

Previsão probabilística do vento com o modelo WRF em um parque eólico na cidade de Santana do Livramento, RS

Nome: Lucas d'Avila Marten

Orientador: Vilson Dias de Ávila

Co-Orientador: Mateus Silva Teixeira



Sumário

- I) Introdução
- II) Revisão da literatura
- III) Metodologia
- IV) Resultados preliminares

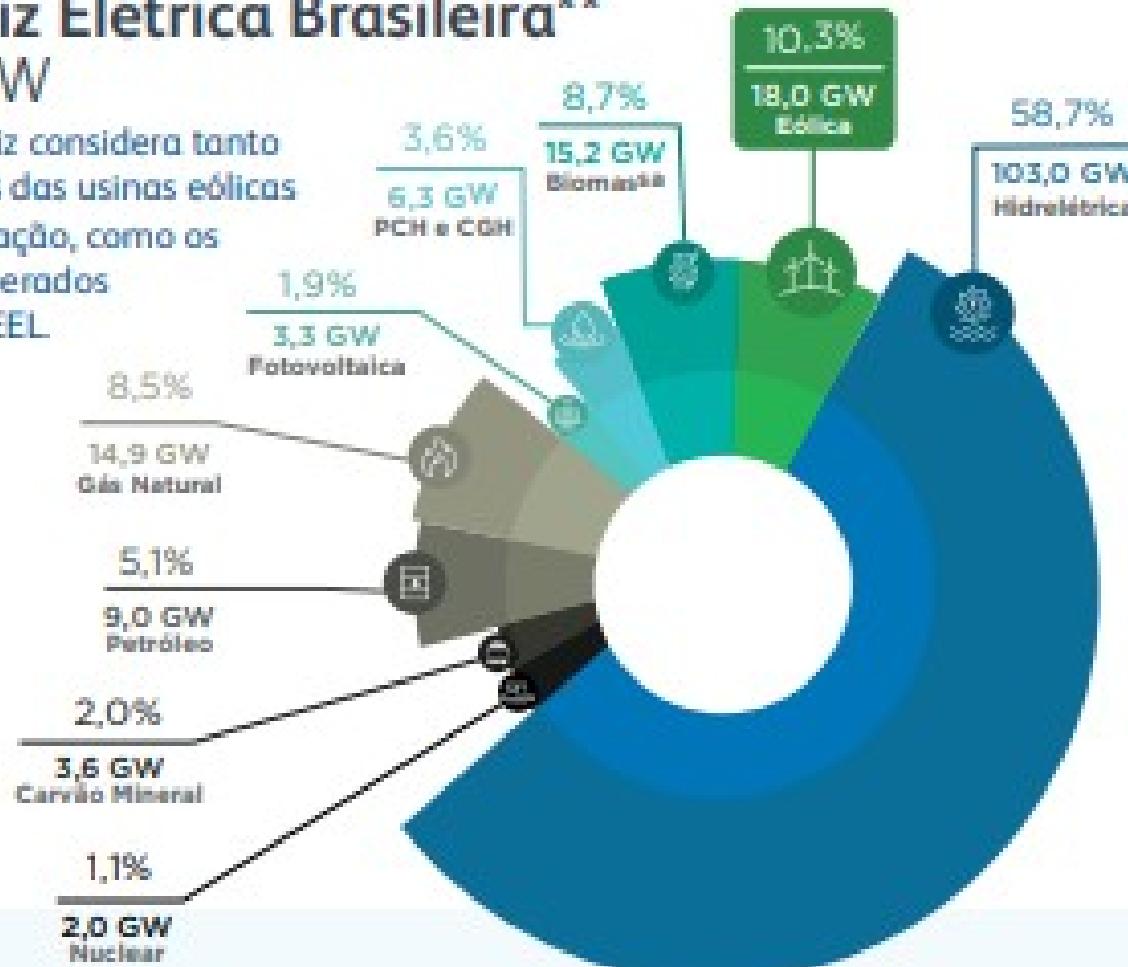
Introdução

- Brasil grande potencial eólico, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro estimou uma capacidade **instalável** de 143 GW (AMARANTE, 2001)

Introdução

Matriz Elétrica Brasileira** em GW

**A matriz considera tanto os dados das usinas eólicas em operação, como os testes liberados pela ANEEL.



Fonte: SIGMA/ANEEL, último atualização em 01/02/2021

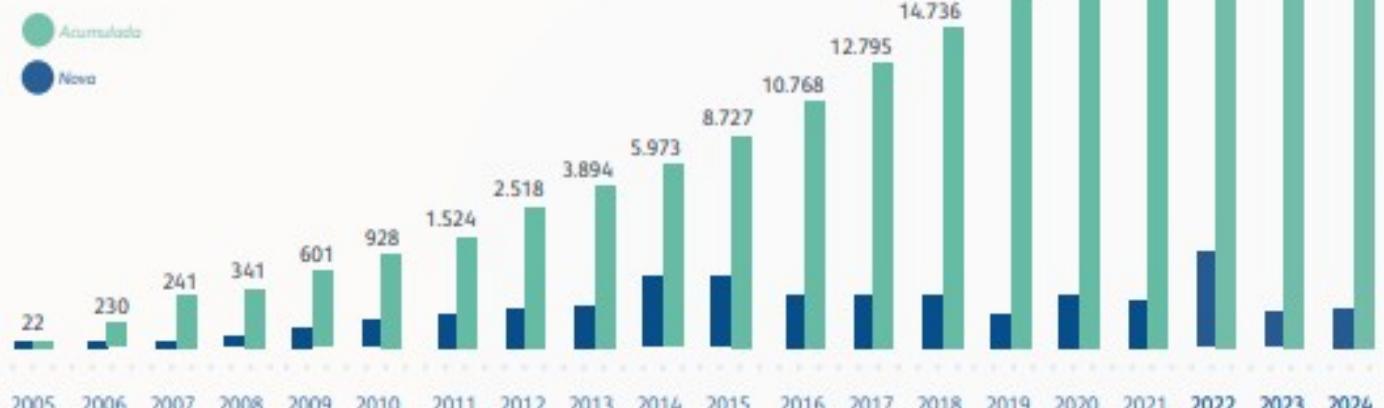
Figura 1: Matriz elétrica Brasileira. FONTE: ABEE, 2021.

Introdução

Capacidade instalada e Número de Parques por estado

UF	Potência (MW)	Parques
RN	5.154,2	182
BA	4.879,6	189
PB	2.275,9	79
CE	2.179,3	84
RS	1.835,9	80
PE	798,4	34
MA	426,0	15
SC	238,5	14
PB	157,2	15
SE	34,5	1
RJ	28,1	1
PR	2,5	1
TOTAL	18.010,1	695

Evolução da Capacidade Instalada em MW



Os dados futuros apresentados no gráfico acima referem-se a contratos viabilizados em leilões já realizados e no mercado livre. Novos leilões vão adicionar mais capacidade instalada para os próximos anos.

Figura 2: Capacidade instalada e número de parques. FONTE: ABEE, 2021.

Introdução

As variações da velocidade do vento influenciam no planejamento do recurso eólico, portanto:

- Sistema de previsão da velocidade e direção do vento (físicos e estatísticos)

Algumas escalas de previsão:

- Previsões com um horizonte de 24 horas (programação de despacho e comercialização de energia).
- Previsões de 1 a 7 dias (manutenção dos parques, e operações de armazenamento de energia)

(SOMAN, 2010)

Introdução

- Os modelos de previsão numérica do tempo campos: (temperatura, pressão, umidade, vento)
- Sensibilidade das condições iniciais (LORENZ, 1968).
- Erros devidos as imperfeições na modelagem, propagam-se a medida em que avançamos a previsão no tempo.
- Estes erros não podem ser mensuráveis apenas com previsões determinísticas, pois elas geram um único estado futuro da atmosfera e não quantificam a incerteza daquela previsão.

Introdução

Conversão de vento para energia:

Esta relação torna a previsão de energia eólica incerta, visto que a potência depende da velocidade do vento ao cubo.

Portanto, o erro obtido da previsão de velocidade do vento também será ampliado ao cubo (CHENG, 2013).

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Introdução

Segundo (PESSANHA, 2017), um método adequado para a previsão do vento seriam as previsões probabilísticas, que flexibilizam as opções dos operadores de parques eólicos na administração da energia produzida quantificando a incerteza daquela previsão.

Introdução

Avaliação do conjunto de dados observados no parque eólico;
Avaliação sinótica dos dois casos;
Avaliar combinação das opções de parametrização da Camada Limite Planetária (CLP) e Camada Limite Superficial (CLS) para a região de estudo;
Previsão probabilística por meio da técnica de previsão por conjuntos;

Revisão da literatura

- Modelos numéricos de previsão do tempo:
Algorítimos que resolvem as equações dos fenômenos atmosféricos e suas variações ao longo do tempo, através de métodos numéricos para cada ponto de grade.
- Conservação do momento (2º Lei de Newton)
- Conservação de energia (1º Lei da termodinâmica)
- Conservação de massa (Equação da continuidade)
- Equação de estado
(AI-YAHYAY, S. et al, 2010)

Revisão da literatura

- A distância horizontal entre os pontos de grade (resolução horizontal).

Teoricamente quanto maior for a resolução, melhor a previsão (CHIN et al, 2010).

Porém os modelos com maior resolução necessitam de grandes recursos computacionais, e demoram mais tempo a serem executados e podendo tirar a importância da previsão.

Revisão da literatura

- Verticalmente o distanciamento é irregular, com mais camadas na baixa troposfera onde ocorrem a maioria dos fenômenos meteorológicos.

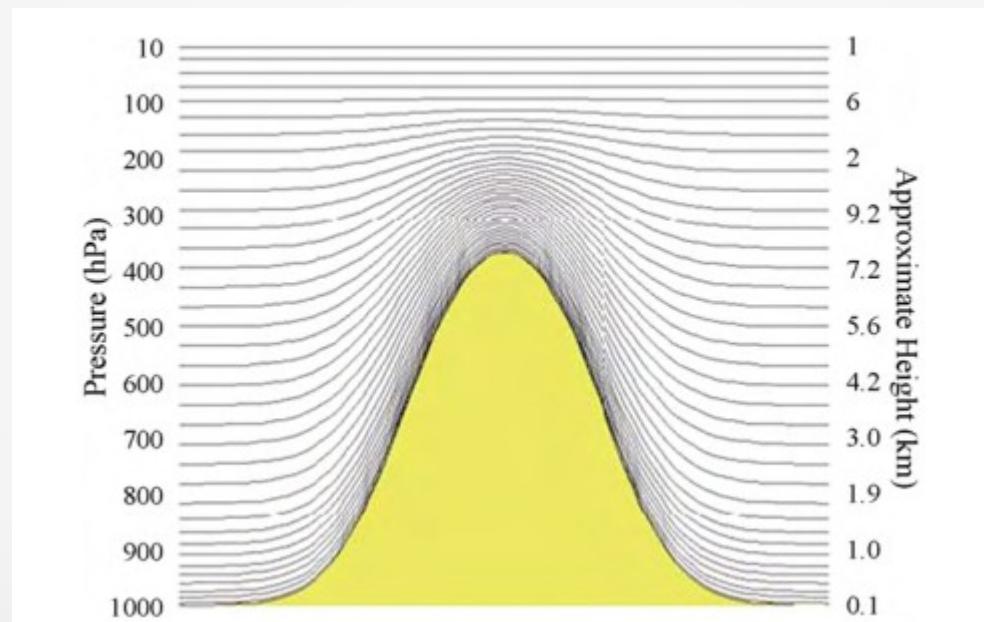


Figura 3: Sistema de coordenadas verticais híbrido. À esquerda, níveis de pressão em hPa. À direita, altura aproximada em quilômetros. FONTE: Picolo, et al. 2014.

Revisão da literatura

- Fenômenos que acontecem em escala de subgrade;
- Cálculo dos fenômenos que ocorrem em escala menor que a resolução do modelo (parametrizações).

O esquema de parametrizações do WRF é composto por modelos internos de **microfísica**, **física de convecção** profunda e rasa, **física de camada superficial** (CLS), **física de solo**, **física de camada limite planetária** (CLP), **física de radiação** de onda curta e longa (SKAMAROCK, 2019).

Revisão da literatura

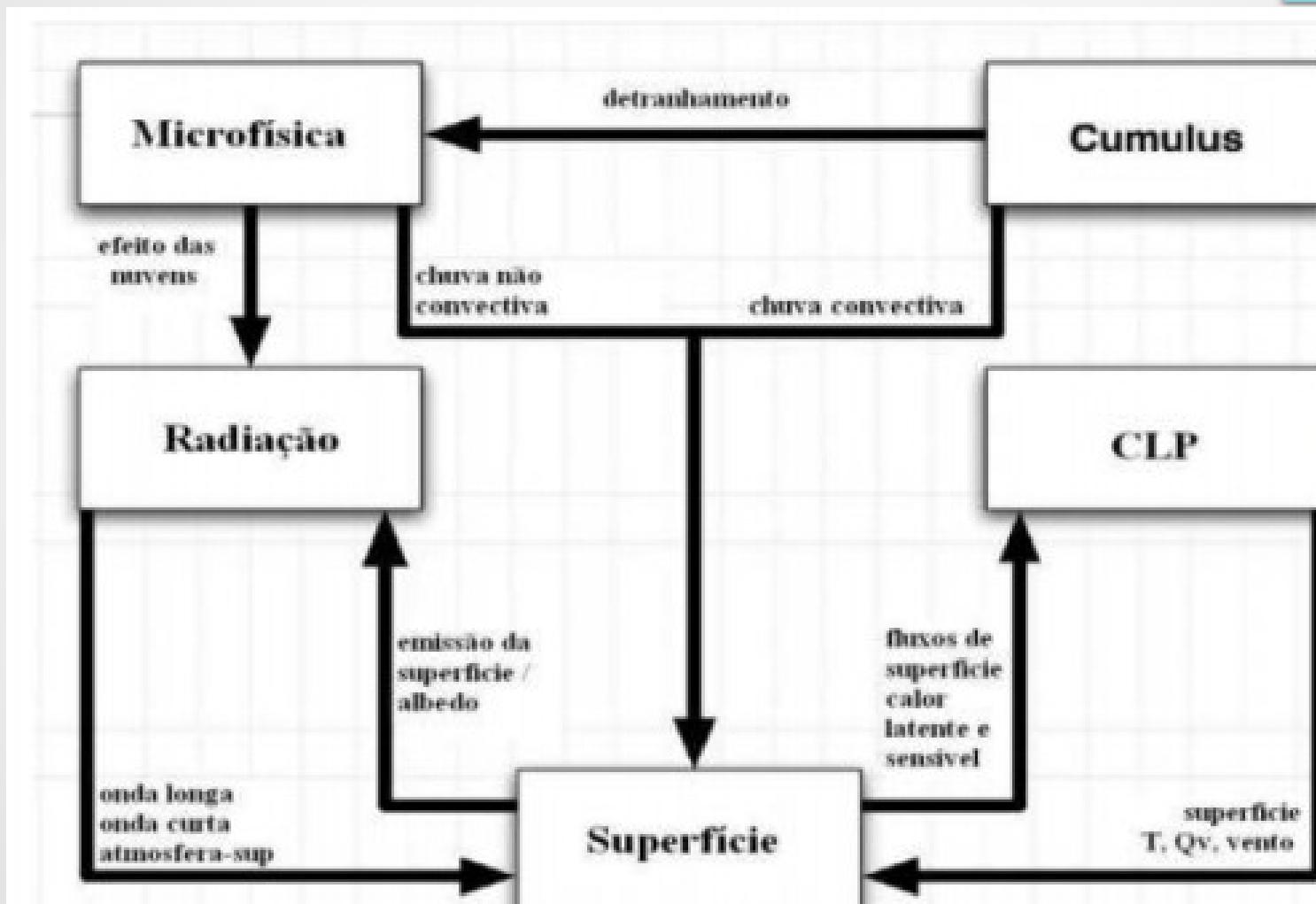


Figura 5: Fluxograma do funcionamento dos modelos de parametrização física do modelo WRF. Adaptado de FONTE: SKAMAROCK, 2019..

Revisão da literatura

- Todas as parametrizações interagem diretamente com o modelo de superfície, albedo (radiação), fluxos de calor latente e sensível (camada limite).
- A parametrização de CLP interage diretamente com a física de CS através dos fluxos de calor e umidade. Estas quantidades físicas são distribuídas na CLP através da difusão vertical.
- As parametrizações de microfísica e convecção fornecem as informações referentes ao tipo e quantidade de precipitação para o modelo de superfície.

Revisão da literatura

Ji et al, 2009, estudaram o desempenho das parametrizações de CLP usando a quinta geração do modelo de meso escala MM5 e WRF no caso do furacão Ewiniar, chegando à conclusão que a parametrização Yonsei University (YSU) e Mellor-Yamada-Janjic (MYJ) foram os mais confiáveis na simulação de ventos sobre o oceano.

Revisão da literatura

Chin et al, 2010, analisaram cinco eventos com condição de céu claro, com o objetivo de avaliar o impacto da resolução de grade na previsão de ventos em baixos níveis para a Califórnia e o Texas.

Os autores concluíram para a Califórnia o modelo apresentou um erro que diminui em função do aumento de resolução de grade.

No Texas o erro apresenta pouca dependência da resolução e é relativamente independente da configuração física também.

Revisão da literatura

Previsões probabilísticas se diferenciam das determinísticas pois quantificam a incerteza de um evento (GNEITING, T. & KATZFUSS, M., 2014).

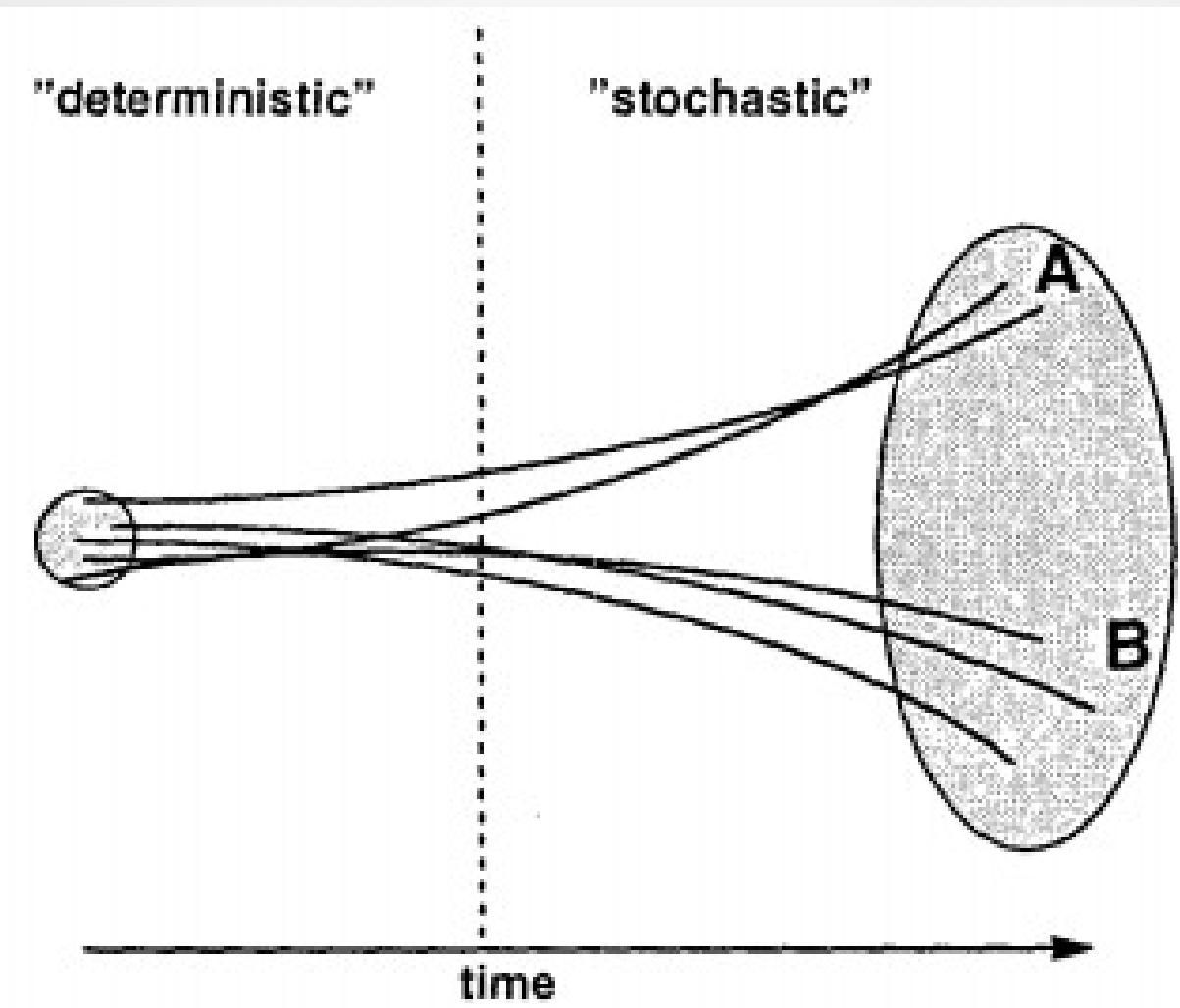


Figura 6 – Esquema de previsão por conjuntos com condições iniciais distintas, representando resultados de cada conjunto. No gráfico *deterministic* e *stochastic* significam previsões determinísticas e estocásticas, respectivamente em inglês. No eixo horizontal *time* significa tempo. FONTE: TRACTON, (1993).

Revisão da literatura

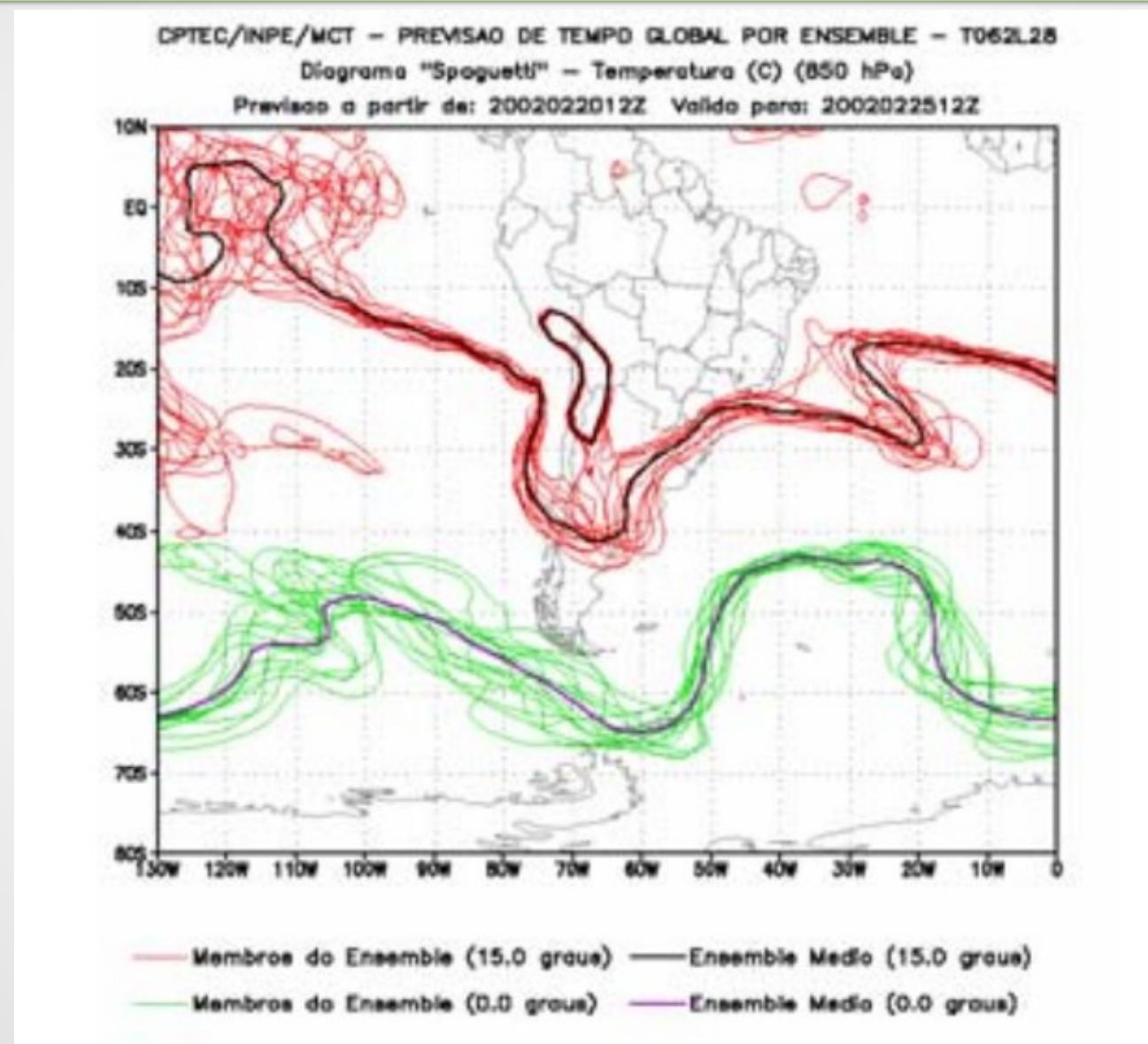


Figura 4: Diagrama “Spaghetti”. FONTE: Mendonça, A.; Bonatti, J., 2002.

Revisão da literatura

Stensrud, D. J., et al, 2000, testaram dois conjuntos criados a partir de diferentes esquemas de parametrização e inicializações em tempos diferentes. As simulações investigaram Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).

O conjunto composto por diferentes parametrizações obteve resultados melhores que o conjunto inicializado com defasagem na inicialização.

Os autores concluíram que um conjunto de membros com variação em sua física é melhor que um único modelo para SCM.

Metodologia

- WRF (versão 4.2).
- Resolução horizontal 15km.
- 40 níveis verticais.
- Domínio centrado no parque.

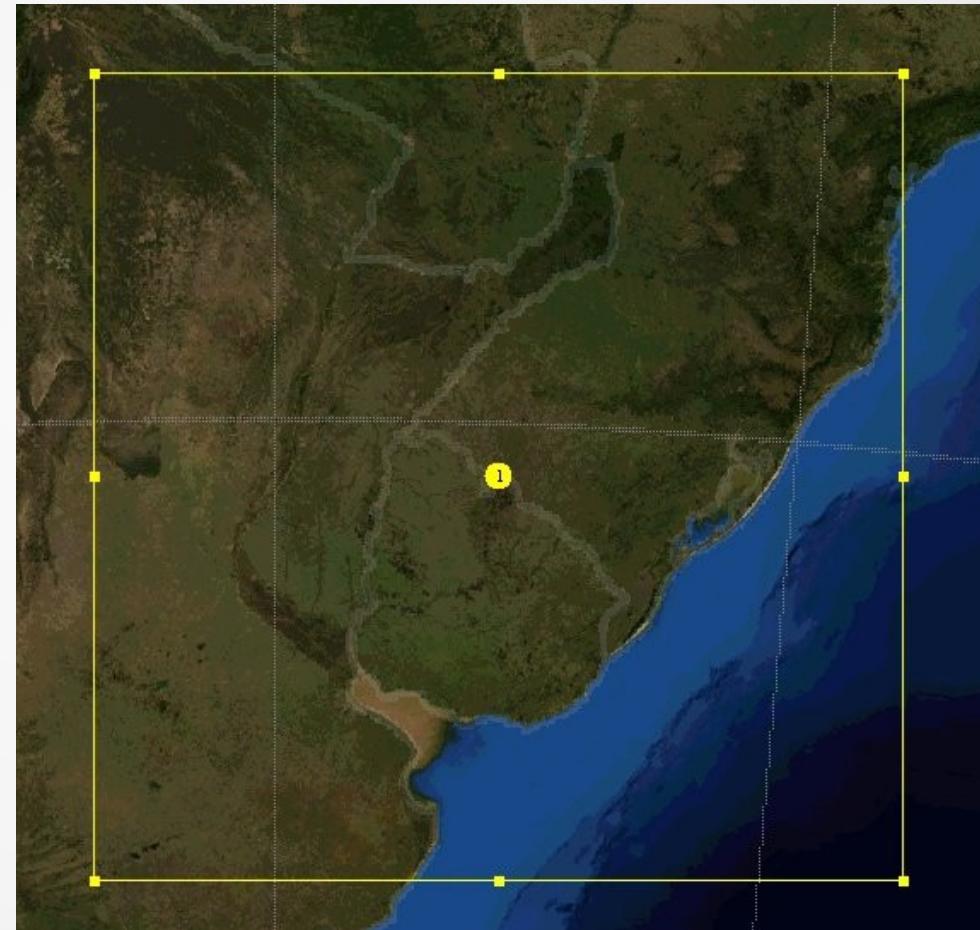


Figura 7: Domínio centrado no parque eólico do Cerro Chato, Santana do Livramento.

Metodologia

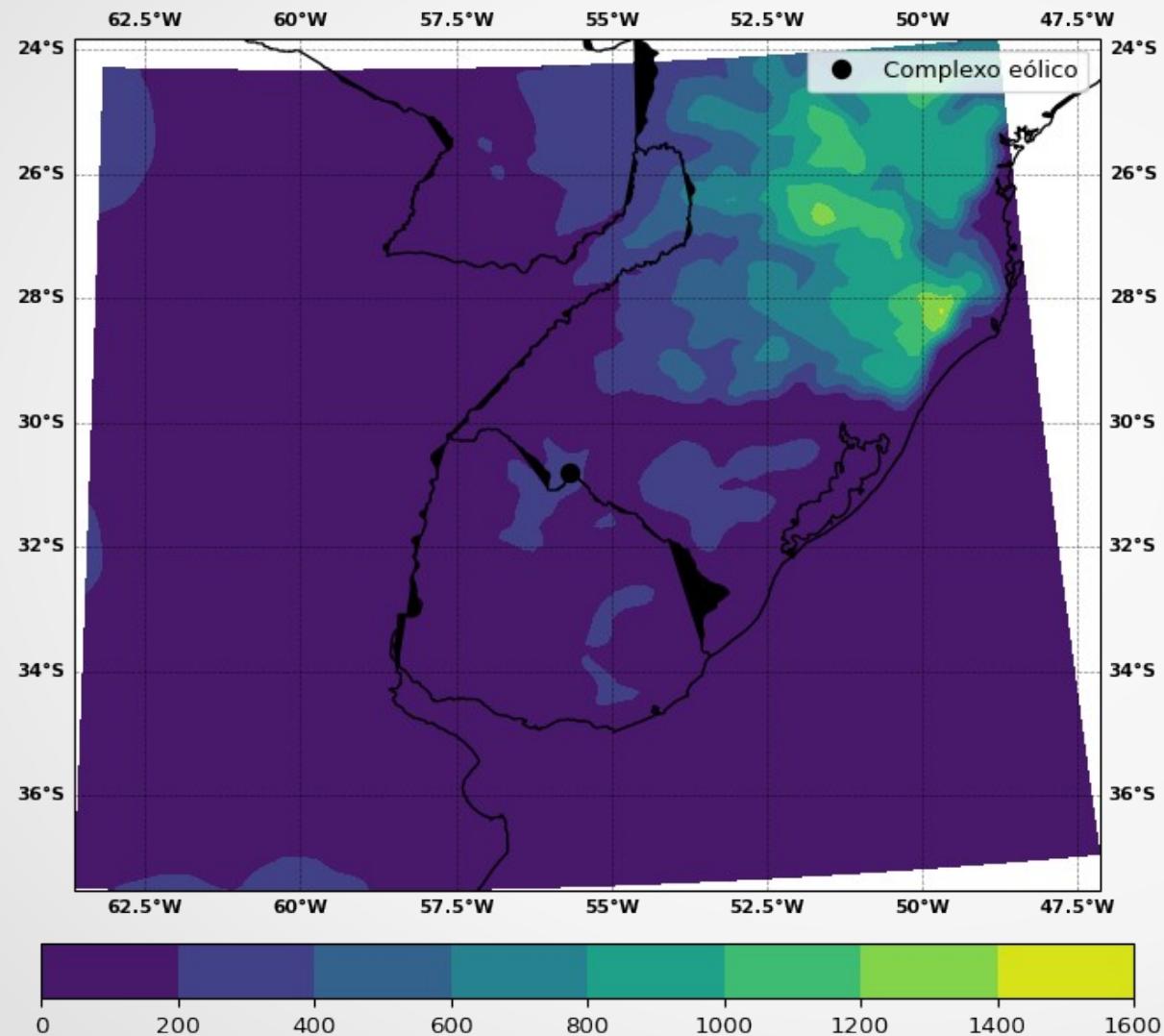


Figura 8: Topografia para o domínio em metros.

Metodologia

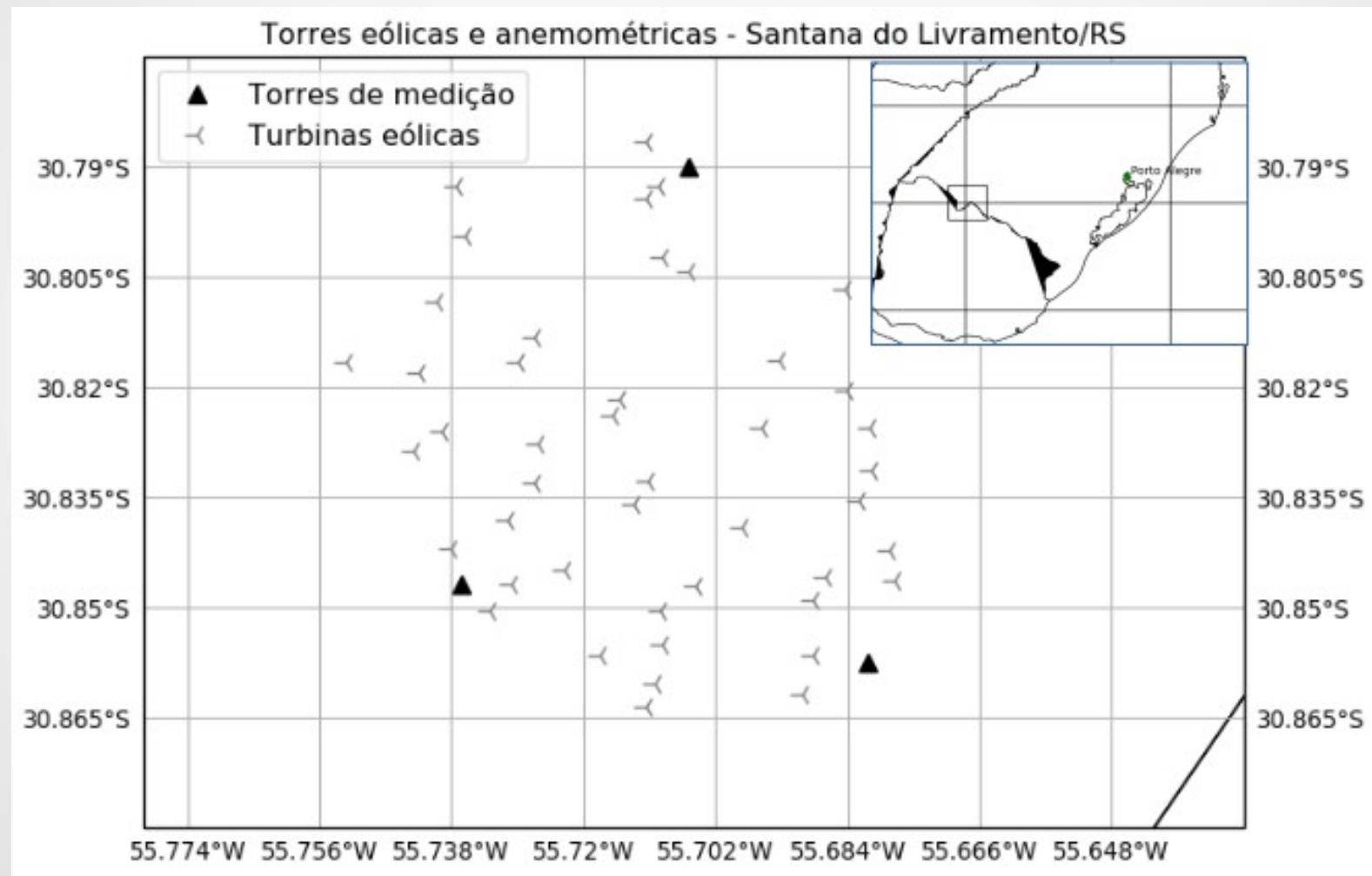


Figura 9: Localização do parque eólico.

Metodologia

DADOS

- Velocidade do vento 106m;
- Dados do canal infravermelho C13 do GOES 16
- Previsões do modelo GFS;
- Reanálise do modelo europeu European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF).

Metodologia

Física de Radiação Onda Curta	RRTMG (Iacono et al., 2008)
Física de Radiação Onda Longa	RRTMG (Iacono et al., 2008)
Microfísica	Thompson (Thompson, et al., 2008)
Cummulus	Kain-Fritsch, (Kain, 2004)
Física de Superfície	Noah land surface model

Tabela 1: Configuração do modelo de controle utilizada como base para o conjunto.

Metodologia

Camada Limite Planetária (CLP)	Camada Limite Superficial (CLS)
1°) YSU - Hong, Noh and Dudhia (2006)	Revised MM5
2°) GFS - Hong and Pan (1996)	GFS - Hong and Pan (1996)
3°) MYJ - Janjic (1994)	Eta similarity
4°) MYNN2 - Nakanishi and Niino (2006)	Eta similarity
5°) MYNN3 - Nakanishi and Niino (2006)	Revised MM5
6°) BouLac - Bougeault and Lacarrere (1989)	Eta similarity
7°) QNSE - Sukoriansky, Galperin and Perov (2005)	Quasi-Normal Scale Elimination PBL scheme's surface layer option
8°) MYNN2 - Nakanishi and Niino (2006)	MYNN surface layer
9°) ACM2 - Pleim (2007)	Pleim-Xiu surface layer

Tabela 2: Variação das parametrizações de CLP e CS para cada membro do conjunto.

Resultados preliminares

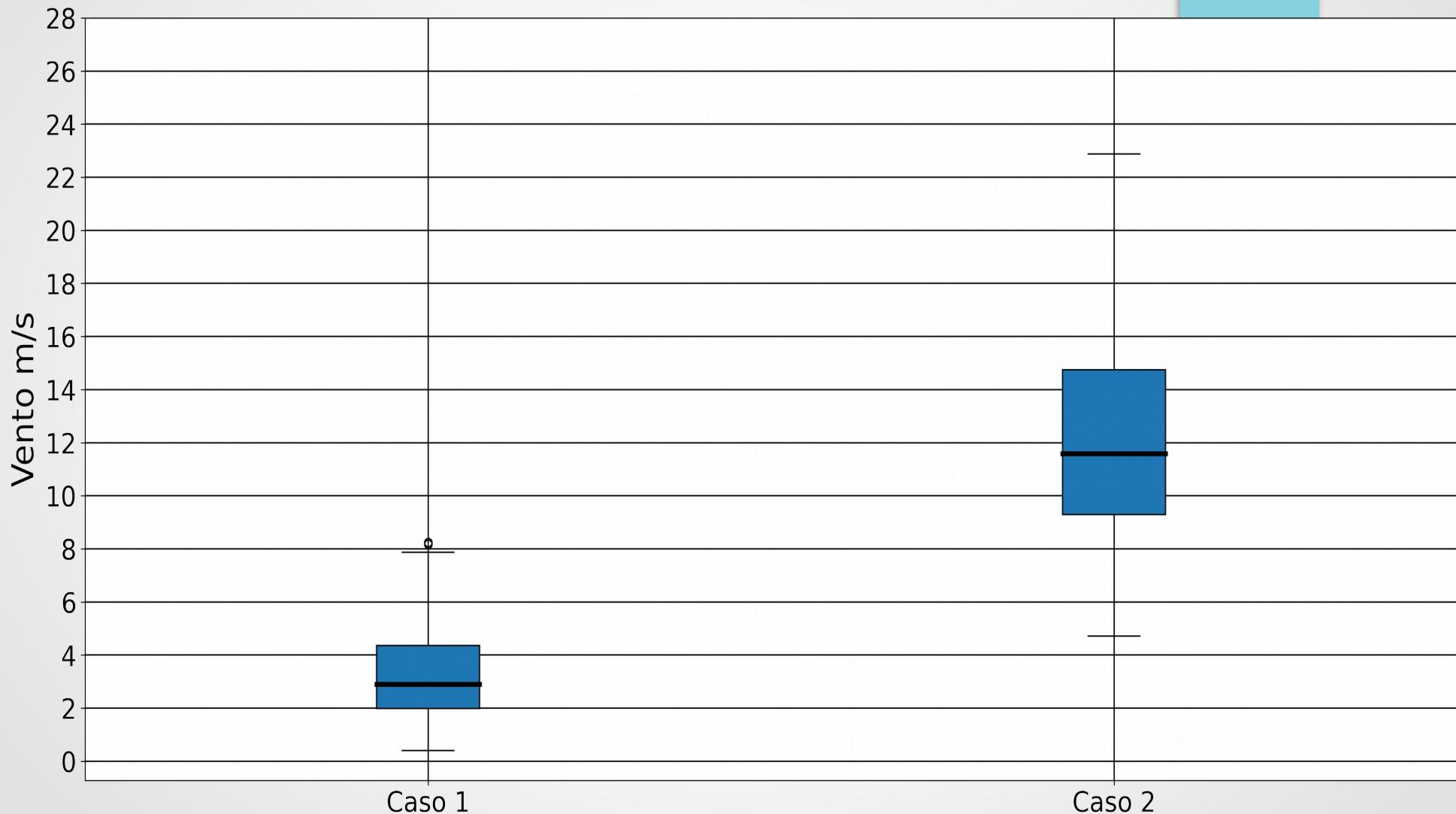


Figura 12 – Boxplot dos dois conjuntos de dados. A seguir, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo para os dois casos. Caso 1: 3.19, 1.62, 8.25 e 0.4. Caso 2: 11.9, 3.73, 22.9 e 4.72.

Resultados preliminares

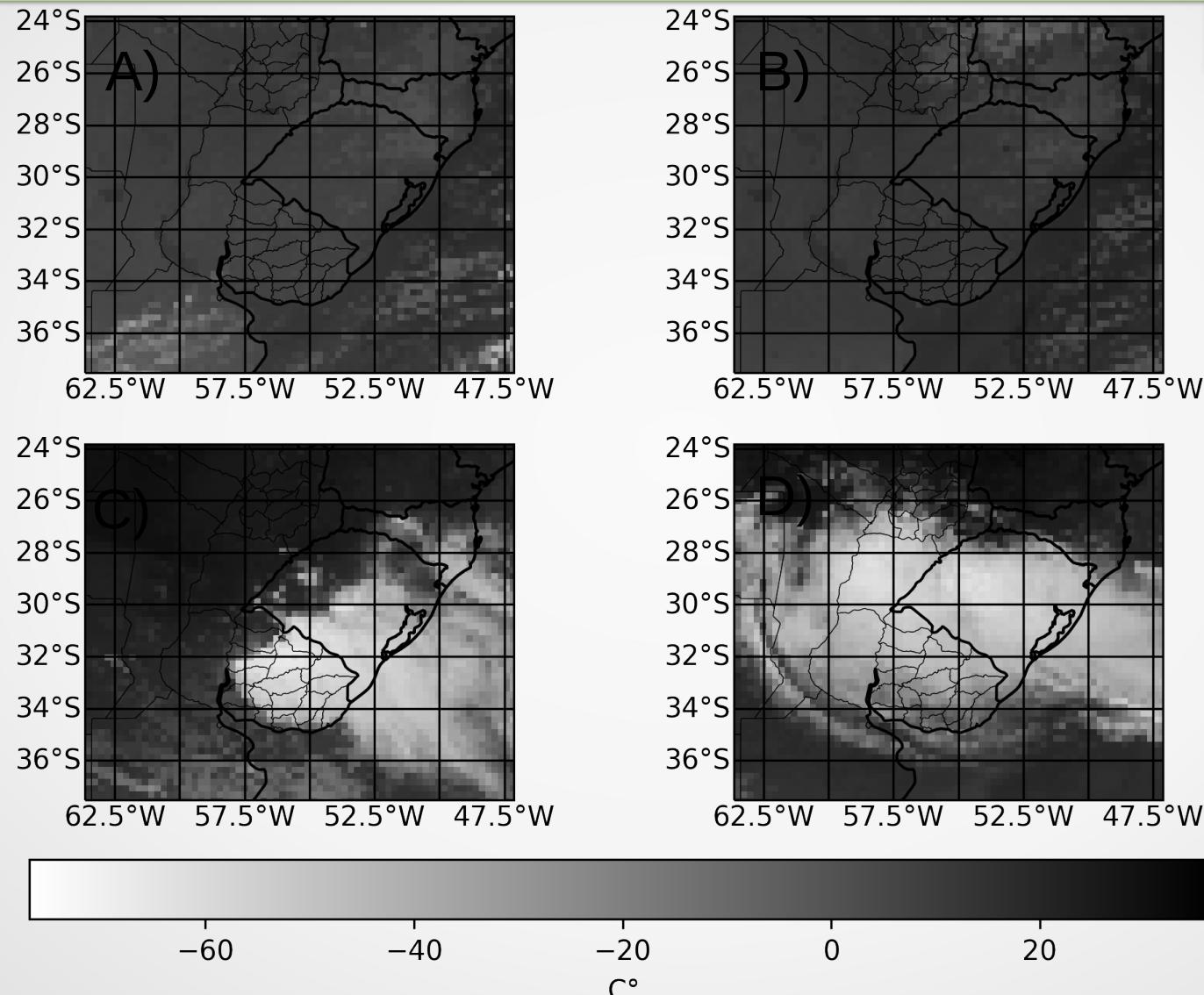


Figura 10 – Imagens do satélite GOES 16 do canal 13. As imagens A, B, C e D representam as seguintes datas: 23 e 24/05/18 às 12 UTC e 23 e 24/09/18 às 12 UTC.

Resultados preliminares

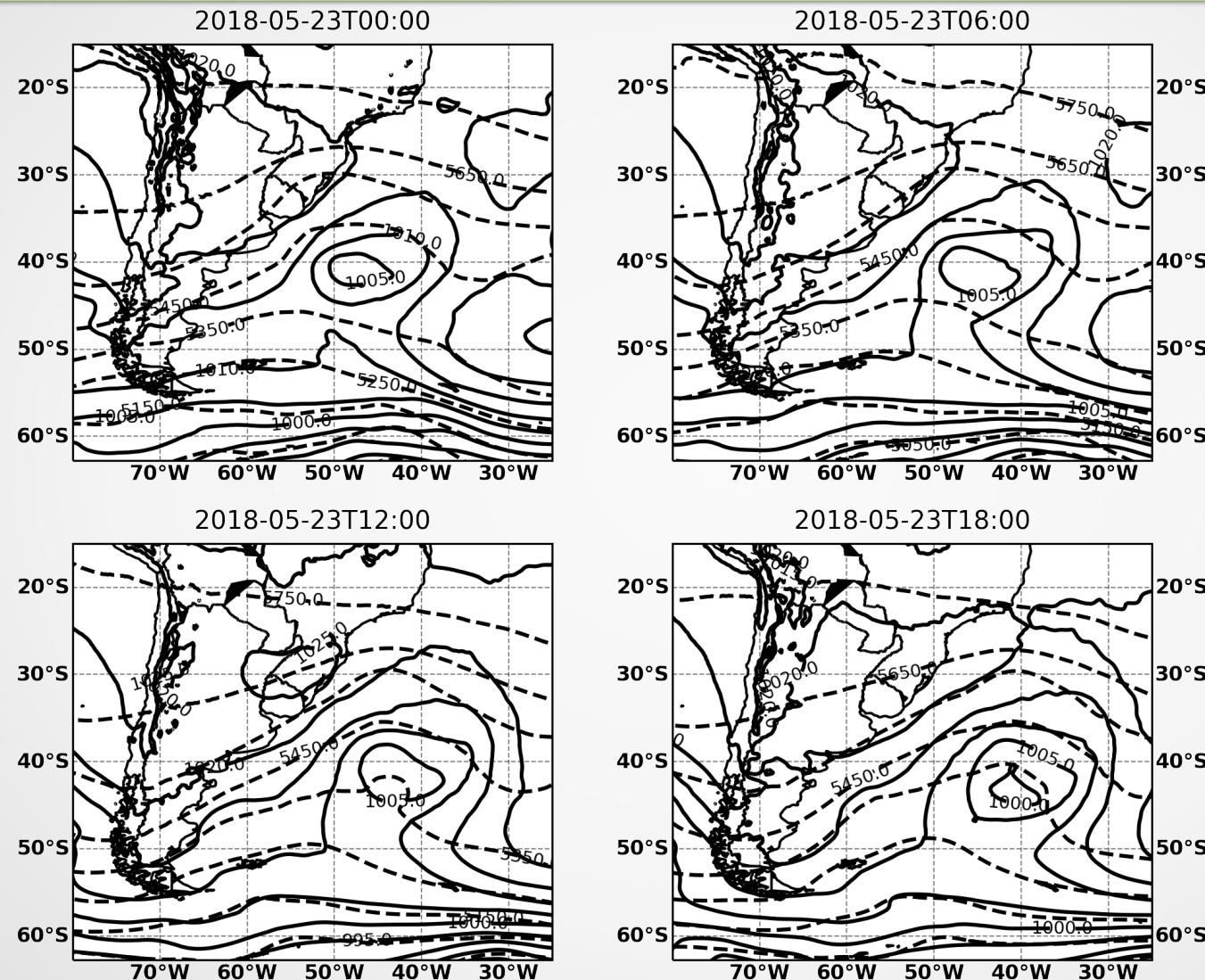


Figura 12 – Campo meteorológico ERA 5 (1º Caso). Linhas tracejadas espessura geopotencial entre 1000 e 500hPa. Linhas contínuas pressão ao nível médio do mar.

Resultados preliminares

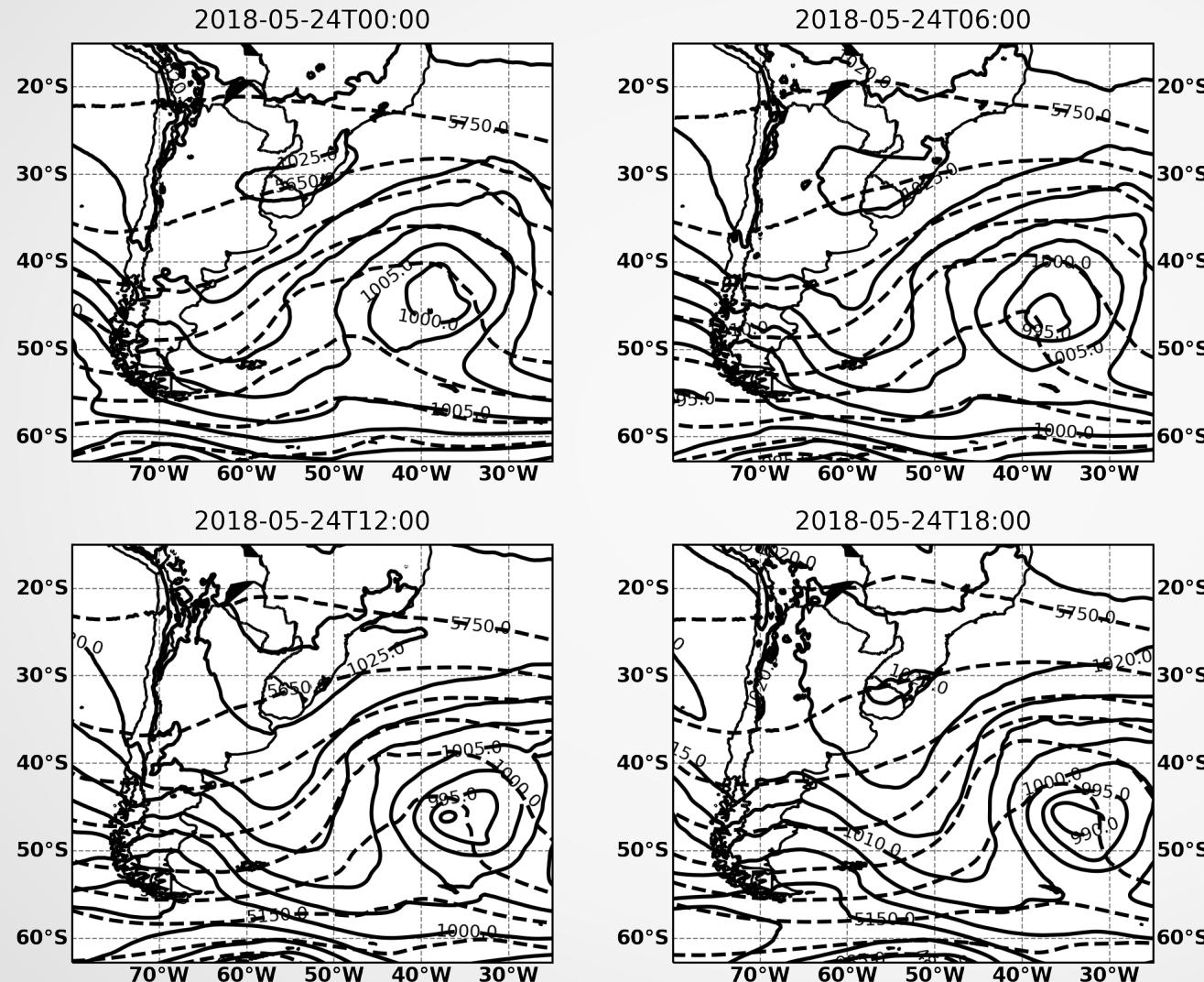


Figura 13 - Campo meteorológico ERA 5 (1° Caso). Linhas tracejadas espessura geopotencial entre 1000 e 500hPa. Linhas contínuas pressão ao nível médio do mar.

Resultados preliminares

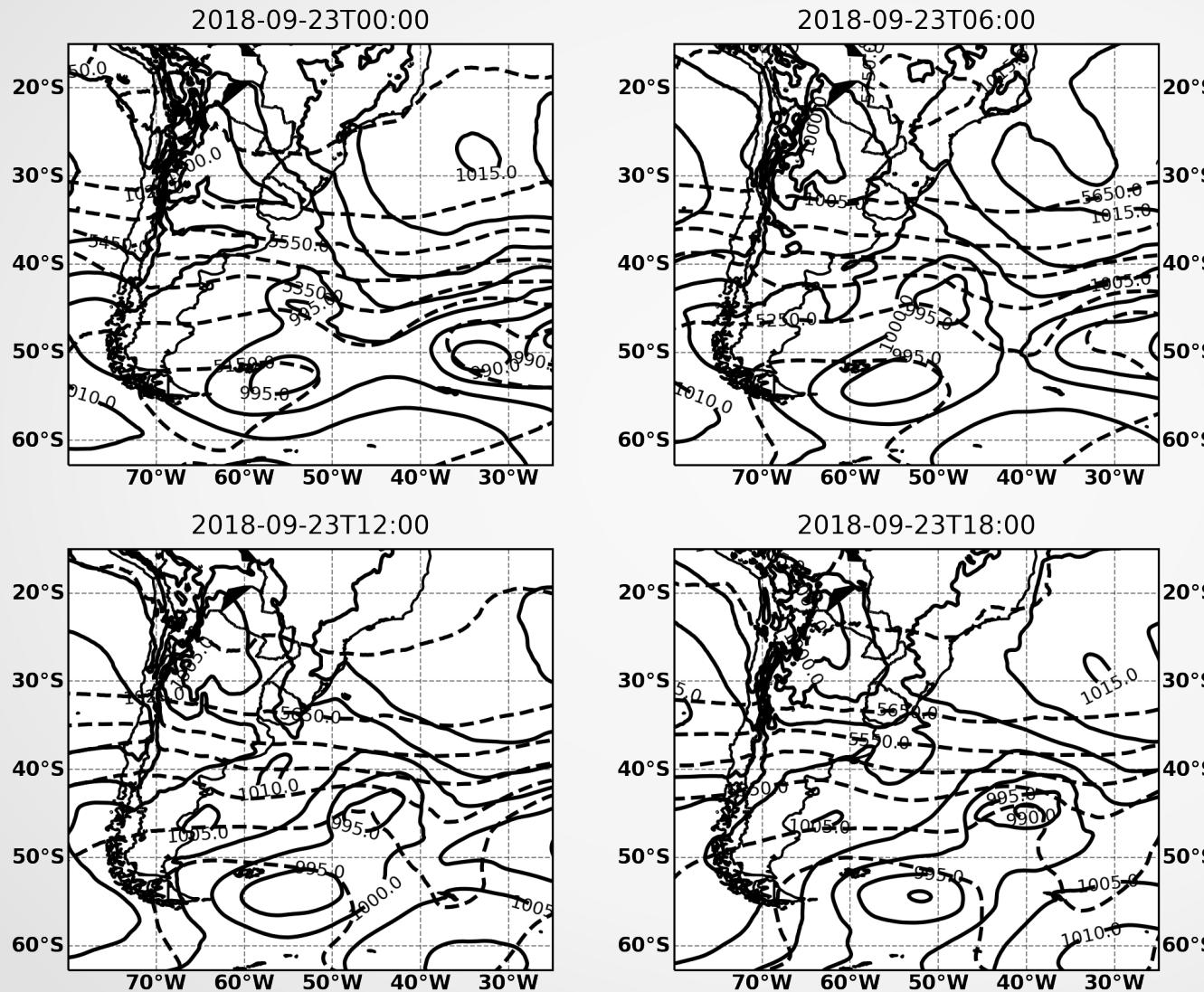


Figura 14 - Campo meteorológico ERA 5 (2º Caso). Linhas tracejadas espessura geopotencial entre 1000 e 500hPa. Linhas contínuas pressão ao nível médio do mar.

Resultados preliminares

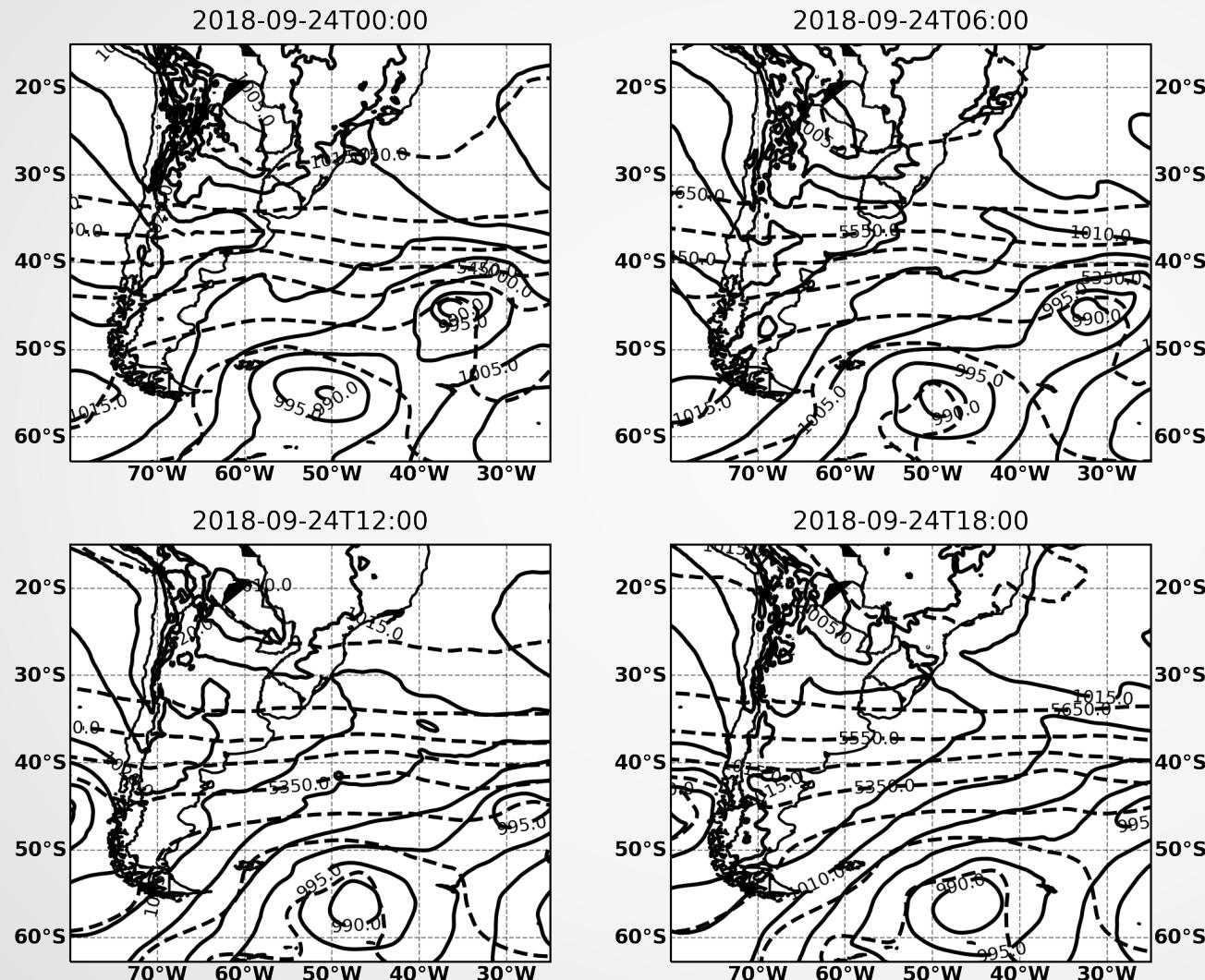


Figura 15 - Campo meteorológico ERA 5 (2º Caso). Linhas tracejadas espessura geopotencial entre 1000 e 500hPa. Linhas contínuas pressão ao nível médio do mar.

Conclusão

- 1º Caso:
 - Sistema de alta pressão atuante sobre a região sul do Brasil. Período de estabilidade com pouca variação do vento.
- 2º Caso:
 - Predominância da atividade convectiva, como consequência o vento apresentou uma variação maior.
 - Sistema de baixa pressão no Noroeste argentino e um cavado zonal sobre o Uruguai causou a instabilidade.

FIM

- OBRIGADO PELA ATENÇÃO!!