

Ondas equatoriais no Oceano Atlântico e sua influência no fitoplâncton

Mariana Miracca Lage
Orientador: Prof. Dr. Paulo S. Polito

mariana.lage@usp.br

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo



Roteiro

1 Introdução

- Área de Estudo
- Hipótese
- Objetivos principais e específicos

2 Dados e Métodos

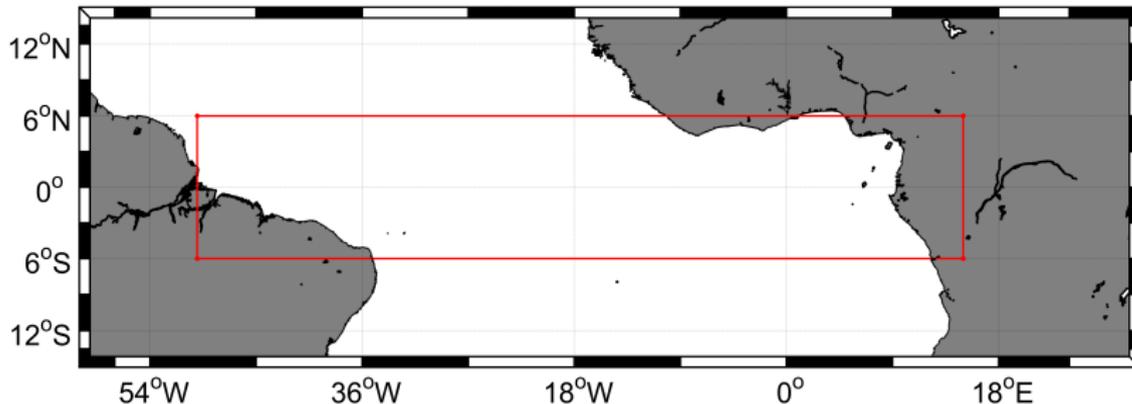
3 Resultados e Discussão

- Diagramas de Hovmöller
- A Componente Sazonal
- Ondas de Rossby
- Ondas de Kelvin
- Ondas de Instabilidade Tropical (OITs)
- Ondas de Rossby Curtas (ORCs)

4 Conclusão

Área de Estudo

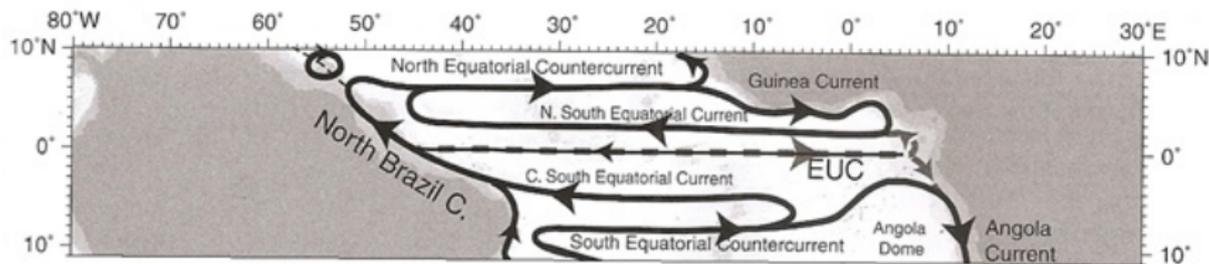
- O Atlântico equatorial estende-se de 45°W – 10°E com uma distância de aproximadamente 6000 km. O foco do estudo é a região equatorial do Atlântico entre 6°S e 6°N ;



Área de estudo, Atlântico Equatorial de 6°N a 6°S

Dinâmica Equatorial

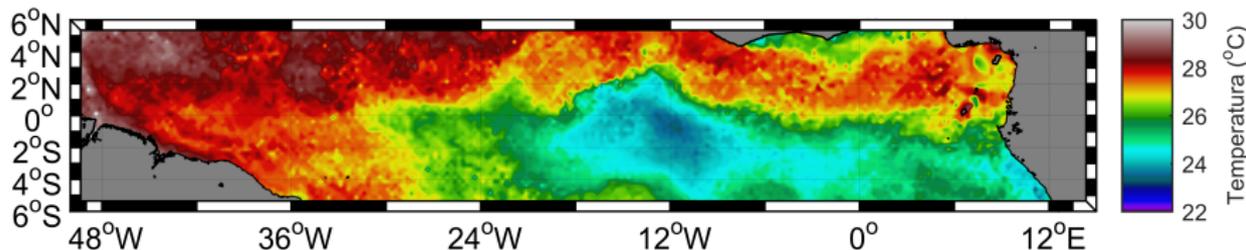
- Circulação do oceano superficial é predominantemente zonal e forçada principalmente pelo vento;
- Na faixa entre 6°N e 6°S , o escoamento dominante na superfície é em direção a oeste, nos três ramos da Corrente Sul Equatorial (CSE).



Circulação do Oceano Atlântico na região equatorial, adaptado de Talley *et al.* 2011

Dinâmica Equatorial

- Piscina de água morna (*warm pool*) e Língua fria (*cold tongue*) do Atlântico, fraca versão do Pacífico.
- Legeckis e Reverdin (1987, JGR) documentaram a presença de ondas!



Média de 8 dias dos dados de TSM, de 25/06/2003 a 04/07/2003. Resolução de $\frac{1}{4}^{\circ}$.

Ondas Planetárias

- As correntes equatoriais são vertical e horizontalmente cisalhadas, propensas à instabilidade que introduz variabilidade na forma de ondas de larga escala;
- Ondas de Rossby, Kelvin e de Instabilidade Tropical;
- Parâmetro de Coriolis $f \rightarrow 0$ e $\beta = \frac{df}{dy}$ máxima;
- Mecanismo restaurador: conservação de vorticidade potencial;
- P =semanas a meses, λ = 800 a 6000 km;
- Mas... Qual a relação com a clorofila?

Hipótese

No oceano Atlântico as ondas equatoriais exercem influência sobre a variabilidade da temperatura da superfície do mar e da concentração de clorofila associada às comunidades fitoplanctônicas.

Objetivos

Identificar ondas equatoriais nos dados de ASM e TSM para quantificar sua influência na CSM na região equatorial do Atlântico. Objetivos específicos:

- 1 Separar o sinal das ondas através de filtros digitais;
- 2 Caracterizar as ondas equatoriais nos três conjuntos de dados através de estimativas de: comprimento de onda zonal (λ), período (ω), velocidade de fase zonal (c_p), amplitude (A) e fase (ϕ);
- 3 Analisar as diferenças de fase (*lag*) entre as três variáveis, duas a duas;

Roteiro

- 1 Introdução
 - Área de Estudo
 - Hipótese
 - Objetivos principais e específicos
- 2 Dados e Métodos
- 3 Resultados e Discussão
 - Diagramas de Hovmöller
 - A Componente Sazonal
 - Ondas de Rossby
 - Ondas de Kelvin
 - Ondas de Instabilidade Tropical (OITs)
 - Ondas de Rossby Curtas (ORCs)
- 4 Conclusão

Dados

- Altura da Superfície do Mar (**ASM**): TOPEX e ERS, corrigidos e interpolados pelo grupo AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*); resolução temporal de 1 dia e espacial de $\frac{1}{4}^{\circ}$;
- Temperatura da Superfície do Mar (**TSM**) e Clorofila da Superfície do Mar (**CSM**): MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) Aqua EOS; resolução temporal de 8 dias e espacial de 9 km;
- As três séries de dados foram colocadas na mesma grade de $\frac{1}{4}^{\circ}$ e 8 dias por interpolação bicúbica no espaço e no tempo, compreendendo o período de agosto de 2002 a setembro de 2015.

Métodos

- Diagramas de Hovmollër (longitude \times tempo);
- Filtro de Resposta Impulsiva Finita (FIR2D): decomposição dos sinais propagantes e não-propagantes através do método adaptado de Polito e Liu (2003, JGR):

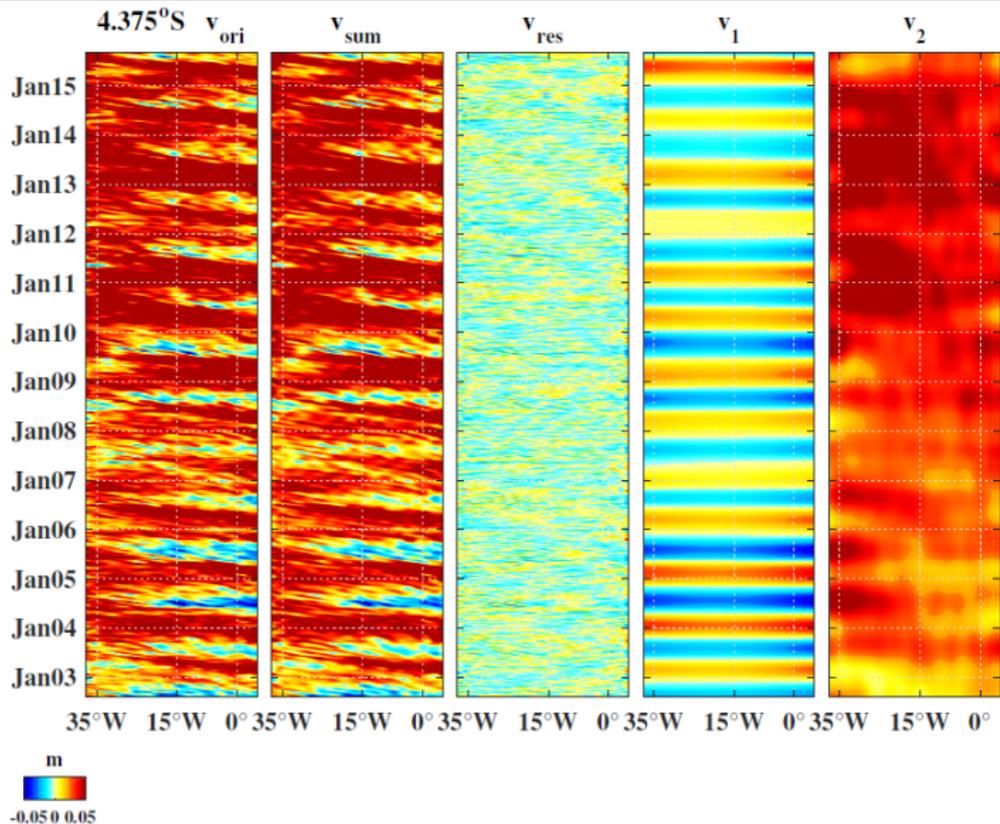
$$\eta_0 = \eta_f + \eta_l + \eta_o + \eta_r \quad (1)$$

- Cálculo dos Percentuais de Variância (PV) de cada componente;
- Cálculo das diferenças de fase, utilizando correlação cruzada com atraso;
- Análise de Fourier e método análogo ao de Welch.

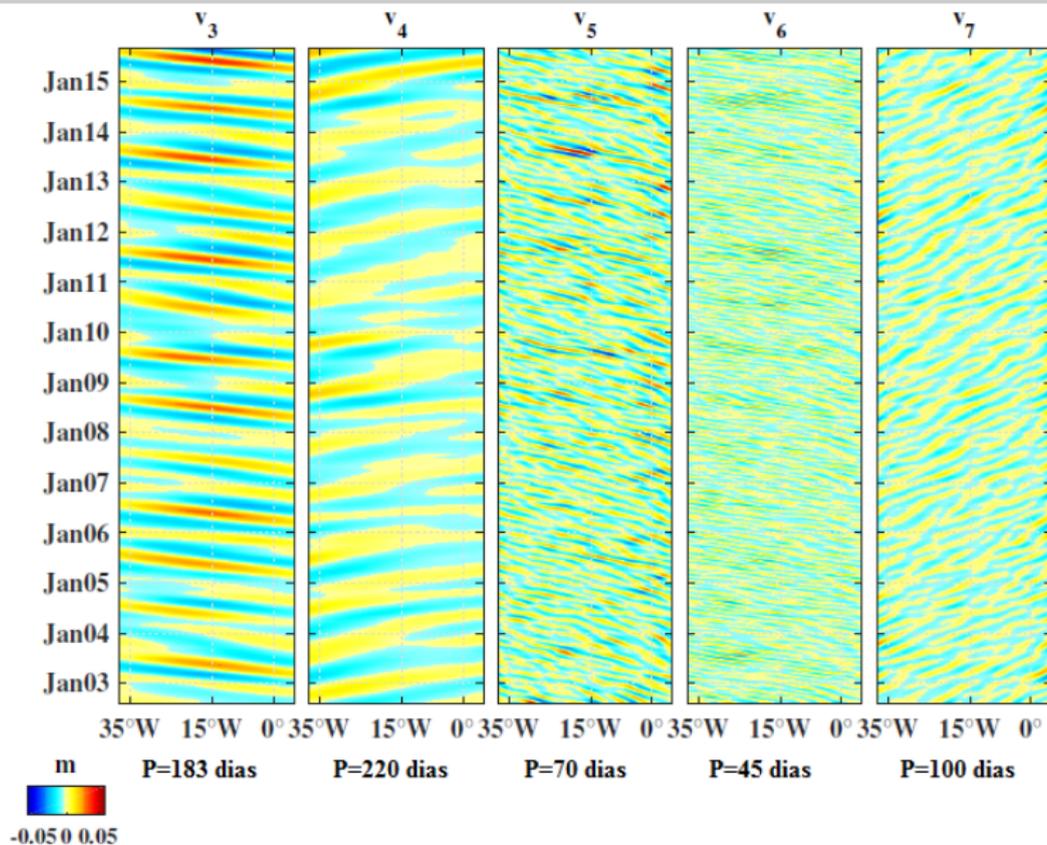
Roteiro

- 1 Introdução
 - Área de Estudo
 - Hipótese
 - Objetivos principais e específicos
- 2 Dados e Métodos
- 3 Resultados e Discussão
 - Diagramas de Hovmöller
 - A Componente Sazonal
 - Ondas de Rossby
 - Ondas de Kelvin
 - Ondas de Instabilidade Tropical (OITs)
 - Ondas de Rossby Curtas (ORCs)
- 4 Conclusão

Diagramas de Hovmoll r



Diagramas de Hovmollër



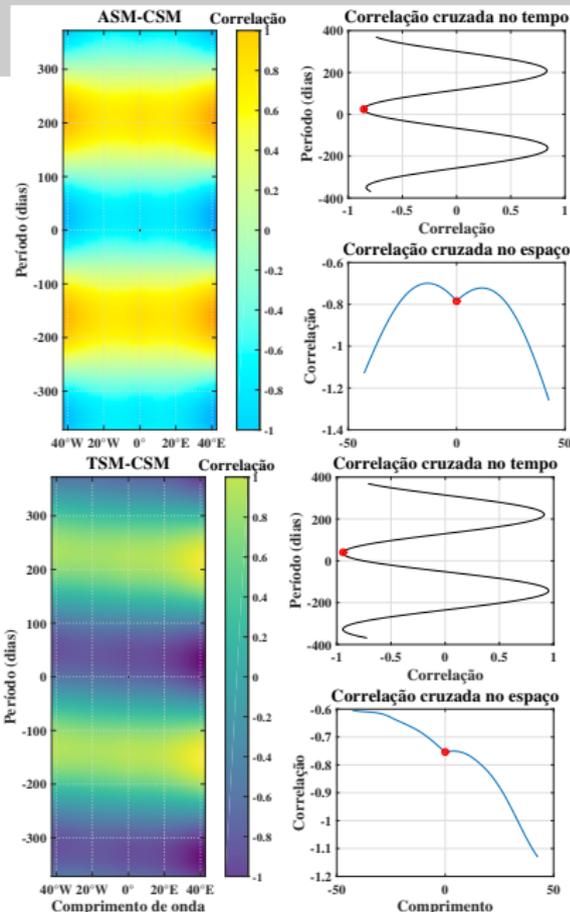
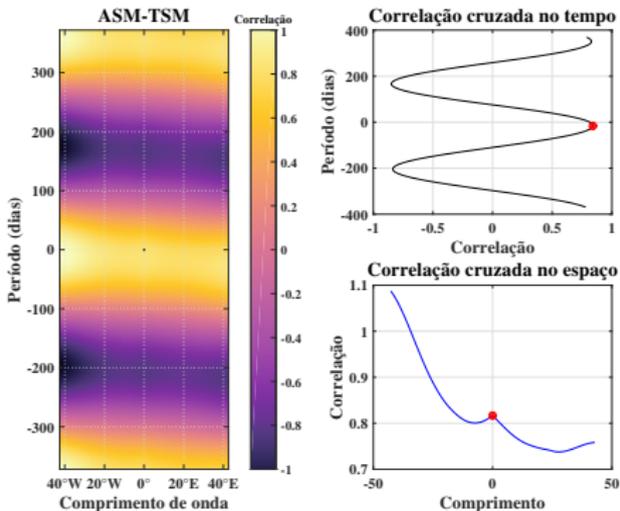
A Componente Sazonal

- Responsável pela maior parte da variabilidade;
- Variações na Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT) e termoclina;
- Atrasos de fase da ordem de 0° para 4.375°S e 2.625°N e -90° para 3.875°N e 5.125°N ;

Latitude	PV(%)			Correlação		
	ASM	TSM	CSM	ASM-TSM	ASM-CSM	TSM-CSM
4.375°S	25	65	20	0.843	-0.857	-0.943
2.625°N	41	29	11	-0.816	-0.741	0.665
5.125°N	36	34	16	0.796	-0.577	0.535
3.875°N	50	43	9	0.046	-0.755	-0.231

A Componente Sazonal

4.375°S



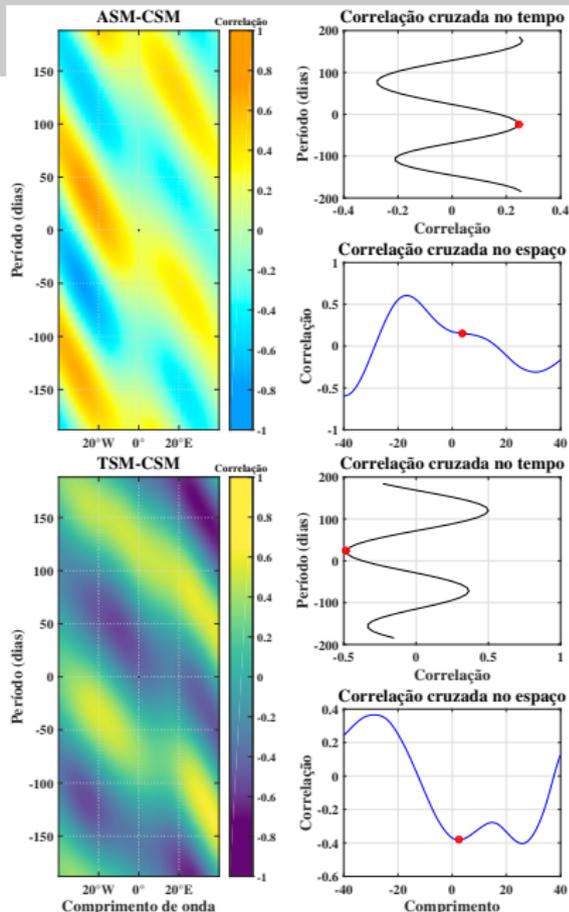
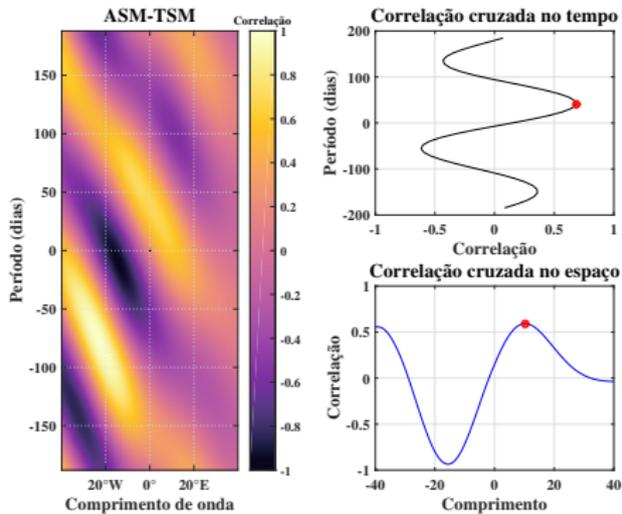
Ondas de Rossby

- Variabilidades de 5 a 20% na concentração de clorofila (Uz *et al.* 2001, Nature, e Polito *et. al.* 2001, MWR);
- Em 4.375°S, a relação de fase é similar ao que foi obtido para o sinal sazonal, da ordem de 0°;
- Nas demais latitudes, atrasos da ordem de 90°.

Latitude	PV(%)			Correlação		
	ASM	TSM	CSM	ASM-TSM	ASM-CSM	TSM-CSM
4.375°S	21	6	8	0.614	-0.715	-0.55
5.125°N	17	8	10	0.682	0.244	-0.482
3.875°N	9	10	7	0.655	-0.236	-0.261

Ondas de Rossby

5.125°N



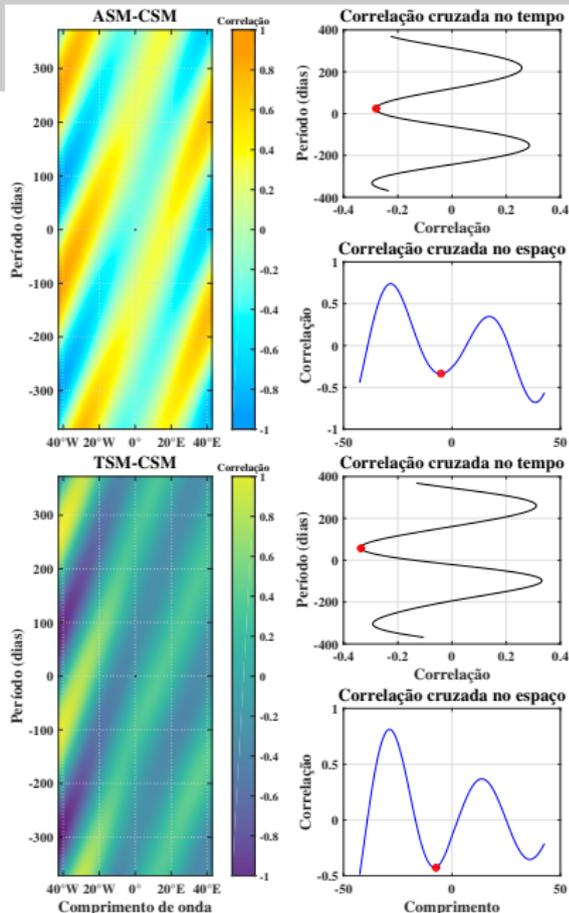
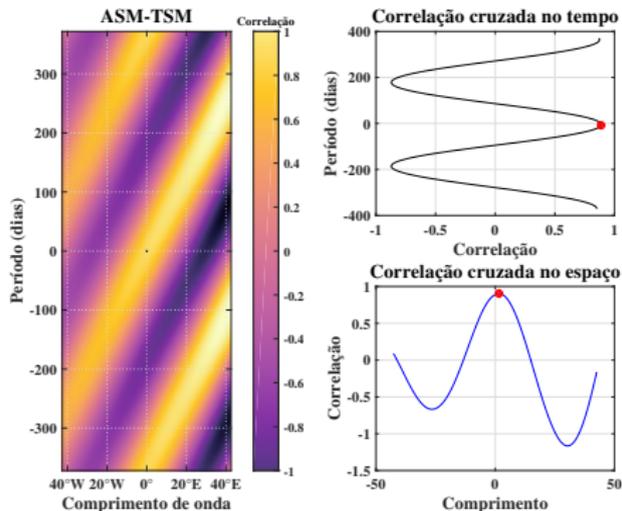
Ondas de Kelvin

- A escala zonal de correlação da clorofila é 30° e 3 semanas, excedendo a escala de advecção (2°). Essa correlação é produzida por perturbações na ressurgência equatorial causadas por ondas de Kelvin (Grotsky *et al.* 2008, GRL);
- Atrasos de fase da ordem de 0° em 2.625°N e -90° em 5.125°N .

Latitude	PV(%)			Correlação		
	ASM	TSM	CSM	ASM-TSM	ASM-CSM	TSM-CSM
2.625°N	12	7	2	0.890	-0.282	-0.337
2.625°N	3	7	10	0.450	-0.335	-0.461
5.125°N	4	4	3	0.214	0.058	0.142

Ondas de Kelvin

2.625°N



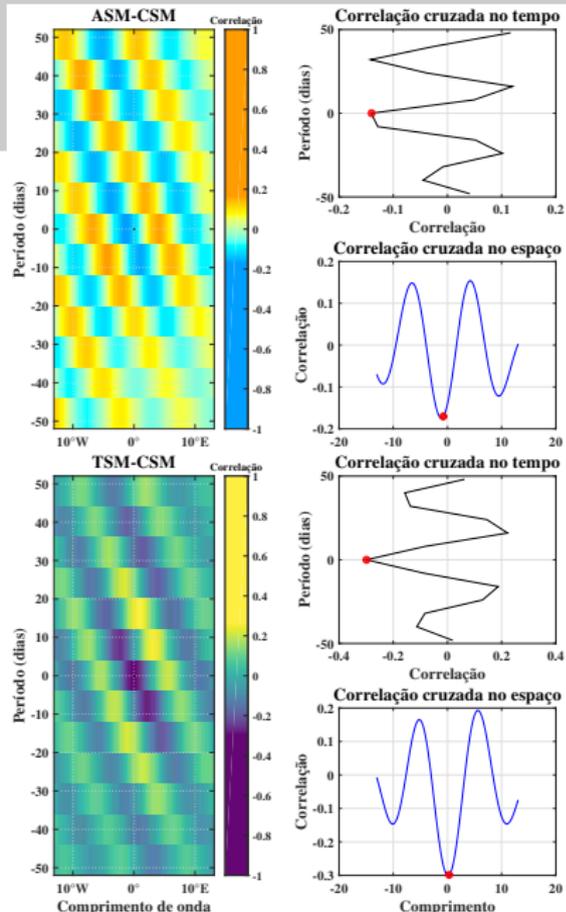
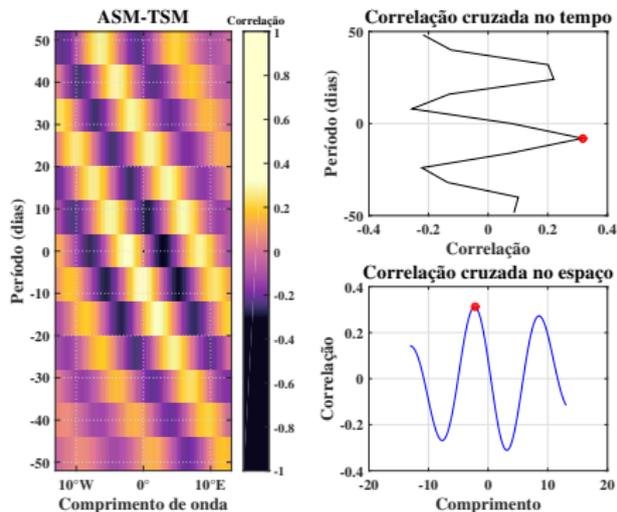
Ondas de Instabilidade Tropical (OITs)

- São sequências de cristas e cavados que se propagam para oeste ao longo do Equador, sendo mais evidentes em uma faixa entre as latitudes 5°N e 5°S .
- Atrasos de fase de 0° , sem influência na clorofila.

Latitude	PV(%)			Correlação		
	ASM	TSM	CSM	ASM-TSM	ASM-CSM	TSM-CSM
2.625°N	4	4	6	0.316	-0.140	-0.300

Ondas de Instabilidade Tropical (OITs)

2.625°N



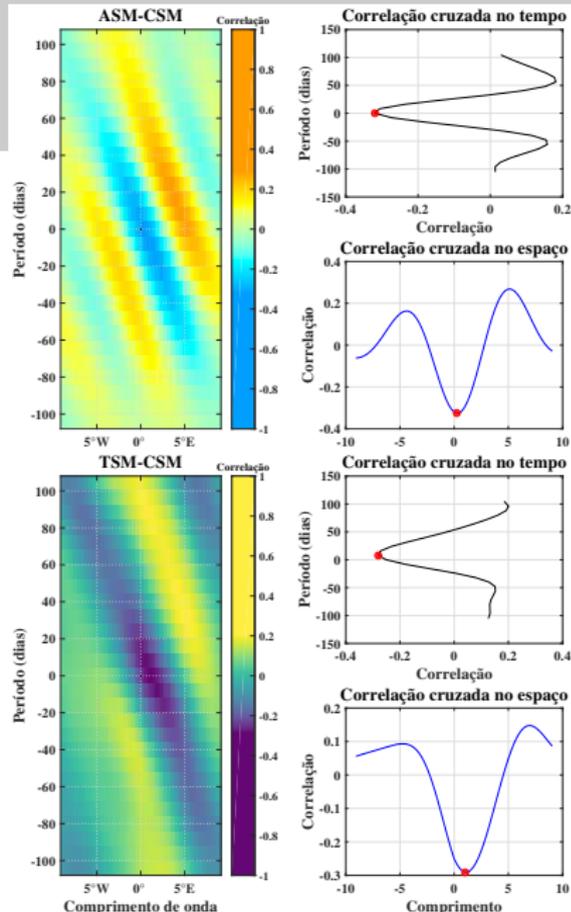
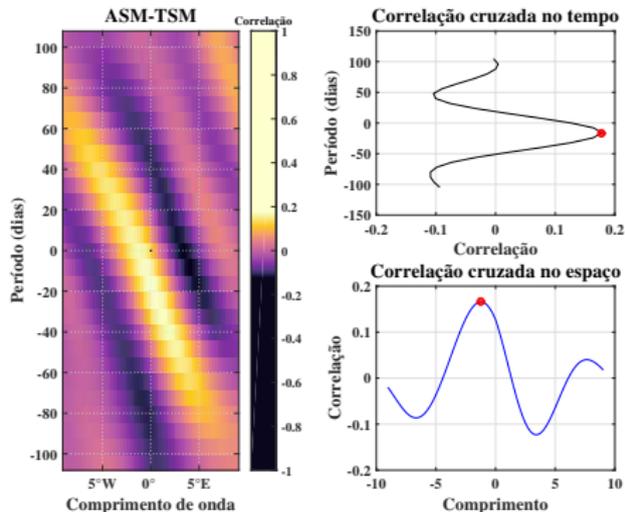
Ondas de Rossby Curtas (ORCs)

- Período e comprimento de onda menores que as ondas de Rossby e sentido de propagação para oeste;
- Atrasos de fase próximos a 0° para 4.375°S e 2.625°N e próximos a -90° para 3.875°N e 5.125°N

Latitude	PV(%)			Correlação		
	ASM	TSM	CSM	ASM-TSM	ASM-CSM	TSM-CSM
4.375°S	11	1	5	0.325	-0.246	-0.305
2.625°N	9	6	11	0.186	-0.162	-0.262
5.125°N	19	7	8	0.214	-0.058	0.142
3.875°N	5	4	7	0.178	-0.320	-0.280

Ondas de Rossby Curtas (ORCs)

3.875°N



Roteiro

- 1 Introdução
 - Área de Estudo
 - Hipótese
 - Objetivos principais e específicos
- 2 Dados e Métodos
- 3 Resultados e Discussão
 - Diagramas de Hovmöller
 - A Componente Sazonal
 - Ondas de Rossby
 - Ondas de Kelvin
 - Ondas de Instabilidade Tropical (OITs)
 - Ondas de Rossby Curtas (ORCs)
- 4 Conclusão

Conclusões

- O sinal sazonal é a maior fonte de variabilidade, corroborando o estudo de Schouten *et al.* (2005, DSR), seguido pelas ondas de Rossby nas latitudes 4.375°S , 5.125°N e 3.875°N e onda de Kelvin de maior período em 2.625°N ;
- OITs, ORCs e as demais ondas de Kelvin, apresentaram valores de PV significativamente menores, da ordem de 5%;
- Da análise de fase, há a preponderância da advecção horizontal de clorofila nas latitudes 2.625°N , 3.875°N e 5.125°N e vertical em 4.375°S ;
- Portanto, nestas latitudes as ondas exercem influência nas variações de concentração de clorofila por dois mecanismos diferentes!

Obrigada!