



ESTUDO COMPARATIVO DE DADOS DE FLUXOS TURBULENTOS NA REGIÃO DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO



Udo Tersiano Skielka e Jacyra Soares
Projeto FluTuA - Grupo de Micrometeorologia - IAG/USP

Introdução

Devido à ausência de dados observacionais é limitado o número de estudos dos processos atmosféricos e oceânicos que contribuem para as variações encontradas nos parâmetros de superfície marinha e dos fluxos na interface ar-mar da região do Oceano Atlântico tropical. Muitos estudos requerem o conhecimento desses parâmetros: modelos operacionais de previsão de tempo, modelos de previsão de onda, engenharia oceânica, etc. Os fluxos de calor sensível e latente são responsáveis por boa parte do balanço de troca de energia na interface ar-mar. Porém, devido à inviabilidade de monitoramento desses fluxos com boa resolução temporal e espacial, existe a necessidade de parametrização destes através da utilização de parâmetros empíricos. Este trabalho está ligado ao Projeto FluTuA, o qual tem como objetivo a medição direta e contínua dos fluxos turbulentos sobre a região do Oceano Atlântico equatorial, tendo como base de pesquisa o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Desta forma, este trabalho se empenha na caracterização meteorológica e oceanográfica na região de interesse do Projeto FluTuA.

Objetivos

- Investigar a variação sazonal da temperatura do ar e da superfície do mar, intensidade e direção do vento, e umidade na região do ASPSP;
- Estimar os fluxos turbulentos de calor sensível e latente utilizando fórmulas de parametrização *bulk*;
- Comparar os fluxos estimados com valores de fluxos do NCEP e OAFflux;

Região de estudo

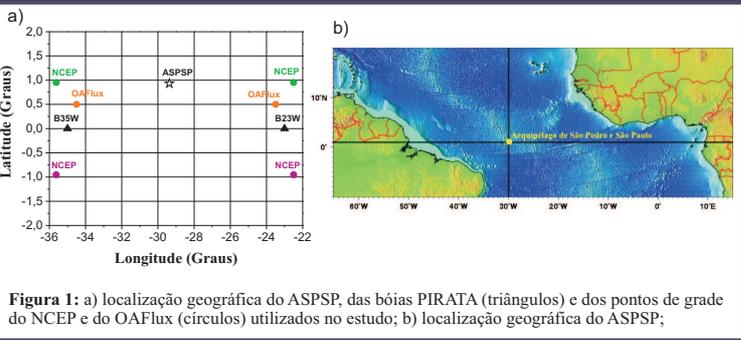


Figura 1: a) localização geográfica da ASPSP, das bóias PIRATA (triângulos) e dos pontos de grade do NCEP e do OAFflux (círculos) utilizados no estudo; b) localização geográfica da ASPSP;

Dados utilizados

-Projeto PIRATA - Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic (<http://www.pmel.noaa.gov/pirata/>): foram utilizadas médias diárias de temperatura da superfície do mar (TSM), temperatura do mar, umidade relativa e intensidade do vento das duas bóias mais próximas ao ASPSP, ambas sobre o equador, uma em 35°W (B35W) e a outra bóia em 23°W (B23W) - Figura 1. A série de dados utilizada está compreendida entre o período de 1999 a 2005. Com essas variáveis foram calculados os fluxos turbulentos de calor através do método de parametrização *bulk* e feita a climatologia mensal dos fluxos.

-Projeto OAFflux - Objectively Analyzed Air-Sea Flux - Woods Hole Oceanographic Institute (WHOI) (<http://oafflux.whoi.edu/index.html>): tem como principal objetivo estimar os fluxos de energia entre o oceano e a atmosfera em todo o globo com resolução espacial de 0,5°X 0,5°. No estudo foram utilizadas médias diárias dos fluxos turbulentos de calor para dois pontos de grade mais próximos das bóias (0,5°N 34,5°W e 0,5°N 22,5°W), utilizando uma série de quatro anos (1999 a 2002), e com esses dados foi feita uma climatologia mensal.

-Dados da reanálise do NCEP (<http://www.cdc.noaa.gov/cde/reanalysis/reanalysis.html>): foram utilizadas médias diárias de quatro pontos de grade mais próximos às bóias (0,95°S 35,6°W; 0,95°S 22,5°W; 0,95°N 35,6°W; e 0,95°N 22,5°W) utilizando uma série de quatro anos para a climatologia dos fluxos (1999 a 2003).

Método de parametrização *bulk*

O método consiste na utilização de variáveis meteorológicas e oceanográficas básicas na parametrização dos fluxos turbulentos, sendo calculados pelas equações abaixo. Nas equações ρ_a é a densidade do ar, c_p é o calor específico a pressão contante, L_v o calor latente de evaporação, C_{H1} e C_{H2} são, respectivamente, os coeficientes de troca turbulenta de calor e vapor d'água.

Fluxo de calor sensível (H): utiliza medidas de temperatura do ar a 3 metros (T) e da superfície do mar (T_s).

$$H = -\rho_a c_p C_{H1} V \frac{(T_s - T)}{\Delta z}$$

Fluxo de calor latente (LE): utiliza medidas de umidade específica do ar a 3 metros (q_s) e de umidade específica de saturação representativa da superfície do mar $q_0 = q_s(T_s)$.

$$LE = -\rho_a L_v C_{H2} V \frac{(q_s - q_0)}{\Delta z}$$

Coefficiente de troca turbulenta é o principal problema da parametrização por este método. Este coeficiente depende da velocidade do vento e da estabilidade atmosférica, variando no espaço e no tempo. Experimentos de campo que possibilitam a obtenção desses coeficientes sobre o oceano são raros no hemisfério sul e na região equatorial do Oceano Atlântico, sendo comumente utilizados em modelos numéricos coeficientes obtidos em outras regiões oceânicas. Para os cálculos realizados neste trabalho foram utilizados inicialmente o coeficiente de troca de troca de calor e vapor obtidos por Smith (1988), utilizando posteriormente coeficientes adaptados às condições do Oceano Atlântico tropical. Um dos objetivos do Projeto FluTuA é a obtenção dos coeficientes de troca apropriados para a região, os quais são possíveis de determinar com medições diretas dos fluxos.

Resultados

A seguir são mostrados gráficos comparativos entre as diferentes fontes para o fluxo de calor sensível (H) e o fluxo de calor latente (LE) para cada região representativa dos dados, região das bóias PIRATA B35W e B23W. São mostrados também gráficos das médias mensais climatológicas das variáveis utilizadas no cálculo dos fluxos pelo método de parametrização *bulk*.

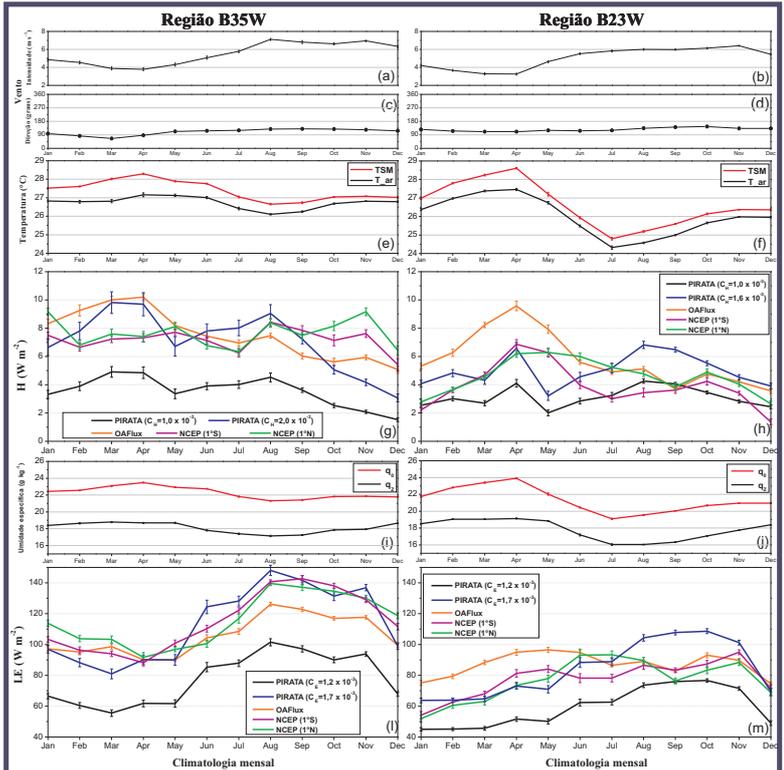


Figura 2: climatologia mensal das variáveis utilizadas na parametrização e dos fluxos turbulentos de calor sensível e latente das fontes de dados utilizadas para cada região representativa das duas bóias oceanográficas, B35W e B23W.

Considerações sobre os resultados

- Verifica-se pela Fig. 2.a-d, que a região tem influência dos ventos alísios, tendo componente ESE na maior parte do ano e ventos mais intensos na segunda metade do ano, quando a Zona de Convergência Inter-tropical (ZCIT) se encontra deslocada para norte;
- Pelas Fig. 2.e-f, observa-se que a TSM é maior que a temperatura do ar durante o ano todo, o que caracteriza o regime dos fluxos de calor sensível positivo na região (Fig. 2.g-h). Observa-se um aumento do gradiente de temperatura ar-mar entre março e maio, período em que a ZCIT se encontra nas proximidades da região de estudo (Skielka, 2006);
- A umidade específica apresenta decréscimo a partir de junho, sendo menor no período entre agosto e outubro (Fig. 2i-j). Este decréscimo é mais intenso na região da B23W. Porém, o gradiente ar-mar de umidade específica tem pouca variação anual;
- O fluxo de calor sensível apresenta menor variação anual (Fig. 2.g-h) se comparado ao fluxo de calor latente (Fig. 2.l-m). Em geral, observando o conjunto de dados, verifica-se valores maiores deste fluxo entre março e maio, quando ocorre um aumento do gradiente de temperatura ar-mar (Fig. 2e-f).
- O fluxo de calor latente é maior na segunda metade do ano (Fig. 2.l-m), quando a ZCIT desloca-se para norte e os ventos são mais intensos (Fig. 2.a-b). O fluxo de calor latente tem maior variação anual e valores mais elevados na região da B35W;
- Os valores dos fluxos parametrizados com os coeficientes de Smith (1988) estão, em geral, bem abaixo dos valores fluxos estimados pelo NCEP e OAFflux;
- Apesar do ajuste feito no cálculo dos fluxos utilizando coeficientes de troca turbulenta ajustados, para determinados períodos do ano os valores de fluxos turbulentos ainda são discrepantes.

Referências

Skielka, U. T., 2006: Estudo das Condições Meteorológicas e Oceanográficas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Relatório parcial de atividades PIBIC/CNPQ. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo.
 Smith D.S., 1988a: Water vapor flux at the sea surface. *Boundary - Layer Meteorology*, **47**, 277-293
 Smith D.S., 1988b: Coefficients for sea surface wind stress, heat flux, and wind profiles as a function of wind speed and temperature. *J. Geophys. Res.*, **93**, 15467-15472.

Os autores deste trabalho agradecem o apoio das instituições

O primeiro autor é bolsista do CNPQ n° 110693/2005-1



ESTUDO COMPARATIVO DE DADOS DE FLUXOS TURBULENTOS NA REGIÃO DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Udo Tersiano Skielka e Jacyra Soares

*Laboratório de Interação Ar-Mar, Departamento de Ciências Atmosféricas
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo
Rua do Matão nº1226 – Cidade Universitária - São Paulo/SP CEP: 055080-090
Telefone: (11)3091-2851, e-mail: udo@model.iag.usp.br, jacyra@usp.br*

Introdução

Devido à ausência de dados observacionais é limitado o número de estudos dos processos atmosféricos e oceânicos que contribuem para as variações encontradas nos parâmetros de superfície marinha e dos fluxos na interface ar-mar da região do Oceano Atlântico tropical. Além dos estudos diagnósticos e prognósticos de mudanças climáticas, muitos outros estudos requerem o conhecimento dos parâmetros de interação ar-mar: modelos operacionais de previsão de tempo, modelos de previsão de onda, engenharia oceânica, etc.

O Projeto FluTuA (Fluxos Turbulentos sobre o Atlântico) tem como principal objetivo investigar a interação entre a atmosfera e o oceano através da determinação observacional direta e contínua dos fluxos verticais turbulentos de calor sensível, calor latente e de momento sobre o oceano Atlântico, tendo como base de dados o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), localizado na região de mar aberto em 00° 56' N e 29° 22' W. Há poucas referências na literatura de observações meteorológicas e oceanográficas realizadas diretamente no ASPSP. Existem, entretanto, vários resultados de modelos numéricos sobre a região em estudo.

Objetivo

Este trabalho tem como principal objetivo obter e comparar dados de fluxos turbulentos que se encontram disponíveis na internet para que, posteriormente, esses dados possam ser comparados e validados com os dados obtidos através do método da correlação no âmbito do FluTuA.

Desenvolvimento

A forma mais comum de parametrização de fluxos turbulentos verticais sobre o oceano é através do método *bulk*, sendo utilizada nos códigos da maioria dos modelos meteorológicos e oceanográficos. As fórmulas *bulk* têm sido constantemente aprimoradas por pesquisadores ao longo dos anos (WGASF, 2000). Essa parametrização depende dos coeficientes de troca turbulenta que, por sua vez, variam no espaço e no tempo.

Utilizando medidas de duas bóias oceanográficas do Projeto PIRATA – *Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic* - foi possível calcular os fluxos turbulentos através das fórmulas *bulk* utilizando as variáveis meteorológicas básicas. Primeiramente, para o cálculo dos fluxos turbulentos de calor sensível e latente foram usados os coeficientes de troca turbulenta mais utilizados na literatura, obtidos para outras regiões oceânicas (Smith, 1988).

Das quinze bóias do Projeto PIRATA, foram utilizados dados das duas bóias mais próximas ao ASPSP (B35W e B23W), como é mostrado na Figura 1. Foram calculadas

médias diárias dos fluxos e feita a climatologia diária com aproximadamente quatro anos de dados. Tendo como referências os fluxos turbulentos calculados pelo método *bulk*, comparou-se a climatologia diária desses fluxos com dois importantes bancos de dados que estimam globalmente os fluxos turbulentos: dados do NCEP, com cinco anos de dados; e dados do OAFIux - programa do *Woods Hole Oceanographic Institute* (WHOI) - com quatro anos de dados.

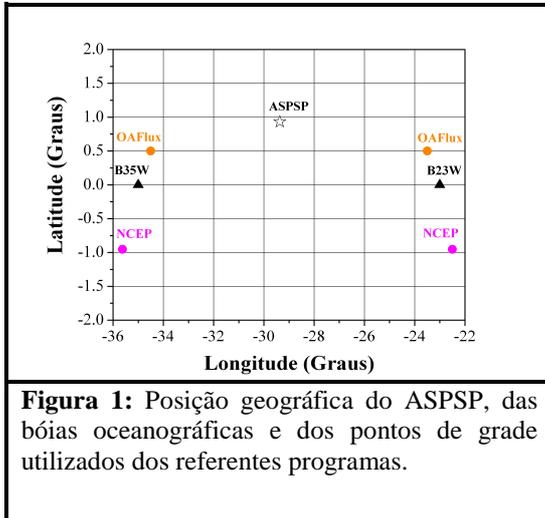


Figura 1: Posição geográfica do ASPSP, das bóias oceanográficas e dos pontos de grade utilizados dos referentes programas.

Devido à diferença de intensidade entre os fluxos turbulentos de calor sensível e latente obtidos utilizando os dados do PIRATA com os coeficientes de transferência turbulenta de calor e umidade fornecidos por Smith (1988) e os demais bancos de dados, novos coeficientes foram estimados baseando-se na média dos dados do OAFIux (ver Tabela 1).

A região de estudo apresenta um ciclo sazonal bem definido. Em geral, a primeira metade do ano é caracterizada pela elevada taxa de precipitação e ventos horizontais menos intensos devido à presença da ZCIT

na região; a segunda metade do ano caracteriza-se por um período praticamente sem precipitação e de ventos horizontais mais intensos e constantes, o que se deve ao deslocamento da ZCIT para o norte e à predominância dos ventos alísios na região neste período (Skielka, 2005).

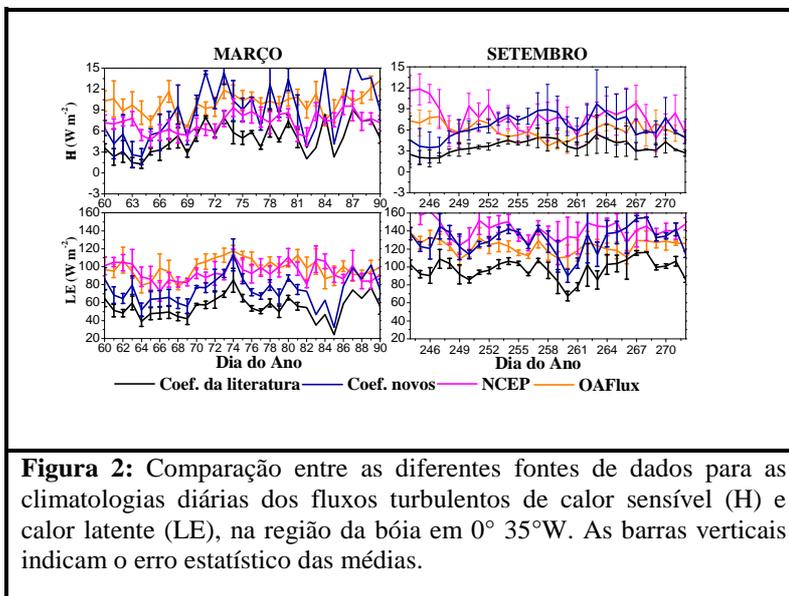


Figura 2: Comparação entre as diferentes fontes de dados para as climatologias diárias dos fluxos turbulentos de calor sensível (H) e calor latente (LE), na região da bóia em 0° 35'W e para a bóia em 0° 23'W, respectivamente. As barras verticais indicam o erro estatístico das médias.

Com base nessas informações, os dados de fluxos turbulentos foram comparados nos períodos em que a ZCIT se encontra na região (mais precisamente, entre março e abril) e quando esta se encontra mais ao norte (entre agosto e setembro). As Figuras 2 e 3 mostram a comparação entre os dados das diferentes fontes para a região da bóia em 0° 35'W e para a bóia em 0° 23'W, respectivamente.

De modo geral, a região de 0° 35°W apresenta maior dispersão dos dados durante todo o ano. Na primeira metade do ano, quando a ZCIT está próxima à região, as fontes divergem quanto aos valores dos fluxos de calor sensível e latente. Calculando os fluxos turbulentos de calor sensível e latente com os novos coeficientes de troca turbulenta, em geral, obteve-se maior concordância entre as fontes para a estação da ZCIT.

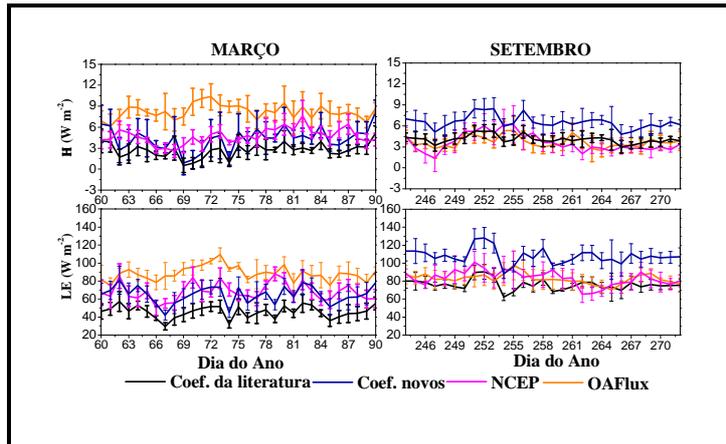


Figura 3: Comparação entre as diferentes fontes de dados para as climatologias diárias dos fluxos turbulentos de calor sensível (H) e calor latente (LE), na região da bóia em 0° 23°W. As barras verticais indicam o erro estatístico das médias.

Coeficientes		Calor ($\times 10^{-3}$)	Vapor ($\times 10^{-3}$)
Literatura		1,0	1,2
Novos	B35W	1,8	1,6
	B23W	1,6	1,7

Tabela 1: Coeficientes de troca utilizados nos cálculos dos fluxos turbulentos.

Conclusão

Pode-se dizer que os coeficientes de troca turbulenta disponíveis na literatura, os quais, em geral, são determinados em experimentos em regiões oceânicas de latitudes médias do hemisfério norte, não são satisfatórios para a região de estudo. Dessa forma, existe a necessidade de experimentos que determinem os parâmetros característicos de interação entre a superfície marinha e a atmosfera adjacente para o Atlântico equatorial, como é o caso destes coeficientes.

Referências bibliográficas

- Smith D.S., 1988a: *Water vapor flux at the sea surface. Boudary – Layer Meteorology*, **47**, 277-293
- Smith D.S., 1988b: *Coefficients for sea surface wind stress, heat flux, and wind profiles as a function of wind speed and temperature. J. Geophys. Res.*, **93**, 15467-15472.
- Skielka, U. T., 2006: *Estudo das Condições Meteorológicas e Oceanográficas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo*. Relatório parcial de atividades PIBIC/CNPQ. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo.
- WGASF, 2000: *Intercomparison and validation of ocean-atmosphere energy flux fields*. Final report of Joint WCRP/SCOR Working Group on Air-Sea fluxes (SCOR working group 110).