



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-12984-PRE/8261

REFINAMENTO DAS PREVISÕES DE INTENSIDADE DO VENTO DO MODELO ETA

Edgard de Freitas Diniz Evangelista*

*Bolsista UFSM

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE), orientado pela
Dra. Chou Sin Chan

INPE
São José dos Campos
2005



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

REFINAMENTO DAS PREVISÕES DE INTENSIDADE DO VENTO DO MODELO ETA

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Edgard de Freitas Diniz Evangelista (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: edgard@cptec.inpe.br

Dra. Chou Sin Chan (DMD/CPTEC/INPE, Orientadora)
E-mail: chou@cptec.inpe.br

Junho de 2005

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 ...objetivo.....	1
CAPÍTULO 2 – TEORIA	1
2.1 ...o esquema moc.....	2
CAPÍTULO 3 –METODOLOGIA	2
3.1 ...escolha e preparação dos dados.....	2
3.2 ...peenchimento de pequenas falhas.....	2
3.3 ...justificativa para a pesquisa por novas variáveis.....	2
3.4 ...o ajuste de curvas.....	3
3.5 ...previsão por persistência dos erros.....	4
3.6 ...avaliação dos erros.....	4
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	5
4.1 ...testes para janeiro.....	5
4.2 ...testes para fevereiro.....	9
4.3 ...testes para março.....	12
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	17
5.1 ...pesquisas futuras.....	17
APÊNDICE	
Listas das novas variáveis incluídas no modelo.....	18

1.Introdução

As previsões de velocidade de vento do modelo Eta apresentam limitações numéricas e truncamento, pois este modelo utiliza células horizontais de 40 por 40 km. Dentro dessa área pode haver variações de vegetação, altitude ou áreas urbanas que não são percebidas na resolução espacial do modelo Eta. Para para que as previsões do modelo tenham valor pontual, isto é, uma localidade, é necessário corrigir de forma estatística utilizando-se as séries históricas da localidade.

A finalidade da presente pesquisa é a calibração das previsões da magnitude do vento do modelo Eta utilizando o MOC (Model Output Calibration). Este esquema tem se mostrado um método eficiente para a calibração de variáveis bem comportadas (de Souza, 2000). No entanto, para que a calibração seja satisfatória é necessária a introdução de novas variáveis ao modelo. Novos testes foram realizados para a cidade de Florianópolis, utilizando-se os meses de janeiro, fevereiro e março de 2005 como períodos dos testes. No momento optou-se pela utilização da magnitude do vento ao invés da aplicação das componentes meridional e zonal separadamente.

1.1 Objetivo

O objetivo desses testes é pesquisar formas de se aprimorar o desempenho do MOC, através da inclusão de novas variáveis e de um controle mais rigoroso dos dados observacionais disponíveis para teste.

2.Teoria

2.1 O esquema MOC

O esquema MOC utiliza a regressão linear multivariada, onde o preditando é a diferença entre a magnitude do vento prevista pelo modelo Eta e a magnitude observada nas estações.

Até o momento, para a aplicação do MOC, levou-se em consideração que o preditando (magnitude prevista pelo modelo menos magnitude observada) era função linear das variáveis atmosféricas previstas pelo modelo Eta:

$$\Delta V_{i,j}(t) = \Lambda_0 + \sum_{k=1}^N \Lambda_k X_{i,j,k}(t)$$

Onde i,j são as coordenadas do local onde se mediu a variável, X_k são as variáveis atmosféricas (preditores) e Λ_k são os coeficientes dos preditores.

A seleção das variáveis do modelo a serem utilizadas na equação de regressão é feita através do cálculo da correlação linear entre o preditando ($\Delta V_{i,j}(t)$) e cada uma das variáveis preditoras ($X_{i,j,l}$) do modelo Eta, através da expressão:

$$r_l = \frac{\sum_{t=1}^N [(\Delta V_{i,j,t} - \overline{\Delta V_{i,j}})(X_{i,j,l,t} - \overline{X_{i,j,l}})]}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (\Delta V_{i,j,t} - \overline{\Delta V_{i,j}})^2 \sum_{t=1}^N (X_{i,j,l,t} - \overline{X_{i,j,l}})^2}}$$

Onde ΔV_t é o preditando para cada horário da série, $\overline{\Delta V}$ é a média aritmética dos preditandos, $X_{i,t}$ é cada variável para o horário considerado e $\overline{X_i}$ é a média. são funções das variáveis. Estabelece-se um valor limite para r_1 , e apenas preditores que tenham correlação maior ou igual ao valor de referência serão consideradas para compor a equação de regressão.

Para a formação da equação acima, ao invés de se utilizar todas as variáveis de saída do modelo Eta, utilizam-se no máximo seis.

. Seleccionadas as variáveis, monta-se a equação de regressão e calculam-se os coeficientes.

Após o cálculo dos coeficientes Λ_1 , calcula-se $\Delta V_{i,j}$ para o horário N+1 e faz-se a correção:

$$V_{moc}(t) = V_{i,j}(t) - \Delta V_{i,j}(t), \text{ onde } t = N+1, \dots, N+M,$$

sendo M o tamanho da série de calibração.

3. Metodologia.

3.1 Escolha e preparação dos dados:

Optou-se por se utilizar dados mais recentes para a execução dos testes, (janeiro, fevereiro e março de 2005).

A razão da escolha de dados mais recente é porque proporcionam maior confiabilidade, pois os bancos de dados mais recentes podem ser acessados com maior facilidade e rapidez no caso de eventuais correções a conferências.

Porém, mesmo com dados confiáveis, falhas são comuns, tais como dados que às vezes não podem ser recuperados ou dados com valores muito maiores que o desvio padrão do restante da série.

Erros operacionais são os principais causadores do surgimento de tais valores discrepantes. Em ambas situações, as séries de dados devem ser corrigidas, para isso se usa a interpolação linear.

3.2 Preenchimento de pequenas falhas

As experiências com intensidade do vento têm sido realizadas com séries de dados a intervalos de 6 em 6 horas, conseqüentemente, valores vizinhos aos dados de 12Z são dados referentes a 6Z e 18Z. Dessa forma, se o dado referente às 12Z estiver faltando ou necessitar substituição por apresentar valor discrepante, uma forma simples de se corrigi-lo é tomando-se a média aritmética dos dados referentes às 6 e às 18Z. Porém, através da experiência, percebe-se que em geral a intensidade do vento sofre variações sensíveis e estocásticas em curtos intervalos de tempo. Portanto, ainda de acordo com o exemplo acima, vê-se que os valores tomados às 6 e às 18Z em geral não possuem relação linear com o valor observado às 12Z. Nesse caso, a interpolação pode fornecer valores artificiais.

É desejável então que se tenha acesso aos dados correspondentes às 11Z e às 13Z para que se faça a interpolação, já que durante esse intervalo mais curto de tempo, a intensidade provavelmente não variará demasiadamente, tornando o valor calculado por interpolação mais próximo ao valor que seria obtido por observação.

3.3 Justificativa para a pesquisa por novas variáveis:

Para a execução do MOC, buscam-se variáveis que tenham correlação linear em relação ao preditando, e exige-se que essa correlação tenha coeficiente acima de determinado valor crítico.

A pesquisa por novas variáveis pode ser justificada da seguinte forma: por simplicidade de raciocínio, supõe-se que o preditando dependa apenas de duas variáveis, de forma que:

$$\Delta V = aF_1(X_1) + bF_2(X_2)$$

Ou seja, o preditando é função linear das variáveis F_1 e F_2 , e estas por sua vez são funções das variáveis originais do modelo (X_1 e X_2).

Haverá boa correlação linear entre F_1 e o preditando se o coeficiente **a** tiver valor grande em relação **a b**.

Seja agora a variação do preditando, calculada relativamente à expressão acima:

$$dV = a \frac{dF_1}{dX_1} dX_1 + b \frac{dF_2}{dX_2} dX_2 \quad (2)$$

Se se considerar o caso mais geral, onde o preditando é uma função qualquer, não necessariamente linear, das variáveis F_1 e F_2 , tem-se:

$$V=V(F_1,F_2)$$

tomando-se sua variação:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial F_1} \frac{dF_1}{dX_1} dX_1 + \frac{\partial V}{\partial F_2} \frac{dF_2}{dX_2} dX_2 \quad (3)$$

Comparando as expressões (2) e (3), percebe-se que a expressão (3) caracteriza dependência linear em relação a, por exemplo, F_1 se $\frac{\partial V}{\partial F_1}$ for constante, e pode ser identificada com a constante a.

No caso presente, ao invés de o preditando depender de duas variáveis, há 80 variáveis no modelo, porém o raciocínio é o mesmo. Assim, deve-se pesquisar variáveis F_n tais que $\frac{\partial V}{\partial F_n}$ seja aproximadamente constante, já que em situações reais, com dependência de muitas variáveis, é impossível que esta derivada seja exatamente constante. O que justifica a pesquisa é que é possível determinar várias funções $V(F_1, \dots, F_n)$ tais que $\frac{\partial V}{\partial F_n}$ não varie consideravelmente.

Para a pesquisa por novas variáveis, escolheram-se vários tipos de funções e estas foram aplicadas a cada uma das variáveis atmosféricas de saída do modelo Eta.

Uma lista das variáveis incluídas pode ser vista no apêndice.

3.4.1 O ajuste de curvas

Nas experiências realizadas, utilizou-se o método do ajuste de curvas. Este método consiste em determinar-se os coeficientes de uma função, cuja forma geral é previamente estabelecida, que melhor se enquadre para descrever a relação entre duas séries de dados, sendo uma série o conjunto de valores da variável dependente, e outra série correspondente à variável independente.

Dadas duas séries de dados, a função mais simples pela qual se pode estimar a relação entre esses dois conjuntos é a função linear, com sua forma mais geral dada por:

$$y = ax + b \quad (1)$$

A essência do método consiste na determinação dos coeficientes **a** e **b**.

Utilizou-se também, como medida da eficiência do ajuste, o coeficiente “S”:

$$S = [y, y] - \sum_{i=1}^n [F_i, y] a_n$$

$$\text{Onde } [y, y] = \sum_{i=1}^p y_i^2, \quad [F_n, y] = \sum_{i=1}^p y_i F_n(y_i).$$

No caso presente, será utilizada a função na forma (1), onde o preditando ΔV será a variável dependente e a variável independente x será uma função de um dos preditores.

Assim, a função toma a forma:

$$\Delta V_{i,j} = aF_1(X_i) + b$$

Dados os valores do preditando e de uma certa variável atmosférica X_i , e determinando-se uma forma para a função $F_1(X_i)$, pode-se obter através do cálculo de S a eficiência com que a função $F_1(X_i)$ representa a relação entre preditando e variável atmosférica. Quanto menor for “S”, melhor terá sido o ajuste, portanto pode-se deduzir que a função $F_1(X_i)$ tem boa correlação linear em relação ao preditando, será considerada uma nova variável e será incluída no modelo.

3.5 Previsão por persistência do erro

É uma maneira simples de fazer previsão. Aplica-se o erro da previsão do dia anterior à magnitude do vento prevista do dia seguinte:

$$V_{pers,i,j}(t+1) = V_{obs,i,j}(t+1) - \Delta V_{i,j}(t)$$

3.6 Avaliação dos erros

Para avaliação do desempenho do MOC em relação ao modelo Eta e à previsão por persistência de erro, utilizam-se três medidas de erro:

$$\begin{aligned} \text{Erro sistemático (BIAS)} &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N (V_i - V_{obs,i}) \\ \text{MAE} &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N |V_i - V_{obs,i}| \\ \text{RMSE} &= \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^N (V_i - V_{obs,i})^2} \end{aligned}$$

Skill Score: é uma medida de comparação entre os erros de dois modos de previsões:

$$SS = \left(\frac{E_{eta} - E_{moc}}{E_{eta}} \right) \times 100\%$$

4. Resultados

Os testes foram realizados utilizando-se dados da cidade de Florianópolis, para três períodos diferentes: janeiro, fevereiro e março de 200. Foram utilizados os 14 primeiros dias da série de dados como período de treinamento, e os período restante como período de calibração e avaliação dos erros.

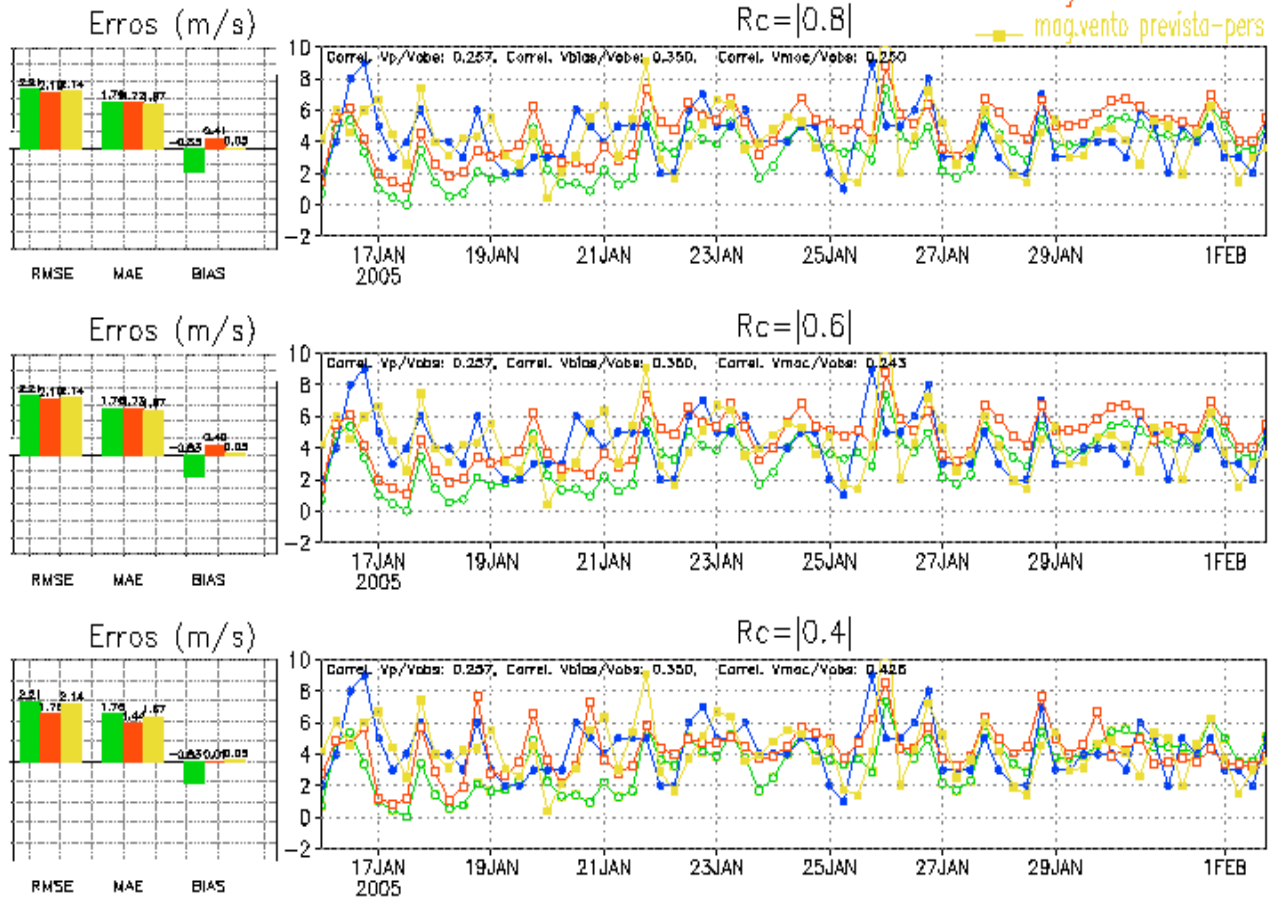
4.1 Testes para janeiro de 2005:

Primeiramente, os testes foram realizados sem a introdução de novas variáveis ao modelo, e apenas realizando-se o modo de interpolação descrito na metodologia.

As séries de treinamento e calibração foram produzidas utilizando-se limiares de correlação de 0.4, 0.6 e 0.8, e as barras de erros correspondentes estão à esquerda das figuras:

Jan/2005 : Florianopolis-SC - intens/55 dias (m/s)

- mag. vento observada
- mag. vento prevista
- mag. vento calibrada
- mag. vento prevista-pers



Nota-se através das barras de erros que o MOC teve desempenho superior ao modelo Eta e à previsão por persistência de erro. Isso ocorre para os três limiares de correlação, entretanto para o limiar de 0.4 o desempenho é mais satisfatório.

Segue abaixo o cálculo do desempenho percentual do MOC sobre outros modelos de previsão, estimado a partir das medidas dos erros extraídos dos gráficos:

Rc	RMSE	MAE	BIAS
0,4	23,10%	15,30%	97%
0,6	4,10%	-1,80%	-21,20%
0,8	1,40%	-1,20%	-21,20%

As dez variáveis que foram classificadas com maior frequência para compor a regressão linear estão listadas a seguir:

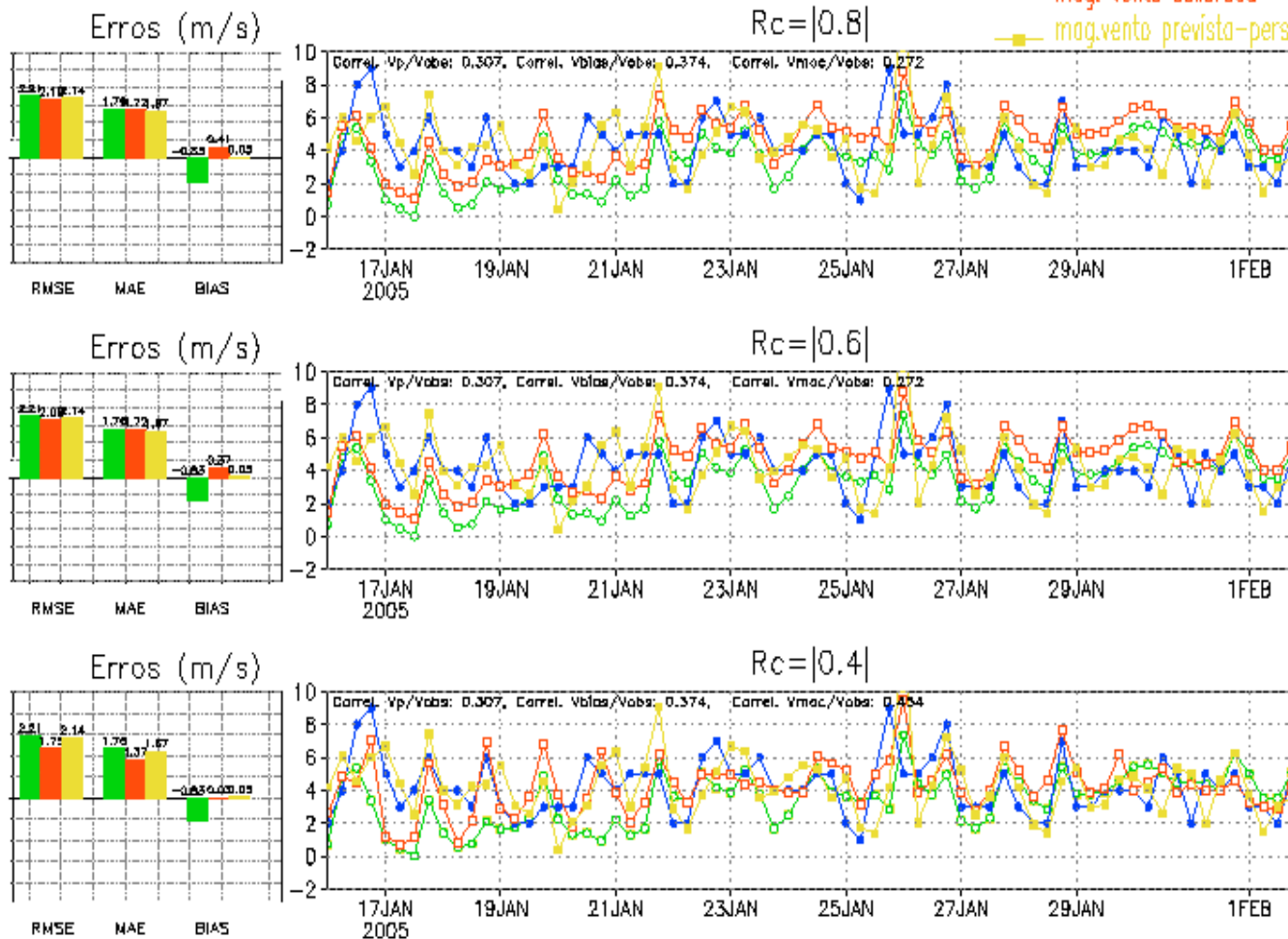
0,4	
variável	frequência
radiação de onda curta emergente a superfície	53 de 70
magnitude do vento	52 de 70
Nebulosidade de níveis médios	16 de 70
componente meridional do vento a 850	14 de 70
componente meridional do vento a 850	12 de 70
módulo do gradiente horizontal de pressão	11 de 70
comprimento de rugosidade	10 de 70
fluxo de calor latente a superfície	8 de 70
componente zonal do vento a 10m	7 de 70
vorticidade a 925hPa	7 de 70

0,6	
variável	frequência
magnitude do vento	1 de 70

Os mesmos testes foram realizados com a inclusão de novas variáveis, estimadas através do método do ajuste de curvas descrito na metodologia. Os resultados estão na figura a seguir:

Jan/2005 : Florianopolis-SC - intens/55 dias (m/s)

- mag. vento observada
- mag. vento prevista
- mag. vento calibrada
- mag. vento prevista-pers



O Skill Score calculado a partir das medidas dos erros está na tabela a seguir:

Rc	RMSE	MAE	BIAS
0,4	20,80%	19,40%	90,90%
0,6	9,50%	-1,20%	-12,10%
0,8	5,00%	-1,20%	-21,20%

Obseva-se o ganho do MOC sobre outros modelos de previsão, sendo o melhor desempenho para o limiar de correlação de 0,4. O maior ganho registrado é para o erro sistemático (BIAS).

As dez variáveis classificadas com maior frequência estão a seguir:

0,4	
variável	frequência
radiação de onda curta emergente a superfície	53 de 70
magnitude do vento	52 de 70
RES1	52 de 70
RES5	51 de 70
nebulosidade em níveis médios	16 de 70
RES6	11 de 70
RES8	10 de 70
componente zonal do vento a 850hPa	9 de 70
fluxo de calor latente a superfície	8 de 70
componente zonal do vento a 10m	7 de 70

0,6	
variável	frequência
RES1	3 DE 70
magnitude do vento	1 DE 70

* As variáveis RES# estão definidas no Apêndice

Nota-se que as novas variáveis são classificadas com frequência.

Percebe-se que as novas variáveis incluídas ao modelo compuseram as equações de regressão linear com bastante frequência, além de o ganho do MOC sobre outros métodos de previsão ter em geral permanecido alto.

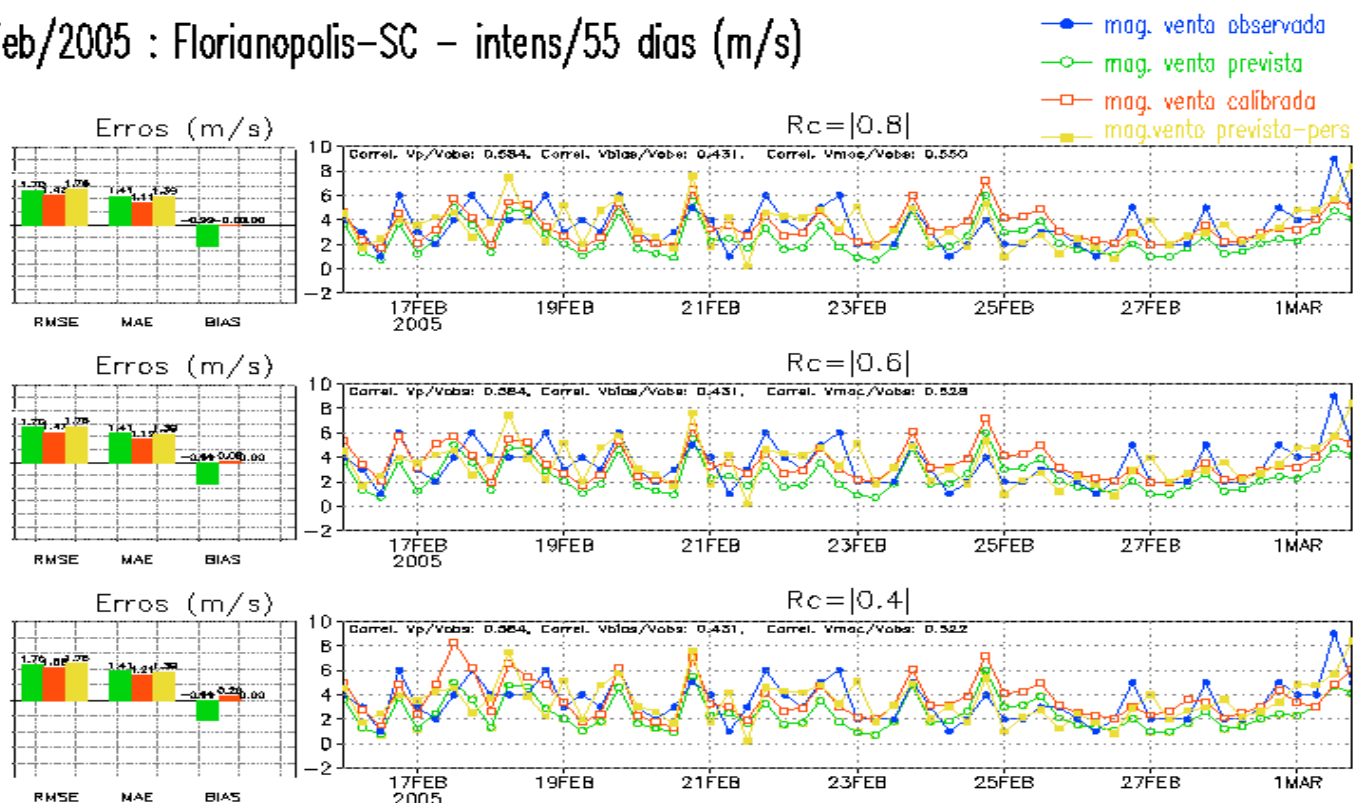
Para o limiar de correlação de 0,4, nota-se melhor desempenho, com ganhos do MOC mais altos e mais variáveis novas sendo classificadas. Para o limiar de correlação de 0,8, não foram selecionadas variáveis.

Ainda em relação ao limiar de 0,4, percebe-se através da figura que a correlação linear entre as séries de dados observados e calibrados teve ligeiro aumento com a utilização de novas variáveis ao modelo.

4.2 Testes para fevereiro de 2005

Novos testes foram realizados, desta vez para dados observacionais de fevereiro de 2005. Novamente, os primeiros resultados foram gerados sem a inclusão de novas variáveis ao modelo. Os resultados estão a seguir podem ser vistos na figura abaixo:

Feb/2005 : Florianopolis-SC – intens/55 dias (m/s)



O skill Score está a seguir, e logo abaixo, as variáveis com maior classificação:

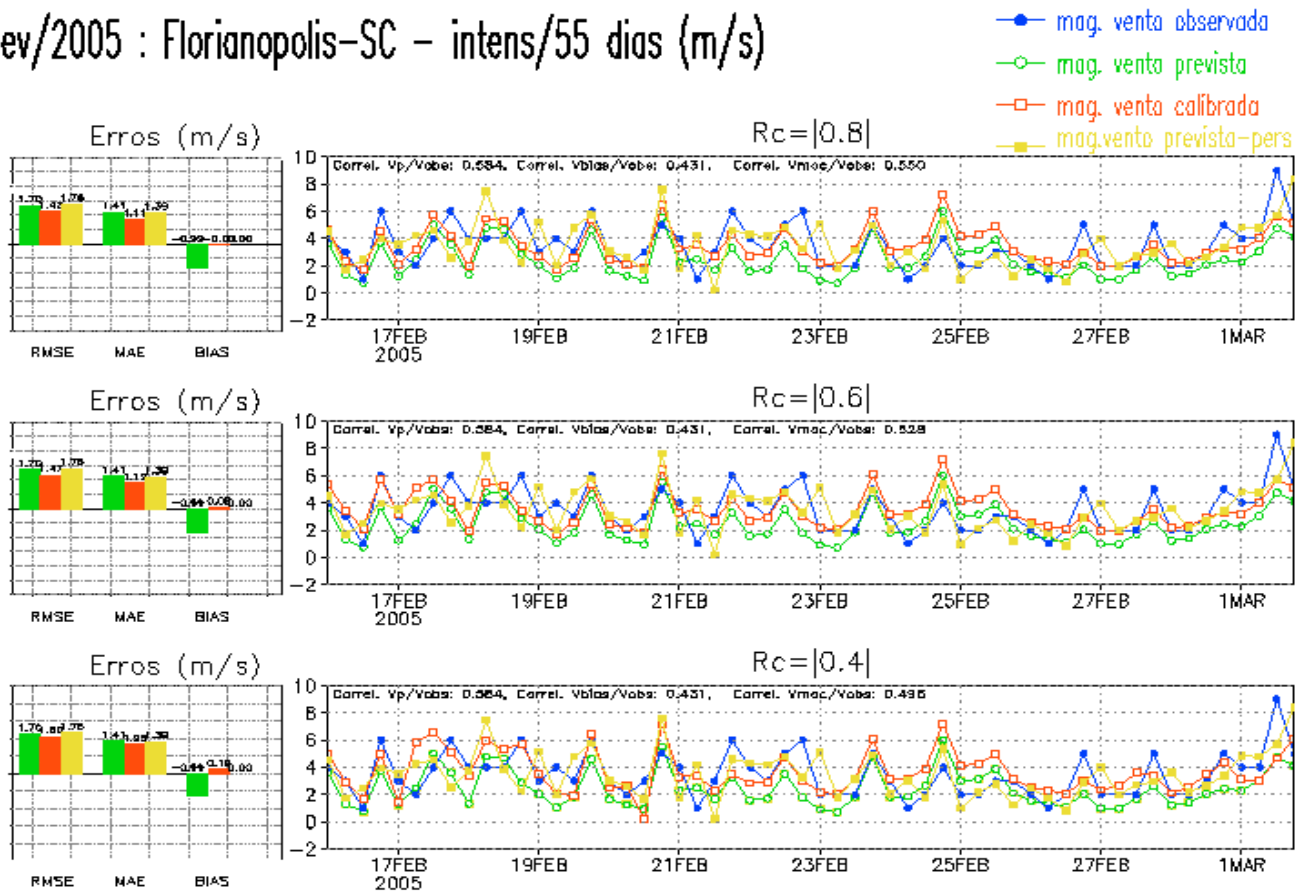
Rc	RMSE	MAE	BIAS
0,4	17,60%	36,20%	59,10%
0,6	17,60%	20,60%	81,20%
0,8	16,50%	21,30%	81,20%

0,4	
variável	frequência
água precipitável	20 de 58
cisalhamento do vento entre 300 e 700hPa	18 de 58
pressão ao nível médio do mar	16 de 58
pressão na superfície	16 de 58
altura geopotencial de 850hPa	14 de 58
diferença de temperatura entre 700 e 925hPa	13 de 58
nível de vento máximo	8 de 58
componente zonal do vento em 850hPa	8 de 58
vento máximo da coluna	7 de 58
temperatura potencial equivalente em 850hPaT	6 de 58

0,6	
variável	frequência
cisalhamento do vento entre 300 e 700 hPa	7 de 58

Nota-se que também para fevereiro o desempenho é melhor, porém em todos os limiares de correlação registrou-se ganho do MOC frente aos outros métodos de previsão. Agora, aplicando-se as novas variáveis ao modelo:

Fev/2005 : Florianópolis-SC – intens/55 dias (m/s)



Segue o Skill Score e as variáveis classificadas com maior frequência:

Rc	RMSE	MAE	BIAS
0,4	18,80%	14,20%	54,50%
0,6	13,50%	20,70%	81,20%
0,8	16,50%	21,30%	81,20%

Nota-se um aumento do ganho do MOC sobre o Eta para o erro RMSE, e através da figura pode-se observar que as medidas dos erros do MOC foram as menores para o limiar de correlação de 0,6, embora para os três limiares o MOC tenha registrado redução de erro sobre os outros tipos de previsão.

A seguir, a lista das variáveis que mais foram classificadas para a composição das equações de regressão linear:

0,4	
variável	frequência
RES5	21 de 58
RES4	20 de 58
RES7	19 de 58
pressão no nível médio do mar	11 de 58
Pressão a superfície	11 de 58
água precipitável	9 de 58
altura geopotencial em 850hPa	9 de 58
pressão do vento máximo	8 de 58
comp meridional do vento a 850hPa	8 de 58
temperatura potencial equivalente em 850hPa	8 de 58

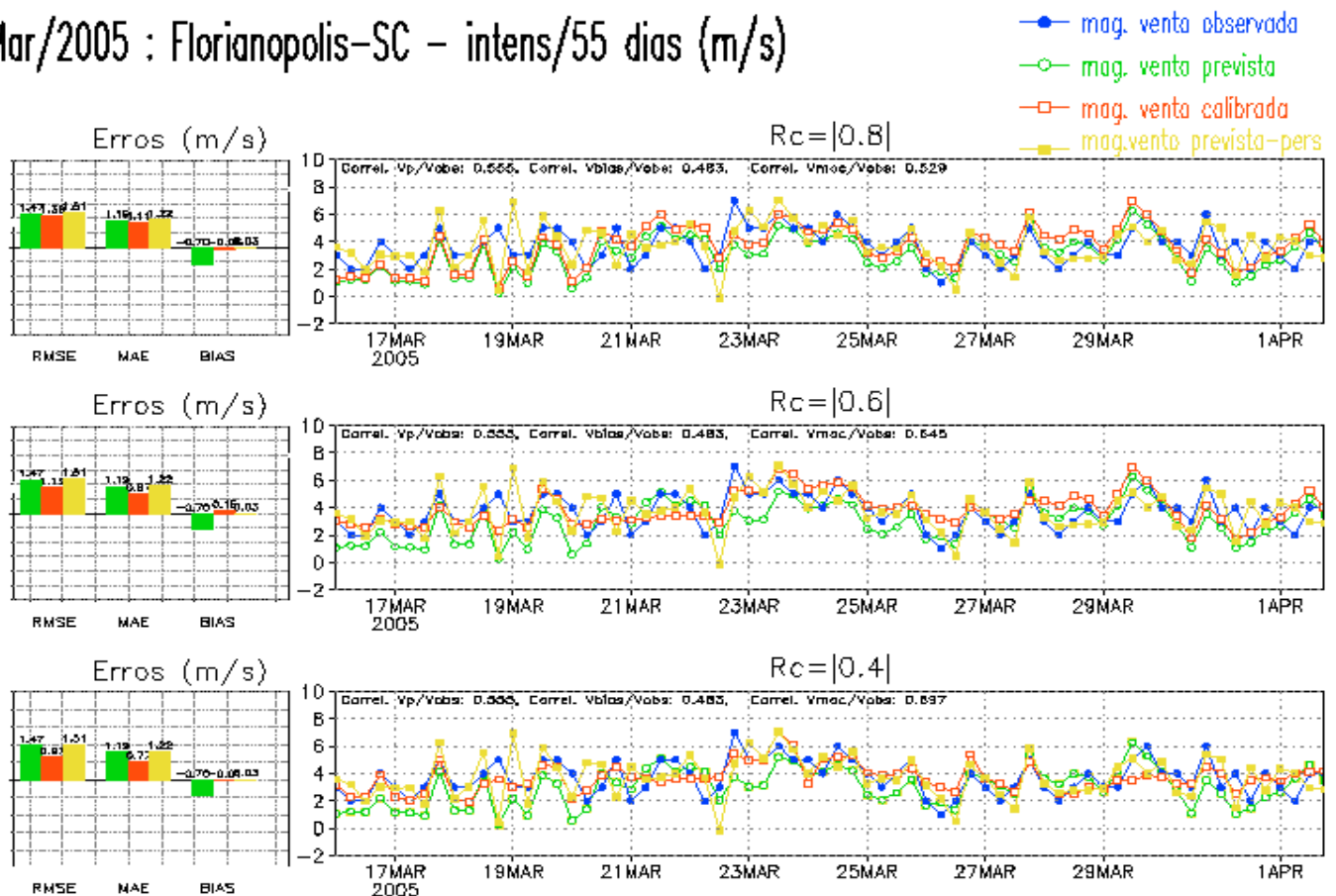
0,6	
variável	frequência
cisalhamento do vento entre 300 e 700 hPa	7 de 58

* As variáveis RES# estão definidas no Apêndice

4.3 Testes para março de 2005

Novamente, os gráficos foram gerados sem a inclusão de novas variáveis.

Mar/2005 : Florianopolis-SC – intens/55 dias (m/s)



O Skill Score a as variáveis mais classificadas estão a seguir:

Rc	RMSE	MAE	BIAS
0,4	33,30%	37,50%	97,10%
0,6	21,80%	20,50%	84,30%
0,8	11,60%	0,90%	88,60%

Novamente, o MOC obteve ganho sobre o Eta para a previsão por persistência do erro para os três limiares de correlação, sendo os ganhos maiores registrados para o limiar de correlação de 0,4.

É notável a eficiência do método de calibração na redução do erro sistemático (BIAS).

As variáveis classificadas com maior frequência estão na tabela abaixo:

0,4	mar
variável	frequência
magnitude do vento	69 DE 70
componente zonal do vento a 10m	69 DE 70
divergencia horizontal do vento	64 DE 70
comprimento de rugosidade	43 DE 70
componente meridional do vento	39 DE 70
Precipitação de grande escala	34 de 70
pressão do vento máximo	29 de 70
temperatura da zona das raízes	10 de 70
água precipitável	9 de 70
radiação de onda longa incidente	7 de 70

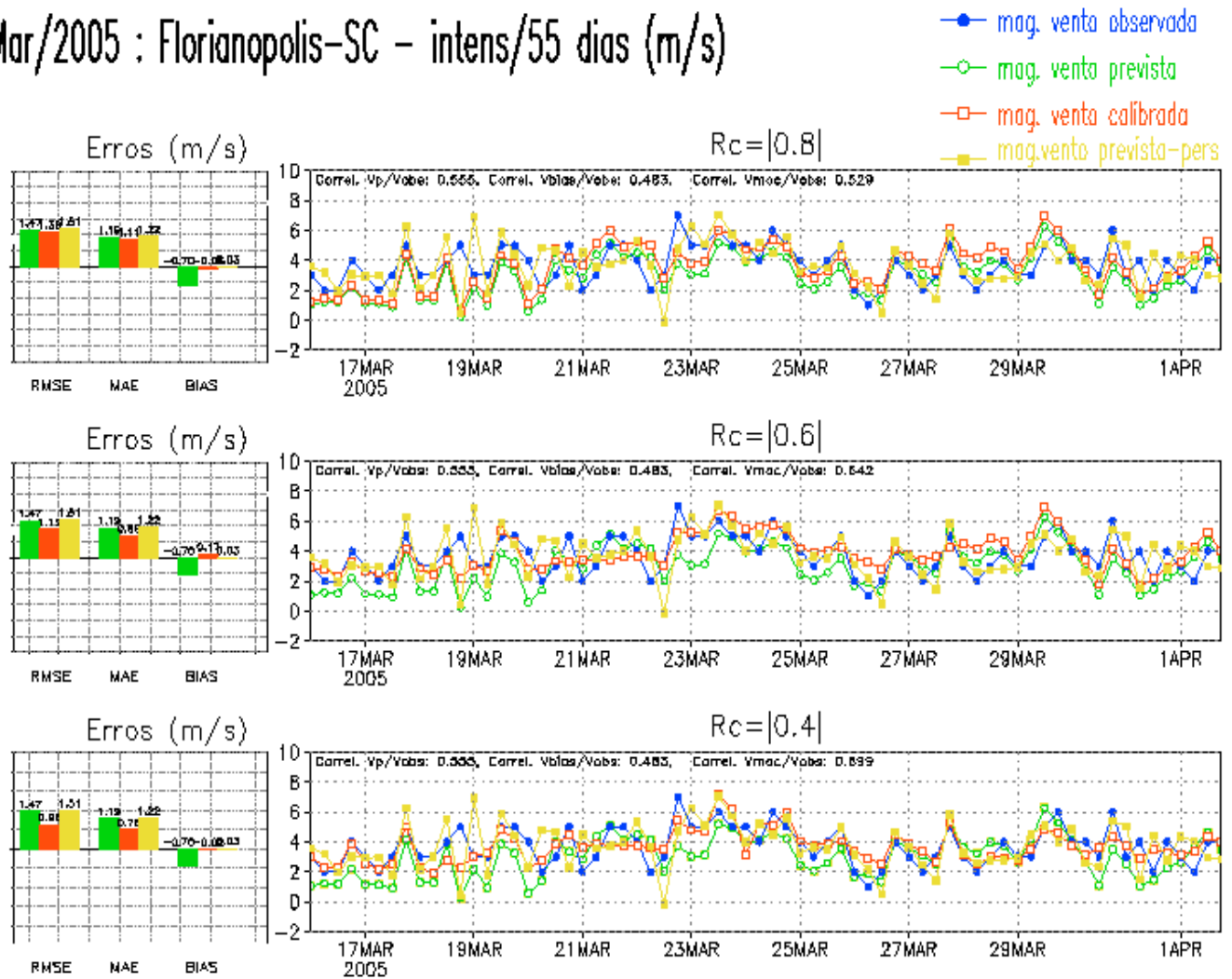
0,6	
variável	frequência
magnitude do vento	49 de 70
componente zonal do vento a 10m	47 de 70
comprimento de rugosidade	7 de 70
Precipitação de grande escala	7 de 70

Vê-se que variáveis diretamente relacionadas ao vento geralmente têm maior correlação linear em relação ao preditando, tais como MAG (magnitude do vento), u10m (componente zonal do vento a 10 do solo) e DIV (divergente do vento).

Para o limiar de correlação de 0,6, menos variáveis são classificadas, e para o limiar de 0,8, não há variáveis classificadas.

Agora, realizando-se novamente os testes para março e inserindo-se as novas variáveis, tem-se:

Mar/2005 : Florianopolis-SC - intens/55 dias (m/s)



Juntamente com o Skill Score e as listas das variáveis utilizadas:

Rc	RMSE	MAE	BIAS
0,4	36,70%	35,70%	94,30%
0,6	21,80%	20,50%	77,10%
0,8	11,60%	0,90%	88,60%

Para o limiar de correlação de 0,4, houve aumento do ganho do MOC sobre o Eta, e pode-se perceber através das barras de erros que para os três limiares houve redução do erro sobre os outros métodos de previsão.

As tabelas com as variáveis mais utilizadas estão a seguir:

0,4	
variável	frequência
RES1	69 de 70
magnitude do vento	69 de 70
componente zonal do vento a 10m	69 de 70
Precipitação de grande escala	34 de 70
comprimento de rugosidade	32 de 70
Divergencia horizontal do vento	45 de 70
componente meridional do vento em 850hPa	28 de 70
pressão do vento máximo	24 de 70
nebulosidade de níveis médios	13 de 70
temperatura na zona das raízes	10 de 70

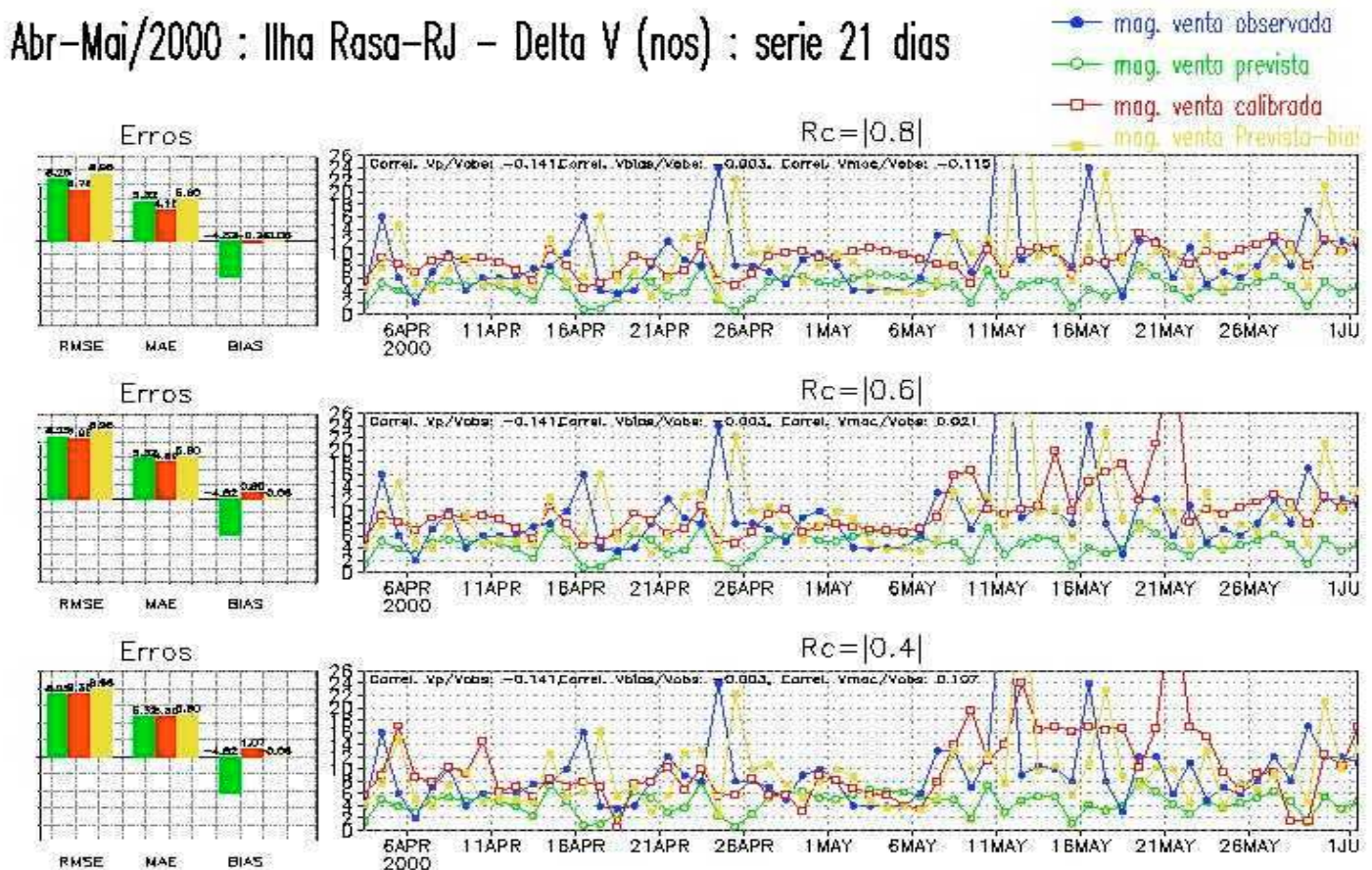
0,6	
variável	frequência
magnitude do vento	49 de 70
RES1	49 de 70
componente zonal do vento a 10m	47 de 70
comprimento de rugosidade	7 de 70
Precipitação de grande escala	7 de 70

* As variáveis RES# estão definidas no Apêndice

Novamente, não houve variáveis classificadas para o limiar de correlação de 0,8.

Apenas para que se note o quanto as diversas mudanças melhoraram o desempenho do MOC, tais como inclusão de novas variáveis ao modelo, aumento da frequência temporal das séries e melhoria dos métodos de interpolação, são exibidos os gráficos dos testes realizados em Ilha Rasa-RJ, para séries de 21 e 28 dias.

Abr-Mai/2000 : Ilha Rasa-RJ - Delta V (nos) : serie 21 dias



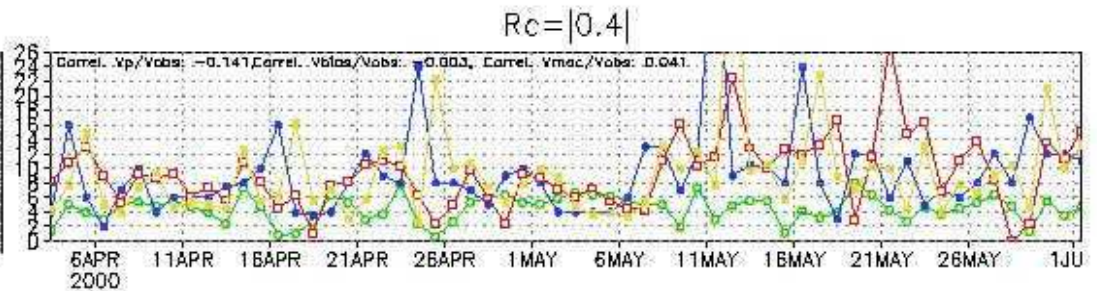
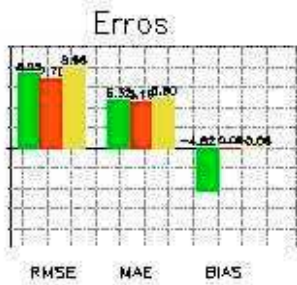
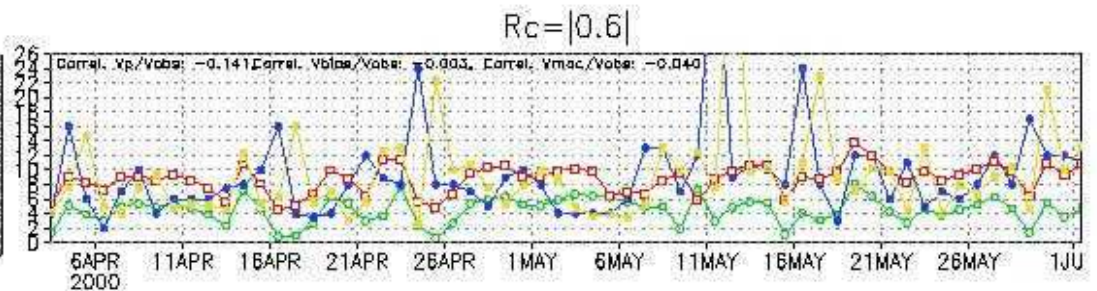
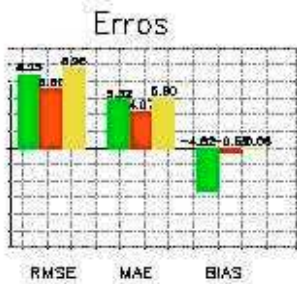
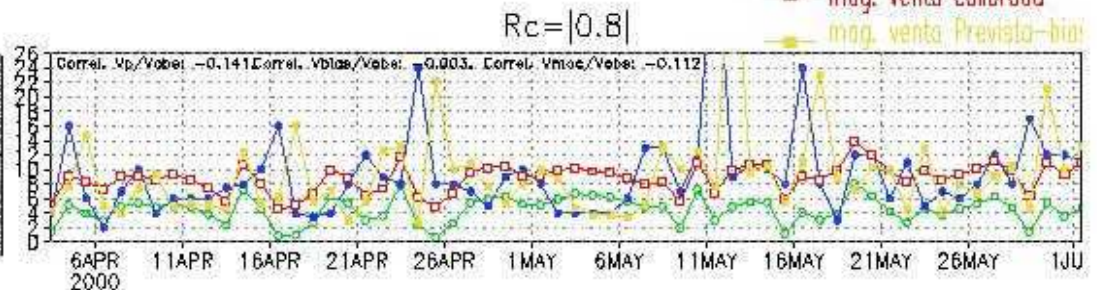
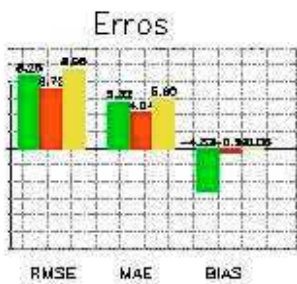
Através da análise das séries e dos gráficos, nota-se a qualidade dos resultados recentes frente aos anteriores.

Nota-se que ,apesar de o MOC ter sido satisfatório na redução dos erros estatísticos para Ilha Rasa, fica claro que os resultados recentes obtiveram ganhos maiores e maior refinamento na calibração, o que indica que a busca por novas metodologias de aplicação do esquema MOC obtiveram êxito.

Agora, o gráfico para série de treinamento de 28 dias:

Abr-Mai/2000 : Ilha Rasa-RJ - Delta V (nos) : serie 28 dias

- mag. venta observada
- mag. venta prevista
- mag. venta calibrada
- mag. venta Prevista-bias



Comparando-se com o gráfico para 21 dias, percebe-se redução nos erros do MOC. Daí pode-se concluir que utilizando uma série de treinamento maior, a calibração mais eficiente. Seguindo-se esse raciocínio, tem-se utilizado uma série de 55 horários.

5. Conclusão e trabalhos futuros:

O MOC demonstrou desempenho superior em relação ao modelo Eta e à persistência de erro, principalmente no que se refere à redução dos erros. A correlação entre a série de dados observados e a série calibrada em geral manteve-se alta, o que é mais um indicativo da eficiência do método MOC. A mudança do método de interpolação, assim como a inclusão de novas variáveis, foram fatores determinantes para a elevação da eficiência da calibração da magnitude do vento. Nota-se também que a escolha do limiar de correlação que proporcione a calibração mais satisfatória é particular para cada região e período, assim como a determinação de novas variáveis que farão parte do modelo.

O MOC é um esquema eficiente de calibração das previsões numéricas, porém antes que seja aplicado rotineiramente a determinada localidade, é necessária uma pesquisa prévia, através de testes similares aos apresentados aqui, para que se fixe o limiar de correlação adequado e as variáveis derivadas que serão incluídas no modelo.

5.1 pesquisas futuras

Sendo a medida da velocidade do vento uma grandeza vetorial, sua determinação depende de duas grandezas: magnitude e ângulo. Portanto o próximo passo das pesquisas será a calibração dos ângulos, aproveitando-se os métodos aqui expostos.

6.Apêndice

Listas das variáveis novas incluídas no modelo

janeiro	variavel	S
RES1	raiz da magnitude do vento	5,7
RES2	raiz da componente zonal do vento a 10m	80,2
RES3	raiz da pressão ao nível médio do mar	73,8
RES4	raiz da componente meridional do vento a 10m	51,1
RES5	raiz da radiação de onda curta emergente	68,6
RES6	raiz da componente meridional do vento em 850hPa	45,5
RES7	raiz da componente zonal do vento em 850hPa	36,2
RES8	raiz do modulo do gradiente de Pressão	56,5
RES9	1/(pressão ao nível do mar)^2	77,8
RES10	1/(altura geopotencial)2	78,6
RES11	1/altura ao nível do mar	77,1
RES12	1/(comprimento de rugosidade)	36,3
RES13	1/módulo do gradiente de pressão	57,9

fevereiro	Variável	S
RES1	raiz do vento zonal máximo	88,8
RES2	raiz da umidade específica	99,6
RES3	raiz do grad. de temp. entre os níveis 925-700hPa	92,8
RES4	raiz de Tendência de 6h do vento máximo	81,5
RES5	1/(agua precipitavel)^2	88,6
RES6	1/(umidade específica)^2	99,3
RES7	1/água precipitável	94,3
RES8	1/umidade específica	92,8
RES9	1/ grad. de temp. entre os níveis 925-700hPa	93,3

março	variável	S
RES1	raiz da magnitude do vento	9
RES2	raiz da precipitação de grande escala	96,7
RES3	raiz da componente zonal do vento a 10m	66,3
RES4	raiz da nível de pressão do vento máximo	89,8
RES5	raiz da Tendência de 6h da divergencia do vento	93,8