

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

A INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS: PIBIC/CNPq NO INPE

**Avaliação de Atlas de Ventos e de Ondas utilizando operador
AAF (Asymmetric Amplitude Fragmentation) da técnica GPA
(Gradient Pattern Analysis)
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Julho de 2007



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

A INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS: PIBIC/CNPq NO INPE

Avaliação de Atlas de Ventos e de Ondas utilizando operador AAF (Asymmetric Amplitude Fragmentation) da técnica GPA (Gradient Pattern Analysis) (PIBIC/CNPq/INPE)

Renato Morais Miyata (IBTA, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: renatomiyata@gmail.com

Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar (LAC/INPE, Orientador)
E-mail: vijay@lac.inpe.br

COLABORADORES

Dr. Reinaldo Roberto Rosa (LAC/INPE)

Julho de 2007

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família e aos meus amigos que me acompanharam e me ajudaram durante o decorrer deste projeto e principalmente agradecer ao meu orientador, Dr. Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar, pela orientação, atenção, dedicação, amizade e pelos conhecimentos passados durante a elaboração do Trabalho.

Agradeço também o Dr. Reinaldo Roberto Rosa pela seu auxílio, colaboração, preocupação e importante ajuda na conclusão do projeto.

E não menos importante agradeço ao CNPq e ao PIBIC pela oportunidade e concessão da bolsa.

AVALIAÇÃO DE ATLAS DE VENTOS E DE ONDAS UTILIZANDO OPERADOR AAF (ASYMMETRIC AMPLITUDE FRAGMENTATION) DA TÉCNICA GPA (GRADIENT PATTERN ANALYSIS)

Resumo

Esta pesquisa, iniciada em agosto de 2006 possui como objetivo dar continuidade ao projeto de iniciação científica em andamento desde 2005 para realizar análises mais robustas sobre os dados *hindcast* (climatologia do passado) de ventos e de ondas da costa Irlandesa. A análise preliminar consistiu somente em avaliar os dados de um ano dentro dos 40 anos disponíveis. A avaliação atual consiste em estudar pelo menos 10 anos de dados utilizando técnicas GPA (*Gradient Pattern Analysis*). Esta técnica conta com dois operadores: AAF (*Asymmetric Amplitude Fragmentation*) e CEF (*Complex Entropy Form*). Os dois operadores são capazes de detectar variações grandes e bruscas e variações pequenas. A vantagem do operador AAF consiste em detectar variações em escalas intermediárias, enquanto que o operador CEF fornece dois resultados: módulo e fase de uma imagem (matriz). O trabalho descrito neste documento discute o uso da combinação dos operadores AAF e o módulo do CEF para permitir um estudo de variabilidade em níveis global para intermediário. Como já mencionado, esta combinação será aplicada nos dados de 10 anos onde serão gerados resultados anuais e sazonais.

**EVALUATION OF WIND AND WAVE DATASETS USING AAF OPERATOR
(ASYMMETRIC AMPLITUDE FRAGMENTATION) FROM GPA
TECHNIQUE (GRADIENT PATTERN ANALYSIS)**

Abstract

This research started in August of 2006 is a continuation of research developed in 2005. The idea is to carry out more robust analyses on the hindcast (past climatology) of winds and of waves of the Irish coast. The preliminary analysis consisted only in evaluating the data for one year within 40 available years. The current evaluation consists in studying at least 10 years of data using GPA (Gradient Pattern Analysis) technique. This technique consists of two operators: AAF (Asymmetric Amplitude Fragmentation) and CEF (Complex Entropy Form). These operators can detect large as well as small variations in scales. The advantage of the operator AAF consists in detecting variations in intermediary scales, whereas the CEF operator supplies two results: module and phase. The work described in this document discusses the use of the combination of the operators AAF and the module of CEF to allow a study of variability in global to intermediary levels. As already mentioned, this combination will be applied for the 10-year dataset where annual and seasonal results will be produced.

SUMÁRIO

Resumo	4
Abstract.....	5
Lista de Figuras	7
Lista de Siglas e Abreviaturas	8
1. Introdução.....	9
1.1 Metodologia	9
1.2 Objetivo.....	9
2. Dados Analisados	10
3. Técnica de Análise GPA	11
3.1. Operador AAF – Primeiro momento gradiente	11
4. Resultados.....	12
5. Conclusão	15
6. Referências	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coeficiente de Dispersão Geométrica $g_1^a \times |g_4|$.

Figura 2 - Coeficiente de Dispersão Geométrica $g_1^a \times |g_4|$.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAF - Asymmetric Amplitude Fragmentation.

CEF - Complex Entropy Form.

GCM - Global Circulation Model.

GPA - Gradient Pattern Analysis.

HINDCAST – Banco de dados com parâmetros de ventos e ondas.

HIPOCAS - Hindcast of Dynamical Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe.

HIRLAM - High-Resolution Limited Area Model.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

NCAR - National Center for Atmospheric Research, Boulder.

NCEP - National Center for Environmental Prediction.

PIBIC - Programa de Incentivo a Bolsas de Iniciação Científica.

WAM - Wave Model

1. INTRODUÇÃO

Nestes últimos tempos o efeito de aquecimento global tem sido o foco principal nas pesquisas em mudanças climáticas e, apresenta riscos e perigos ao meio ambiente costeiro. Tendo em vista esse perigo, existe uma grande necessidade em avaliar os climas costeiros, para se evitar posteriores desastres naturais. Sendo assim percebe-se um aumento na velocidade de ventos e altura de ondas forçando tempestades nas regiões costeiras e marinas. Para se avaliar a influência dos ventos e das ondas em possíveis desastres costeiros foi criado o projeto HIPOCAS - *Hindcast of Dynamical Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe*, tendo a finalidade de gerar um Atlas de ventos e de ondas para as regiões costeiras da Europa. A avaliação do clima do passado além de compreender melhor o que houve no passado, possibilitará a validação de modelos desde que possa contar com a disponibilidade de dados de observação. Esse projeto HIPOCAS foi financiado pela União Européia e os dados passaram somente por análises preliminares baseadas em estatísticas convencionais. A idéia é testar a técnica de GPA - *Gradient Pattern Analysis*. [Vijaykumar et al, 2003] e [Vijaykumar et al, 2004].

1.1 Metodologia

Utilizar a Técnica GPA, através do uso de seu operador AAF (ASYMMETRIC Amplitude Fragmentation)[Rosa et al 2003], que nos permite avaliar parâmetros de ventos e ondas do projeto HIPOCAS. Este operador será combinado com outros operador CEF para gerar gráficos de dispersão. Em particular, a combinação será realizada com o módulo da CEF[Vasquez 2007] e [Ramos et al 2000] para possibilitar a detecção de mudanças em escalas intermediárias a bruscas.

1.2 Objetivo

Testar os resultados obtidos do projeto HIPOCAS aplicando a técnica de GPA que é capaz de caracterizar a formação e evolução de padrões baseado em correlações espaço - temporal entre as pequenas flutuações de estruturas representadas em um campo gradiente ao longo do tempo.

2. DADOS ANALISADOS

O trabalho se constitui dentro do projeto HIPOCAS [Gault et al 2003] foi usado para gerar um *Hindcast* de ventos e ondas para os Mares de Irlanda e Céltico e para as águas vizinhas do Atlântico Norte. O *Hindcast* produzido abrange o período 1958-1997.

A base para o projeto HIPOCAS, têm sido análises atmosféricas de 40 anos, executados pelo NCEP e pelo NCAR. A resolução da saída GCM (Modelo de Circulação Global) é de 200 km, com resultados difundidos de 3 em 3 horas, no entanto a limitada resolução do GCM, não é suficiente para conduzir estudos de ondas. Conseqüentemente os resultados obtidos por GCM foram refinados utilizando um modelo regional gerando ventos com uma resolução espacial de 50km e temporal de uma hora. No caso da costa irlandesa, mais um refinamento foi realizado através do modelo HIRLAM gerando ventos de resolução espacial de 10 km e temporal de 1 hora. Estes ventos de alta resolução, então, foram usados num modelo de ondas para que informações sobre ondas fossem geradas em alta resolução espacial e temporal.

3. TÉCNICA DE ANÁLISE GPA.

A técnica de análise GPA [Vijaykumar et al, 2003] e [Vijaykumar et al, 2004] é utilizada para entender melhor a correlação de ventos sobre as ondas e a evolução espaço-temporal dos comportamentos de sistemas dinâmicos não lineares. A técnica de GPA é mais eficaz que as técnicas convencionais de correlação e raiz quadrática.

O GPA é capaz de caracterizar a formação e evolução de padrões baseado em correlações espaço - temporal entre as pequenas flutuações de estruturas representadas em um campo gradiente. Sendo assim utilizando dois dos quatro momentos gradientes.

São utilizados operadores computacionais capazes de caracterizar assimetrias e entropias no campo gradiente. A técnica de GPA calcula três diferentes parâmetros: Frag (g_1^a), Fase (Φg_4) e Módulo (lg_4), esses parâmetros são os dados do primeiro momento gradiente (g_1), e os dados do quarto momento gradiente (g_4).

O operador computacional AAF calcula o Frag relativo à forma complexa do primeiro momento gradiente (g_1).

4. OPERADOR AAF – PRIMEIRO MOMENTO GRADIENTE

O momento gradiente g_1 é uma complexa representação do frag, (g_1^a), de um campo gradiente. O operador AAF(Asymmetric Amplitude Fragmentation) [Rosa et al, 2003] mede a assimetria quebrado um padrão dinâmico. Sendo assim os simétricos pares de vetores (mesmo modulo, mas direções opostas) são removidos. Somente pares assimétricos são deixados e a medida da Fragmentação espacial assimétrica g_1^a conhecidos como FA.

A triangulação de Delaunay é também utilizada para diferenciar os vetores assimétricos num campo fractal com dimensões assimétrica no padrão (estruturas regulares), o numero total de vetores assimétricos é menor que dois. Quando existe nenhuma correlação zero e conseqüentemente g_1^a é nulo. Padrões complexos compostos por estruturas assimétricas têm valores específicos não zeros do g_1^a . Padrões complexos compostos por estruturas assimétricas têm valores específicos não zeros do g_1^a . [Rosa et al, 2003]

5. RESULTADOS

Utilizando os algoritmos originais desenvolvidos nas plataformas de programação IDL (Operador AAF) e Fortran (tratamento de dados do HINDCAST), testes iniciais com os operadores de ondas e ventos foram feitos com o propósito de adaptá-los para a leitura de matrizes.

Essa análise tem como propósito integrar os resultados do primeiro momento gradiente g_1^a do operador AAF, responsável por detectar mudanças em escalas médias, com os resultados do Módulo do quarto momento gradiente lg_4 .

Uma das principais propriedades do parâmetro g_1^a é a sua capacidade de quantificar a dinâmica de modelos em escala intermediária comparada com as escalas globais e locais da grade sendo analisada. Esta propriedade é devida às assinaturas de multi-escala presentes no campo de triangulação construído sobre vetores assimétricos. A combinação $\delta_L \times t$ (g_1^a versus lg_4) caracteriza a dinâmica relacionada com escalas

abrangendo do nível intermediário até o nível brusco. Em resumo a metodologia usando o AAF e o CEF segue as etapas abaixo descritas:

- 1 - Calcular g_1^a na grade para cada etapa.
- 2 - Calcular $|g_4|$ e Φg_4 da grade(matriz) para cada etapa.
- 3 - Calcular δ_L da metodologia apresentada em [Vasquez, 2007], para detectar variações da escalas médias até a baixa escala.
- 4 - Calcular δ_L a partir do gráfico g_1^a e $|g_4|$ para detectar variações das escalas médias até as escalas bruscas
- 5 As dinâmicas de um dado espaço temporal estrutural irregular é caracterizado de duas séries de tempo: $\delta_L \times t$ e $\delta_t \times t$

Foram realizadas análises Durante o período de Janeiro no decorrer de 10 anos (1988 á 1997), e com os resultados foi feito esse gráfico de dispersão geométrica apresentado, mostrando a variação dos ventos e das ondas nos meses de janeiro.

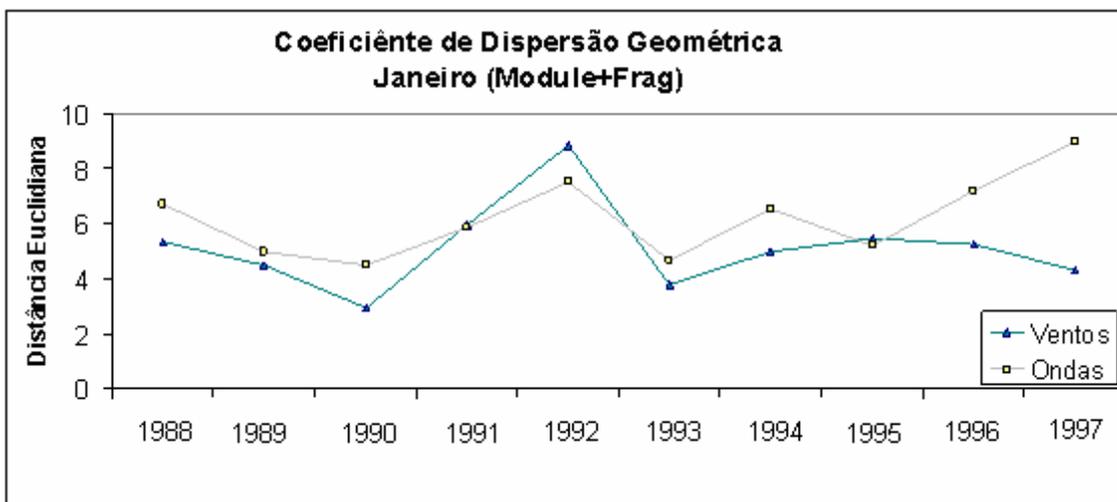


Figura 1 - Coeficiente de Dispersão Geométrica $g_1^a \times |g_4|$.

Este gráfico mostra a correlação entre ventos e ondas para o período de Inverno (meses de Janeiro, Fevereiro e Março) no período de 10 anos (1988 á 1997), mostrando as variações dos ventos sobre as grandes variações das ondas. A fim de encontrar correlações espaço temporal, sobre a influencia dos ventos nas ondas.

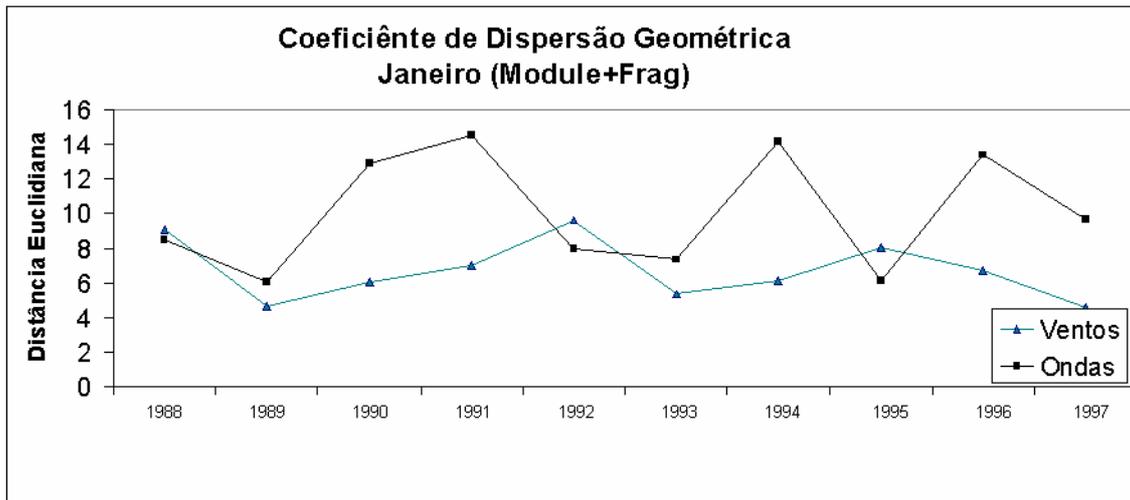


Figura 2 – coeficiente de dispersão geométrica $g_1^a \times |g_4|$.

5. CONCLUSÃO

Durante o período do projeto, percebe-se a necessidade de se avaliar o clima do passado para que se possa fazer uma boa previsão do clima futuro, e que a metodologia GPA é uma ferramenta computacional apropriada para detecção de correlações de não linearidade entre ventos e ondas em dinâmicas do espaço temporal.

Com as análises realizadas no período de Janeiro de 1988 a Janeiro de 1997 de series de ventos e ondas, mostrou-se que a técnica GPA é sensível na detecção de assimetrias e entropias relacionadas ao campo gradiente de matrizes de ventos e ondas em volta da costa simulados com alta resolução. Isto caracteriza a formação e evolução de padrões estendidos das correlações espaço temporal entre grandes e pequenas flutuações da estrutura padrão representado como um campo gradiente.

No entanto os operadores são executados em software proprietário IDL e consomem tempo considerável para sua execução, sendo assim estão sendo feitos protótipos da programação dos operadores AAF e o CEF nas plataformas de programação Scilab e Java.

O resultado mostra que pode ser feito como uma conjectura para ser testado trabalhando em diferentes séries de dados (outros períodos e localizações). Espera-se que a abordagem introduzida aqui foque para conduzir um mais rigoroso estudo de como a aplicação de cada operador ajudaria a estabilizar uma metodologia mais monitorada para detectar padrões não lineares que escalam características de dinâmicas litorais que pode ser utilizável para futura estratégia de proteção costeira

Conclui-se que a técnica GPA é uma ferramenta muito importante, pois é capaz de detectar correlações não-lineares entre as dinâmicas espaço-temporal do sistema oceano-atmosfera. E deve ser considerada uma ferramenta utilizável para uma futura previsão do tempo e estratégia de proteção costeira.

6. REFERENCIAS

Gault, J.; Vijaykumar, N.L.; Devoy, R. On Producing Past Wave Climate for the Irish Sea. *LITTORAL 2006 Coastal Innovations and Initiatives*, Gdansk, Poland, September 2006. (Proceedings of Coastal Environment, Processes and Evolution)

Stwart, P.; Avaliação de Atlas de Ventos e de Ondas utilizando a combinação do operador AFF e a Fase do operador CEF da técnica GPA (Gradient Pattern Analysis). Relatório PIBIC, INPE/SJCampos, 2007

Ramos, F.M.; Rosa, R.R.; Neto, C.R.; Zanandrea, A. Generalized complex entropic form for gradient pattern analysis of spatio-temporal dynamics. *Physica A*, 283, 171-174, 2000.

Rosa, R.R.; Sharma, A.S.; Valdivia, J.A. Characterization of asymmetric fragmentation patterns in spatially extended systems. *International Journal of Modern Physics C*, 10 (1), 147-163, 1999.

Vijaykumar, N.L.; Rodrigues, M.; Moraes, T.; Rosa, R.R.; Ramos, F.M.; Gault, J.; Devoy, R. Application of Gradient Pattern Analysis to Hindcast of Wind and Wave Datasets for Irish Waters. *LITTORAL 2006 Coastal Innovations and Initiatives*, Gdansk, Poland, September 2006. (Proceedings of Coastal Environment, Processes and Evolution)