



Assimilação de dados Híbrida visando a Previsão por Conjunto

Carlos Frederico Bastarz



Workshop DIMNT

**“A Assimilação de Dados nas Componentes do Sistema Terrestre:
Status e Perspectivas Futuras no Contexto do MONAN”**

06 de outubro de 2022





1. Introdução

1.1 Apresentação

1.2 Método de Perturbação MB09

2. Estado Atual

2.1 Operação

2.2 Previsão de Precipitação - 10 dias

2.3 Skill e Espalhamento

3. Planos Futuros

3.1 Assimilação 3DEnVar

3.2 Assimilação 3DEnVar+MB09

4. Dificuldades e Desafios

4.1 Algumas Questões



Introdução

Apresentação

Sistema de Previsão por Conjuntos Global:

- ▶ Inicialmente, estabelecido por Coutinho (1999), sob orientação do Dr. José Paulo Bonatti;



Introdução

Apresentação

Sistema de Previsão por Conjuntos Global:

- ▶ Inicialmente, estabelecido por Coutinho (1999), sob orientação do Dr. José Paulo Bonatti;
- ▶ Método de perturbação da condição inicial atmosférica do MCGA baseado na análise do NCEP, utilizando EOFs (ZHANG; KRISHNAMURTI, 1999);



Introdução

Apresentação

Sistema de Previsão por Conjuntos Global:

- ▶ Inicialmente, estabelecido por Coutinho (1999), sob orientação do Dr. José Paulo Bonatti;
- ▶ Método de perturbação da condição inicial atmosférica do MCGA baseado na análise do NCEP, utilizando EOFs (ZHANG; KRISHNAMURTI, 1999);
- ▶ Recebeu contribuições e aprimoramentos de diversos colaboradores do CPTEC (Dr. Marcos Mendonça, Dra. Renata Weissmann, Dr. Christopher Cunningham e vários bolsistas e alunos da PGMET);



Sistema de Previsão por Conjuntos Global:

- ▶ Inicialmente, estabelecido por Coutinho (1999), sob orientação do Dr. José Paulo Bonatti;
- ▶ Método de perturbação da condição inicial atmosférica do MCGA baseado na análise do NCEP, utilizando EOFs (ZHANG; KRISHNAMURTI, 1999);
- ▶ Recebeu contribuições e aprimoramentos de diversos colaboradores do CPTEC (Dr. Marcos Mendonça, Dra. Renata Weissmann, Dr. Christopher Cunningham e vários bolsistas e alunos da PGMET);
- ▶ Executado nas máquinas NEC SX6, Cray XE6, portado para o Cray XC50 e testes iniciais na Egeon;



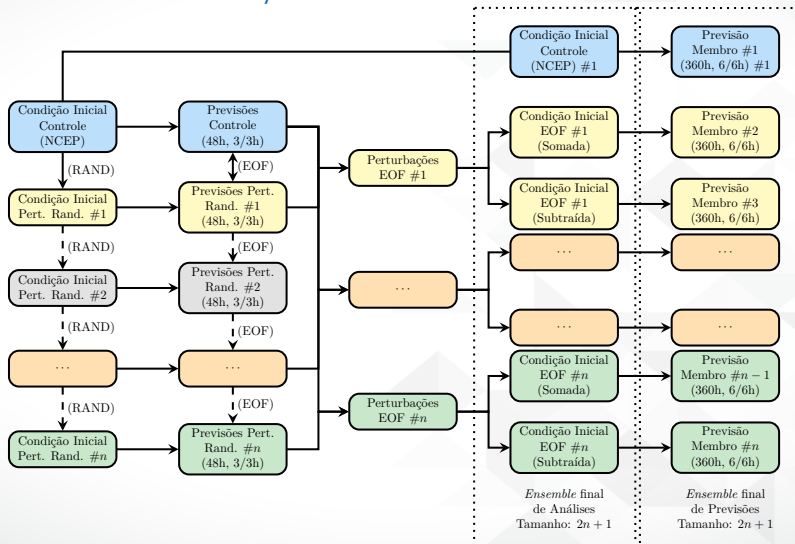
Sistema de Previsão por Conjuntos Global:

- ▶ Inicialmente, estabelecido por Coutinho (1999), sob orientação do Dr. José Paulo Bonatti;
- ▶ Método de perturbação da condição inicial atmosférica do MCGA baseado na análise do NCEP, utilizando EOFs (ZHANG; KRISHNAMURTI, 1999);
- ▶ Recebeu contribuições e aprimoramentos de diversos colaboradores do CPTEC (Dr. Marcos Mendonça, Dra. Renata Weissmann, Dr. Christopher Cunningham e vários bolsistas e alunos da PGMET);
- ▶ Executado nas máquinas NEC SX6, Cray XE6, portado para o Cray XC50 e testes iniciais na Egeon;
- ▶ Resolução: TQ0126L028 (~100 km, 28 níveis sigma), com 15 membros, com horizonte de previsões de 15 dias.



Planos Futuros

Método de Perturbação MB09





Estado Atual Operação

Situação Operacional:

- ▶ Em 2021 foi concluída a transição da suíte oensMB09 para a máquina XC50;



Situação Operacional:

- ▶ Em 2021 foi concluída a transição da suíte oensMB09 para a máquina XC50;
- ▶ Na época, a versão do modelo atmosférico usado pelo oensMB09, não era operacional no XC50 - aproveitou-se a oportunidade para se fazer a atualização para a versão operacional do modelo BAM (em coordenada sigma);



Situação Operacional:

- ▶ Em 2021 foi concluída a transição da suíte oensMB09 para a máquina XC50;
- ▶ Na época, a versão do modelo atmosférico usado pelo oensMB09, não era operacional no XC50 - aproveitou-se a oportunidade para se fazer a atualização para a versão operacional do modelo BAM (em coordenada sigma);
- ▶ A resolução foi mantida (TQ0126L028, ~100 km e 28 níveis sigma) com 15 membros, produzidos a partir da análise atmosférica do NCEP;



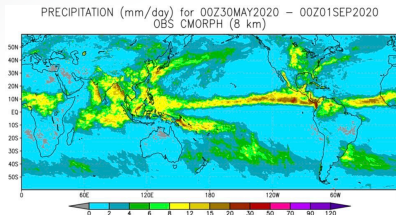
Situação Operacional:

- ▶ Em 2021 foi concluída a transição da suíte oensMB09 para a máquina XC50;
- ▶ Na época, a versão do modelo atmosférico usado pelo oensMB09, não era operacional no XC50 - aproveitou-se a oportunidade para se fazer a atualização para a versão operacional do modelo BAM (em coordenada sigma);
- ▶ A resolução foi mantida (TQ0126L028, ~100 km e 28 níveis sigma) com 15 membros, produzidos a partir da análise atmosférica do NCEP;
- ▶ Com a transição e o upgrade do modelo atmosférico, foi estabelecida a versão 2.2.0 (FIGUEROA et al., 2016) do oensMB09 - **ainda não operacional**;
 - ▶ Relatório de transição: resumido ([link](#)) e expandido ([link](#));
- ▶ Aplicação do método de perturbação MB09 para a previsão subsazonal (TQ0126L042, 5 membros) - **em vias de operacionalização** (GUIMARÃES et al., 2020; GUIMARÃES et al., 2021).

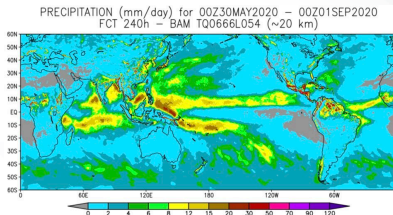


Estado Atual

Previsão de Precipitação - 10 dias



(a) CMORPH

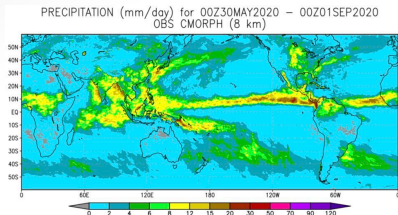


(b) BAM TQ0666L064

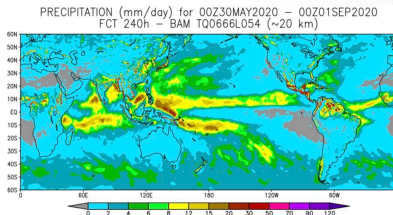


Estado Atual

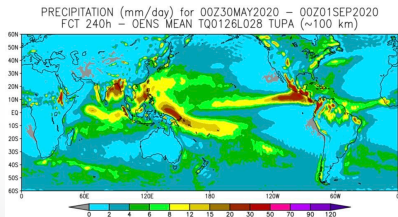
Previsão de Precipitação - 10 dias



(a) CMORPH



(b) BAM TQ0666L064

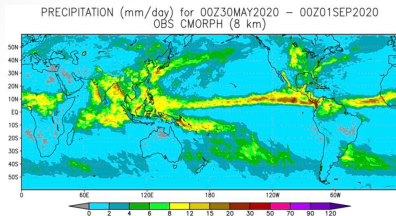


(c) ENS MEAN MCGA TQ0126L028

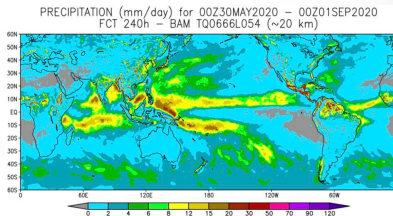


Estado Atual

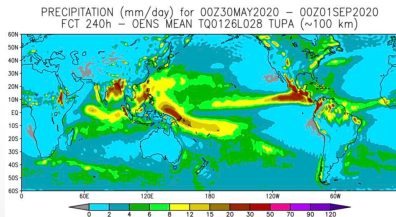
Previsão de Precipitação - 10 dias



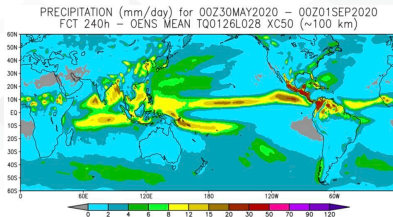
(a) CMORPH



(b) BAM TQ0666L064



(c) ENS MEAN MCGA TQ0126L028

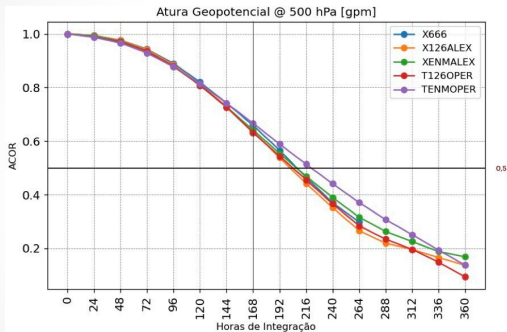


(d) ENS MEAN BAM TQ0126L028

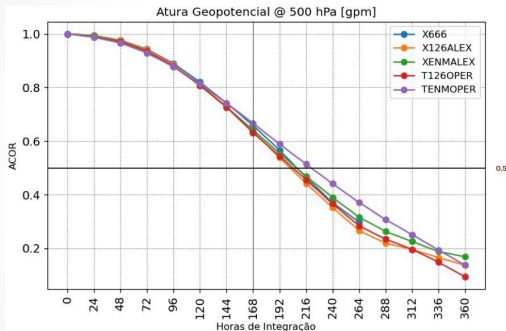


Estado Atual

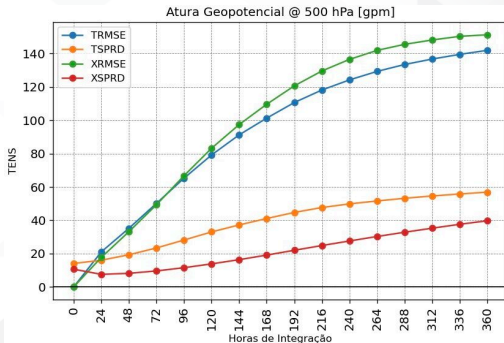
Skill e Espalhamento



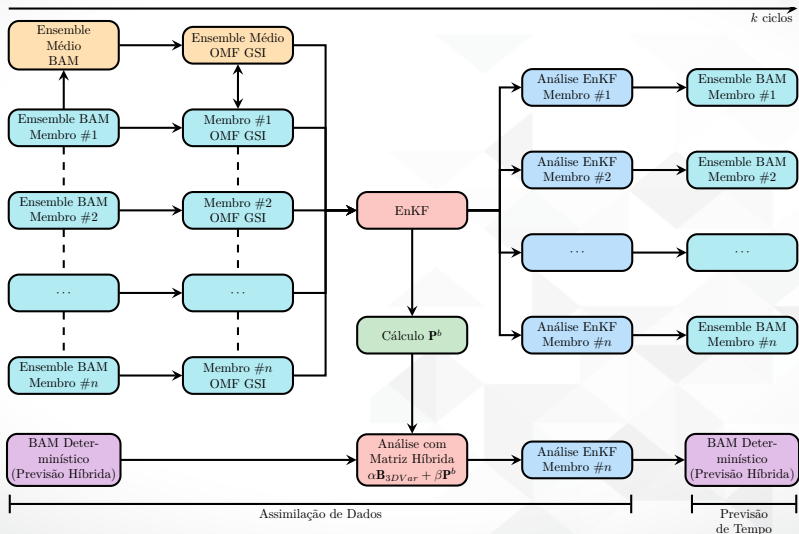
(a) Correlação de Anomalia



(a) Correlação de Anomalia



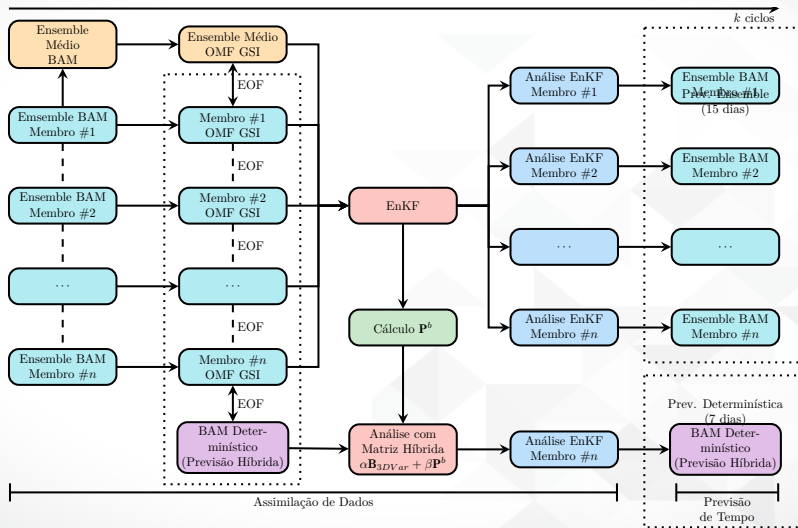
(b) Espalhamento X REQM





Planos Futuros

Assimilação 3DEnVar+MB09





Assimilação 3DEnVar+MB09

Um Monte de Membros

Juntando tudo:

- Combinação entre as técnicas EnKF e MB09;



Assimilação 3DEnVar+MB09

Um Monte de Membros

Juntando tudo:

- ▶ Combinação entre as técnicas EnKF e MB09;
- ▶ Vantagem: possibilidade de usar a mesma análise atmosférica para produzir o ensemble usando o framework da assimilação (i.e., 3DEnVar);



Assimilação 3DEnVar+MB09

Um Monte de Membros

Juntando tudo:

- ▶ Combinação entre as técnicas EnKF e MB09;
- ▶ Vantagem: possibilidade de usar a mesma análise atmosférica para produzir o ensemble usando o framework da assimilação (i.e., 3DEnVar);
- ▶ Este exercício servirá para testar as técnicas para serem aplicadas ao MONAN;



Assimilação 3DEnVar+MB09

Um Monte de Membros

Juntando tudo:

- ▶ Combinação entre as técnicas EnKF e MB09;
- ▶ Vantagem: possibilidade de usar a mesma análise atmosférica para produzir o ensemble usando o framework da assimilação (i.e., 3DEnVar);
- ▶ Este exercício servirá para testar as técnicas para serem aplicadas ao MONAN;
- ▶ O ensemble do 3DEnVar (laranja) parece ser diferente do ensemble gerado pelo MB09 (rosa e azul).



Assimilação 3DEnVar+MB09

Um Monte de Membros

Juntando tudo:

- ▶ Combinação entre as técnicas EnKF e MB09;
- ▶ Vantagem: possibilidade de usar a mesma análise atmosférica para produzir o ensemble usando o framework da assimilação (i.e., 3DEnVar);
- ▶ Este exercício servirá para testar as técnicas para serem aplicadas ao MONAN;
- ▶ O ensemble do 3DEnVar (laranja) parece ser diferente do ensemble gerado pelo MB09 (rosa e azul).

Então...

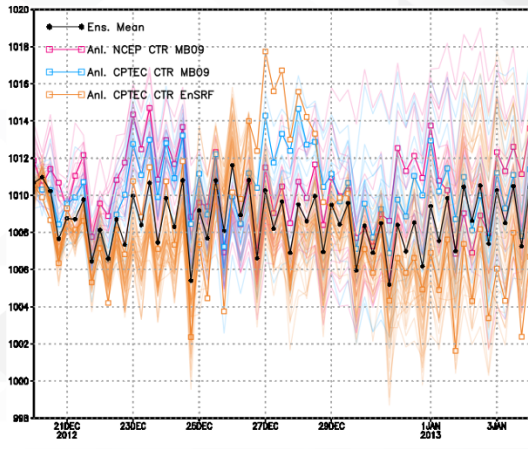
- ▶ O EnKF fornece características que complementam aquelas geradas pela e EOF?
- ▶ A análise determinística do 3DEnVar é um bom substituto para a análise do NCEP?



Assimilação 3DEnVar+MB09

Um Monte de Membros

- ▶ Ponto sobre São Paulo (46S;23W);
- ▶ Previsão da PSNM 15 dias;
- ▶ Válido para 2012122000-2013010400.
- ▶ O EnKF fornece características que complementam aquelas geradas pela e EOF?
- ▶ A análise determinística do 3DEnVar é um bom substituto para a análise do NCEP?
- ▶ Contribuições da meteorologista Mirlen Filgueira (PCI/INPE, entre nov./2021 e abril/2022).

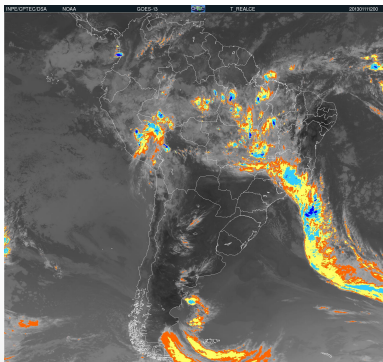




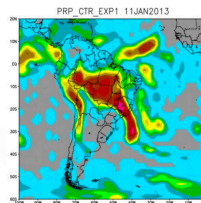
Assimilação 3DEnVar+MB09

Análises 3DEnVar e NCEP para o oensMB09

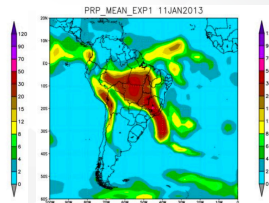
Previsão de prec. a partir das análises do
NCEP e 3DEnVar



GOES 13 IR (11 Jan 2013, 12Z)



(a) CTR NCEP



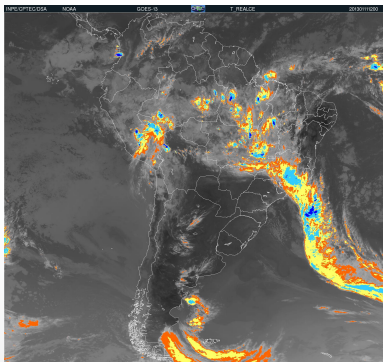
(b) MEAN NCEP



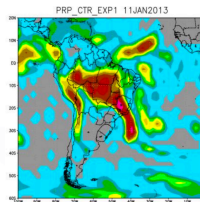
Assimilação 3DEnVar+MB09

Análises 3DEnVar e NCEP para o oensMB09

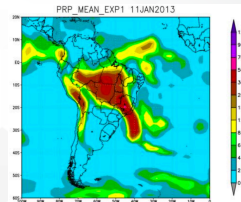
Previsão de prec. a partir das análises do
NCEP e 3DEnVar



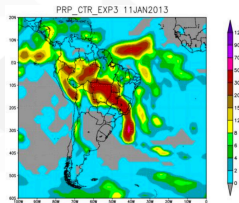
GOES 13 IR (11 Jan 2013, 12Z)



(a) CTR NCEP



(b) MEAN NCEP



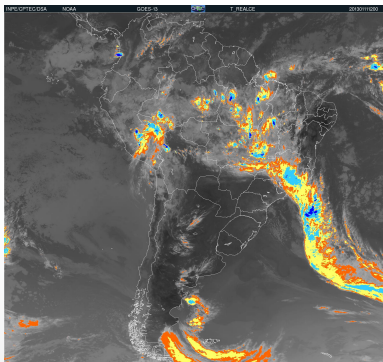
(c) CTR 3DEnVar



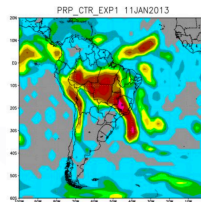
Assimilação 3DEnVar+MB09

Análises 3DEnVar e NCEP para o oensMB09

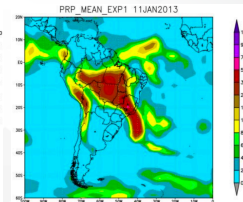
Previsão de prec. a partir das análises do
NCEP e 3DEnVar



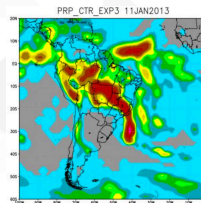
GOES 13 IR (11 Jan 2013, 12Z)



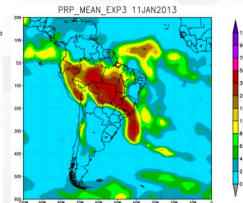
(a) CTR NCEP



(b) MEAN NCEP



(c) CTR 3DEnVar



(d) MEAN 3DEnVar



Dificuldades e Desafios

Algumas Questões ?

- ▶ Controlar o espalhamento do ensemble das análises e previsões;



Dificuldades e Desafios

Algumas Questões ?

- ▶ Controlar o espalhamento do ensemble das análises e previsões;
- ▶ Lidar com o custo computacional elevado:
 - ▶ Inteligência artificial é um caminho: uma rede neural pode emular o EnKF no 3DEnVar?



Dificuldades e Desafios

Algumas Questões ?

- ▶ Controlar o espalhamento do ensemble das análises e previsões;
- ▶ Lidar com o custo computacional elevado:
 - ▶ Inteligência artificial é um caminho: uma rede neural pode emular o EnKF no 3DEnVar?
- ▶ Finalidade do ensemble (aplicação): ter maior resolução ou ter conjunto maior?
- ▶ Com um centro do nosso tamanho, com as dificuldades que temos, precisamos enxugar as nossas suítes:
 - ▶ Assimilação 3DEnVar: assimilação + PNT det. + PNT por conjunto (tempo estendido e subsazonal), utilizando a mesma versão do modelo (com configurações adequadas para cada aplicação).



Dificuldades e Desafios

Algumas Questões ?

- ▶ Controlar o espalhamento do ensemble das análises e previsões;
- ▶ Lidar com o custo computacional elevado:
 - ▶ Inteligência artificial é um caminho: uma rede neural pode emular o EnKF no 3DEnVar?
- ▶ Finalidade do ensemble (aplicação): ter maior resolução ou ter conjunto maior?
- ▶ Com um centro do nosso tamanho, com as dificuldades que temos, precisamos enxugar as nossas suítes:
 - ▶ Assimilação 3DEnVar: assimilação + PNT det. + PNT por conjunto (tempo estendido e subsazonal), utilizando a mesma versão do modelo (com configurações adequadas para cada aplicação).
- ▶ É necessário ter mais pessoas envolvidas com essa atividade;



Dificuldades e Desafios

Algumas Questões ?

- ▶ Controlar o espalhamento do ensemble das análises e previsões;
- ▶ Lidar com o custo computacional elevado:
 - ▶ Inteligência artificial é um caminho: uma rede neural pode emular o EnKF no 3DEnVar?
- ▶ Finalidade do ensemble (aplicação): ter maior resolução ou ter conjunto maior?
- ▶ Com um centro do nosso tamanho, com as dificuldades que temos, precisamos enxugar as nossas suítes:
 - ▶ Assimilação 3DEnVar: assimilação + PNT det. + PNT por conjunto (tempo estendido e subsazonal), utilizando a mesma versão do modelo (com configurações adequadas para cada aplicação).
- ▶ É necessário ter mais pessoas envolvidas com essa atividade;
- ▶ Temos que discutir a demanda por esse produto (previsão de tempo até 15 dias):
 - ▶ Neste momento, a previsão subsazonal pode suprir essa demanda?



Dificuldades e Desafios


Algumas Questões ?


- ▶ Controlar o espalhamento do ensemble das análises e previsões;
- ▶ Lidar com o custo computacional elevado:
 - ▶ Inteligência artificial é um caminho: uma rede neural pode emular o EnKF no 3DEnVar?
- ▶ Finalidade do ensemble (aplicação): ter maior resolução ou ter conjunto maior?
- ▶ Com um centro do nosso tamanho, com as dificuldades que temos, precisamos enxugar as nossas suítes:
 - ▶ Assimilação 3DEnVar: assimilação + PNT det. + PNT por conjunto (tempo estendido e subsazonal), utilizando a mesma versão do modelo (com configurações adequadas para cada aplicação).
- ▶ É necessário ter mais pessoas envolvidas com essa atividade;
- ▶ Temos que discutir a demanda por esse produto (previsão de tempo até 15 dias):
 - ▶ Neste momento, a previsão subsazonal pode suprir essa demanda?





Referências Bibliográficas



 COUTINHO, M. M. *Previsão por conjuntos utilizando perturbações baseadas em componentes principais*. 1999. 136f. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Instituto Nacional de Pesquisas, 1999.

 FIGUEROA, S. N. et al. The brazilian global atmospheric model (bam): Performance for tropical rainfall forecasting and sensitivity to convective scheme and horizontal resolution. *Weather and Forecasting*, American Meteorological Society, Boston MA, USA, v. 31, n. 5, p. 1547 – 1572, 2016. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/wefo/31/5/waf-d-16-0062_1.xml.

 GUIMARÃES, B. d. S. et al. An inter-comparison performance assessment of a brazilian global sub-seasonal prediction model against four sub-seasonal to seasonal (s2s) prediction project models. *Climate Dynamics*, v. 56, p. 2359–2375, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05589-5>.

 GUIMARÃES, B. S. et al. Configuration and hindcast quality assessment of a brazilian global sub-seasonal prediction system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 146, n. 728, p. 1067–1084, 2020. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.3725>.

 ZHANG, Z.; KRISHNAMURTI, T. N. A perturbation method for hurricane ensemble predictions. *Monthly Weather Review*, American Meteorological Society, Boston MA, USA, v. 127, n. 4, p. 447 – 469, 1999. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/127/4/1520-0493_1999_127_0447_apmfhe_2.0.co_2.xml.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS