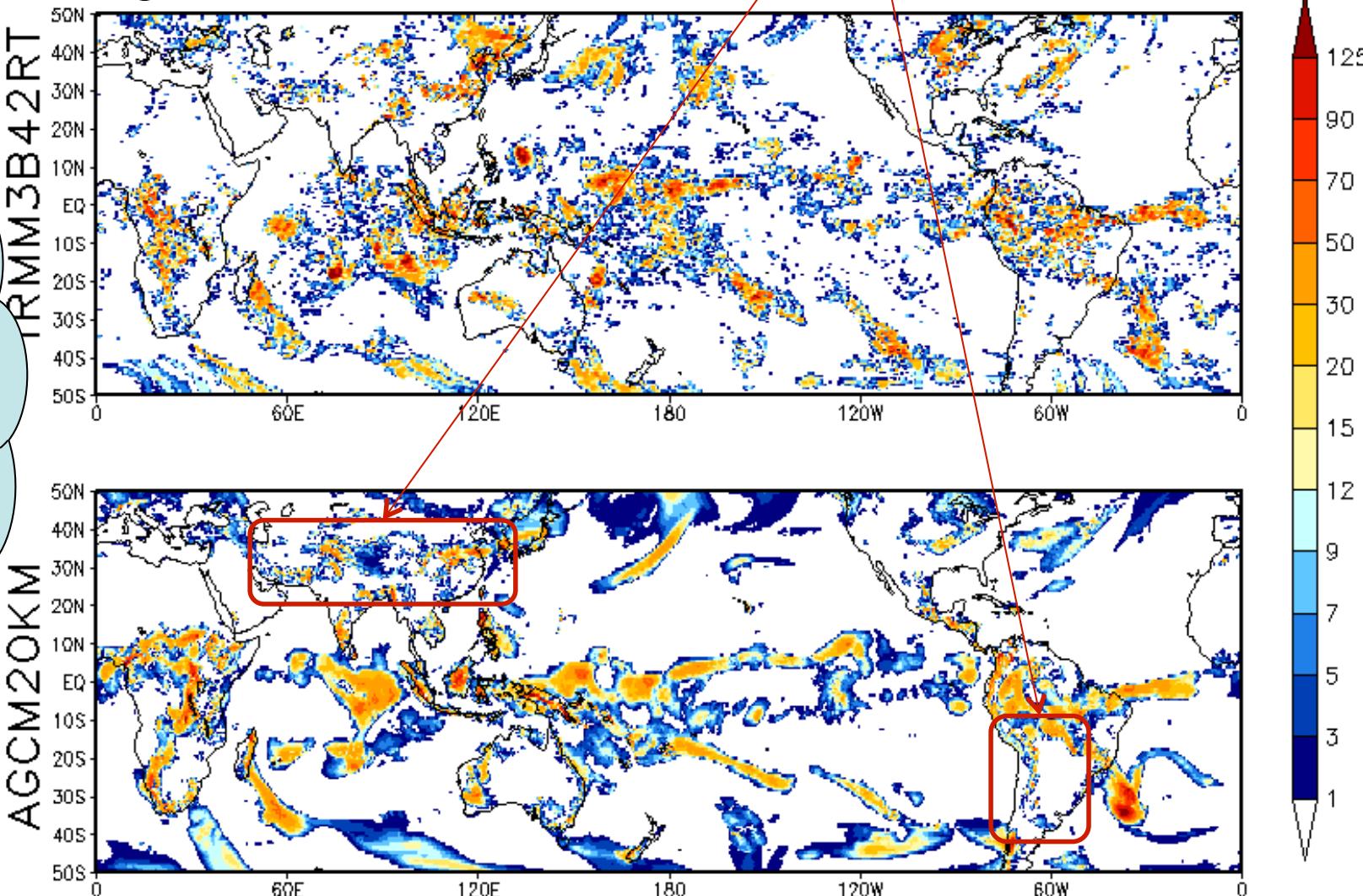


RESCM

Efeito da topografia e níveis sigma sobre a precipitação

Condicao Inicial 12z28mar2015 FCT=120h

Periodo acumulado 18z01apr2015 – 12z02apr2015



Cood. Híbrida
Irá melhorar



FAPESP
MUDANÇAS
CLIMÁTICAS



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação





BESM

Brazilian Earth System Model

Configuração do MCGA-CPTEC/INPE

Desafios: operacionalizar o modelo TQ1332L64(~10 km)

Opcções	Descrição (OPERACIONAL TQ299L64)	Descrição (EXPERIMENTAL TQ1332L64)
Dinâmica	Euleriana com grade Reduzida	Semi-Lagrangiano com grade Reduzida
Radiação de onda Curta	CLIRAD	RRTMG
Radiação de onda Longa	HASHVANADAN(1987)	RRTMG
Camada Limite	Hostlag e Boville modificado (MY) (1992)	PBL UMIDA
Esquema de Superfície	IBIS(1996)	IBIS(1996)
Convecção Profunda	GRELL(1993)	GRELL-NILO
Convecção Rasa	TIEDKE(1983)	TIEDKE(1983)
P. de Larga escala	Microfísica (Rasch and Kristjánsson (1998))	Microfísica (Morrison)
Onda de Gravidade	ALPERT(1988)	ALPERT(1988)



**Problemas de Alocação de Memorias para
a Configuração de grade reduzida na
resolução TQ1332L64 (~10km) [Alteração
no Algoritmo]**

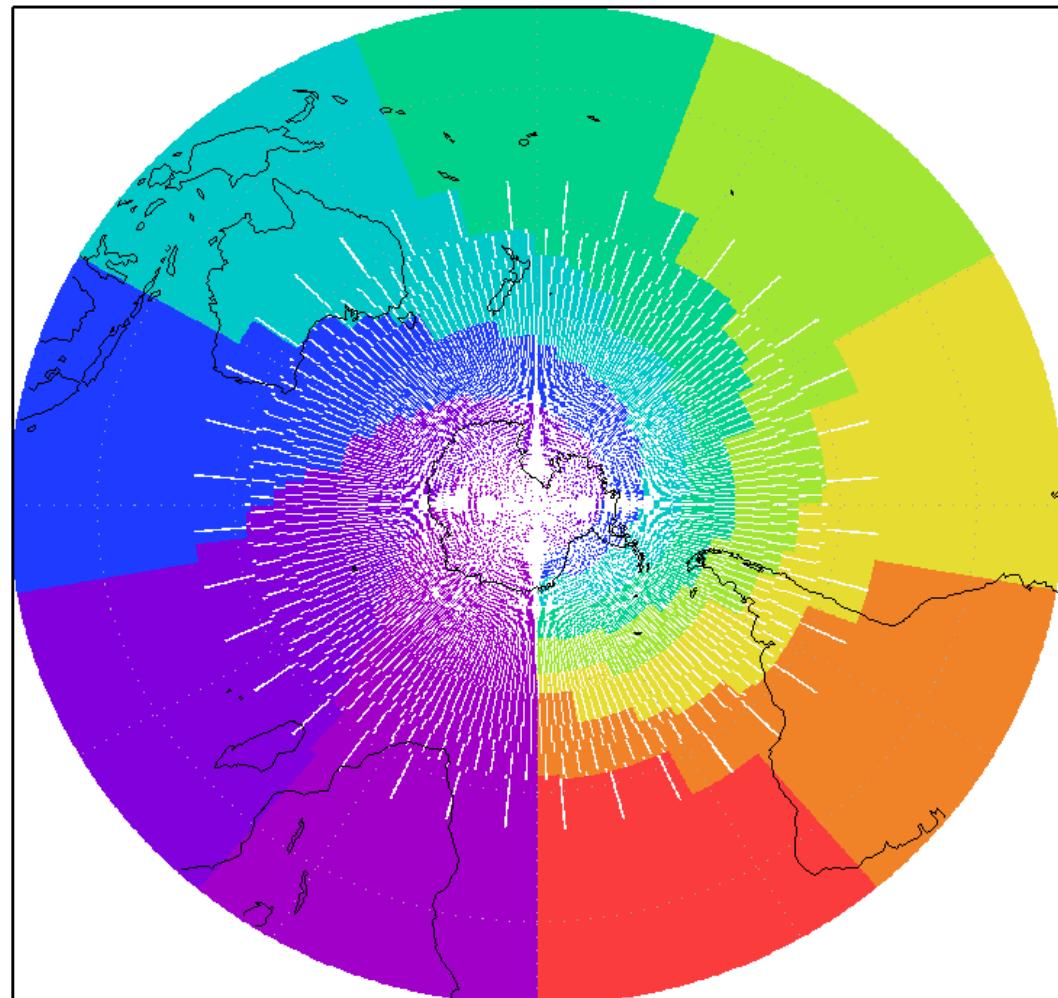


Figura 2 Distribuição dos pontos de malha em uma malha reduzida da resolução TQ0299L064.



Os números do supercomputador Cray-XE6

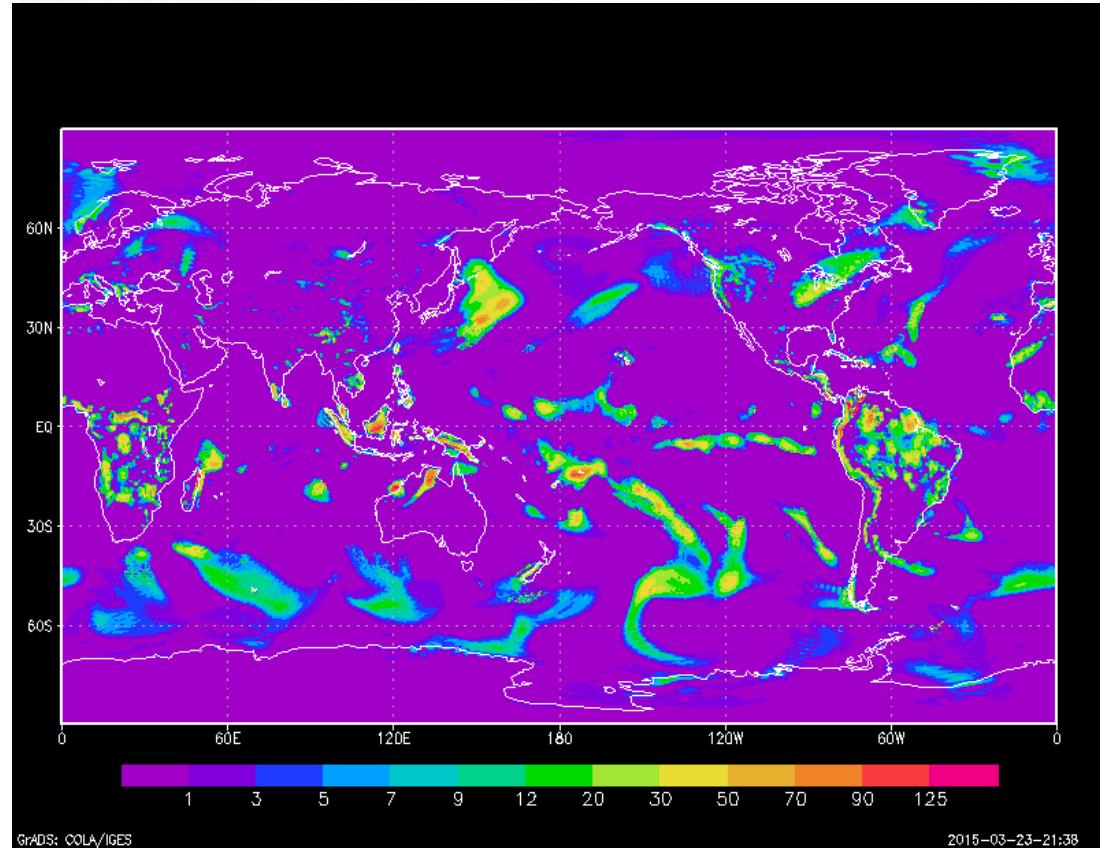
CPUs	1280 nós, cada nó com 2 Opteron 12 núcleos de 2,1GHz, cada nó com velocidade máxima de 201,6 GFlop/s, 32 GB de memória e rede SeaStar2, totalizando 30720 cores
Desempenho	Máximo: 258 TFlop/s Efetivo: 205 TFlop/s no Linpack
Disco primário	Sistema de arquivos com 866 TB líquidos, acessíveis à 320 Gbs
Armazenamento Secundário	3,84 Petabytes (PB) em discos SATA, biblioteca de fitas com 8.000 slots com 8.000 fitas LTO4, 6 PB de fitas
Processamento Auxiliar	20 nós, cada nó com 4 Opteron 4 core de 2,7 GHz, 128 GB de memória com desempenho SPECfp_rate_base2006 agregado de 3760
Acesso Interativo	13 nós, cada nó com 4 Opteron 4 core de 2,7 GHz, 128 GB de memória com desempenho SPECfp_rate_base2006 agregado de 2444
Espaço físico, energia e refrigeração	Ocupa 100 m ² , requer 639 Kw de energia, refrigerado a ar com dissipação máxima de 550.000 Kcal/h, com portas contendo dissipadores refrigerados a água

Processos MPI	Threads OpenMP/MPI	Número de Nós	Número de Core	Período de Integração	Tempo de CPU
1400	6	350	8400	24 horas	1,962 horas
2000	6	500	12000	24 horas	1,745 horas
3000	6	750	18000	24 horas	1,613 horas
4000	6	1000	24000	24 horas	1,494 horas
5000	6	1250	30000	24 horas	1,468 horas

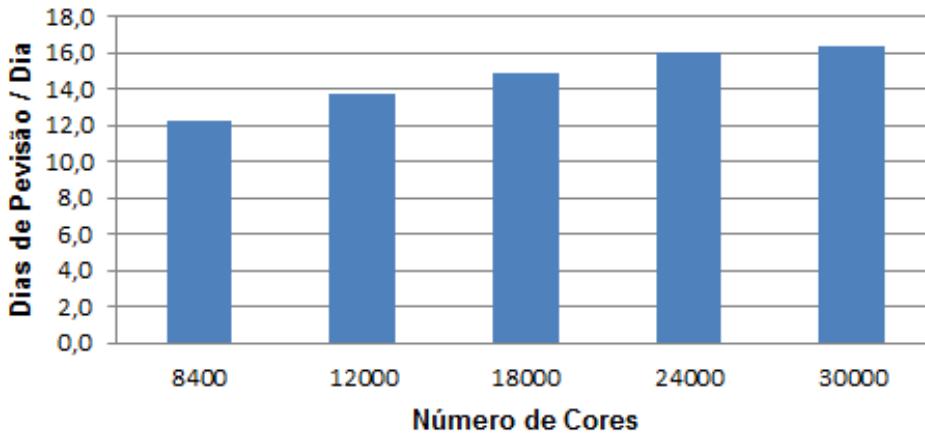


BESM
Brazilian Earth System Model

TQ1332L64(~10 km)



**MCGA-CPTEC/INPE TQ1332L64~10km em
Cray-XE6**



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação





Table 1: Profile by Function Group and Function

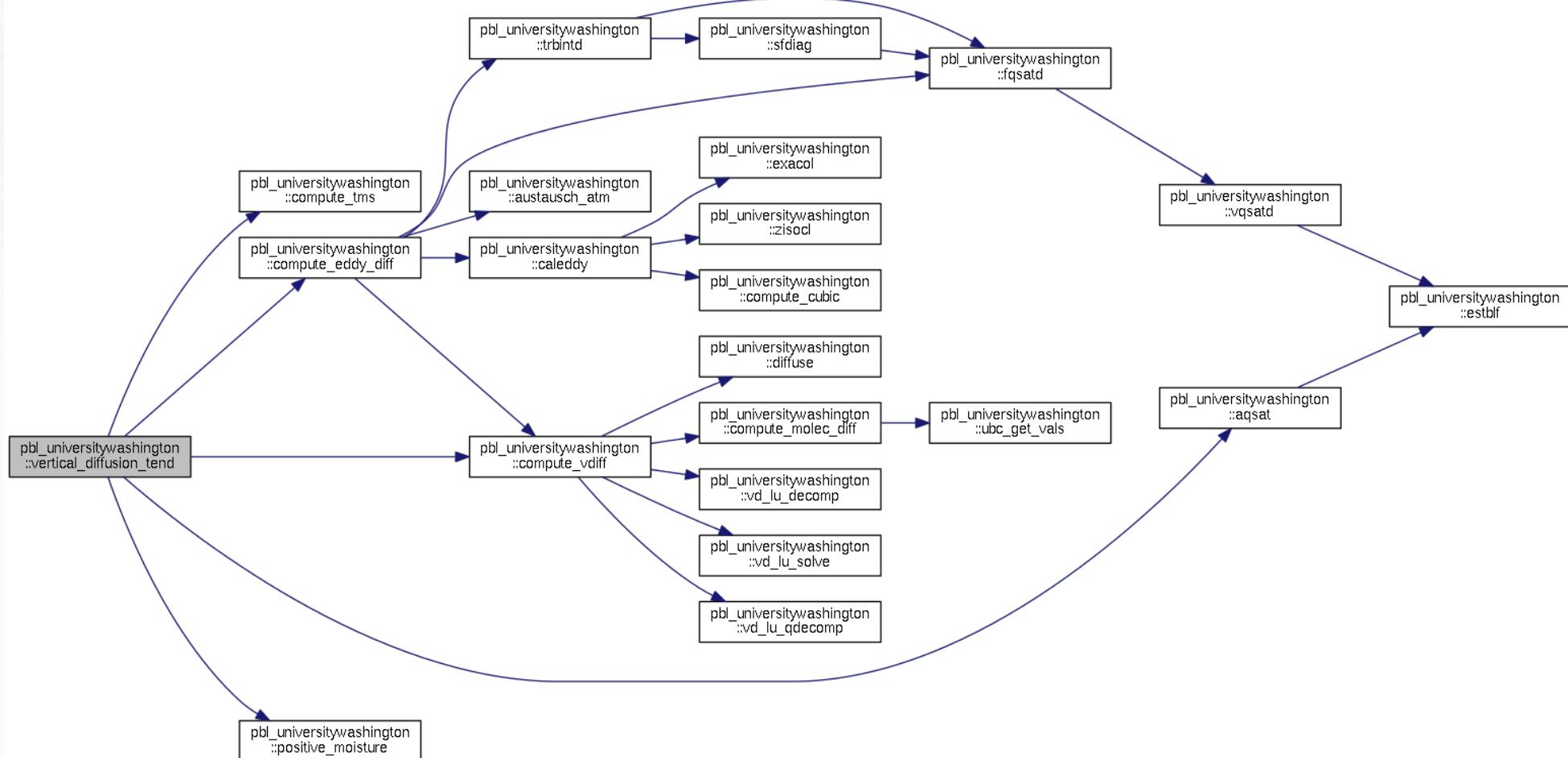
Time%	Time	Imb. Time	Imb. Time%	Calls	Group
					Function
					PE=HIDE
					Thread=HIDE
100.0%	658.256547	--	--	7997569.5	Total
75.6%	497.506558	--	--	7532901.3	USER
19.4%	127.763015	4.385194	3.3%	1320.2	transform_spectrofour_
19.2%	126.270011	83.010881	40.0%	661.0	modtimestep_timestep_
10.6%	69.748234	69.479808	50.3%	2856.6	rrtmg_sw_spcvmc_spcvmc_sw_
5.6%	36.960482	5.694902	13.5%	658.0	semilagrangian_semilagr_
3.1%	20.386691	4.093877	16.9%	658.0	communications_exchange_fields_
2.2%	14.293395	15.969601	53.2%	1320.0	transform_depositgrid_
1.6%	10.314310	6.480043	38.9%	17211.5	micro_morr_morr_two_moment_micro_
1.5%	9.607280	9.604971	50.4%	1320.0	transform_fourtospec_
1.0%	6.372858	6.488201	50.9%	519.2	rrtmg_sw_rad_rrtmg_sw_
0.7%	4.648023	3.265597	41.6%	2916.4	microphysics_runnmicrophysics_
0.7%	4.411638	2.742619	38.7%	964.0	radsw_rad_rrtmg_sw_
0.7%	4.403092	0.139955	3.1%	38063.3	semilagrangian_interpcublin3d_
0.6%	4.034586	0.868501	17.9%	658.0	communications_exchange_winds_
0.6%	3.925277	0.078770	2.0%	1.0	cloudopticalproperty_ice_lookup_
0.5%	3.231306	0.278274	8.0%	1.0	exit
0.5%	2.967143	0.488630	14.3%	321.1	rrtmg_lw_rad_rrtmg_lw_
0.4%	2.535965	6.649031	73.0%	930629.2	micro_morr_rayleigh_soak_wetgraupel_
0.3%	2.009093	1.933843	49.5%	639869.1	rrtmg_sw_vrtqdr_vrtqdr_sw_
0.3%	1.735494	0.114465	6.2%	2910.7	physicsdriver_physcs_
0.3%	1.729219	1.507652	47.0%	519.2	mcica_subcol_gen_sw_mcica_subcol_sw_
0.3%	1.709582	1.684517	50.0%	639869.1	rrtmg_sw_reftra_reftra_sw_
0.2%	1.565776	0.072518	4.5%	321.1	radlw_rad_rrtmg_lw_
0.2%	1.468049	0.469894	24.5%	1322.0	transform_withdrawgrid_
0.2%	1.206873	0.146309	10.9%	2916.4	convection_cumulus_driver_
0.2%	1.203978	1.128092	48.8%	519.2	mcica_subcol_gen_sw_generate_stochastic_clouds_sw_



BESM

Brazilian Earth System Model

Implementação da Parametrização da camada limite úmida da Universidade de Washington





Melhorar a estrutura do modelo MCGA-CPTEC/INPE

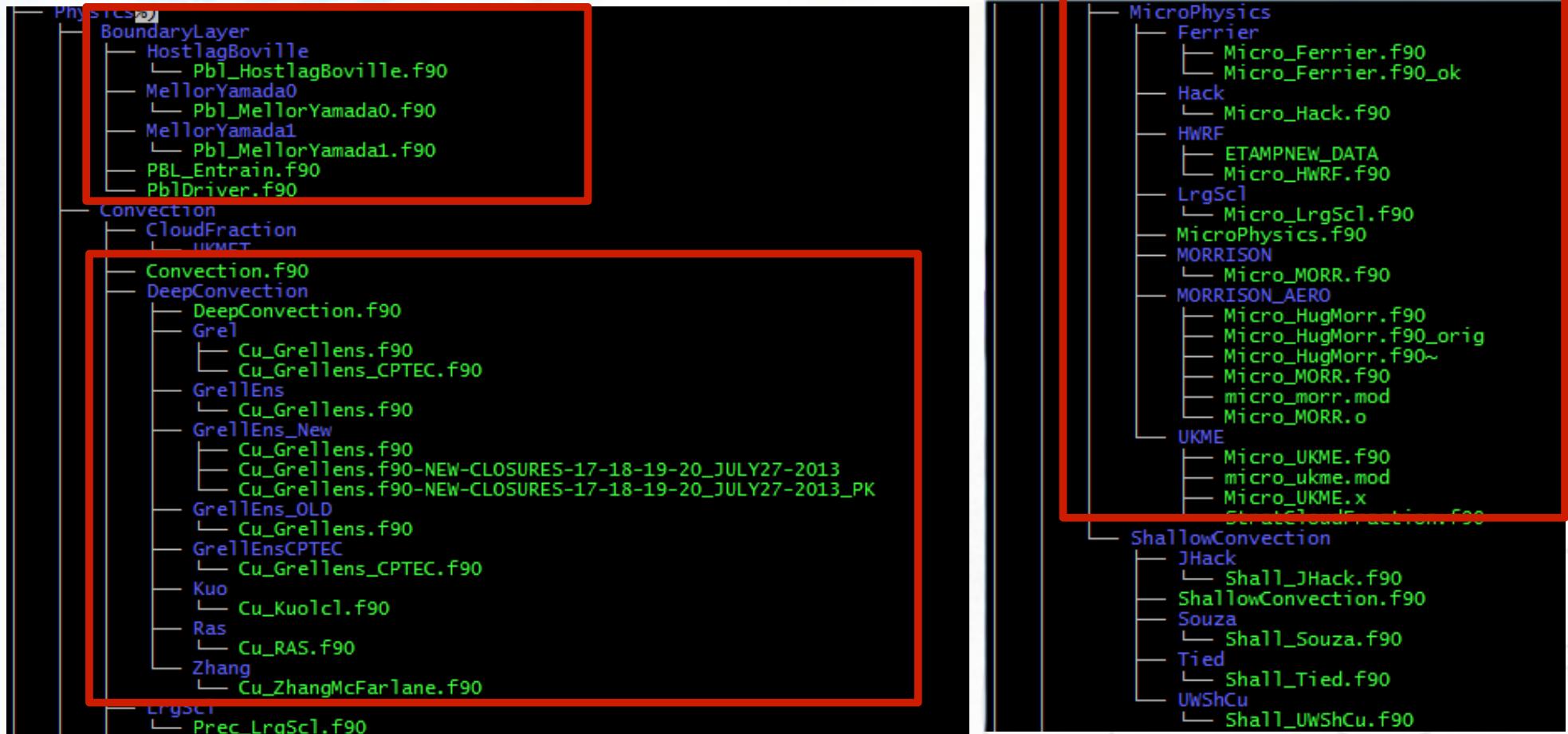
```
Assimilation
  GridDump.f90
  SpecDump.f90
  SpecDump.f90.in
Diagnostics
  Diagnostics.f90
  GridHistory.f90
  mpif.h
Documentation
  HISTORICO
  README_DIAGNOSTIC.txt
  README_INSTALL.txt
DummyMPI
  include
    mpi.h
    mpif.h
    mpp.h
    wtime.h
  Makefile
  Makefile.common
  Makefile.cygwin_gnu -> ../../makefiles/Makefile.cygwin_gnu
  Makefile.linux_gnu -> ../../makefiles/Makefile.linux_gnu
  mpi_dummy.c
  mpi_dummyc.c
  mpi_dummyf.f
  wtime.c
  wtime.f
Dynamics
  GridDynamics.f90
  mpif.h
  SemiLagrangian.f90
  SpecDynamics.f90
  TimeStep.f90
Fields
  Fierdynamics.f90
  FieldsPhysics.f90
Initialization
  Init.f90
  mpif.h
  NonLinearNMI.f90
  Options.f90
InputOutput
  InputOutput.f90
  IOLowLevel.f90
Main
  Atmos_Model.f90
  Model.f90
  mpif.h
  Makefile
```

```
Makefile.common
Makefile.in
makefiles
  CVS
    Entries
    Repository
    Root
  Makefile.cray_cray
  Makefile.cray_cray32
  Makefile.cray_craydbg
  Makefile.cygwin_gnu
  Makefile.cygwin_gnu_dbx
  Makefile.gnu_cray
  Makefile.gnu_cray_dbx
  Makefile.gnu_cray2
  Makefile.linux_gnu
  Makefile.linux_intel
  Makefile.linux_intel_dbx
  Makefile.pgi_cray
  Makefile.pgi_cray_craydbg
  Makefile.sx6
  Makefile.tupay
  Makefile.una_gnu
  Makefile.una_intel
  mpif.h(6%)
Parallelism
  Communications.f90
  mpif.h
  Parallelism.f90
  Sizes.f90
```



BESM

Brazilian Earth System Model





BESM

Brazilian Earth System Model

```
GravityWaveDrag
  Alpert
    └── GwddSchemeAlpert.f90
  CAM
    └── GwddSchemeCAM.f90
  ECMWF
    └── Gwdd_ECMWF.f90
  GwddDriver.f90
  UKMET
    └── GwddSchemeCPTEC.f90
  GWDDSCHEMEOSSP.f90
  PhysicsDriver.f90

Radiation
  Clirad
    ├── cah.data90
    ├── coa.data90
    ├── mcai.data90
    └── Rad_Clirad.f90
  CloudOpticalProperty.f90
  CloudOpticalProperty.f90~
  COLA
    └── Rad_COLA.f90
  RadiationDriver.f90
  UKMET
    └── Rad_UKMO.f90
    └── sp_tw_hadgem1_3
    └── sp_sw_hadgem1_3r

SURFACE
  Land
    IBIS2.6
      ├── Sfc_Ibis_BioGeoChemistry.f90
      ├── Sfc_Ibis_BioGeoPhysics.f90
      ├── Sfc_Ibis_Fiels.f90
      └── Sfc_Ibis_Interface.f90
    SiB2.5
      └── Sfc_SiB2.f90
    SSiB
      └── Sfc_SSiB.f90
  Ocean
    SeaFlux_COLA
      ├── Sfc_SeaFlux_COLA_Model.f90
      └── Sfc_SeaFlux_COLA_Model.f90~
    SeaFlux_UKME
      └── Sfc_SeaFlux_UKME_Model.f90
    SeaFlux_WGFS
      └── Sfc_SeaFlux_WGFS_Model.f90
    SeaIceFlux_WRF
      └── Sfc_SeaIceFlux_WRF_Model.f90
    Sfc_SeaFlux_Interface.f90
  SLAB
    └── SlabOceanModel.f90
```

```
scripts
  MODELIN
  run%
  run_multi_SX6
  run_multi_TX7
  run_multi_UNA
  runModel
  runModel.SX6
  runModel.XT6
  Transform
    mpif.h
    Transform.f90
  tree_dir
  Utils
    Constants.f90
    Constants.f90.in
    mpif.h
    PhysicalFunctions.f90
    Utils.f90
    Watches.f90
```

- **Reestruturar o código do MCGA**
- **Otimizar alguns módulos da física para melhorar o desempenho do modelo**
- **Melhorar a Documentação do MCGA-CPTEC/INPE**
- **Adotar uma padronização de codificação e documentação do código**