

# Oficina de trabalho

Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos –  
desenvolvimento científico para suporte à tomada  
de decisão.

Brasília, 20/09/2017

Apoio:



- **Projeto: CAPES-ANA**

**Desenvolvimento do Modelo Regional do Sistema Terrestre Eta e Geração de Cenários de Mudanças Climáticas e de Usos da Terra, Visando Estudos de Impactos Sobre os Recursos Hídricos**

- **Coordenador-geral: Chou Sin Chan, INPE**

- **Coordenadores associados/instituições associadas:**

**Alessandro Augusto dos Santos Michiles, UEA**

**Walter Collischonn, UFRGS/IPH**

**– colaboração com UERJ, PUC-Rio, UFF**

## Objetivos da proposta:

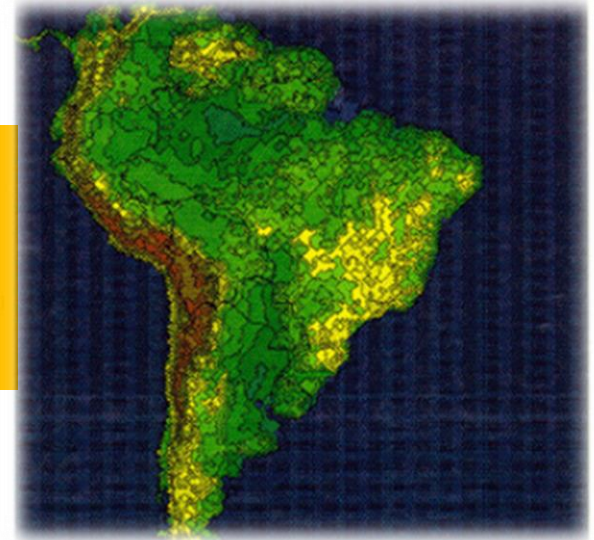
**Promover o desenvolvimento do modelo climático regional Eta em modelo de sistema terrestre e gerar cenários de mudanças climáticas e de uso da terra, visando a adequação das simulações para estudos das alterações no ciclo hidrológico nas principais bacias hidrográficas do país.**

## Objetivos específicos:

1. Formação de recursos humanos em modelagem meteorológica e hidrológica voltado para estudos de mudanças climáticas.
2. Estudos da sensibilidade às mudanças no uso da terra
3. Estudos de extremos hidrológicos
4. Estudo da disponibilidade hídrica frente às mudanças climáticas e de usos da terra.

# Metodologia

## Modelo Eta



(Chou et al., 2005; Pesquero et al., 2009; Chou et al., 2012; Marengo et al., 2012; Mesinger et al., 2012; Chou et al., 2014a; Chou et al., 2014b)

### • *Domains*

- Most part of South America
- Southeast Brazil
- Northeast Brazil

- **Resolution:** 20 km/38 layers;  
5km/50 layers NH

### • *Grid-point model*

- Arakawa E grid and Lorenz grid

- **Refined Eta vertical coord.** (Mesinger, 1984; Mesinger et al 2012)

- **Prognostic variables:** T, q, u, v,  $p_s$ , TKE, cloud water/ice, hydrometeors

### • *Time integration:*

- 2 level, split-explicit

- **Adjustmet:** forward-backward

- **Horiz. Advection:** first forward and then centered

- **Vert Advection:** Piecewise Linear Scheme > finite-volume Model

### • *Convection:*

1. Betts-Miller-Janjic scheme,

- **Stratiform rain:** 1. Zhao scheme

- **Turbulence:** Mellor Yamada 2.5, MO surface layer, Paulson functions

- **Radiation:** GFDL package

- **Land surface scheme:**

- NOAH scheme, 4 soil layers,

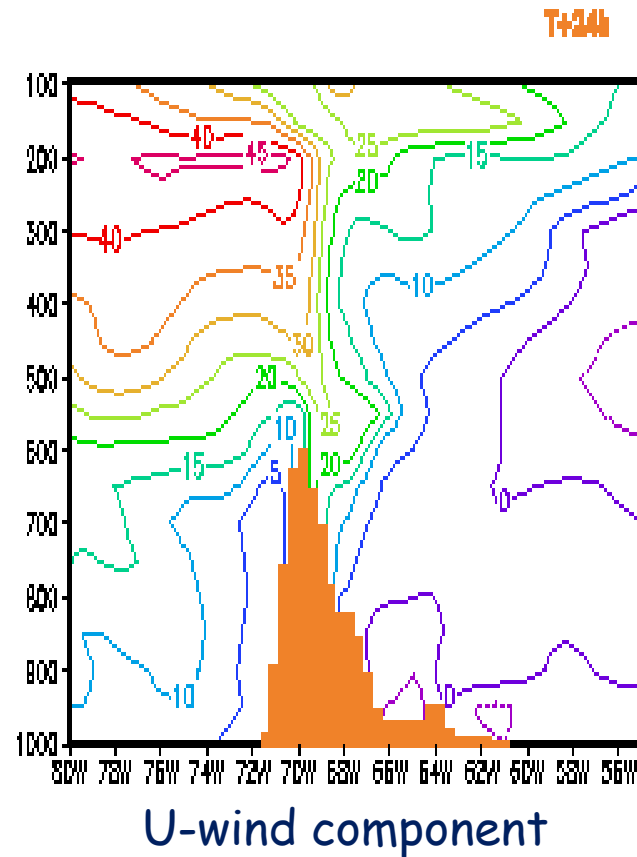
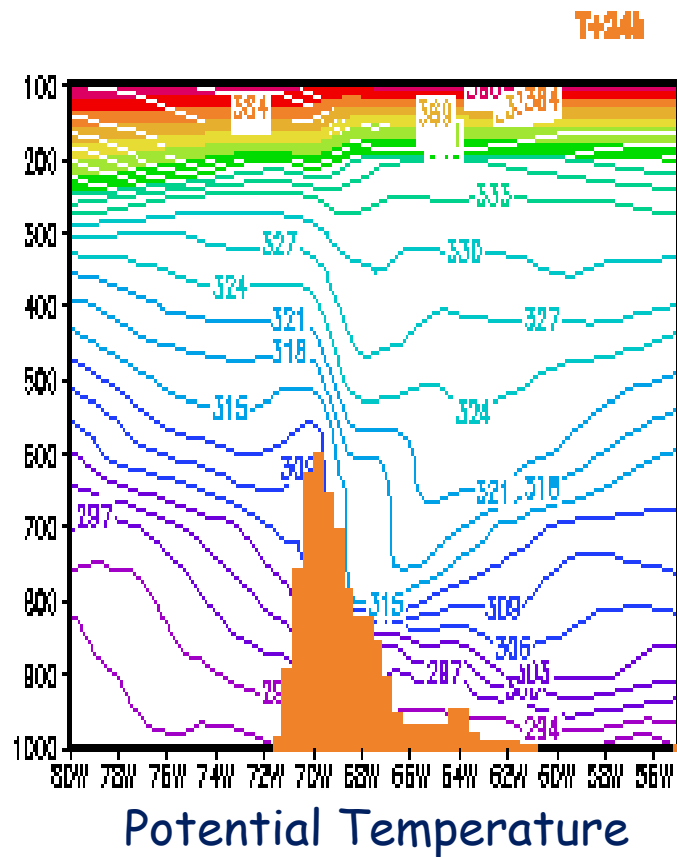
- **L.B.C.**

- OAGCM,

- **Initial soil moisture :** from OAGCM

- SST from OAGCM

- **Changes in calculations of  $P_s$ , fluxes over ocean, 10-m winds.**



Andes Cordillera  
steep mountains

Zonda Wind  
(foën wind)  
**30oS**

Figuroa (1992) developed an atmospheric model and showed that the summer circulation over South America was better described using the eta coordinate.

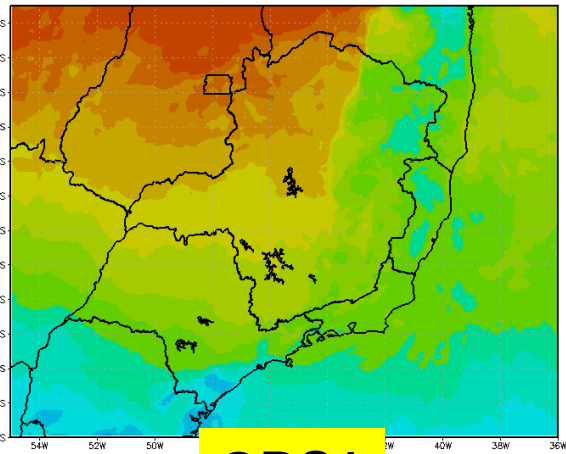
Computational efficient.

# Metodologia

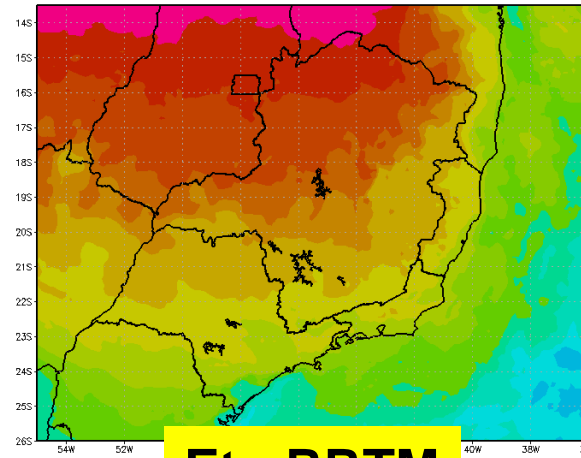
1. Desenvolvimento da componente de radiação atmosférica do Modelo Eta, incluindo mais gases de efeito estufa e aerossóis, para estudos de mudanças climáticas;
2. Desenvolvimento da componente de química da atmosfera no Modelo Eta para estudos de mudanças climáticas;
3. Estudo das interações entre condições da superfície continental e produção de chuva no modelo;
4. Aprimoramento do modelo de vegetação dinâmica acoplado ao modelo Eta;
5. Estudo da sensibilidade da disponibilidade hídrica frente às mudanças climáticas e de usos da terra;
6. Estudo das projeções de eventos hidrológicos extremos;
7. Avaliação das simulações do modelo Eta;



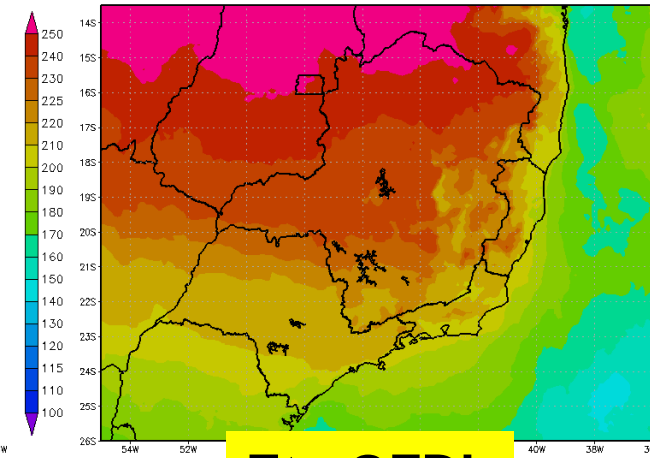
# Experimentos numéricos com o novo esquema de radiação, RRTM.



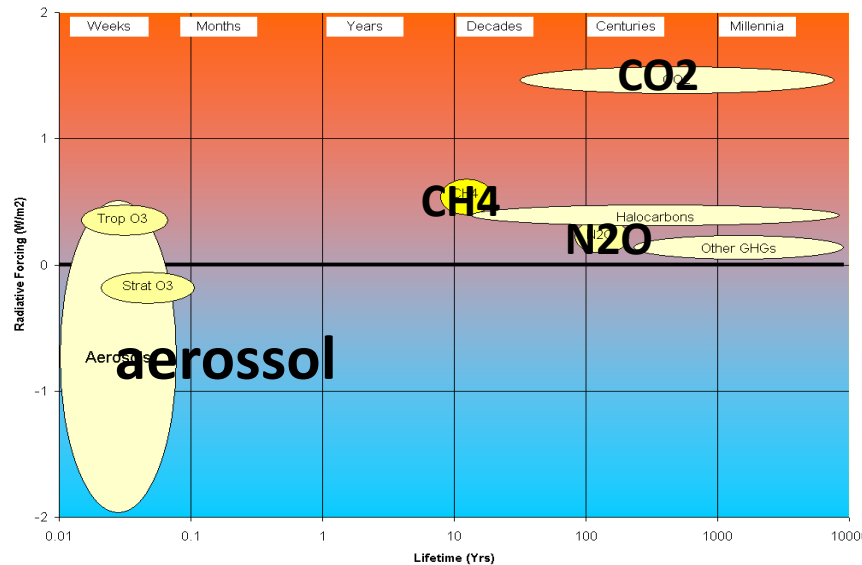
OBS1



Eta-RRTM



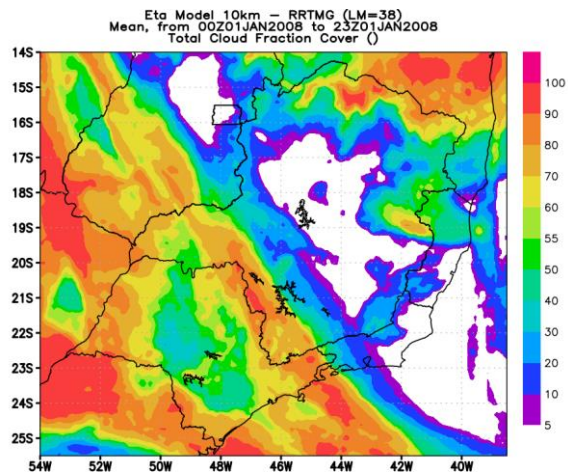
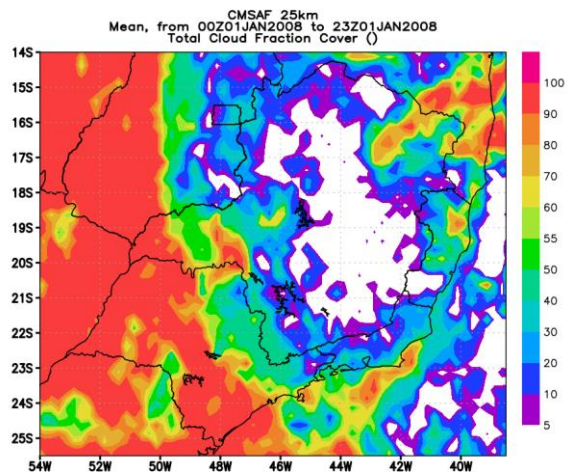
Eta-GFDL



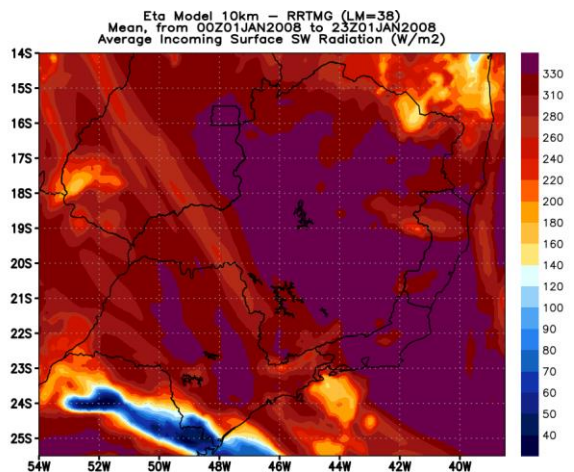
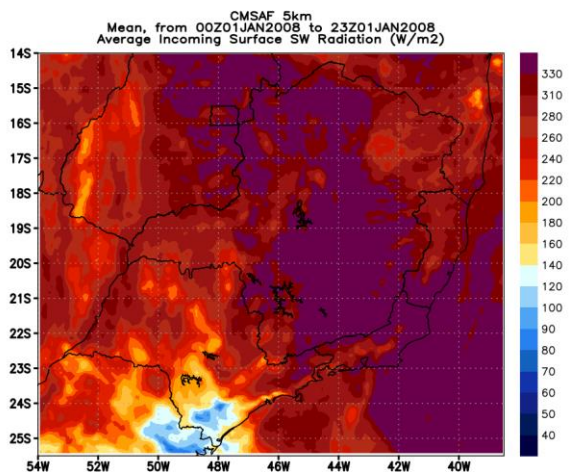
Testes sobre o papel do aerossol nas mudanças climáticas

CMSAF Obs.

Eta\_RRTMG LM=38



Total Cloud Cover Fraction (%)



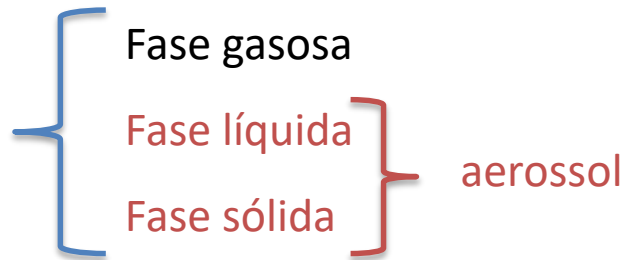
Average Incoming Surface SW Radiation (W/m<sup>2</sup>)

Bolsa doutorado  
Diego Campos,  
INPE/PGMET





- Química da Atmosfera



Bolsa pós-doc  
exterior,  
Hamburg

- Fase gasosa efetua absorção da radiação
- Aerossóis absorvem e refletem a radiação
- Influenciam todo o balanço energético global
- Influenciam na saúde pública
- **MOZART**

Foco nas emissões de precursores de ozônio

Contabiliza emissões, deposições, advecção, transporte, reações químicas e fotoquímicas.

Aplicação: evolução da distribuição das espécies, para o presente, passado (1860-2000) e futuro (2000-2100). Análise de campanhas experimentais. Análise de dados de satélite e modelagem inversa.

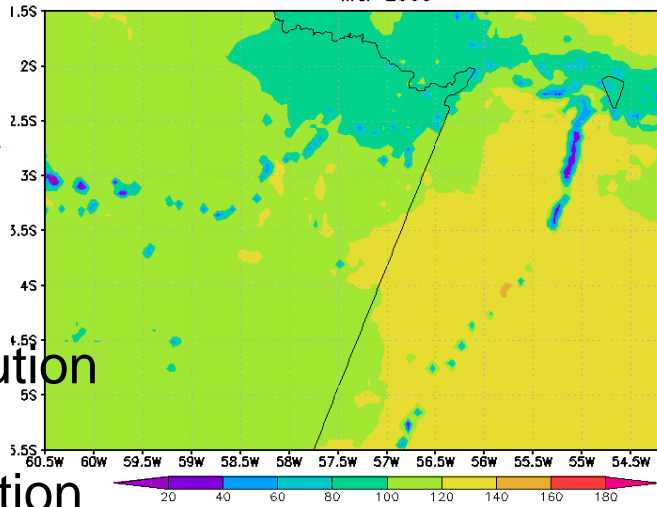


# NOVO ESQUEMA DE SUPERFÍCIE CONTINENTAL (hidrologia do modelo ) NOAH-MP

Latent  
Heat Flux  
(W/m<sup>2</sup>)

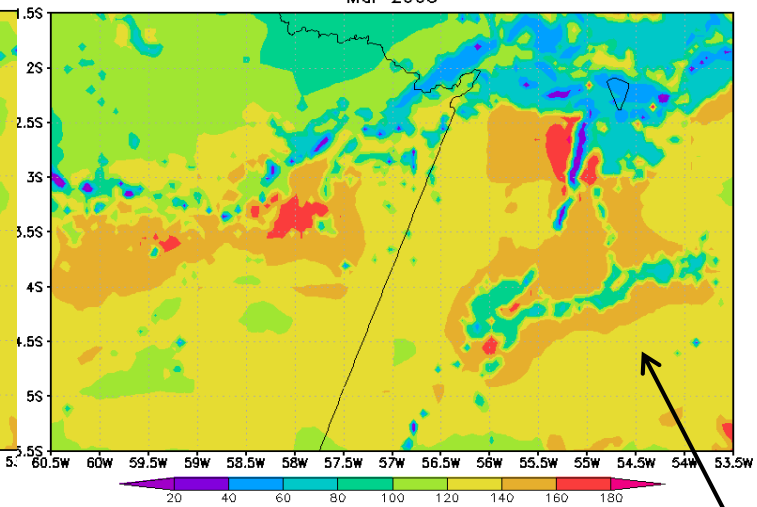
High resolution  
2km, river  
representation

F. Calor Latente(W.m<sup>-2</sup>) Eta 5km Noah  
Mar 2003



Eta/Noah

F. Calor Latente(W.m<sup>-2</sup>) Eta 5km Noah-MP  
Mar 2003



Eta/Noah-MP

Rod. Transamazônica  
(fish spine pattern)

# Modelo climático Eta/Noah-MP

- Ajuste do modelo Eta/Noah-MP (Pilotto et al., 2017) para a versão climática
- **Inclusão de mais 4 camadas de solo para atingir a profundidade de 10 metros**
- Atualização da cobertura e uso do solo ao durante a integração do modelo

## Configuração dos experimentos:

- Domínio: região de Jí-Paraná/RO
- Resolução: **1 km**
- Período: 5 anos (1984-1989)
- Condições de contorno: Saídas do Eta/Era-Interim de 20 km para a AS
- Mapa de cobertura e uso do solo: Mapas anuais do Prodes
- Mapa de textura do solo: SOTERLAC

Bolsa pós-doc Isabel Pilotto

# Experimentos

CTL

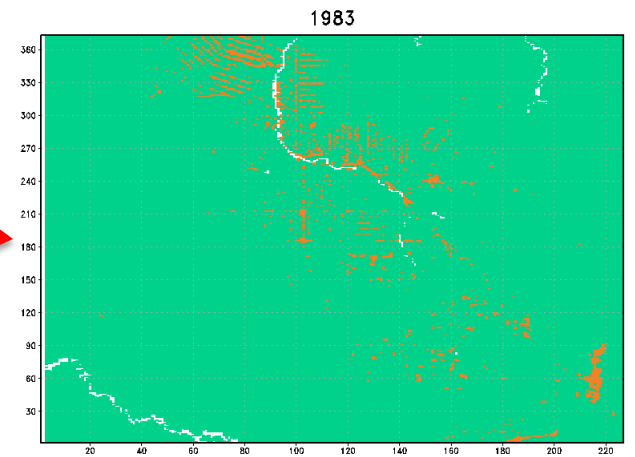
LUCC

# Atualização do uso do solo

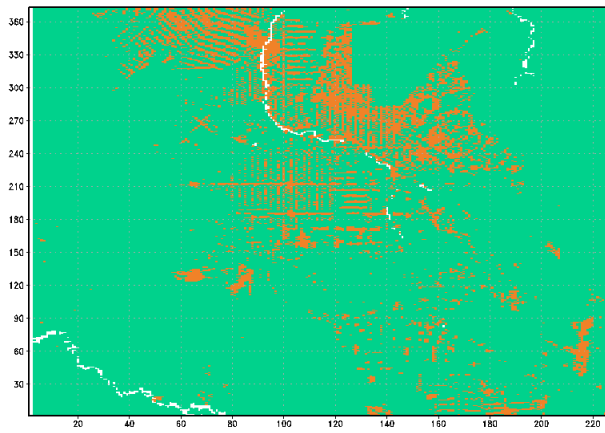
Não

Sim

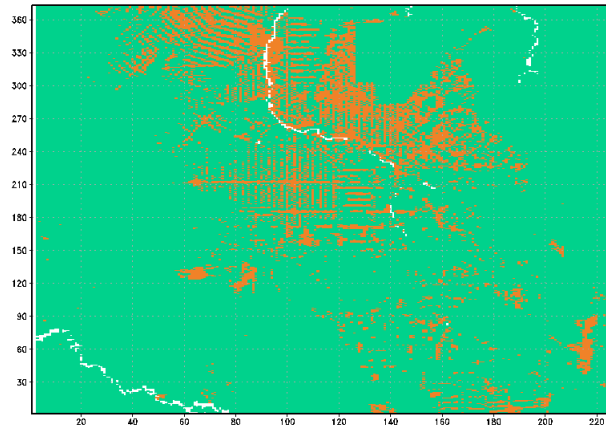
 Floresta  
 Pastagem



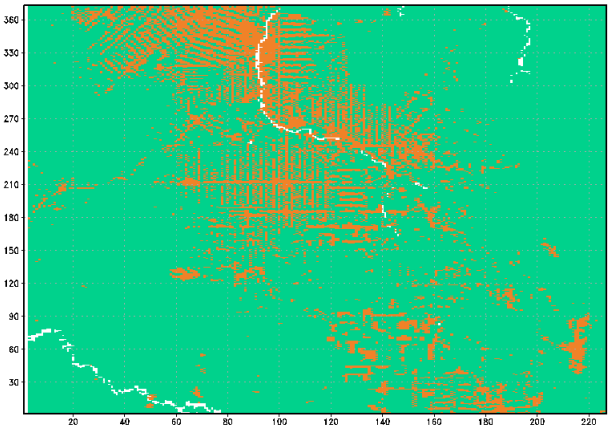
1984



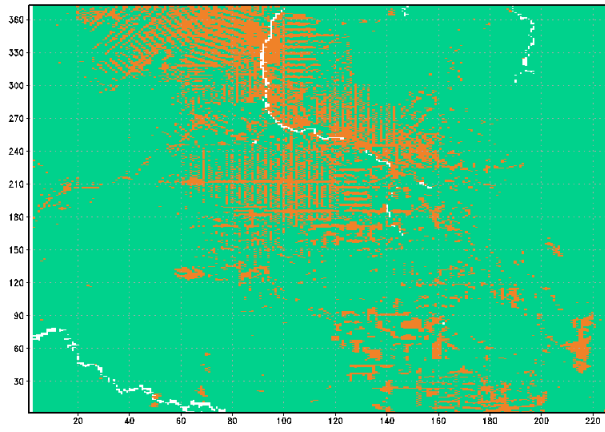
1985



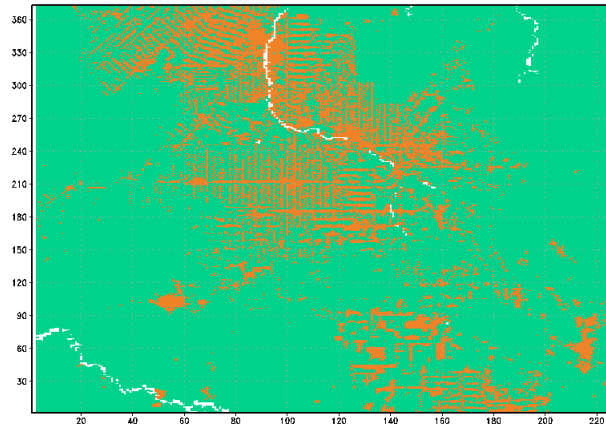
1986



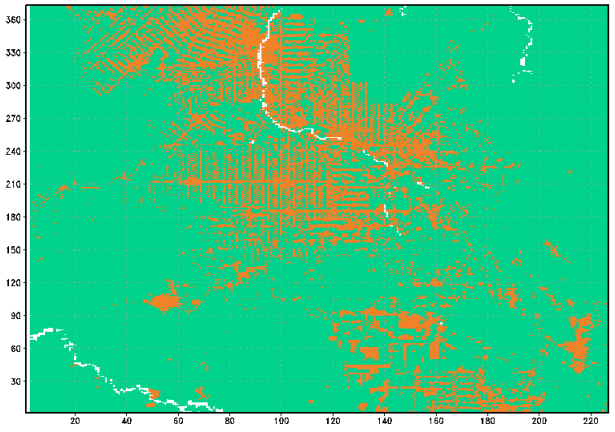
1987

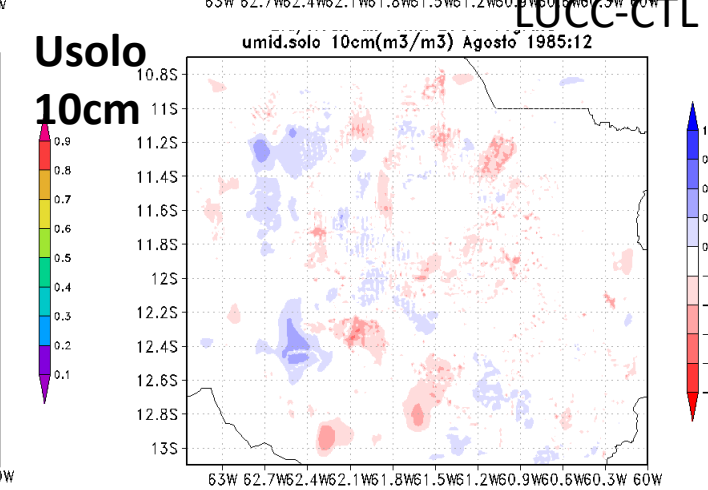
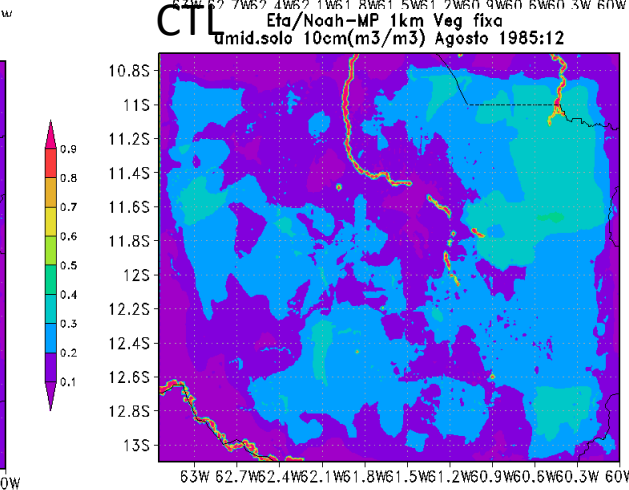
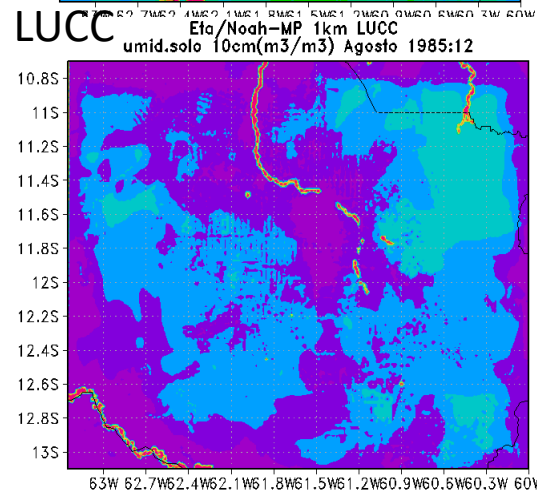
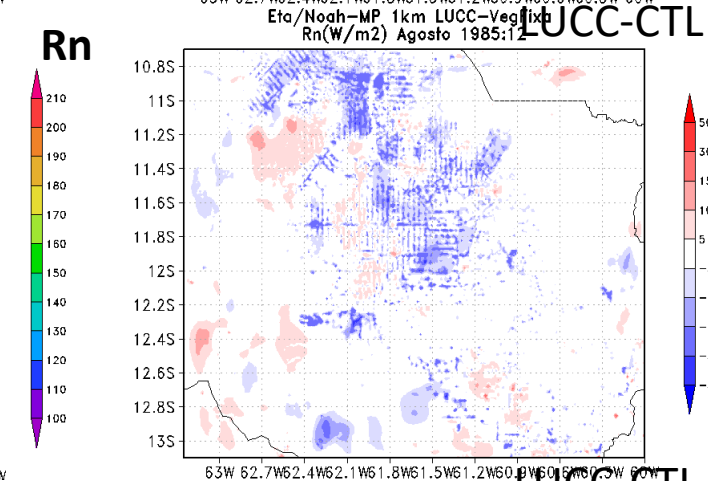
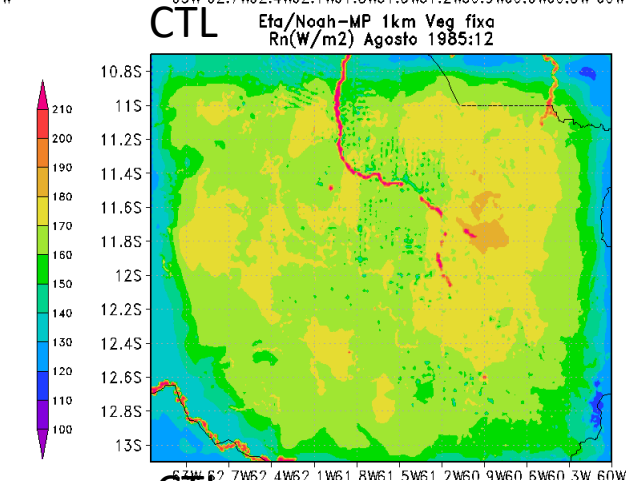
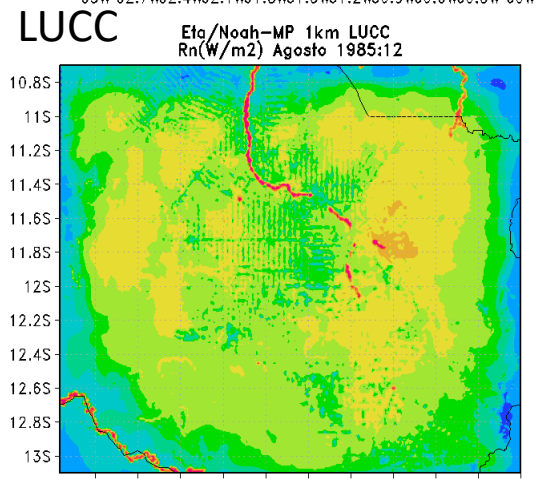
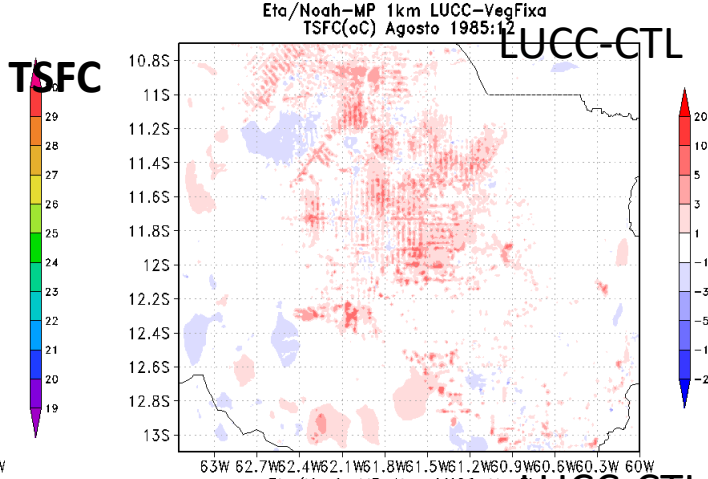
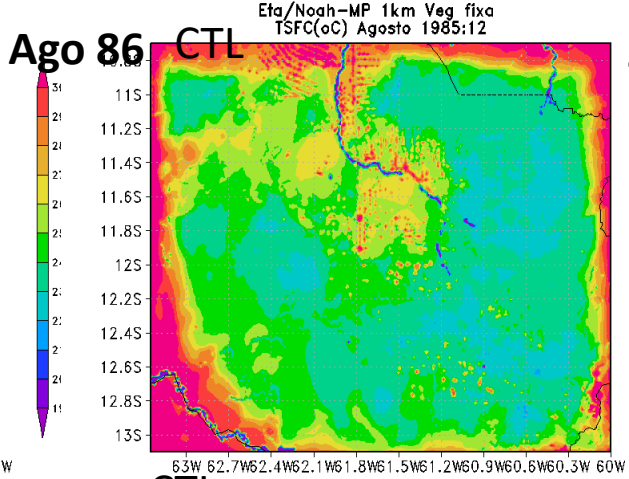
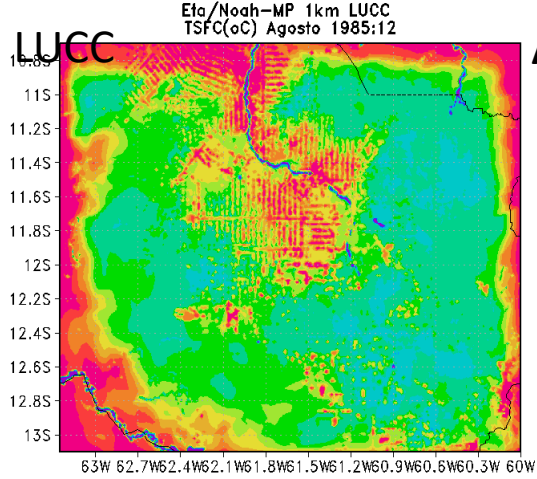


1988



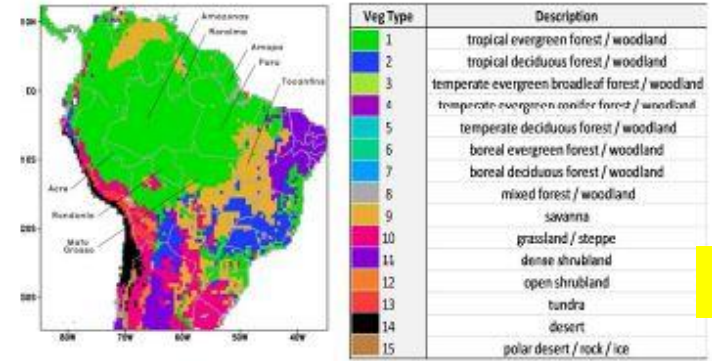
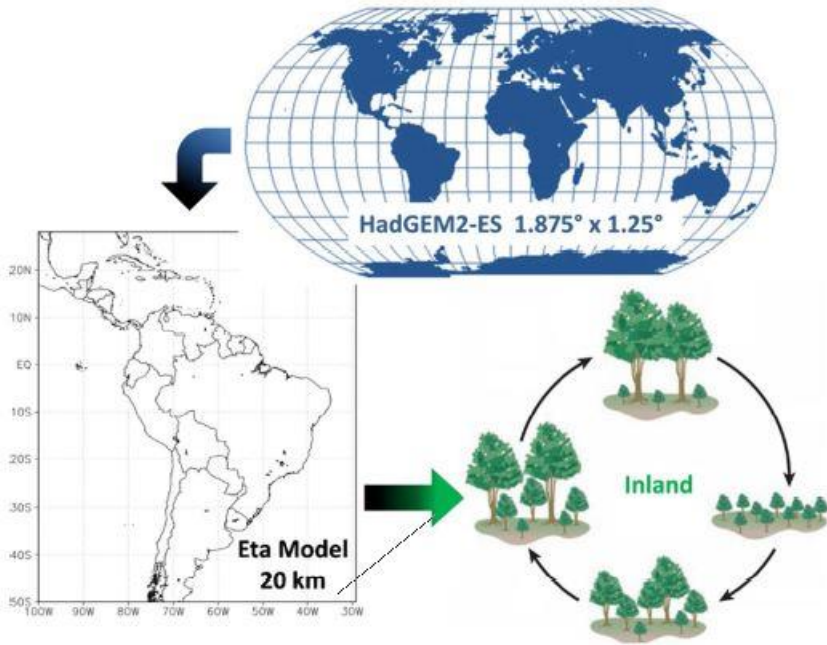
1989



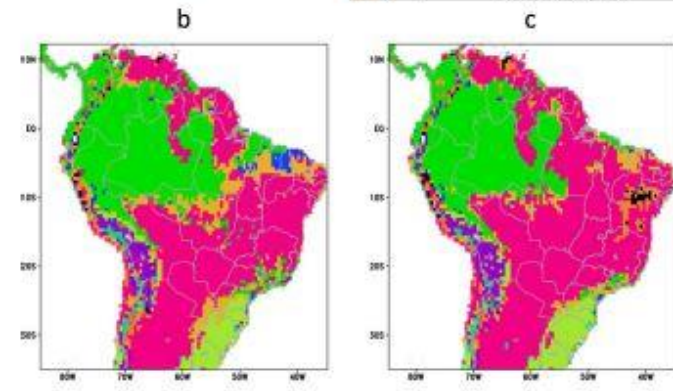




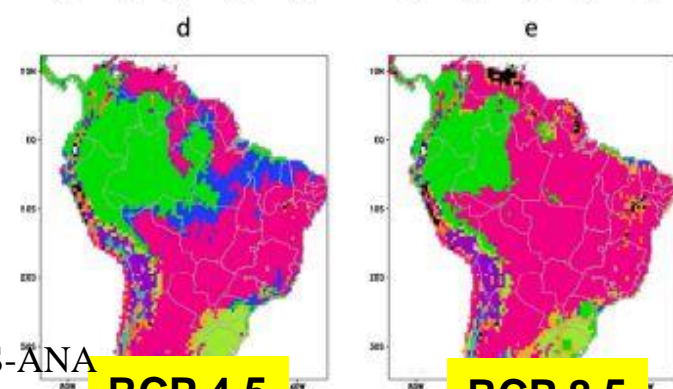
# Acoplamento Eta-INLAND (RCM + componente de vegetação dinâmica)



**PRESENT**



**2050**



**2100**

**Continued work on INLAND parameters and representation of Brazilian BIOME and national CROPS**

CAPES-ANA

**RCP 4.5**

**RCP 8.5**

- Ajuste do restrt do modelo Eta-Inland
- Simulações em domínio maior (América do Sul)
- Rodadas longo prazo (30 anos) vegetação dinâmica ligada:

Eta-HadGEM2

Eta-MIROC5

Eta-BESM

Eta-CanESM

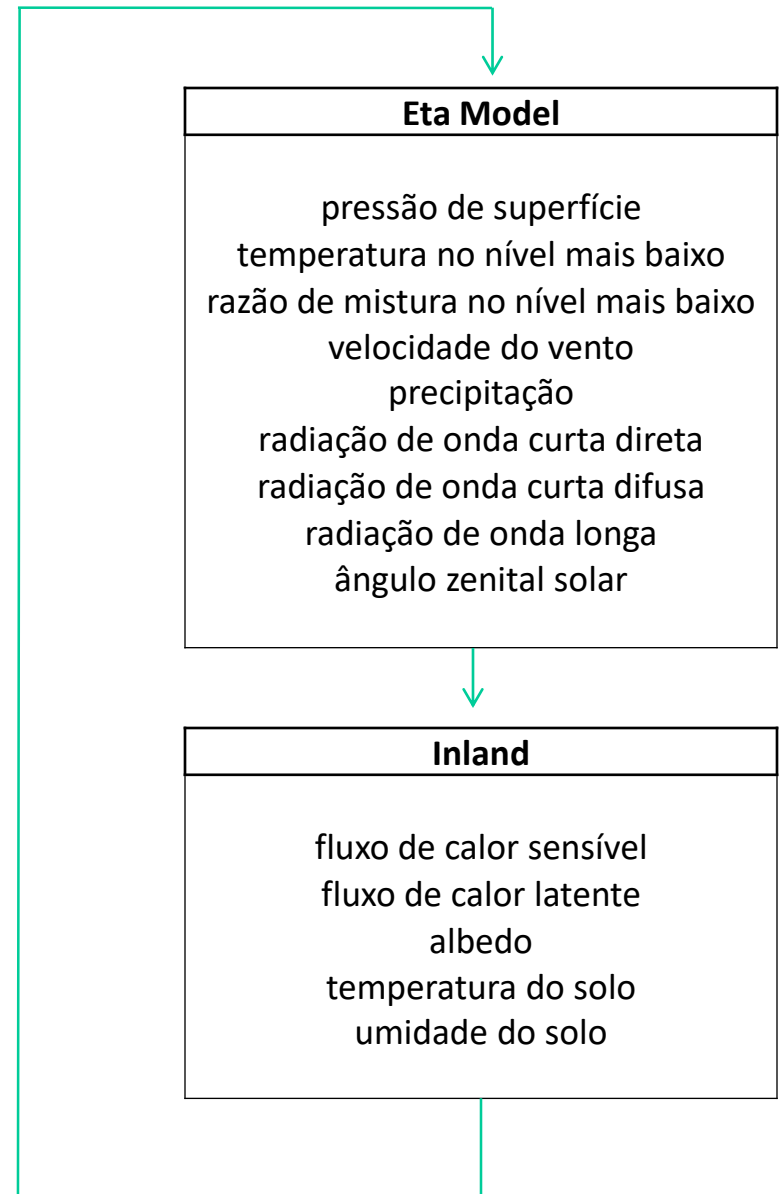
- Analisar a influência das mudanças climáticas sobre os principais biomas do país: a Amazônia, o Cerrado e a Mata Atlântica

Bolsa pós-doc André Lyra

# Estratégia de Acoplamento

## Sub-rotina de interface

1. Troca de variáveis
2. Compatibilização dos passos de
3. Tempo
4. Compatibilização de classes de
5. Vegetação e solo entre os modelos
6. Variáveis para pós-processamento

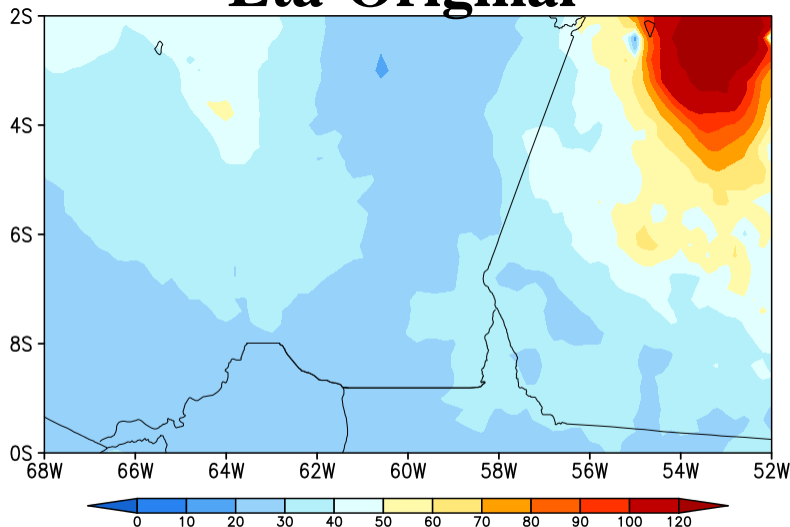




# Avaliação

## Acoplamento: Modelo Eta InLand

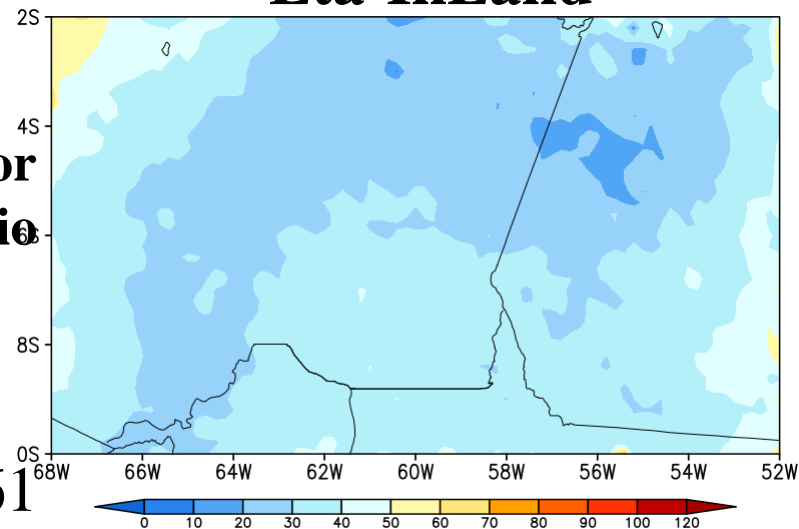
### Eta-Original



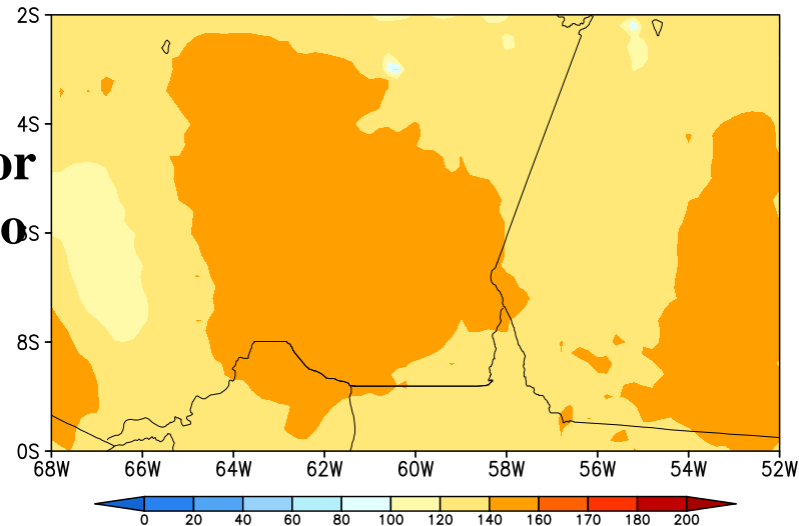
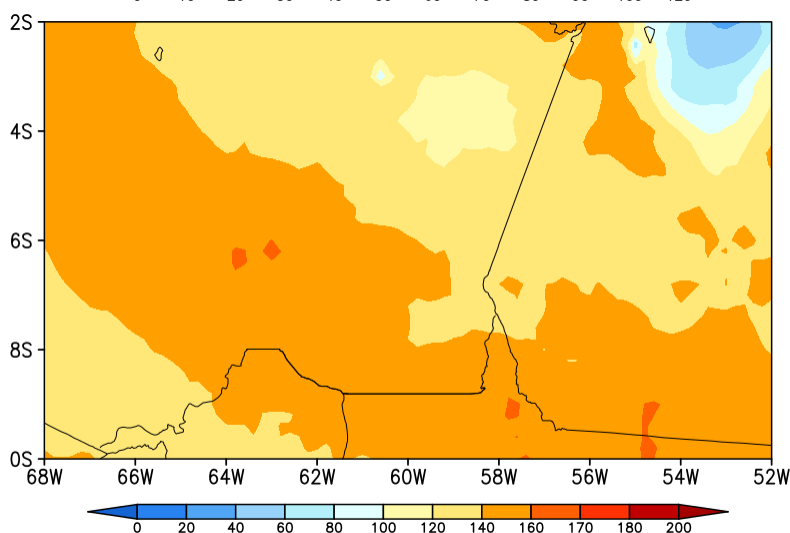
**Fluxo de calor  
sensível médio  
( $W/m^2$ )**

**Janeiro 1961**

### Eta-InLand



**Fluxo de calor  
latente médio  
( $W/m^2$ )**



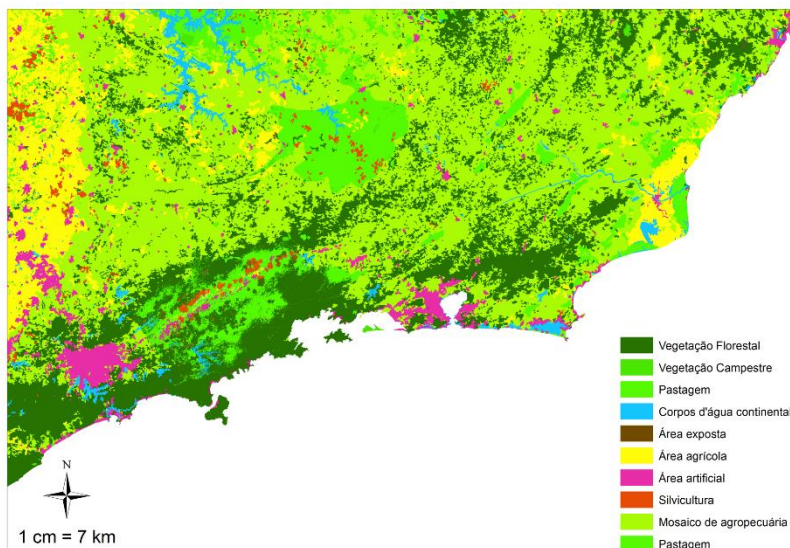
**Modelo acoplado Eta-InLand representando corretamente as variações do clima.**

# Cenários Futuros de Uso e Cobertura da Terra

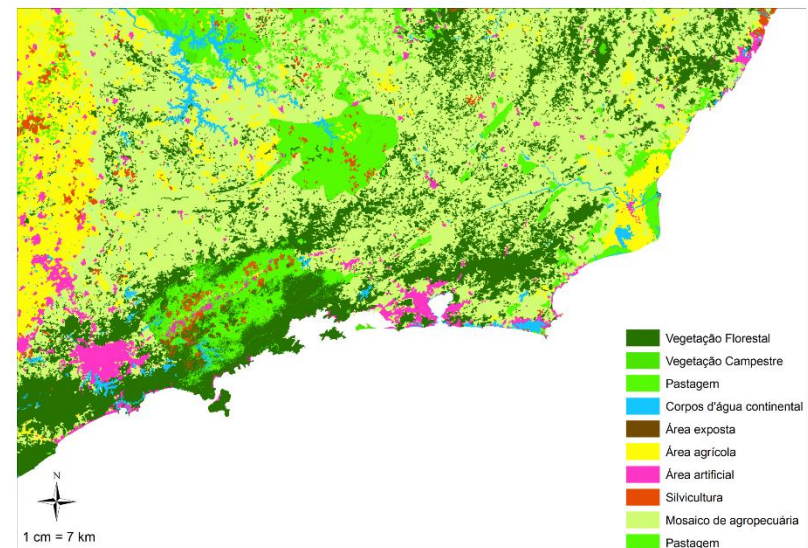
bolsa mestrado Lucas Garofolo, INPE/UFF

- Mapa de mudanças no uso e cobertura da terra IBGE 2012 + Cenário Futuro de uso de cobertura da terra do ano de 2050.
- Mapa de mudança e cobertura da terra do IBGE gerado a partir de imagens do MODIS com resolução espacial de 250m.
- Cenários futuros de uso e cobertura da terra construídos a partir do software Dinamica EGO, utilizando mapas de uso e cobertura desenvolvidos por Carriello (2012) a partir de imagens do satélite LANDSAT 5 e 7, com resolução espacial de 30 metros.

Pessimista



Otimista



# Modelo de propagação de onda em canais 'routing'

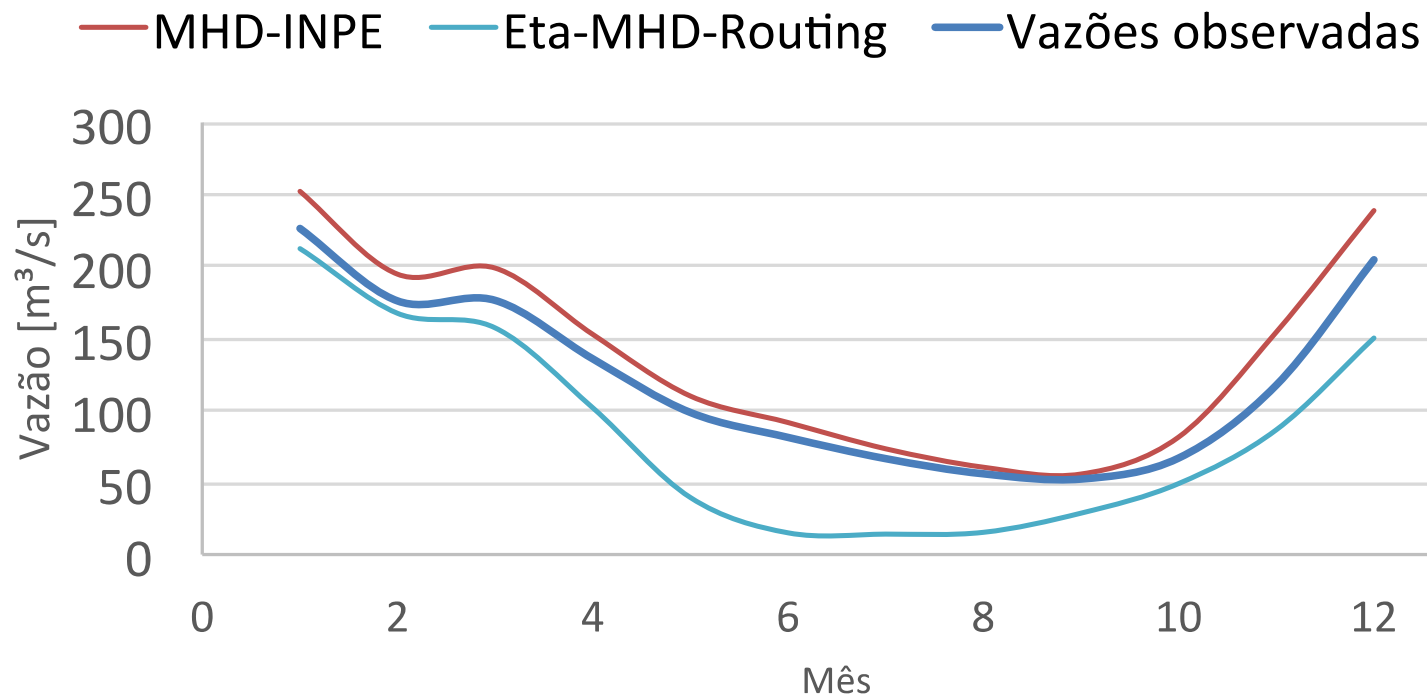
- Modelo baseado no Método de Muskingum-Cunge.
- Vazões calculadas de 3 em 3 horas através das variáveis Escoamento Superficial e Escoamento Subterrâneo do modelo Eta.

## **Configuração dos experimentos numéricos:**

- Domínio: região do Paraíba do Sul.
- Resolução: 5 km
- Período: 2035-2065
- Condições de contorno: Saídas do Eta\_HadGEM de 20 km
- Mapa de cobertura e uso do solo: IBGE 2012 + Cenários futuros

# 1961-2005

## Santo Antônio



## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS MODELOS ETA E BESM NA REPRESENTAÇÃO DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

Bolsista: Leonardo Alves Vergasta

Agência Fomento: CAPES/ANA.

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

Coordenador do Projeto: Alessandro Michilis (MCIT/CAPES/ANA)

Professor Orientador: Francis Wagner Silva Correia (UEA)

### **i) OBJETIVO GERAL:**

“Avaliar o desempenho do modelo regional Eta e do Modelo do Sistema Terrestre (BESM) na representação dos componentes do balanço de água na Bacia Amazônica”

### **ii) MATERIAIS E MÉTODOS:**

- Ferramentas: Modelo Regional Eta e Modelo do Sistema Terrestre – BESM (INPE);
- Simulações climáticas: Downscaling Dinâmico;
- Período: Clima Presente (1960- 2005);
- Componentes do Balanço de Água: Precipitação, Evapotranspiração, Escoamento e Convergência de Umidade;
- Bacia do Rio Madeira: Cota e Vazão
- Métodos estatísticos para validação: BIAS, RMS, etc

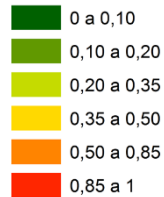
## Resultados preliminares: Testes de sensibilidade do modelo da América do Sul.

*Graduanda – Elisa Bolzan  
Steinke*

Zonas em verde variaram  
menos com a alteração  
na chuva

Zonas em vermelho  
foram mais sensíveis

Sensibilidade da  
Evapotranspiração  
à precipitação



Sensibilidade média  
das vazões



Precipitação observada entre os anos de  
1990 e 2010

Sensibilidade avaliada a partir da variação  
da **chuva** em **20%** pra **mais** e pra **menos**  
do valor de referência.

Sensibilidade na Evapotranspiração:

$$\frac{\Delta ET/ET}{\Delta P/P}$$

Sensibilidade na Vazão:

$$\frac{\Delta Q/Q}{\Delta P/P}$$

Testes iniciais com cenários equivalentes a Sorribas et al. (2016):

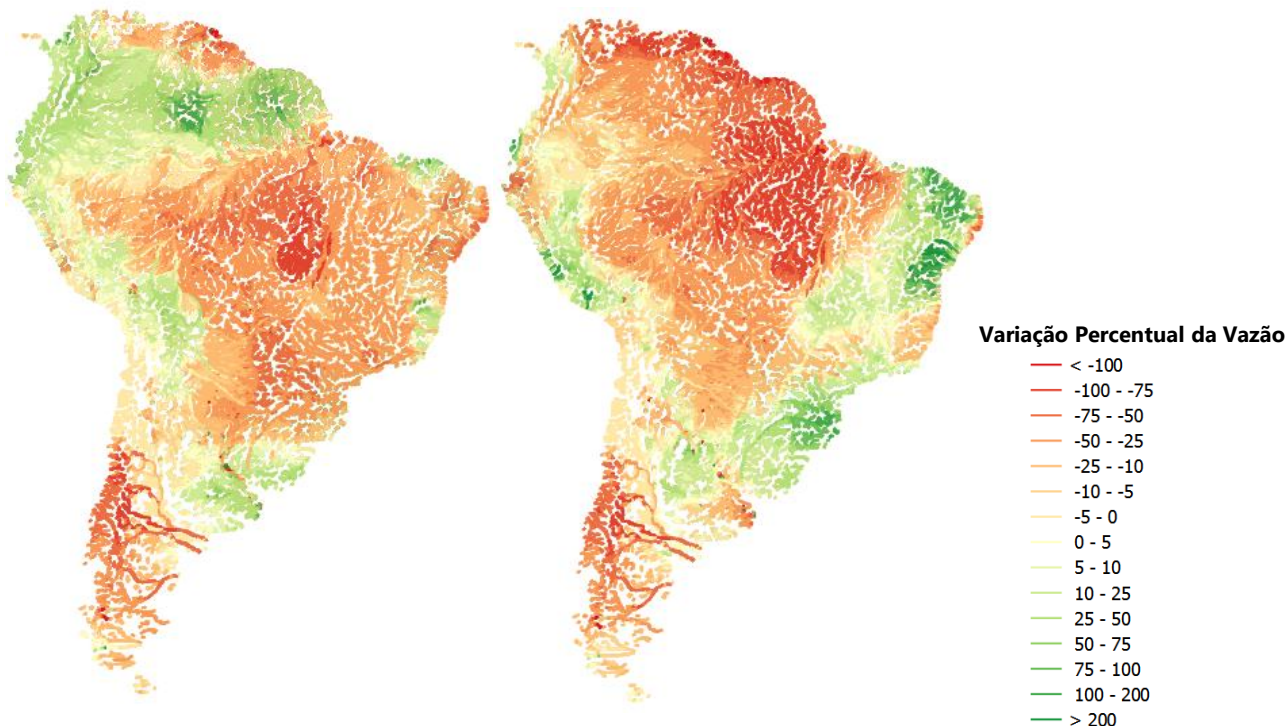
- Modelos climatológicos - 1986-2005 a 2081-2100
- Cenário RCP 8.5
- Delta Change - precipitação observada (1990-2010)

## Resultados preliminares: Projeções da variação da vazão média de grandes rios da América do Sul

*Doutorando (bolsista do projeto)  
– João Paulo Lyra Fialho Brêda*

**GFDL-ESM2M**

**HadGEM2-CC**



Variáveis climatológicas utilizadas no MGB:

- Temperatura da Superfície (°C)
- Umidade Relativa (%)
- Insolação (h/dia)
- Velocidade do Vento (m/s)
- Pressão atmosférica (kPA)
- **Precipitação (mm)**

Aplicou-se o método do **Delta Change** percentual para Precipitação e aditivo para as demais variáveis.

Ainda falta definir:

- Períodos para análise
- Cenários (RCP 2.6, 4.5, 8.5)
- Limite para aplicação do método Delta Change – multiplicativo percentual ou aditivo

## PARTICIPAÇÕES EM EVENTOS CIENTÍFICOS (3)

1. Curso de “Generación de Escenários Regionalizados de Cambio Climático y su Aplicación a estudios de Impacto”. Centro de Formación de la Cooperación Española .AECID, La Antigua Guatemala, 26 a 30/09/2016.
2. II Workshop de Engenharia de Biosistemas , participação e apresentação do poster “MUDANÇA NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA ASSOCIADA ÀS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO PARAÍBA DO SUL, NO SUDESTE BRASILEIRO”, Universidade Federal Fluminense, 2016, Niterói.
3. Workshop Escola de Supercomputação Santos Dumont “Modelos de Programação e Ferramentas de Perfilagem para o Desenvolvimento de Algoritmos Paralelos Otimizados”, Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis - RJ, 31/07 a 04/08/2017.

## TRABALHOS SUBMETIDOS (2)

1. "Impacts of the Surface Heterogeneities on Local Climate in the Amazonian Sub-basin of Ji-Paraná Using the Eta/Noah-MP Model“. In 32nd Conference on Hydrology (98th American Meteorological Society Annual Meeting).
2. "Análise de Sensibilidade da Evapotranspiração e Vazão à Variabilidade Climática na América do Sul através de Modelagem Hidrológica". Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (XXII SBRH), a realizar-se entre 26/11 a 01/12/17, Florianópolis – SC.



Agradecimentos a:

CAPES e ANA