



# I WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE MODELAGEM DA ATMOSFERA APLICAÇÕES NA ÁREA DE ENERGIA EÓLICA

CTGAS-ER | NATAL-RN  
14 e 15 junho de 2018

## Estudos na UFRN sobre modelagem dinâmica em vento e energia eólica

Cláudio Moisés Santos e Silva

[claudiom8@gmail.com](mailto:claudiom8@gmail.com), [claudiomoises@ccet.ufrn.br](mailto:claudiomoises@ccet.ufrn.br)

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte**

**Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas (DCAC)/Programa de Pós graduação em  
Ciências Climáticas (PPGCC)**

**Colaboradores:** Alexandre Torres Santos (CTGAS-ER), Paulo Lucio (UFRN/DCAC/PPGCC), Aline Gomes Silva (IFRN), Gilvani Gomes de Carvalho (UFRN/DCAC), Wendy Pires (UFRN/PPGCC), Patrícia Nunes Tuchtenhagen (UFRN/PPGCC), Glayson Chagas (UFRN/PPGCC), João Medeiros (UFRN/DFTE), Emenson Carpegiane (UFRN/PPGCC), Cristiano Prestrelo de Oliveira (UFRN/DCAC/PPGCC), Moniki Melo Ferreira (UFRN/PPGCC), Gustavo Matsubara (UFRN/PPGCC), Bergson Bezerra (UFRN/DCAC/PPGCC), Keila Rego (UFRN/PPGCC), Rosaria Ferreira (UFRN/PPGCC), Demerval Moreira (UNESP/Bauru)

## Breve histórico do grupo DCAC/PPGCC

**2009 – Autorização para a criação do Programa de Pós Graduação em Ciências Climáticas (Doutorado)**

**2010 – Início do doutorado**

**2012 – Autorização e início do curso de Mestrado em Ciências Climáticas**

**2014 – Início do curso de Graduação em Meteorologia**

**2015 – Criação do Departamento de Ciências Climáticas e Atmosférica**

## Estrutura computacional para Pesquisas em Modelagem dinâmica da Atmosfera no DCAC/PPGCC

**2013 - Edital Pró equipamentos da CAPES– Compra do CLIMA01 (coord. Cláudio Moisés)**

**2015 - Edital Ação-65-Agência Nacional de Águas – Compra do CLIMA02 (Paulo Lucio)**

**2017 – Parceria (ainda incipiente) com o Instituto Metrópole Digital (IMD/UFRN)**

## **Teses doutorado defendidas**

**2014 - Alexandre Torres Santos – Modelos WRF, WASP**

**2016 – Aline Gomes – Modelo ReGCM4.0**

## **Teses de doutorado em andamento (início)**

**2014 - Glayson Chagas: RegCM4.0, climatologia de chuva 1981-2010**

**2015 – Patrícia Nunes Tuchtenhagen: WRF, vento na região Sul**

**2017 – Rosária Ferreira: JULES-BRAMS, fluxos de carbono na Caatinga**

**2017 – Leidinice Silva: RegCM4.6, cenários futuros do clima no Nordeste do Brasil**

## **Dissertações de mestrado em andamento (início)**

**2017 – Emenson Carpegiane: RegCM4.6, vento *off shore***

**2018 – Moniki Melo Ferreira: RegCM4.6, potencial eólico *off shore* no Nordeste do Brasil e cenários futuros**

**2018 – Gustavo Matsubara: RegCM4.6, potencial eólico *on shore* no Nordeste do Brasil e cenários futuros**

**2018 – Felipe Medeiros: RegCM4.6: secas no Nordeste, climatologia e cenários futuros**

## **Iniciação Científica (início)**

**2016 – Gilvani Gomes: RegCM4.6, climatologia e vento *off shore***

**2017 – Wendy Pires: RegCM4.6 climatologia do Nordeste**

# Competências atuais da UFRN/DCAC/PPGCC

## MODELAGEM DINÂMICA REGIONAL

**WRF**

- Eventos Meteorológicos extremos
  - Climatologia
  - Energia eólica (e solar) *on shore e off shore*
- (graduação e pós graduação)

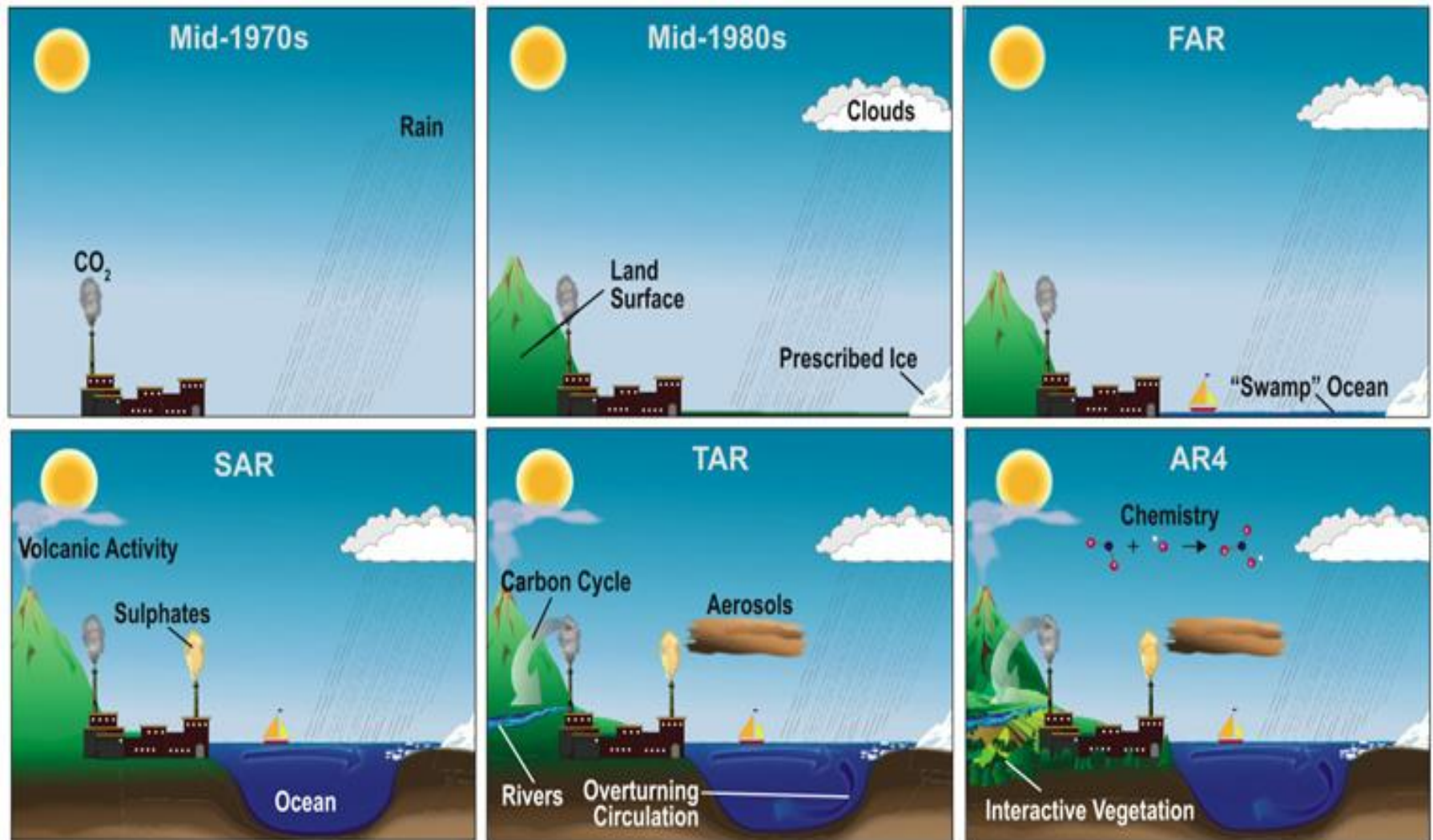
**JULES-BRAMS**

- Interação solo-caatinga-atmosfera
- (pós graduação)

**RegCM4.0**  
**RegCM4.6**

- Climatologia
  - *Dowscaling* dinâmico de clima atual e cenários futuros
  - Energia eólica (e solar) *on shore e off shore*
- (graduação e pós graduação)

# Porque usar Modelagem Dinâmica ?



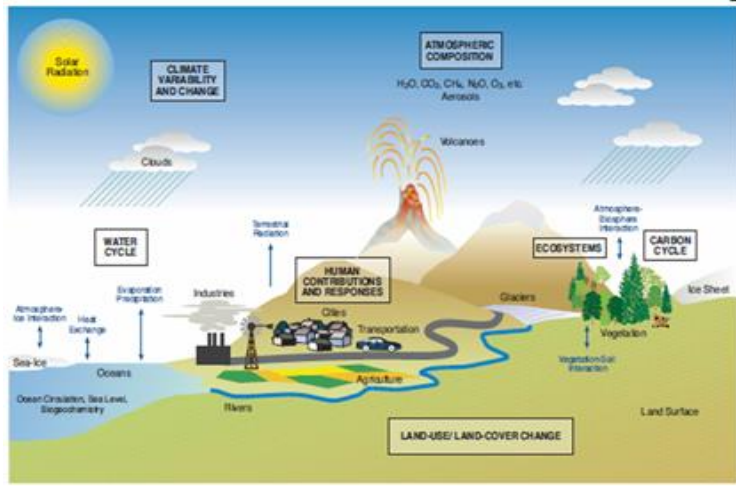
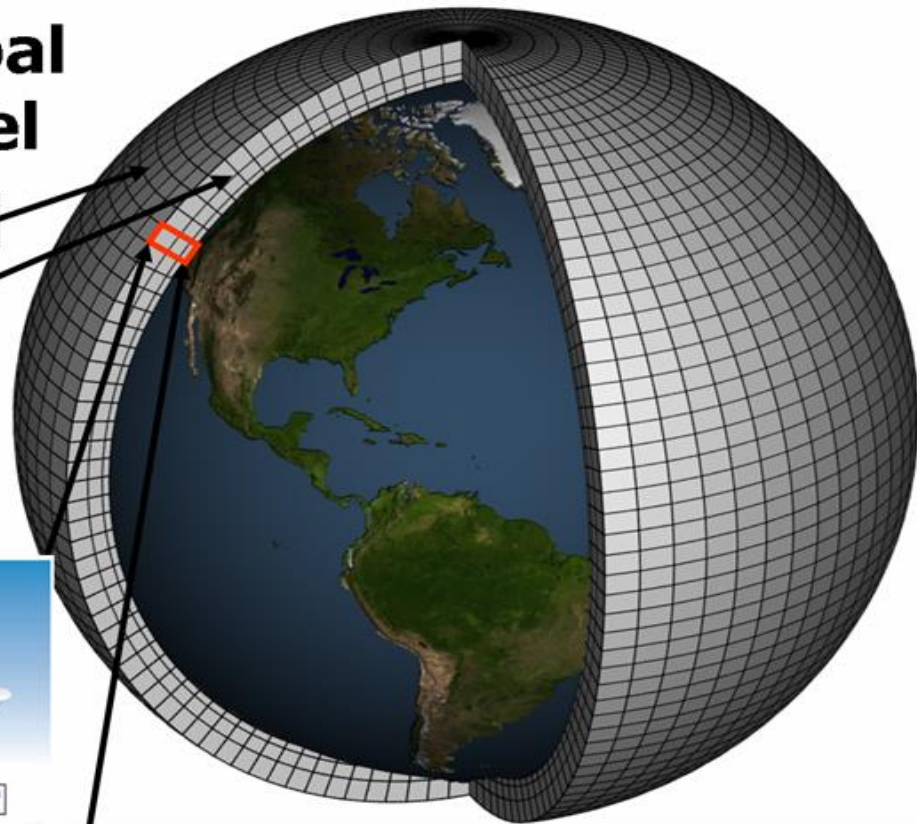


# Porque usar Modelagem Dinâmica Regional ?

## Schematic for Global Atmospheric Model

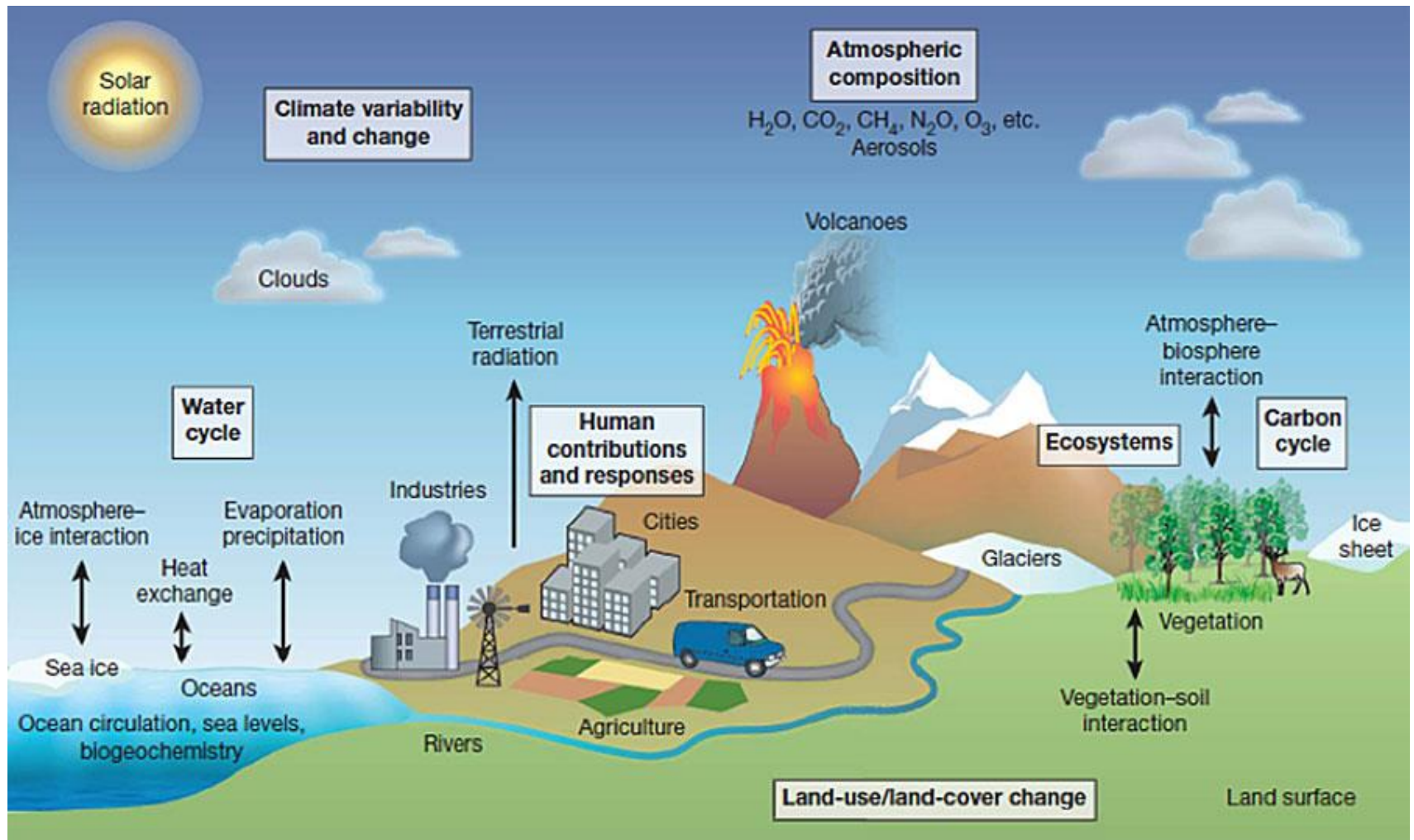
Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

Vertical Grid (Height or Pressure)



Fonte: <https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/>

# Porque usar Modelagem Dinâmica Regional ?



Fonte: <https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/>

# WRF: simulações no Nordeste do Brasil

Tese de Alexandre Torres Santos

METEOROLOGICAL APPLICATIONS  
*Meteorol. Appl.* **23**: 563–573 (2016)  
Published online in Wiley Online Library  
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/met.1595



## Assessment of wind resources in two parts of Northeast Brazil with the use of numerical models

Alexandre Torres Silva dos Santos,<sup>a,b\*</sup> Cláudio Moisés Santos e Silva,<sup>a</sup> Daniel Faro do Amaral Lemos,<sup>b</sup>  
Leonardo de Lima Oliveira<sup>b</sup> and Luciano André Cruz Bezerra<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Postgraduate Program in Climate Sciences, Department of Atmospheric Sciences and Climate, Federal University of Rio Grande do Norte (PPGCC/DCA/UFRN), Natal, Brazil

<sup>b</sup> Applied Research Unit, Centre for Gas Technology and Renewable Energy (UNPA/CTGAS-ER), Natal, Brazil

**ABSTRACT:** A study was conducted to quantify the wind resources in two locations (municipalities of Paracuru and Triunfo) with different topographical conditions (flat and complex) in the Northeast Region of Brazil (NEB). To this end, data collected *in situ* with anemometer towers and a simulation of the mesoscale numerical Weather Research and Forecasting (WRF) model were used. These served as initial conditions for simulations of the microscale numerical model from the Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP). The WAsP model enabled estimation of the annual wind potential and its power density, both through measured and simulated input data (WRF). Wind speed fields and the average direction of the wind, parameters of the Weibull probability density function (an estimate of the mean annual power density and wind potential), were used to compare the simulations and the observations. The results show that both locations, Paracuru and Triunfo, have a favourable annual wind potential for the implementation of wind farm projects. The power density estimated through measured and simulated data exceeded  $400 \text{ W m}^{-2}$  at heights of 60 and 50 m above the ground.

**KEY WORDS** WRF; WAsP; wind speed

Received 23 July 2015; Revised 21 March 2016; Accepted 28 April 2016

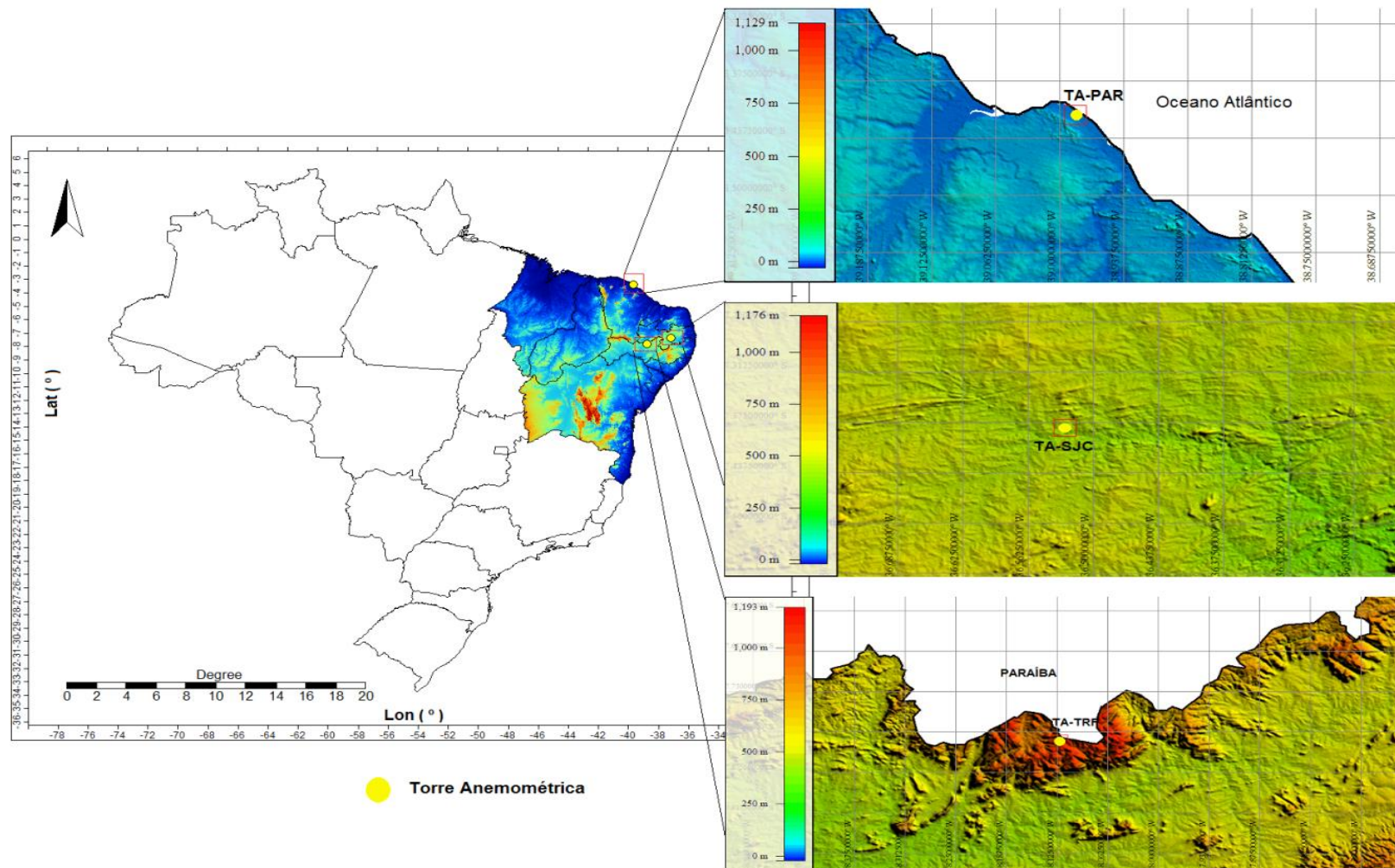
### 1. Introduction

The demand for electricity is growing in Brazil as a result of the country's social and economic development. The high costs of energy sources such as oil and hydroelectric power are

Some regions in Brazil are characterized by their high wind energy potential. Amarante *et al.* (2001) have shown that the coastal (Ceará and Rio Grande do Norte states) and semiarid (with complex topography, more specifically Pernambuco, Pernambuco states) areas of NEB state



# Topografia plana e topografia complexa



# Estratégia experimental

566

A. T. Silva dos Santos *et al.*

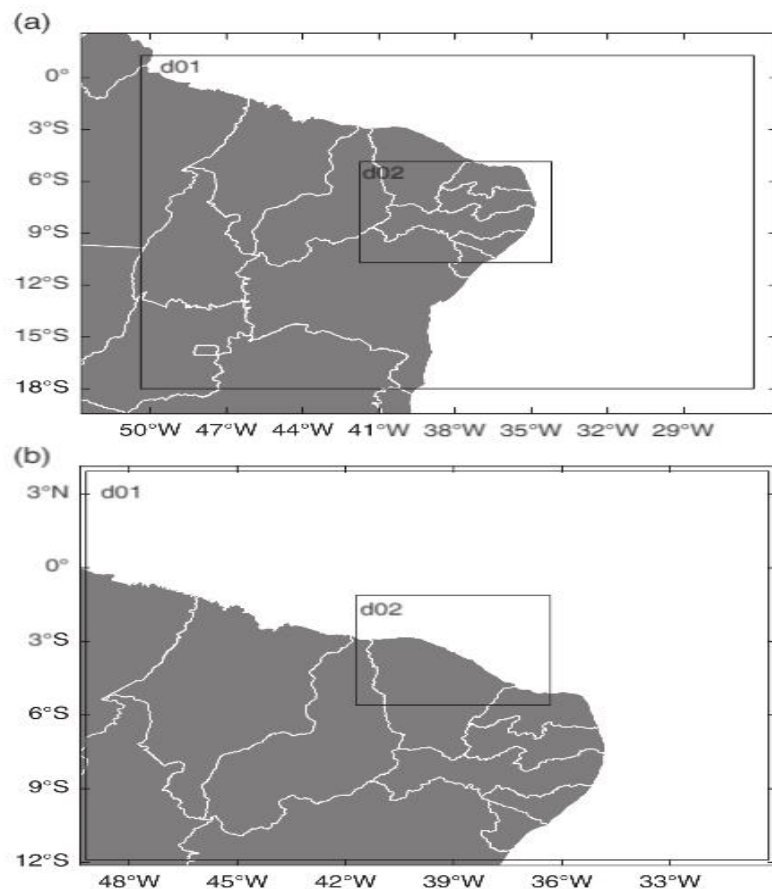


Figure 2. The integration domains d01 and d02 of the Advanced Research Weather Research and Forecasting System (WRF-ARW) model and their respective horizontal resolutions (d01, 15 km x 15 km; and d02, 5 km x 5 km) for the established areas A1 (a) and A2 (b).

while correcting for the effects caused by the presence of obstacles.

Table 2. Establishment of the number of grid points used in the Advanced Research Weather Research and Forecasting System (WRF-ARW) model and their horizontal spacing for each defined location in the present study.

Horizontal spacing	Triunfo area – A1 Number of grid points	Paracuru area – A2 Number of grid points
Domain d01 – 15 km x 15 km	180 x 144	131 x 110
Domain d02 – 5 km x 5 km	166 x 130	121 x 100

Table 3. Parameters used in the simulations of the Weather Research and Forecasting (WRF) model.

Parameter	Scheme	References
Long wave radiation	Rapid Radiative Transfer Model (RRTMG)	Iacono <i>et al.</i> (2008)
Short wave radiation	Rapid Radiative Transfer Model (RRTMG)	Iacono <i>et al.</i> (2008)
Microphysics	WRF Single-Moment 6-Class	Hong and Lim (2006)
Cumulus	Kain–Fritsch	Kain (2004)
Surface layer	Monin–Obukhov	Monin and Obukhov (1954)
Land surface model	Noah land-surface model	Tewari <i>et al.</i> (2004)
Planetary boundary layer	Mellor–Yanada–Janjic	Janjic (1994)

Table 4. Establishment of the number of grid points used in the Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP) model, including their height for the estimation of wind resources.

Location	Number of points horizontal	Height (m)
Triunfo	190 x 182	
Paracuru	117 x 150	

## Resultado principal: dependência de desempenho quanto à complexidade do terreno

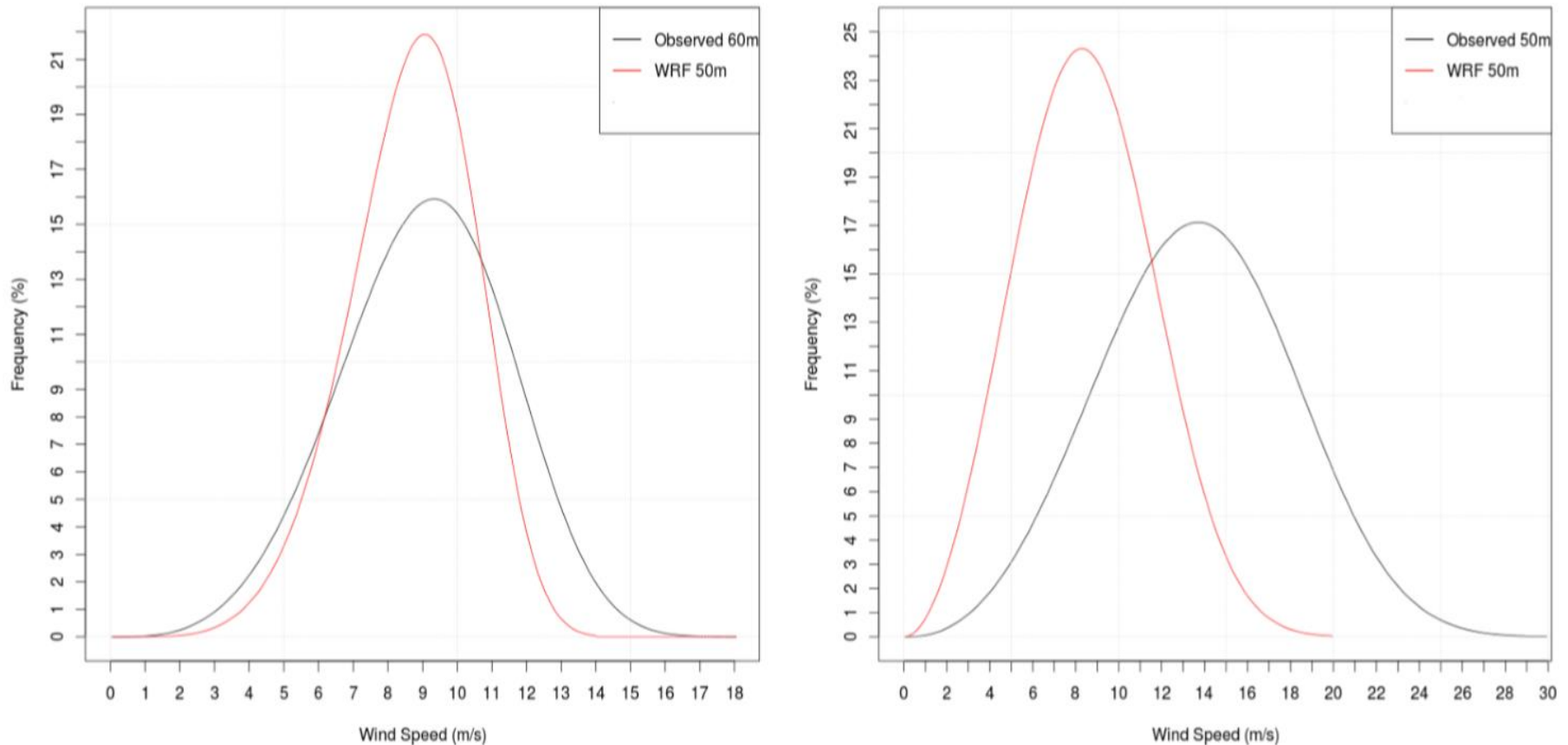


Figure 5.4: PDF curves for the locations of Paracuru-CE (a) and Triunfo-PE (b) with the measured data and the data simulated with the WRF-ARW model.

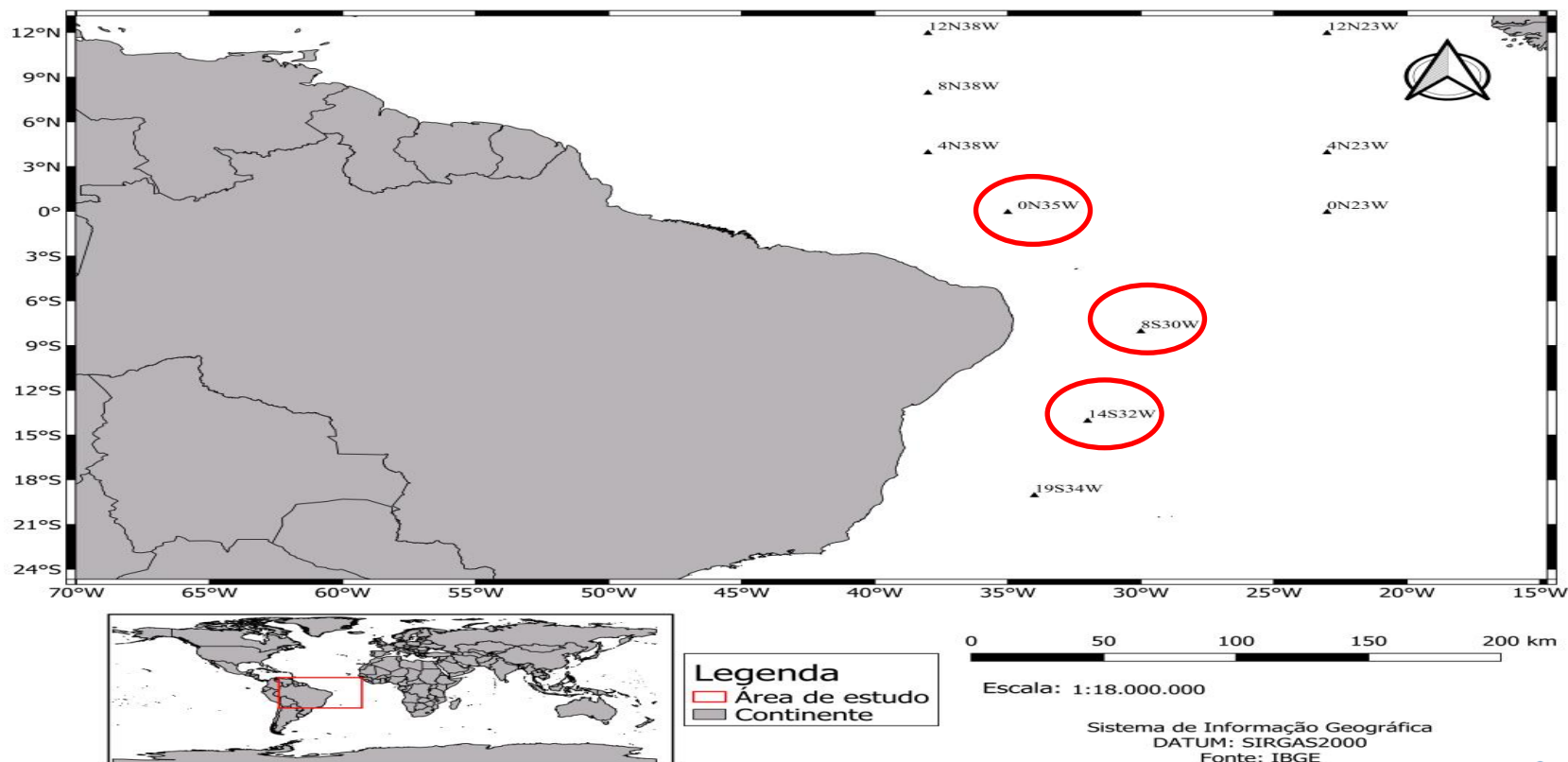
# WRF: simulações no Sul do Brasil, vento *off shore*

Tese de Patrícia Nunes Tuchtenhagen

Questão 1: Temos bons dados de vento *off shore* para avaliar os modelos?

*Alternativa - Blended sea wind*

<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/marineocean-data/blended-global/>



Fonte: Cortesia de Emenson Carpegiane e Cristiano Prestrelo de Oliveira



## Questão 1: Temos bons dados de vento *off shore* para avaliar os modelos?

### **Blended sea wind versus bóias do projeto PIRATA**

ID	Data inicial	Data final	Qtd. dados (diários)	Qtd. dados faltantes na série	RMSE (m s <sup>-1</sup> )	BIAS (m s <sup>-1</sup> )	<i>r</i>
0N35W	03/05/2001	17/02/2008	2475	7	0,56	0,32	0,83
8S30W	10/11/2006	31/12/2010	1501	12	0,67	-0,11	0,92
14S32W	24/08/2005	31/12/2010	1950	6	0,77	-0,23	0,92

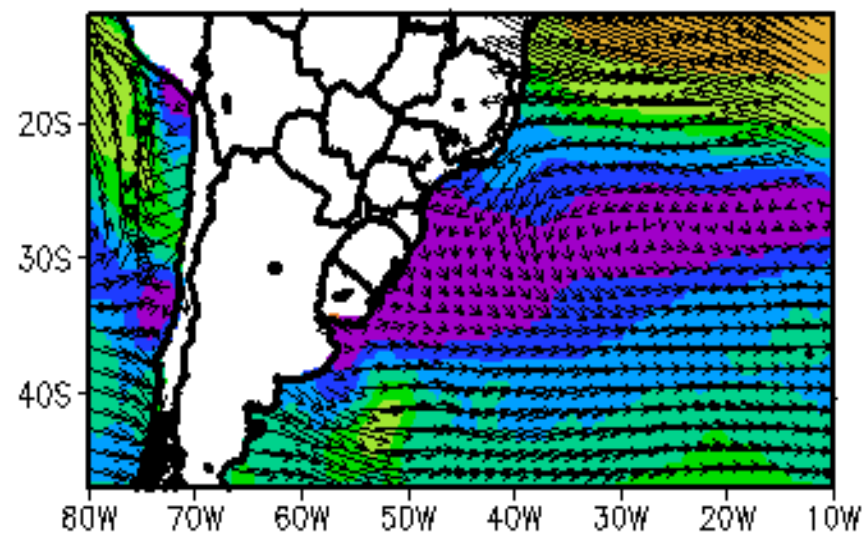
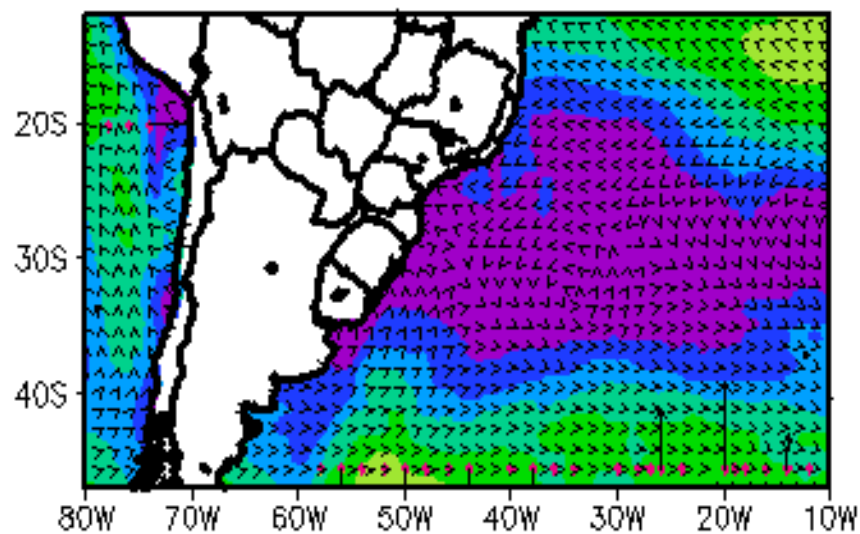
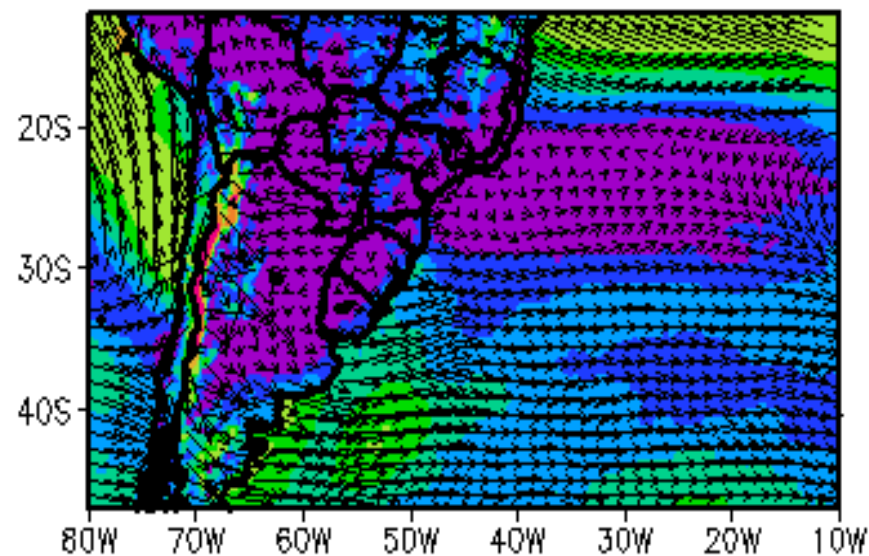
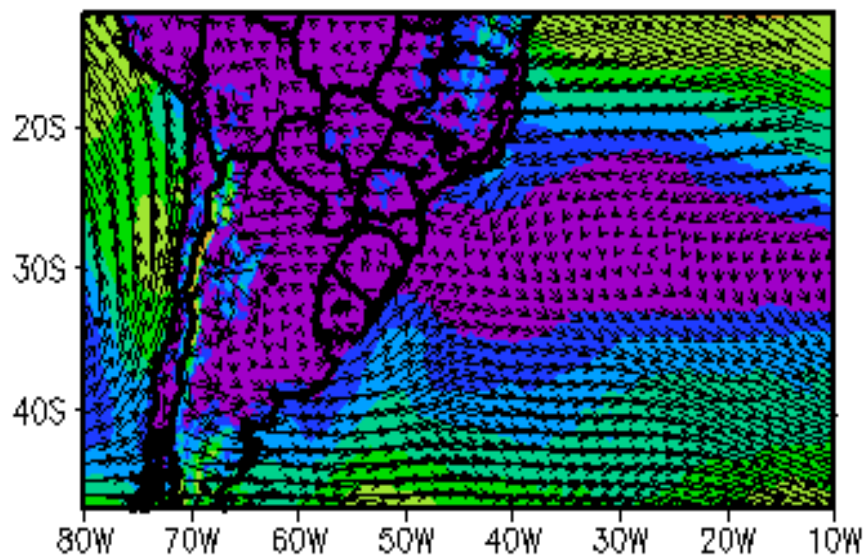
**Fonte: Cortesia de Emenson Carpegiane e Cristiano Prestrelo de Oliveira**

## Experimento teste

- Simulação com o WRF versão 3.8.1
- Período Dezembro de 2008 a Novembro de 2009
- Espaçamento de grade de 25 km
- Análise subjetiva

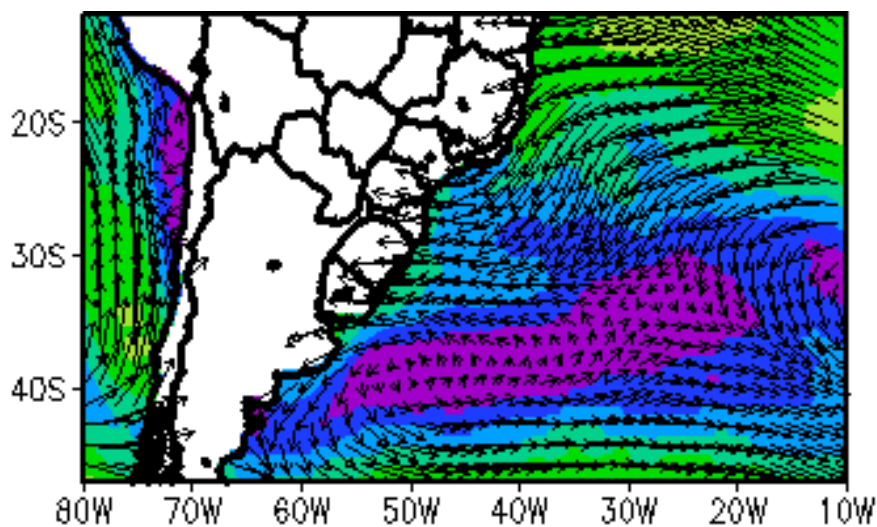
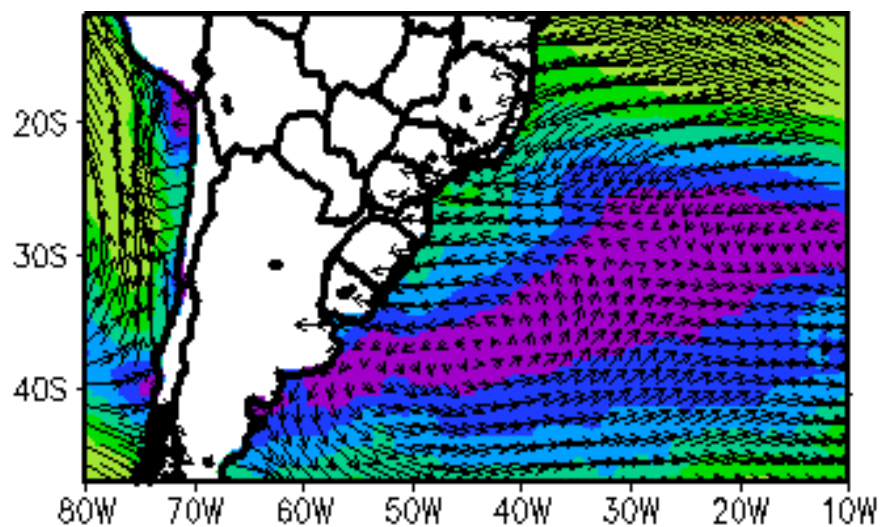
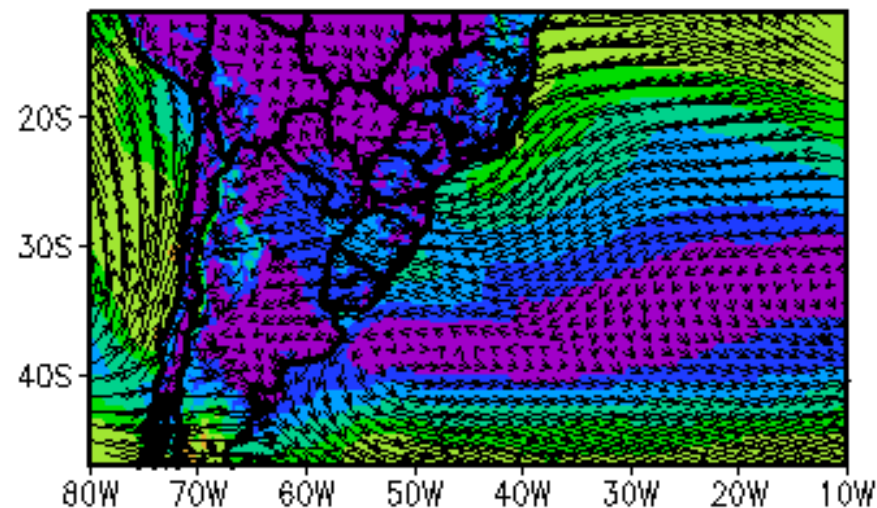
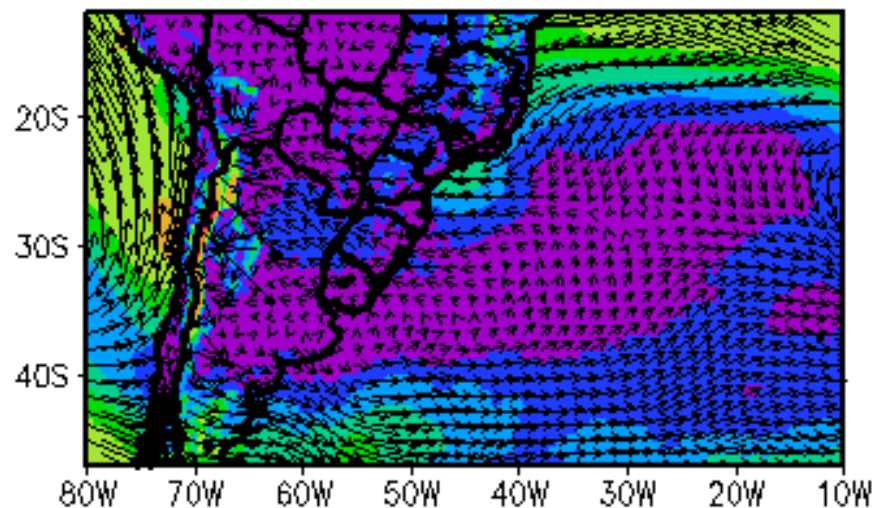
# MAM

# JJA

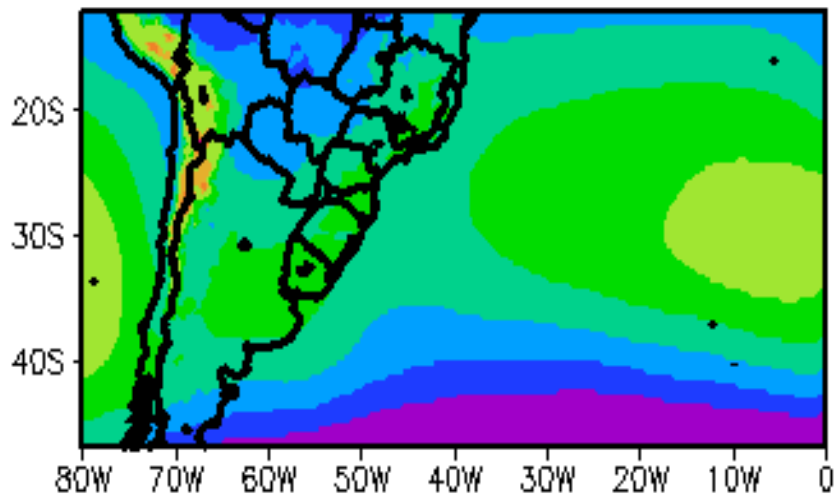


# SON

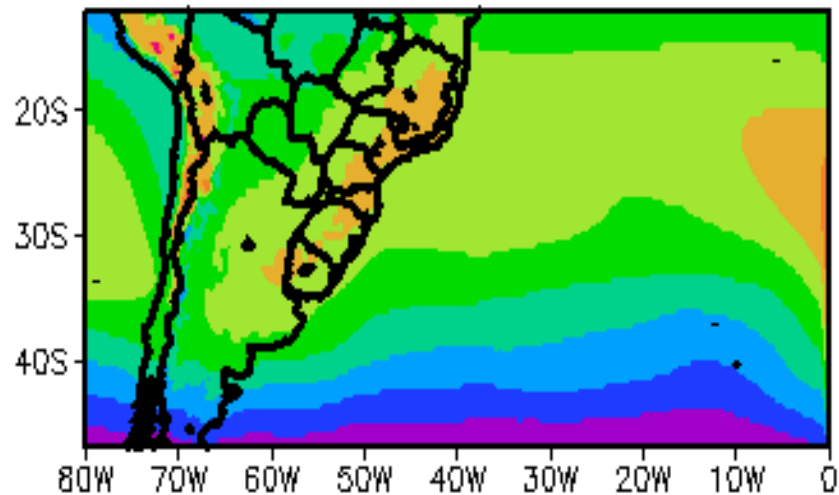
# DJF



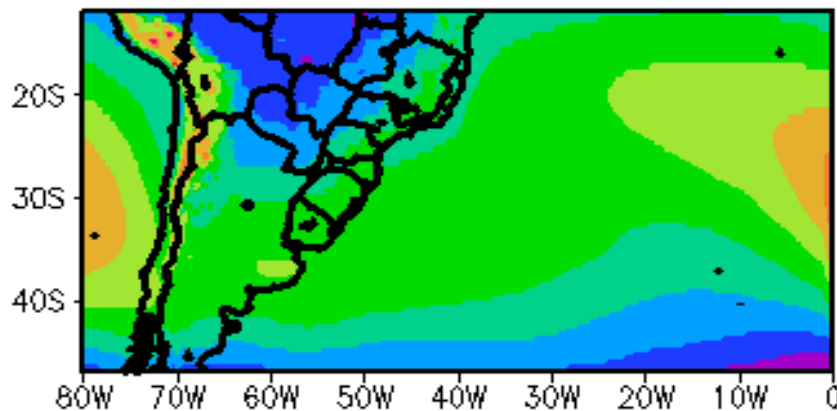
MAM



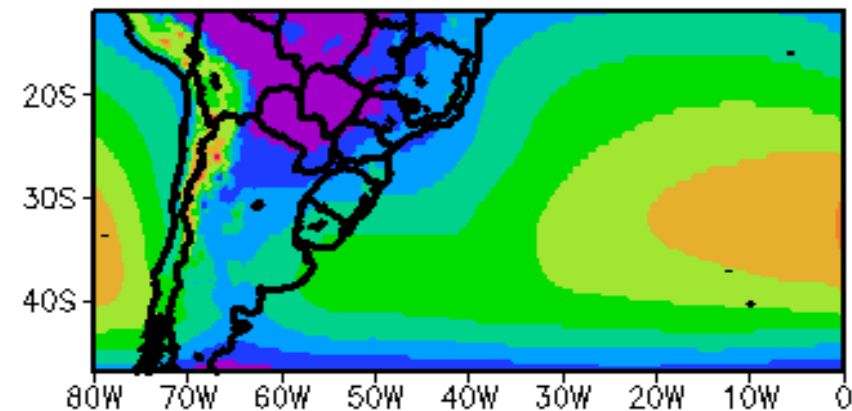
JJA



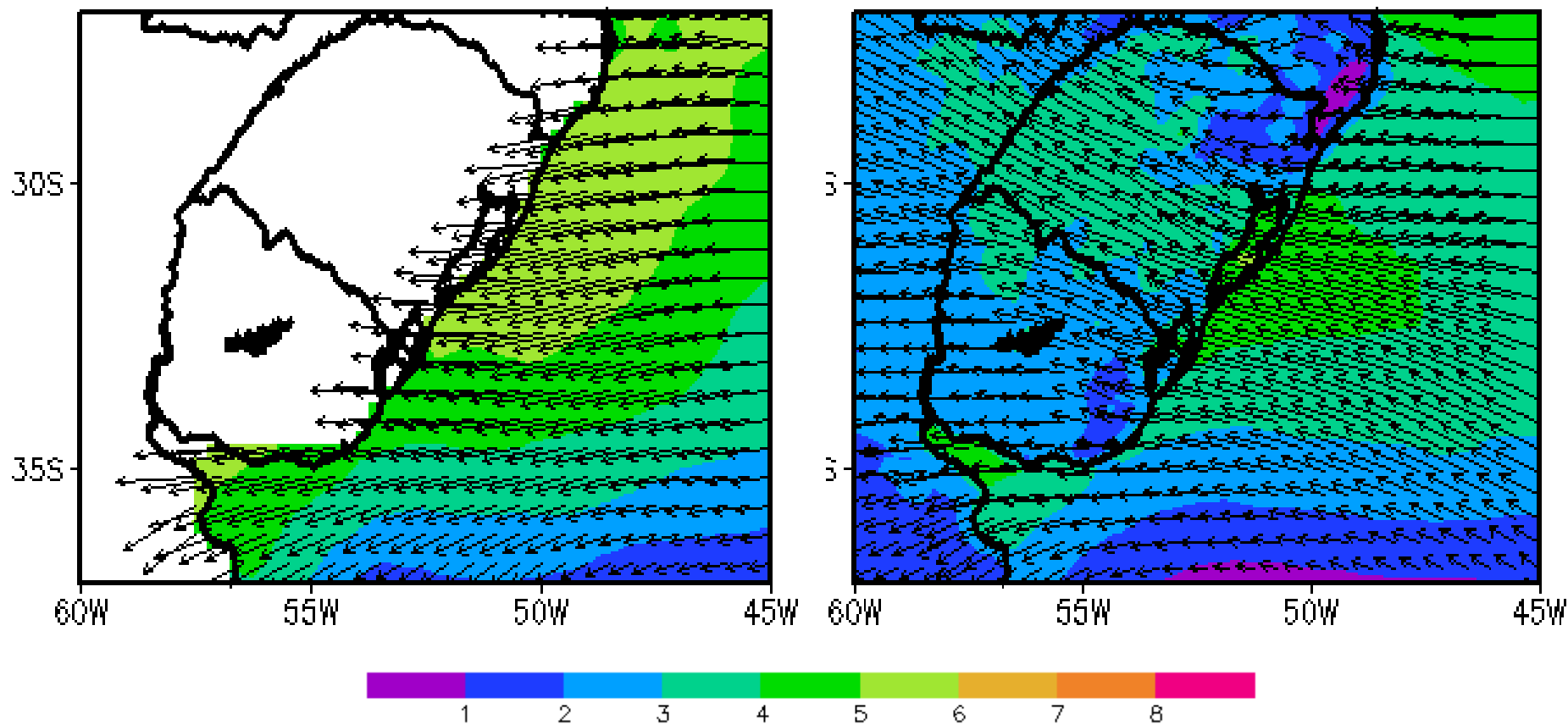
SON



DJF







# RegCM4.0: 18 anos de simulação sobre a América do Sul Tropical

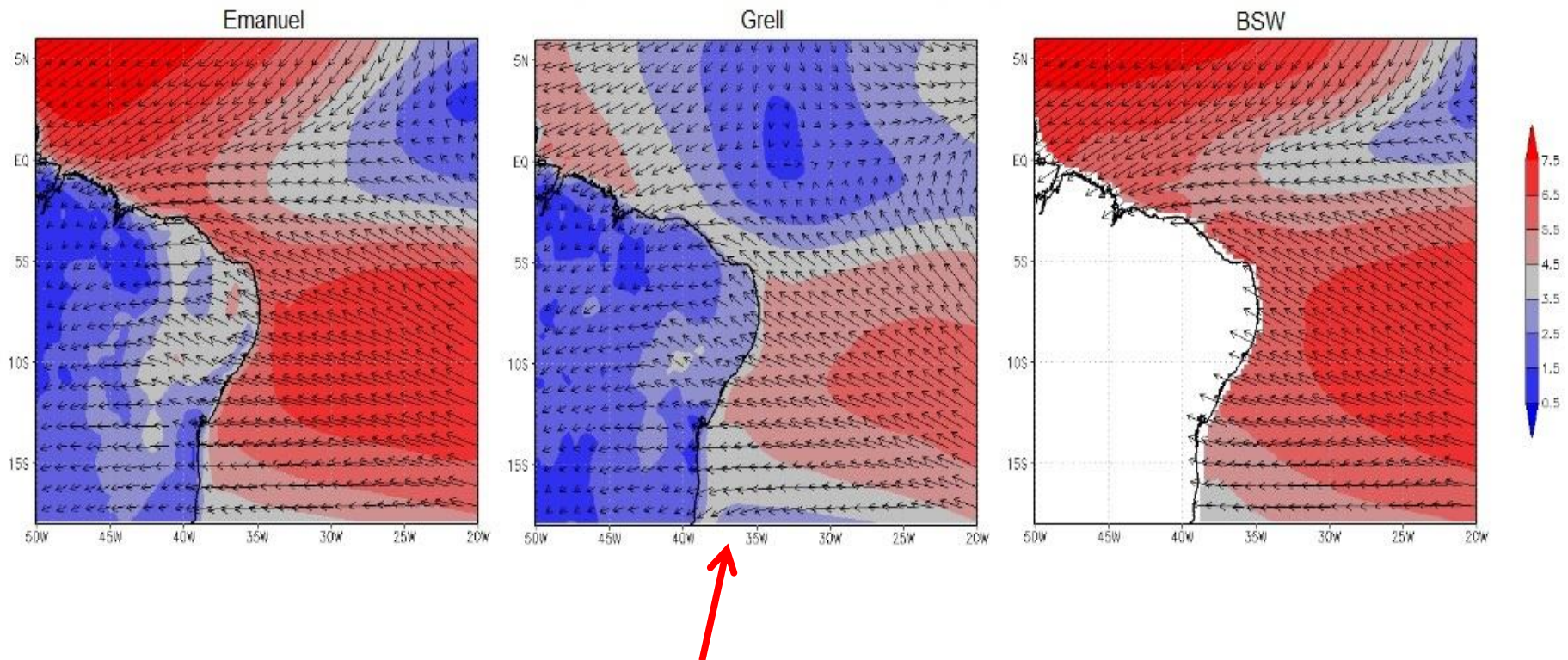
Tese de Aline Gomes (análise de chuva)

IC/TCC de Gilvani Gomes de Carvalho (análise do vento)

## Experimentos

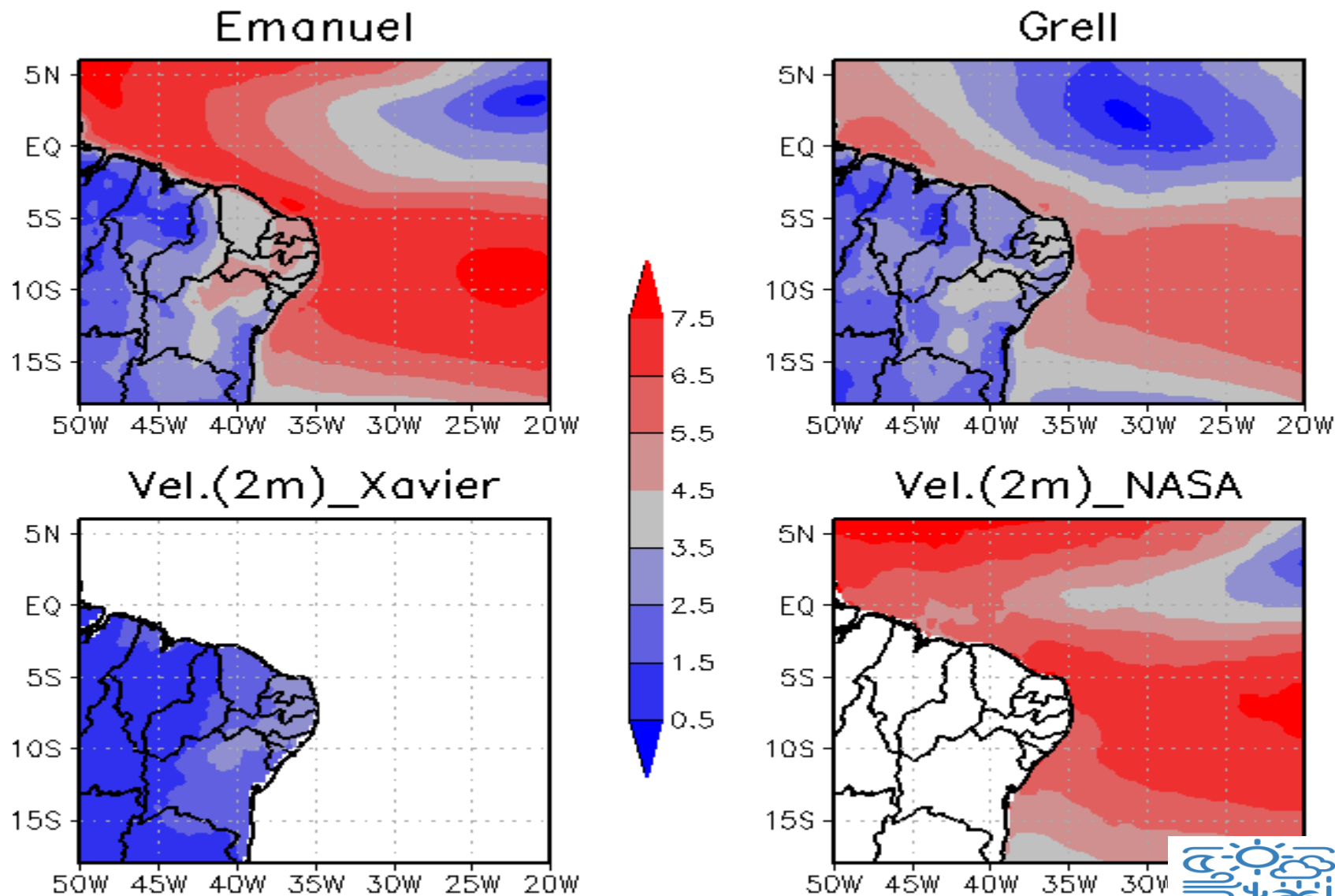
- Simulação com o RegCM4.0
- Período: MAM de 1991-2009
- Espaçamento de grade de 50 km
- Teste de diferentes parametrizações de *cumulus* e chuva estratiforme
- Análise objetiva sobre o oceano

# Média do período



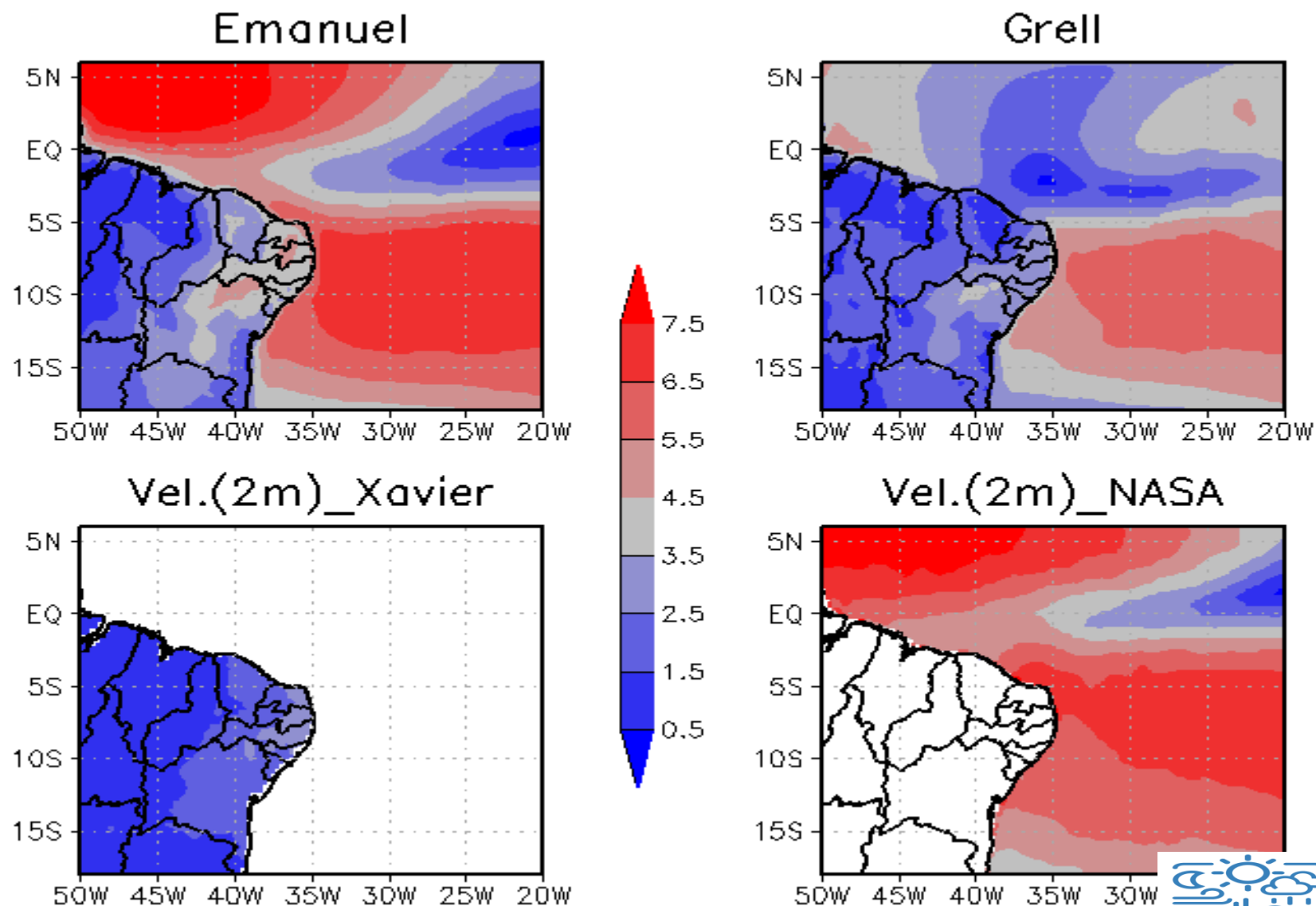
**Dificuldade em representar a ZCIT**

## Exemplo: 1998 – o mais famoso El Niño

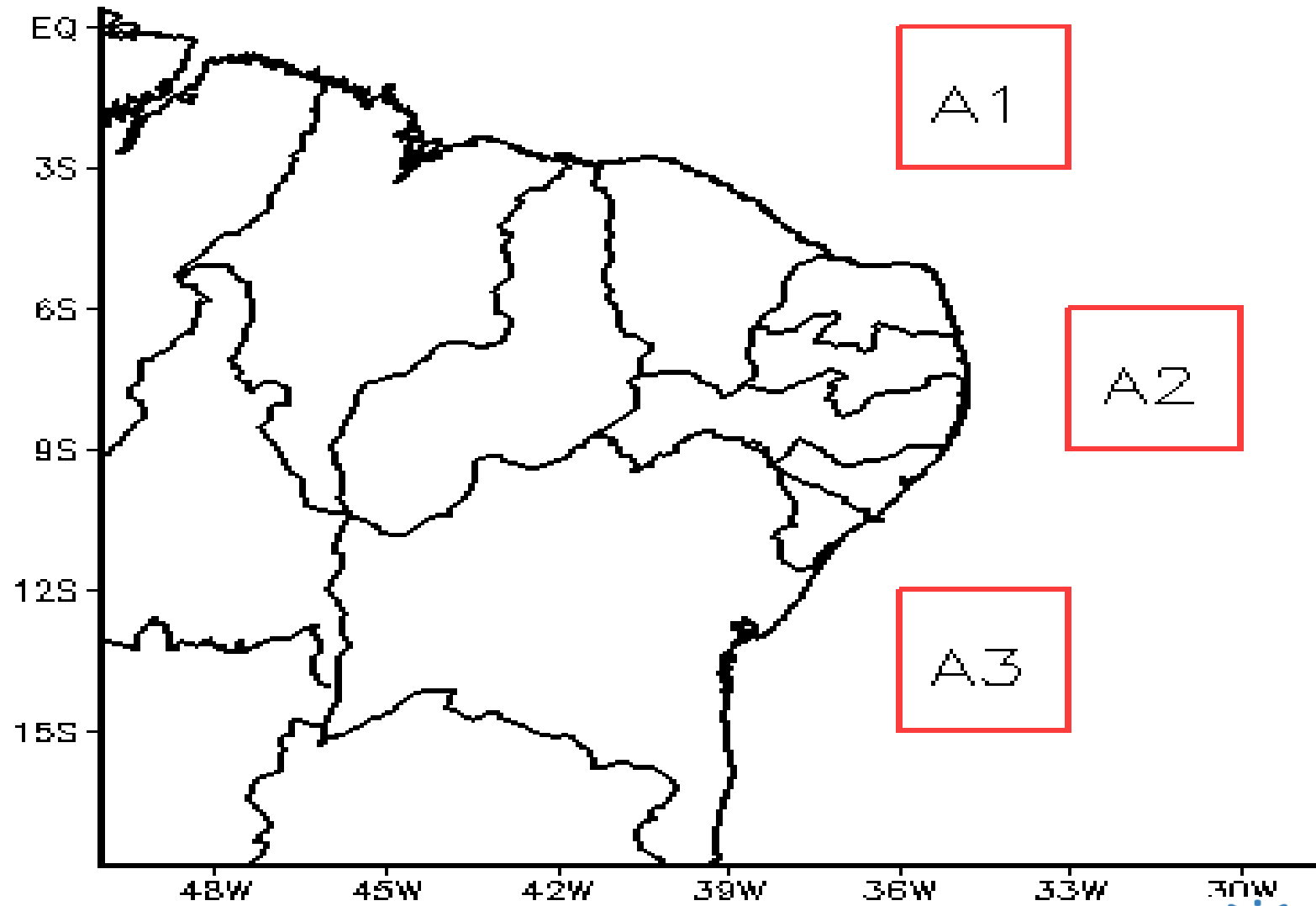




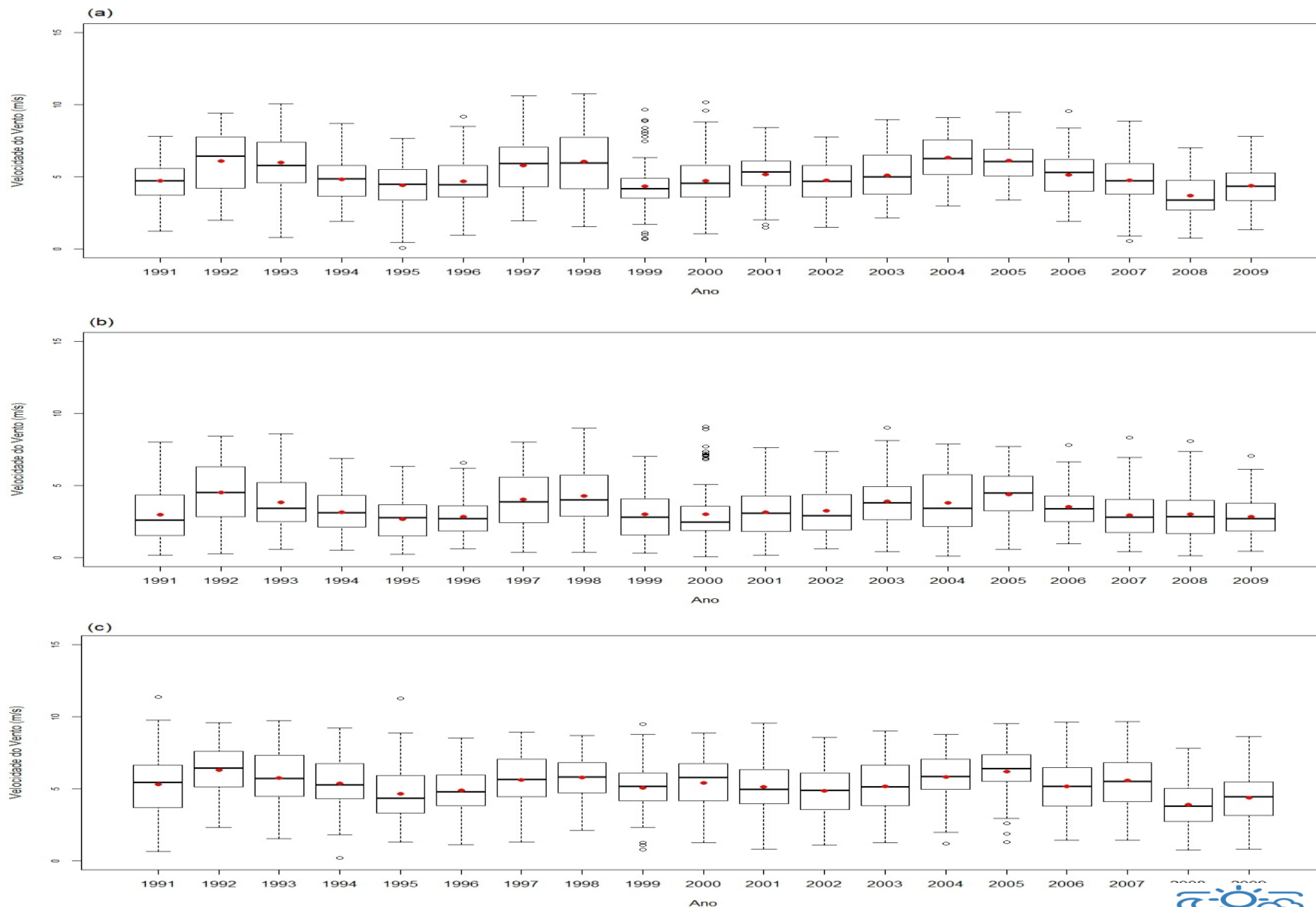
## Exemplo: 1999 – a mais famosa La Niña



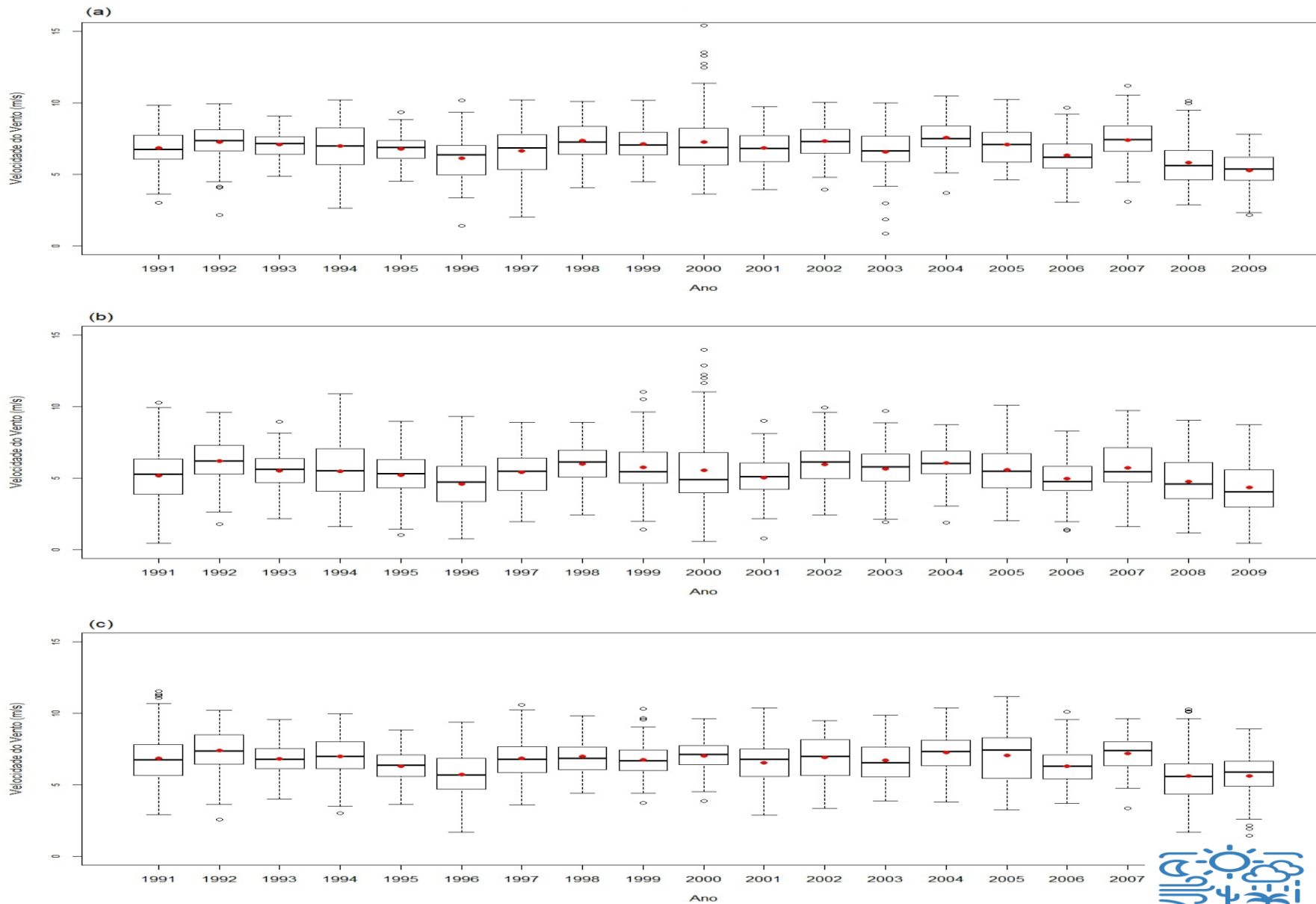
## Áreas oceânicas



# Área 1 – Equatorial

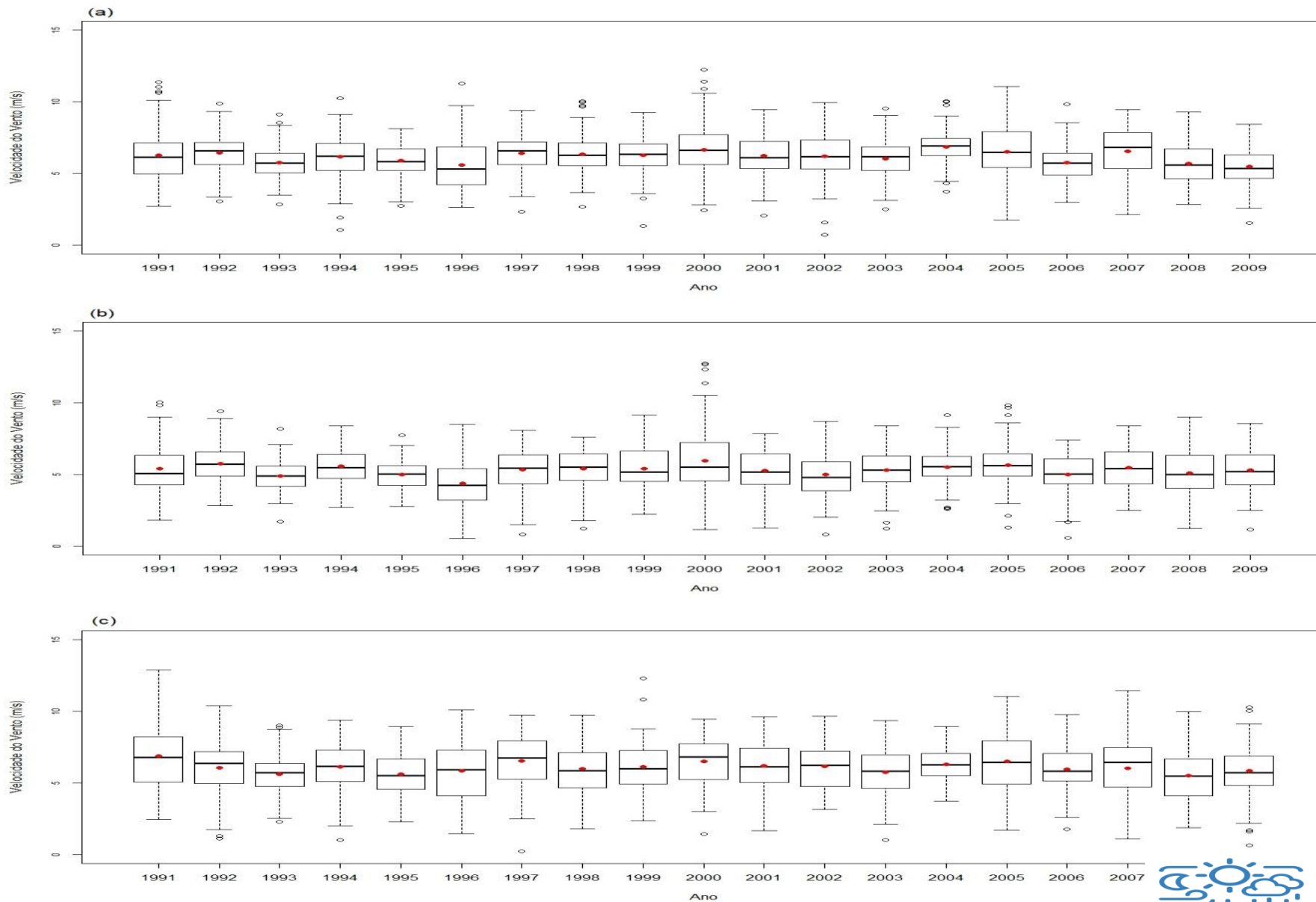


# Área 2 – Costa Leste do Nordeste do Brasil

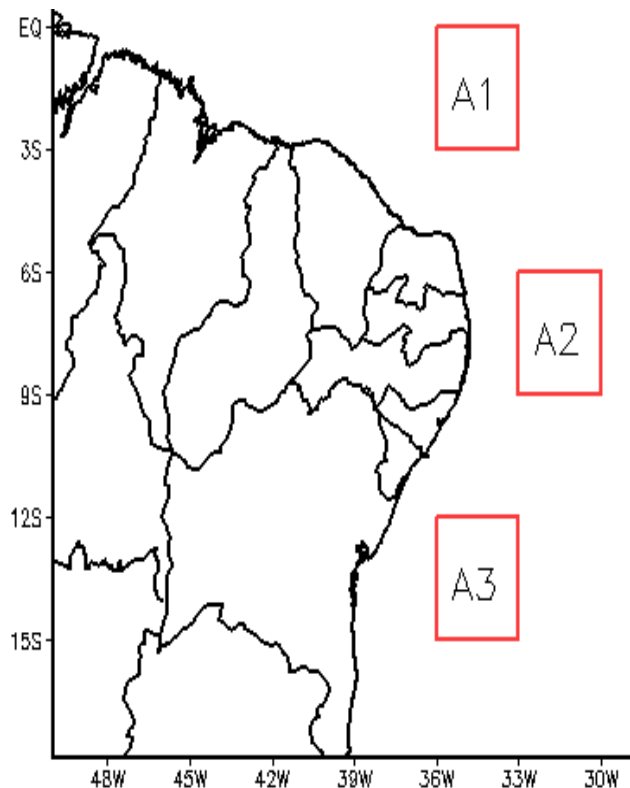




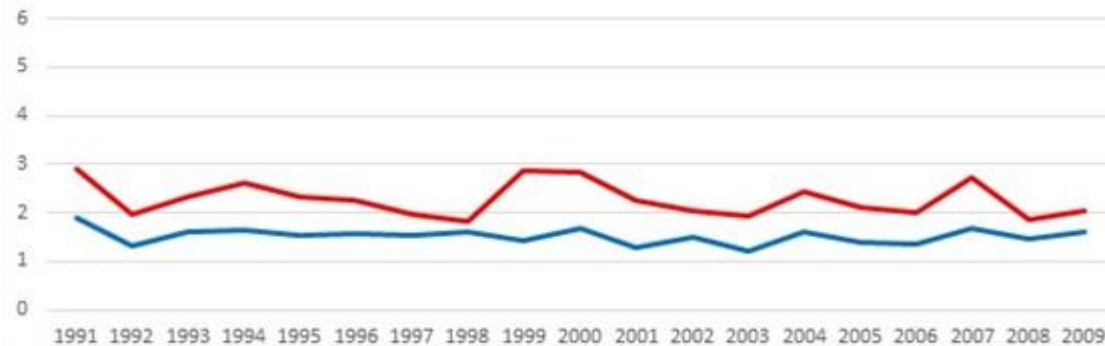
# Área 3 – Costa “Norte” do Nordeste do Brasil



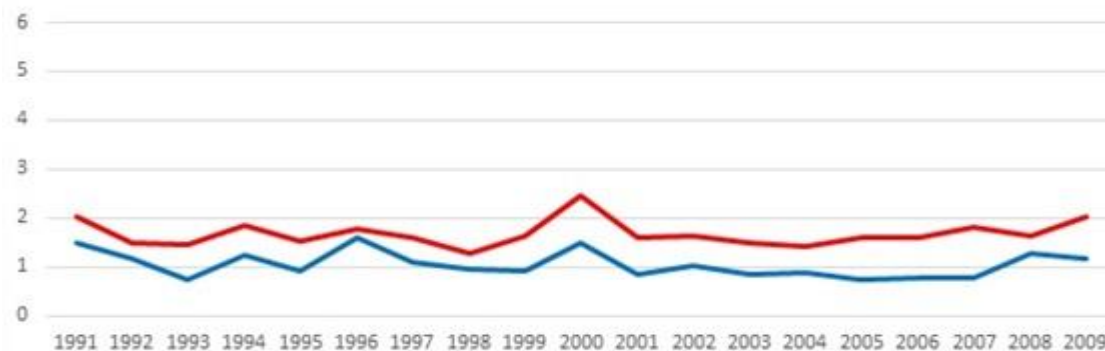
# Erro Médio Absoluto (EMA)



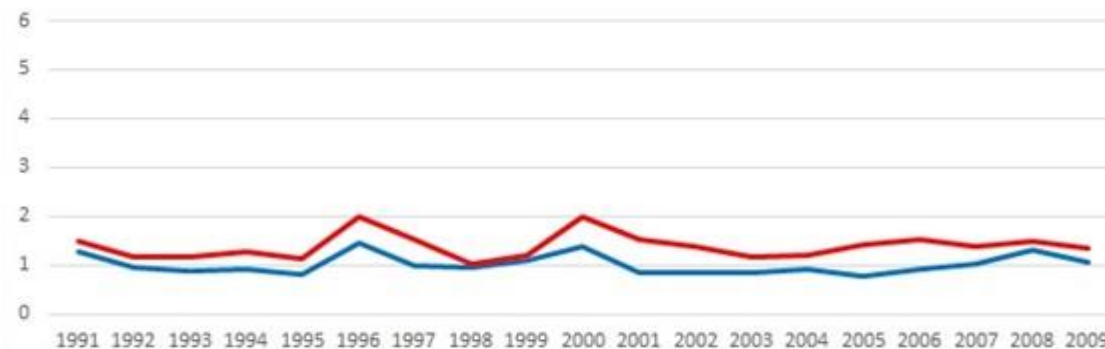
— Grell  
— Emanuel



(a)



(b)



(c)

## Considerações 1 – recursos humanos

- A UFRN/DCAC/PPGCC desenvolveu nos últimos 9 anos competência para atuar na formação de recursos humanos (graduação, mestrado e doutorado) na área de modelagem dinâmica da atmosfera;
- Desde a graduação os alunos trabalham com ReGCM4 e WRF;
- Devemos ampliar o número de modelos regionais
- Precisamos de parcerias com outras instituições, públicas e/ou privadas, de ensino ou do setor produtivo, do Brasil e do mundo!!!

## Considerações 2 – contribuições científicas

- Os resultados apresentados mostram o potencial do modelo WRF tanto para a região tropical (foco no Nordeste), quanto extratropical (costa do Rio Grande do Sul) para simular o vento e, posteriormente, potencial para geração de energia eólica;
- A complexidade da topografia exige maior demanda por pesquisa com o modelo WRF;
- Configurações específicas de parametrizações (convecção, camada limite planetária, radiação, interação solo-vegetação-atmosfera etc, devem ser testadas (e muito testadas) para se usar modelos climáticos regionais sobre a América do Sul.



## Considerações 2 – perspectivas

- Análise de diferentes simulações (*dowscaling* dinâmico) do clima presente (1981-2010) e do clima futuro já estão sendo produzidas;
- **ENERGIA SOLAR!!!!!!**
- Aninhamento de grades (e consequente aumento de resolução) para parques eólicos ou solar podem ser produzidos;
- Combinação estatística de simulações: previsões por conjunto (*ensemble*);
- Aumentar o número de modelos usados na UFRN.



**Agradeço pela atenção!!!**