



# **Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Métodos de diferenças finitas.**

---

**MET-576-4**

**Modelagem Numérica da Atmosfera**

**Dr. Silvio Nilo Figueroa Rivero & Dr. Paulo Yoshio Kubota**

**Os métodos numéricos, formulação e parametrizações utilizados nos modelos atmosféricos serão descritos em detalhe.**

**3 Meses**  
**24 Aulas (2 horas cada)**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

**Métodos de diferenças finitas.**

---

## **Dinâmica:**

**Métodos numéricos amplamente utilizados na solução numérica das equações diferenciais parciais que governam os movimentos na atmosfera serão o foco, mas também serão analisados os novos conceitos e novos métodos.**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Métodos de diferenças finitas.**

---

- ✓ **Métodos de diferenças finitas.**
- ✓ **Acurácia.**
- ✓ **Consistência.**
- ✓ **Estabilidade.**
- ✓ **Convergência.**
- ✓ **Grades de Arakawa A, B, C e E.**
- ✓ **Domínio de influência e domínio de dependência.**
- ✓ **Dispersão numérica e dissipação.**
- ✓ **Definição de filtros monótono e positivo.**
- ✓ **Métodos espectrais.**
- ✓ **Métodos de volume finito.**
- ✓ **Métodos Semi-Lagrangeanos.**
- ✓ **Conservação de massa local.**
- ✓ **Esquemas explícitos versus semi-implícitos.**
- ✓ **Métodos semi-implícitos.**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Exemplos de Modelos**

---

### **AGCM\_DiferFinitas\_ETA\_COORD**

**[http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/paulo.kubota/externo/MET-576-4/models/SGCM/AGCM\\_ETA\\_COORD.tar.gz](http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/paulo.kubota/externo/MET-576-4/models/SGCM/AGCM_ETA_COORD.tar.gz)**

### **AGCM\_DiferFinitas\_SIGMA\_COORD**

**[http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/paulo.kubota/externo/MET-576-4/models/SGCM/AGCM\\_SIGMA\\_COORD.tar.gz](http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/paulo.kubota/externo/MET-576-4/models/SGCM/AGCM_SIGMA_COORD.tar.gz)**

### **AGCM\_SPECTRAL\_SIGMA\_COORD**

**[http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/paulo.kubota/externo/MET-576-4/models/SGCM/bam\\_serial-2.0.tar.gz](http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/paulo.kubota/externo/MET-576-4/models/SGCM/bam_serial-2.0.tar.gz)**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

**Exemplos de Modelos**

---

**AGCM\_DiferFinitas\_ETA\_COORD  
publicacao.pdf**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

**Exemplos de Modelos**

---

**Biblioteca do inpe publicação.pdf**  
**Tese: Silvio Nilo Figueroa**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

**Exemplos de Modelos**

---

**AGCM\_DiferFinitas\_SIGMA\_COORD**



Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021

## Exemplos de Modelos

### Modelo de Circulação Geral Simplificado

$$\frac{\partial}{\partial t} u = \underbrace{-\vec{U} \cdot \nabla u}_{[\text{Advecção}]} + \underbrace{fv + \frac{uv}{r_e} \tan(\phi)}_{[\text{Termo Coriolis}]} - \underbrace{g \frac{\partial}{\partial x} z - \frac{RT}{P_s} \frac{\partial}{\partial x} P_s}_{[\text{Gradiente de Pressão}]} + \underbrace{v_H \nabla_H^2 u + \frac{g\sigma}{RT} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v_v \frac{g\sigma}{RT} \frac{\partial}{\partial \sigma} u \right)}_{[\text{Difusão}]}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} v = \underbrace{-\vec{U} \cdot \nabla v}_{[\text{Advecção}]} - \underbrace{fv - \frac{u^2}{r_e} \tan(\phi)}_{[\text{Termo Coriolis}]} - \underbrace{g \frac{\partial}{\partial y} z - \frac{RT}{P_s} \frac{\partial}{\partial y} P_s}_{[\text{Gradiente de Pressão}]} + \underbrace{v_H \nabla_H^2 v + \frac{g\sigma}{RT} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v_v \frac{g\sigma}{RT} \frac{\partial}{\partial \sigma} v \right)}_{[\text{Difusão}]}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \theta = \underbrace{-\vec{U} \cdot \nabla \theta}_{[\text{Advecção}]} + \underbrace{v_H \nabla_H^2 \theta}_{[\text{Difusão}]} + \underbrace{\frac{g\sigma}{RT} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v_v \frac{g\sigma}{RT} \frac{\partial}{\partial \sigma} \theta \right)}_{[\text{Difusão}]} - \underbrace{\frac{1}{\tau} \theta}_{[\text{Dumping}]} + \underbrace{\frac{\theta}{T} Q'}_{[\text{Forcing}]}$$





### Modelo de Circulação Geral Simplificado

$$\frac{\partial}{\partial t} P_s = - \int_{\sigma_{top}}^1 \nabla \cdot P_s \vec{U} d\sigma$$

[Convergencia]

### Equações Diagnosticas

$$\frac{\partial z}{\partial \sigma} = - \frac{RT}{g\sigma}$$

$$\dot{\sigma} = - \frac{1}{P_s} \int_{\sigma_{top}}^{\sigma} \nabla \cdot P_s \vec{U} d\sigma' - \frac{\sigma}{P_s} \frac{\partial}{\partial t} P_s$$



### Modelo de Circulação Geral Simplificado

#### Metodo

Domínio: Global

Intervalo da grade Horizontal:  $2.5^{\circ}$  longitude x  $2.5^{\circ}$  latitude

Tempo de integração: 100 dias

Passo de tempo: 180seg

#### Condição inicial

Atmosfera :isotérmica estática

$$u = 0$$

$$v = 0$$

$$T = 298.0$$

$$P_s = 1013.25$$

#### Condição Contorno

$$u' = 0 \text{ no contorno inferior 'superfície'}$$

$$v' = 0 \text{ no contorno inferior 'superfície'}$$

$$P = P_{top} = 101.325hPa \text{ (constante no topo)}$$



### Modelo de Circulação Geral Simplificado

#### Parametros

$$r_e = 6.368 \times 10^6 \quad m$$

$$\Omega = 2.792 \times 10^{-5} \quad sec^{-1}$$

$$f = 2\Omega \sin(\phi)$$

$$v_H = 1 \times 10^5 \quad m^2 sec^{-1}$$

$$v_V = 1 \quad m^2 sec^{-1}$$

$$\tau = 20 \text{ dias}$$



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Exemplos de Modelos**

---

### **Modelo de Circulação Geral Simplificado**

**Exercícios:**

**Experimento Rodar com e sem a influencia do termo da Forçantes  $\frac{\theta}{T} Q'$**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

**Exemplos de Modelos**

---

**AGCM\_SPECTRAL\_SIGMA\_COORD**

**Dinamica do modelo BAM do INPE**  
**bam\_serial-2.2.0.tar.gz**



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Exemplos de Modelos**

---

# **AGCM\_SPECTRAL\_SIGMA\_COORD**

1) Passo fazer o download do arquivo

`http://ftp.cptec.inpe.br/pesquisa/bam/bam\_serial-2.0.tar.gz`

2 Passo fazer o descompactação do arquivo

`tar -zxvf bam_serial-2.0.tar.gz`

3 Passo Compilar o modelo

`cd bam_serial-2.0/model/source`

`make`

`make linux_gnu_serial`

4 Passo Compilar o pos-processamento

`cd bam_serial-2.0/pos/source`

`make`

`make linux_gnu_serial`



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Exemplos de Modelos**

---

# **AGCM\_SPECTRAL\_SIGMA\_COORD**

5 Passo Rodar o modelo

```
cd bam_serial-2.0/run
```

```
./runModel
```

```
./runModel 1 1 1 bam 62 28 2011120112 2011120712 2011120712 2011120712 NMC 1200 2
```

6 Passo Rodar o pos-processamento

```
cd bam_serial-2.0/run
```

```
./runPos
```

```
./runPos 1 1 1 posbam 62 28 2011120112 2011120712 2011120712 NMC COLD 1
```

Experimentos:



**Dinâmica 28/10/2021 a 28/10/2021**

## **Exemplos de Modelos**

---

# **AGCM\_SPECTRAL\_SIGMA\_COORD**

**Exercícios:**

**]**

**Experimento Rodar com diferentes condições iniciais**

Teste com as seguintes condições iniciais  
completo

cp GANLNMC2011120112S.unf.TQ0062L028\_FILL GANLNMC2011120112S.unf.TQ0062L028

Sem topografia

cp GANLNMC2011120112S.unf.TQ0062L028\_NOTOPO GANLNMC2011120112S.unf.TQ0062L028

Sem topografia e temperatura constante

cp GANLNMC2011120112S.unf.TQ0062L028\_Tcte GANLNMC2011120112S.unf.TQ0062L028