

PROJETO DE PESQUISA

**ESTUDO DA CAMADA LIMITE
SUPERFICIAL DO PANTANAL SUL
MATOGROSSENSE**

RESPONSÁVEL: Dr. Antônio Ocimar Manzi (CPTEC/INPE)

Janeiro de 1998

PARTICIPANTES

Dr. Amauri de Souza (UFMS/Fis)
Dr. Antônio Guerra (EMBRAPA/CPAC)
Dr. Clóvis Angeli Sansigolo (INPE/Met)
Dr. Edson Kassar (UFMS/Fis)
Dr. Hamilton Germano Pavão (UFMS)
Dr. Kolavennu Panduranga Vittal Murthy (INPE/Met)¹
Dr. Leonardo Deane de Abreu Sá (INPE/Met)
Dra. Maria Lúcia Meireles (EMBRAPA/CPAC)
Eng. Paulo Rogério de Aquino Arlino (INPE/Met)
Dr. Plínio Carlos Alvalá (INPE/DGE)
Dr. Ralf Gielow (INPE/Met)
Dra. Regina Célia dos Santos Alvalá (INPE/Met)
Dr. Romísio Geraldo Bouhid André (UNESP/Jaboticabal)

COLABORADORES

Msc. Clóvis Monteiro do Espírito Santo (INPE/Met)
Mat. Edson Pereira Marques Filho (INPE/PGMet)²
Msc. Elizabete Caria de Moraes (INPE/SERE)
Bach. Ângela Yuri Harada (INPE/Met)
Tec. Sabrina Bergoch Monteiro Sambatti (INPE/Met)
Tec. Luiz Eduardo Rosa (INPE/Met)
Fis. Rodrigo Augusto Ferreira de Souza (INPE/PGMet)²

(1) Pesquisador-senior visitante, bolsista do CNPq.

(2) Aluno do curso de mestrado em Meteorologia, bolsista do CNPq

PREÂMBULO

Diversas instituições nacionais tais como o INPE, a EMBRAPA, a USP, a UFMS, a UnB, o IBAMA, entre outras, bem como várias outras estrangeiras, inclusive a NASA, já se envolveram de algum modo em atividades de pesquisa na região central do Brasil. Muitos resultados importantes já foram obtidos, e brevemente, um número especial da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira será divulgado tendo por tema pesquisas ambientais multidisciplinares realizadas no Pantanal Matogrossense.

Embora muitas campanhas de coleta de dados tenham sido realizadas no Pantanal, nenhuma delas preocupou-se em investigar o aspecto meteorológico que singulariza a atmosfera da região. Considerando a importância deste ecossistema, e a necessidade de se obter um adequado conjunto de dados que caracterize a estrutura do escoamento atmosférico da região, pesquisadores de instituições tais como o INPE, a UFMS, a UnB, a UNESP, a EMBRAPA e o Instituto de Hidrologia do Reino Unido, juntaram esforços para a realização de uma primeira campanha-piloto, a qual realizou-se em setembro-outubro de 1996. Os resultados deste esforço estão em fase adiantada de análise, e deverão ser brevemente divulgados pelos meios adequados. Naquela ocasião, foram discutidos os aspectos de um programa de estudos meteorológicos sistemáticos para a região, cujas linhas gerais haviam sido apresentadas em simpósio sobre o Pantanal, realizado em Corumbá em outubro de 1995.

Um programa de coleta de dados meteorológicos do Pantanal deverá necessariamente envolver várias escalas e conter tanto atividades intensivas, a se concretizarem em campanhas experimentais, quanto extensivas, as quais devem ter por meta um monitoramento permanente dos parâmetros relevantes que caracterizem o tempo e o clima da região, o que certamente deverá envolver a definição de uma rede de estações meteorológicas automáticas e a organização de um banco de dados que contenha, inclusive, informações obtidas via sensoriamento remoto para a região.

Este projeto se integra à atividade intensiva de coleta de dados, contando com uma equipe de participantes composta por pesquisadores com reconhecida experiência em pesquisa de campo, particularmente na Amazônia. Outrossim, eles se propõem agora a realizar experimento sob condições ainda desconhecidas para a maior parte de seus integrantes, qual seja, a de realizar, em período de inundação, campanha em região com superfície extremamente complexa e peculiar, no que se refere à representatividade das medidas meteorológicas. Portanto, o caráter da campanha terá naturalmente um aspecto exploratório; entretanto, muitas informações importantes poderão ser obtidas no sentido de nortear a definição de campanhas futuras de maior

envergadura.

O sítio experimental a ser estudado, próximo à Base de Estudos do Pantanal da UFMS, localiza-se na região meridional do Pantanal, no município de Miranda, às margens do rio de mesmo nome. Sua escolha deveu-se às boas condições de infraestrutura disponíveis, estando nele instalada uma torre de alumínio, com 21 m de altura, adquirida pela UFMS. O local, com cobertura vegetal típica - o paratidal, possui condições de pista (Afetch≅) favoráveis, com vento predominante na região, de noroeste.

No presente projeto pretende-se realizar medidas de turbulência com sensores de resposta rápida e, com instrumentos convencionais, determinar perfis verticais de velocidade do vento, de temperatura, de umidade específica, assim como o balanço de radiação. Amostras de ar serão coletadas para avaliação do potencial de emissão de metano na região. Posteriormente, serão realizadas outras campanhas (não contidas neste projeto), cujos dados obtidos permitirão que se estabeleçam comparações entre as características da camada limite atmosférica em cada um dos distintos regimes sazonais. Realizar-se-ão pesquisas para determinar as características de variabilidade da evapotranspiração, do balanço de radiação, dos fluxos turbulentos, da difusividade de gases-traço na atmosfera, da rugosidade superficial e das características físicas do solo, fatores que têm grande importância do ponto de vista ambiental.

Além disso, espera-se que em futuro próximo este local seja palco de atividades mais diversificadas de pesquisa, visando o estudo de aspectos hidrológicos, energéticos, fisiológicos, ecológicos, entre outros, os quais são essenciais para o entendimento de muitos processos nas mais diversas escalas, desde a local até a global, todos eles de importância para uma melhor previsão do tempo e do clima.

ABSTRACT

This micrometeorological project, with the help of the Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), is the initial part of a broad experimental program to study the characteristics of the weather and the climate of the central region of Brazil. Thus, a first data collection campaign during the flood season, in the South Mato Grosso Pantanal, is proposed to be carried out in a experimental base in the Fazenda São Bento (15o 58=S; 57o 02=W), a site representative of the region, located ca. 1.5 km from the Pantanal Studies Base of UFMS, in Passo do Lontra, Miranda, MS. A micrometeorological tower, 21 m high, is already installed, and it will serve as support both for fast response sensors to measure turbulence, and for conventional meteorological instrumentation to measure vertical wind velocity, temperature and specific humidity profiles, as well as to obtain the radiation balance. Air samples will be collected to evaluate the emission of methane of the region. So, the seasonal structure of the surface boundary layer above the Pantanal will be investigated. Also, the influence in the change of the structure of the boundary layer due to meteorological phenomena of greater scales, such as the incidence of cold fronts, the intensification of the South American Convergence Zone and the atmospheric instabilities will be studied. Furthermore, to better understand and parameterize the characteristics of the turbulent processes above the Pantanal, theoretical studies using modern signal analysis techniques, such as the wavelet transform, will be carried out. And special emphasis will be given to the error introduced by the sampling conditions, and by the surface roughness, for determination of the vertical fluxes of momentum, sensible heat and moisture. Part of the research activities proposed will result in scientific initiation works, master dissertations and doctoral theses, while all the results will be disclosed through appropriate media.

RESUMO

Este projeto micrometeorológico, apoiado pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), constitui parte inicial de um amplo programa experimental de estudo das características do tempo e do clima na região central do Brasil. Propõe-se realizar uma primeira campanha de coleta de dados no Pantanal Sul Matogrossense em período de inundação. A base experimental situa-se na Fazenda São Bento (19° 58'S; 57° 02'W), sítio representativo da região, próximo 1,5 km da Base de Estudos do Pantanal da UFMS, em Passo do Lontra, município de Miranda, MS. Neste local está instalada uma torre micrometeorológica, com 21 m de altura, a qual servirá de suporte tanto para a instalação de sensores de resposta rápida para medidas de turbulência, quanto de instrumentos meteorológicos convencionais, com o objetivo de determinar perfis verticais de velocidade do vento, de temperatura, de umidade específica, assim como o balanço de radiação. Amostras de ar serão coletadas para avaliação do potencial de emissão de metano na região. Obtidos os dados, investigar-se-á a estrutura da camada limite superficial acima do Pantanal, bem como estudar-se-á a influência de fenômenos meteorológicos de escalas maiores, tais como incidência de frentes frias, intensificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e instabilidades atmosféricas na alteração desta. Além disso, haverá investigações teóricas sobre as características dos processos turbulentos acima do Pantanal, utilizando-se técnicas modernas de análise do sinal, como a transformada em ondeletas, com a finalidade de melhor compreender e parametrizar estes fenômenos. Ênfase especial será dada ao erro introduzido pelas condições de amostragem, e pela rugosidade superficial, na estimativa dos fluxos verticais de momentum, de calor sensível e de vapor d'água. As atividades de pesquisa aqui propostas terão uma componente didática, com subsídios para trabalhos de iniciação científica, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Os resultados deverão ser divulgados pelos meios adequados.

ÍNDICE

Relação dos participantes e colaboradores

Preâmbulo

Abstract

Resumo

Capítulo 1	Projeto de pesquisa
1.1	Título
1.2	Palavras-chave
1.3	Objetivos
1.3.1	Geral
1.3.2	Específicos
1.4	Duração
1.5	Justificativa
1.6	Antecedentes
1.7	Elementos Teóricos
1.8	Metas
1.9	Dados a serem coletados no experimento
1.10	Referências bibliográficas
Capítulo 2	Orçamento justificado
2.1	Despesas de capital
2.1.1	Material permanente
2.2	Despesas de custeio
2.2.1	Transporte
2.2.2	Diárias
Capítulo 3	Cronograma físico
Capítulo 4	Anexos
4.1	Dados biográficos dos participantes
4.2	Principais resultados obtidos pelos proponentes em projetos anteriores da FAPESP

Capítulo 1

PROJETO DE PESQUISA

1.1 TÍTULO

Estudo da camada limite superficial do Pantanal Sul Matogrossense.

1.2 PALAVRAS-CHAVE

Experimento micrometeorológico, evapotranspiração, poluição, balanço de radiação, gases-traço, turbulência, fluxos, perfis, difusão, rugosidade, estruturas coerentes, ondeletas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Realizar experimento micrometeorológico no Pantanal Sul Matogrossense para investigar a estrutura da camada limite superficial acima da região, durante o período de inundação, utilizando para isto medidas efetuadas em torre e na superfície.

1.3.2 Específicos

(a) Realizar campanha micrometeorológica na região do Pantanal Sul Matogrossense, em época úmida, como ponto de partida de um amplo projeto experimental de investigação do tempo, do clima e das características ambientais da Região Central do Brasil.

(b) Obter um conjunto de dados suficientemente grande para que se possam caracterizar os processos físicos que governam os transportes turbulentos na camada limite superficial do Pantanal inundado a fim de compreendê-los e compará-los com aqueles representativos da estação seca.

(c) Determinar parâmetros característicos das trocas de radiação entre a atmosfera e a superfície do Pantanal inundado.

(d) Testar novas parametrizações das funções adimensionais universais de Monin-Obukhov para a camada limite superficial, particularmente sobre superfícies extremamente rugosas, como é o caso daquelas do Pantanal Sul Matogrossense.

(e) Comparar diversos métodos de estimativa dos fluxos verticais turbulentos na camada limite superficial, desde os aerodinâmicos, até aqueles que utilizam informação amostrada a frequências elevadas, e melhor caracterizar o erro associado à sua determinação.

(f) Desenvolver pesquisa para analisar o sinal turbulento, particularmente sobre o papel desempenhado pelas estruturas coerentes na variabilidade das grandezas turbulentas, medidas sob diferentes condições de estabilidade e de rugosidade.

(g) Efetuar estudos sobre a modelagem da evapotranspiração em termos de grandezas meteorológicas adequadas, particularmente parâmetros de estabilidade atmosférica, termos representativos de resistência à difusividade turbulenta, e condições de pista.

(h) Avaliar o potencial de emissão de metano da região, a partir de análises cromatográficas de amostras de ar coletadas, comparando-o com dados obtidos em outras regiões com ecossistemas similares.

(i) Formar novos pesquisadores ao longo da realização do projeto através da participação de alunos de iniciação científica, de mestrado e de doutorado no experimento.

(j) Desenvolver um banco de dados do experimento com interface amigável, para permitir uma interação fácil dos usuários com os mesmos.

(k) Divulgar os resultados científicos obtidos através dos meios adequados.

1.4 DURAÇÃO

Dois anos: de 1º de maio de 1998 a 30 de abril de 2000.

1.5 JUSTIFICATIVA

O Pantanal, conhecido como uma das maiores planícies de sedimentação do globo, ocupa grande parte do centro oeste brasileiro e se estende pela Argentina, Bolívia e Paraguai, onde recebe outras denominações (Vila da Silva, 1991; Magalhães, 1992). O Pantanal brasileiro localiza-se em parte dos Estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, abrangendo uma área de

138.183 Km² ([Vila da Silva e Abdon, 1998](#)).

A região do Pantanal Matogrossense, de grande importância sócio-econômica e ecológica, destaca-se pela sua grande biodiversidade, pelo regime hidrológico peculiar, com épocas inundadas e secas, e por possuir climatologia ainda pouco estudada e mal compreendida (Vila da Silva, 1991). Outrossim, seu papel como fonte de metano de origem biológica (Alvalá, 1995), CO₂ e outros gases do efeito estufa, ainda é pouco conhecido. Assim, o Pantanal constitui-se numa região única no Brasil, com dois regimes sazonais hidrometeoro-logicamente diferentes.

As características da dispersão dos aerossóis no Pantanal também despertam muito interesse científico ([Freitas e Silva Dias, 1995](#)) e o conhecimento de seu regime é de grande aplicação prática. Elas proporcionam uma clara descrição da circulação geral na região e indicam como o escoamento troposférico, proveniente da Amazônia e defletido pela Cordilheira dos Andes (James e Anderson, 1984), influencia a estrutura da atmosfera na região central do Brasil (Guedes, 1985; Figueroa et al., 1995) e determina algumas das características básicas de seu clima (Nishizawa e Tanaka, 1983; [Rao e Hada, 1990](#); Figueroa e Nobre, 1990; Rao et al., 1996).

Qualquer elemento de impacto maior, como é o caso dos incêndios na região central do Brasil, também pode introduzir aerossóis na atmosfera, aumentando sua concentração local. Isto influi na física das nuvens e na fotoquímica da atmosfera acima da região em questão, fatores estes de considerável relevância na determinação de mudanças climáticas de longo prazo, de alteração nos padrões de precipitação e, conseqüentemente, nas características da cobertura vegetal da região.

Portanto, torna-se necessário obter um conjunto de dados micrometeorológicos que permitam melhor conhecer as variações do tempo e do clima, além de desenvolver metodologias que possam medir e identificar, tão rápido quanto possível, os efeitos que as atividades antrópicas, ou fatores naturais, possam ter sobre as diferentes questões ambientais da região.

Este experimento inédito, ora proposto, visa obter subsídios para melhor compreender a camada limite superficial sobre a região. Busca também uma melhor caracterização dos regimes turbulentos na atmosfera pantaneira. Assim sendo, obter-se-á um aperfeiçoamento dos parâmetros de entrada de modelos numéricos de previsão de tempo regional.

Outro aspecto relevante a se ressaltar é o das muitas aplicações práticas dos dados dos fluxos de umidade e, conseqüentemente, dos de evapotranspiração, a serem medidos no Pantanal. No que se refere à Hidrologia, estas informações, juntamente com as de precipitação, são importantes para determinar o escoamento superficial e subsuperficial da água. No que se refere à Meteorologia Aplicada, as informações poderão

servir para melhorar modelos de previsão de secas na região, além de contribuírem com subsídios para uma política de previsão e prevenção de incêndios.

Uma questão particularmente importante e pouco compreendida sobre a climatologia da região central do Brasil, refere-se à origem da água que precipita sobre ela. Outra questão, também relevante, concerne ao destino que a mesma terá após evaporada nesta região. Estas questões, por sua vez, associam-se também ao problema de explicar por que processos a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é provida de água nos períodos em que ela permanece estacionária sobre áreas da região sudeste do Brasil (Figuerola et al., 1995) durante o verão austral. Estes problemas importantes ainda permanecem mal compreendidos e poucos são os dados disponíveis para seus estudos.

Estas são algumas das questões que justificam a preparação de um experimento meteorológico na região do Pantanal Matogrossense, envolvendo vários projetos de pesquisa autônomos, mas cientificamente interligados. Seus resultados certamente servirão como subsídios para a formulação de uma política de proteção ambiental mais efetiva para a região.

1.6 ANTECEDENTES

A ocorrência de grandes inundações no Pantanal Matogrossense, singulariza o microclima desta região do Brasil Central na época das enchentes, tornando-a extremamente interessante do ponto de vista da caracterização da variabilidade sazonal dos processos de interação entre o escoamento e a superfície, inclusive no que concerne à emissão de gases-traço como o metano.

Neste primeiro projeto exploratório, estudar-se-ão as grandezas micrometeorologicamente relevantes para compreensão dos processos de troca que ocorrem na camada limite superficial. Para isto, propõe-se realizar campanha de coleta de dados, centralizada em torre micrometeorológica, com a qual será possível obter um conjunto suficiente de dados experimentais.

Com os dados obtidos, serão possíveis estudos que contribuirão para explicar tanto os processos de troca turbulenta, quanto os radiativos. Realizar-se-ão igualmente estudos procurando parametrizar os processos básicos, como por exemplo a rugosidade superficial e parâmetros característicos do balanço de radiação. Será também possível estabelecer uma primeira comparação entre as características da estação seca com aquelas da estação úmida.

No que se refere aos estudos de turbulência, duas abordagens principais serão empregadas: a) as que utilizam instrumentos convencionais para a obtenção de perfis verticais de

velocidade do vento, de temperatura e de umidade específica; b) as que utilizam instrumentos de resposta rápida para a medida das grandezas turbulentas. Haverá uma preocupação especial em determinar as condições de validade das estimativas de parâmetros turbulentos, obtidas via medidas convencionais, sob diversas condições de estabilidade atmosférica. Serão testados, também, várias metodologias diferentes para estimativa dos fluxos turbulentos. Atenção especial será dada ao papel desempenhado pelas estruturas coerentes no cálculo dos fluxos.

1.7 FUNDAMENTAÇÃO

1.7.1 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS TURBULENTOS CARACTERÍSTICOS

A interação do escoamento atmosférico com a superfície subjacente desempenha um papel fundamental nas trocas de energia e de momentum e na conformação do microclima de uma determinada região. De um lado porque a superfície funciona sempre como um sumidouro de quantidade de movimento, retirando-a do escoamento através de processos dissipativos que ocorrem nas menores escalas do espectro turbulento. De outro, porque ela pode funcionar como fonte (e também, sumidouro) de calor sensível e de vapor d'água para a atmosfera (Stull, 1988; Garratt, 1992; Kaimal e Finnigan, 1994). Ademais, ela é capaz de induzir movimentos de difusão vertical de quantidade de movimento, o que está associado às escalas grandes do espectro. Estes processos, contribuem para alterar a altura da camada limite atmosférica e modificar o caráter de sua estrutura vertical (Wyngaard, 1983; Stull, 1988).

Historicamente, as pesquisas experimentais sobre a camada limite atmosférica deram inicialmente ênfase ao estudo dos processos de troca acima de superfícies planas e horizontalmente homogêneas, e em situações em que o escoamento era estacionário (Kaimal et al., 1972; Kaimal e Wyngaard, 1990). Posteriormente, houve maior interesse em estudar também escoamentos sobre florestas e outras superfícies vegetadas suficientemente rugosas (Gash, 1975; Thom, 1975; Moore, 1976; Garratt, 1980, 1983; Raupach, 1980; Raupach e Thom, 1981; Baldocchi, 1988; Shuttleworth, 1989; Fitzjarrald et al., 1990). Finalmente, nos dias de hoje, em que se dispõe de meios aerotransportados e ampla capacidade de aquisição de dados, a pesquisa tem estendido sua área de interesse para situações em que o escoamento se dá acima de superfícies regularmente heterogêneas ou não, como é o caso dos Experimentos FIFE (Betts et al., 1990; Sellers, 1992; Lenschow et al., 1994; Sellers et al., 1995) e HAPEX (Mahrt, 1991; Mahrt e Ek, 1993; Mahrt e Sun, 1995), dentre outros.

Como conseqüência desta abordagem mais sistemática da condição de contorno inferior da atmosfera, problemas antigos, cuja solução já havia, até certo ponto, sido formulada

satisfatoriamente (Monin e Yaglom, 1977), ganharam atenção e relevância atuais, com a ênfase agora dada à determinação das características (a) das camadas limites internas (Garratt, 1990; Mahrt et al., 1994; Mahrt, 1996), (Pan e Mahrt, 1987; De Bruin et al., 1991; Desjardins et al., 1992; Klaassen, 1992; Guo e Schuepp, 1994; Kaimal e Finnigan, 1994; Kroon e Bink, 1996), (b) das advecções locais provocadas por superfícies heterogêneas, (c) da influência das condições de pista na medida dos parâmetros turbulentos (Wieringa, 1993; Philip, 1997; Stannard, 1997; Vickers e Mahrt, 1997a), assim como na identificação de instabilidades hidrodinâmicas até então pouco exploradas (Emanuel, 1983; Wilczak, 1984; Etling e Brown, 1993; Perestenko, 1996), algumas das quais desempenhando papel crucial no escoamento turbulento acima de certas superfícies rugosas (Raupach et al., 1989, 1996; Högström e Bergström, 1996). Idéias antigas, como as de Townsend, sobre a natureza do escoamento turbulento (Bradshaw, 1976) ganharam novo alento (Hagelberg e Gamage, 1994; Farge et al., 1996; Katul e Vidakovic, 1996; Katul et al., 1996) e parametrizações já consagradas para a camada limite superficial (Dyer e Hicks, 1974) passaram a ser reanalisadas (Högström, 1990; Kader e Yaglom, 1990; Brutsaert, 1992; Kader, 1992; Yaglom, 1994).

Assim, grande atenção passou a ser dada às características espacialmente heterogêneas e temporalmente não necessariamente estacionárias da turbulência (Mahrt, 1989; Ruscher e Mahrt, 1989; André et al., 1990; Mikhaylova e Ordanovich, 1991; Robinson, 1991; Farge, 1992; Caramori et al., 1994; Katul et al., 1994). Além disso, a comunidade científica passou a nutrir um interesse cada vez maior pelas propriedades biofísicas do solo, particularmente àquelas associadas ao conteúdo de água no solo e ao papel da vegetação em armazenar e liberar umidade para a atmosfera (Bougeault, 1991; Shuttleworth, 1991; Ek e Cuenca, 1994; Chen e Brutsaert, 1995). Dentro desta perspectiva, tem sido realizado esforço no sentido de compreender como as características do solo contribuem para Aorganizar≅ o escoamento, através de Aestruturas≅ peculiares tais como as coerentes.

O aparecimento de estruturas organizadas na turbulência da camada limite atmosférica (Antonia et al., 1979; Schols, 1984; Shaw e Businger, 1985) e próximo à copa vegetal (Gao et al., 1989; Bergström e Högström, 1989; Collineau e Brunet, 1993; Gao e Li, 1993; Lu e Fitzjarrald, 1994) tem sido bem documentado. Próximo à copa tais estruturas resultam do intenso cisalhamento criado pela ação da floresta no escoamento. Muito estudo vem sendo dedicado às conseqüências que a existência destas acarreta para a caracterização estatística dos processos físicos (Williams e Hacker, 1992; Mahrt e Howell, 1994; Katul et al., 1995; 1997; Gledzer et al., 1996) bem como para a escolha de estimadores não tendenciosos para calcular os parâmetros da camada limite, em geral, e as funções universais para a camada limite superficial e os fluxos turbulentos, em particular (Crosson e Smith, 1992; Sá,

1992; Wyngaard, 1992; Stull, 1993; Leahey et al., 1994; Alapaty et al., 1997; Andreas e Treviño, 1997; Howell e Mahrt, 1997).

No estudo dos fenômenos turbulentos na camada limite superficial tem-se delineado cada vez mais claramente uma distinção entre os processos que ocorrem sobre superfícies suficientemente Alisas \cong , para as quais as relações do tipo fluxo-perfil apresentam alguma validade (Dyer, 1970; Businger et al., 1971; Monin e Yaglom, 1977; Dyer e Bradley, 1982; Viswanadham, 1982), e aqueles que se verificam acima de superfícies horizontalmente homogêneas mas extremamente Arugosas \cong , para as quais as relações do tipo fluxo-perfil não têm uma forma universalmente aceita (Thom et al., 1975; Garratt, 1978; Raupach, 1979; Lindroth, 1984; Cellier e Brunet, 1992; Raupach et al., 1996; Wenzel et al., 1997). As primeiras, exemplificadas pelas condições do clássico Experimento de Kansas, apresentariam uma turbulência que se caracteriza pela ocorrência de estruturas coerentes com eixo de simetria longitudinal com relação ao escoamento, e com duração Acurta \cong (da ordem de 30 s). As segundas, exemplificadas pelas superfícies das copas florestais, apresentariam uma turbulência que se caracteriza pela ocorrência de estruturas coerentes com eixo de simetria perpendicular ao eixo do escoamento, as quais teriam a forma de Arolos \cong e mostrariam uma duração Alonga \cong (superior a 60 s), conforme salientado por autores tais como Robinson (1991), Högström e Bergström (1996) e Raupach et al. (1996). Numerosos autores têm procurado investigar as conseqüências que a existência destas últimas acarreta para estimativa correta dos fluxos (Gao et al., 1989; Ruscher e Mahrt, 1989; Mahrt e Gibson, 1992; Caramori et al., 1994; Jacobs et al., 1994; Turner et al., 1994; Howell e Mahrt, 1997), dos espectros e coespectros (Hayashi, 1994; Mayer et al., 1994; Turner et al., 1994; Katul e Parlange, 1995), das funções universais de similaridade para a camada limite superficial (Sreenivasan, 1991; Raupach et al., 1996), das funções densidade de probabilidade das flutuações turbulentas (Hunt et al., 1998; Kevlahan e Vassilicos, 1994; Frisch, 1995; Farge et al., 1996; Gledzer et al., 1996; Katul et al., 1997), do balanço e taxa de dissipação de energia cinética turbulenta (Wilczak, 1984; Khalsa e Greenhut, 1995; Shaw e Businger, 1985; Zhuang e Amiro, 1994), etc. e, também, para a modelagem adequada da camada limite (Lumley, 1992; Shaw e Schumann, 1992; Zimin e Hussain, 1995; Lesieur e Métais, 1996).

A primeira questão a se colocar seria a de como identificar o escoamento acima do Pantanal, à luz das duas classes mencionadas acima. Esta indagação torna-se importante, na medida em que muitas metodologias de cálculos de parâmetros turbulentos que têm-se mostrado satisfatórias para as superfícies Alisas \cong , não o são para as Arugosas \cong . Tem sido argumentado que o escoamento atmosférico acima destas últimas, sofrendo as conseqüências da chamada Ainstabilidade do ponto de inflexão \cong (Brunsvold e Vest, 1973; Chimonas, 1974; Etling e Brown, 1993;

Raupach et al., 1996; Neuman e Maljaars, 1997), não poderia obedecer às formulações teóricas convencionais para a camada limite superficial, as quais encontram sua expressão mais elaborada na Teoria da Similaridade de Monin-Obukhov (Monin e Yaglom, 1977; Högström, 1996).

Assim, uma primeira pesquisa que se impõe é a de investigar sob que condições as parametrizações das grandezas turbulentas adimensionais da camada limite superficial ainda são válidas num tal tipo de superfície. Isto pressupõe determinar a altura mínima adequada para as medidas, verificar as condições mínimas de pista necessárias, e estudar as condições de estabilidade atmosférica em que as formulações são válidas. Na determinação destas condições, a análise do sinal atmosférico amostrado a frequências elevadas deve desempenhar um papel importante, particularmente à luz das novas técnicas avançadas de projeção do sinal em escalas, representada pela Transformada em Onduletas (TO).

Então, conforme mencionado acima, haverá duas classes de medidas referentes à turbulência atmosférica: (a) as convencionais, que utilizam instrumentos de resposta Alenta, como anemômetros de copo, termômetros de bulbo seco e úmido, com as quais será possível obter perfis verticais médios da velocidade do vento, temperatura e umidade específica; (b) as de resposta Arápida, com anemômetro e termômetro sônicos, e higrômetro infravermelho, amostradas a frequências iguais ou superiores a 10 Hz. Estas últimas, além de proverem informação para a validação dos métodos de fluxo-perfil, permitirão que se obtenham estimativas de espectros, de coespectros, de escalas integrais, de momentos de diversas ordens das grandezas turbulentas, além de análise em tempo-frequência dos sinais.

Com relação aos dados da classe (a), que permitirão a obtenção de perfis verticais, haverá preocupação de escolher as mesmas alturas de instalação de instrumentos utilizadas em experimentos com condições de rugosidade superficial similares, como é o caso do Experimento Koorin, realizado em savana australiana (Clarke e Brook, 1979). Com isto, será possível estabelecer critérios adequados de comparação entre resultados destes (Garratt, 1982, 1983; Durand et al., 1988; Garratt e Hicks, 1990), e aqueles do Pantanal.

Com os dados dos perfis verticais, serão possíveis cálculos dos parâmetros característicos da rugosidade superficial do Pantanal, tais como d , a altura de deslocamento do plano-zero e z_0 , o comprimento de rugosidade, os quais serão estimados por vários métodos distintos: i) Método de ajuste por mínimos quadrados de Robinson (1961), segundo o qual o valor de d é calculado por uma técnica de iterações. Uma vez achado este, são obtidos os valores de z_0 e de u_* , a velocidade de fricção; ii) Métodos de conservação de massa do tipo Marunich-Tajchman (Tajchman, 1981), em suas diversas versões e variantes (Molion e Moore, 1983; De Bruin e Moore, 1985; Zoumakis, 1993; Lo, 1990,

1995); iii) Métodos que utilizam a variância das flutuações turbulentas (De Bruin e Verhoef, 1997).

Parametrizações das funções adimensionais universais de Monin-Obukhov (Monin e Yaglom, 1977; Dyer, 1974; Högström, 1990, 1996) com eventuais correções para a subcamada de transição (Garratt, 1980; 1983; Cellier e Brunet, 1991; Wenzel et al., 1997) também serão obtidas. No que se refere a estas, procurar-se-á a obtenção de ajustes de funções empíricas aos dados levando-se em conta as novas classes de estabilidade atmosférica propostas por Kader e Yaglom (1990), Brutsaert e (1992), e Yaglom (1994), dentre outros. Estes cálculos, além do próprio interesse científico que sua elaboração venha a suscitar, também poderão fornecer informações úteis a serem introduzidas como elementos de entrada em algoritmos de cálculo dos fluxos turbulentos pelo método dissipativo inercial (Durand et al., 1991; Sá, 1992; Grachev, 1994; Albertson et al., 1997).

Finalmente, testar-se-ão métodos aerodinâmicos de estimativa dos fluxos verticais (Arya, 1988; Lo, 1996). Assim, será investigar-se-á o método do fluxo-perfil e suas condições de validade, levando-se em conta os novos resultados teóricos disponíveis sobre o problema (Cellier, 1986; Cellier e Brunet, 1991; Bosveld, 1997; Wenzel et al., 1997). Pesquisar-se-ão também as aplicações de métodos que recorrem a resistências aerodinâmicas para o cálculo dos fluxos (Thom, 1975; Arya, 1988; Ottoni et al., 1992).

Com os dados da classe (b) realizar-se-ão vários tipos de estimativas dos fluxos turbulentos: pelo método das covariâncias (McBean, 1972; Wyngaard, 1983; 1991); pelo método do fluxo-variância (Weaver, 1990; De Bruin et al., 1991; Lloyd et al., 1991; Padro, 1993; Katul et al., 1996); e pelo método dissipativo-inercial (Garratt, 1972; Wucknitz, 1979; Schacher et al., 1981; Fairall and Larsen, 1986; Durand et al., 1991; Song et al., 1996; Fairall et al., 1997).

Embora o método das covariâncias (MC) permita cálculo direto dos fluxos (McBean, 1972; Arya, 1988; Stull, 1988; Kaimal e Finnigan, 1994), ele exige tempo de amostragem razoavelmente grande, o que pode comprometer a robustez de sua estimativa (Mahrt, 1991). Isto pode acarretar dificuldades de estimativa de um valor médio para o fluxo, particularmente quando o escoamento não é estacionário (Wyngaard, 1983; Chen, 1990; Hagelberg e Gamage, 1994; Chen et al., 1997), daí os esforços recentemente empreendidos no sentido de melhor separar média e flutuação (Hildebrand, 1991; Andreas e Treviño, 1997) e de adotar critérios mais restritivos com relação à consistência dos dados sob forte condição de intermitência (Vickers e Mahrt, 1997b).

A aplicação do método do fluxo-variância (MFV) tem apresentado resultados animadores, inclusive quando é aplicado a dados medidos acima de superfícies muito rugosas (Katul et al., 1995; Bink e Meesters, 1997; Katul e Hsieh, 1997). Isto se deve

provavelmente ao fato de a variância depender principalmente das flutuações nas escalas maiores da turbulência, as quais não seriam tão afetadas pelas distorções impostas ao escoamento pela ocorrência de forte rugosidade superficial.

Katul et al. (1995) fizeram uma longa revisão bibliográfica sobre a aplicabilidade do MFV acima de terrenos uniformes e não uniformes. Eles constataram que os fluxos de calor sensível e de momentum estimados por este método concordavam bem com o método de referência (das covariâncias), o que não aconteceu com o fluxo de vapor d'água. As discrepâncias entre as funções de similaridade para o vapor d'água previstas e medidas foram atribuídas pelos autores a três fatores: 1) ao papel ativo da temperatura na camada limite superficial; 2) à dissimilaridade existente entre fontes e sumidouros de calor e de vapor d'água à superfície; e 3) à não-uniformidade das fontes e sumidouros de vapor d'água.

A aplicação do MFV, sob diferentes condições de homogeneidade horizontal, tem servido para colocar em destaque questões ainda mal compreendidas atinentes ao diferente papel desempenhado pelas rugosidades mecânica, térmica e do vapor d'água na estimativa dos respectivos fluxos. Assim, Wesely (1988) concluiu que o sucesso do MFV reside: 1) na escolha adequada do "escalar de referência" (baseada em se a região é úmida ou seca); 2) nos efeitos da advecção de calor; e 3) na heterogeneidade natural da superfície em termos de fontes e sumidouros de calor. Todavia, Lloyd et al. (1991) demonstraram que o método reproduz bem os fluxos de calor sensível obtidos pelo Método das Covariâncias (MC) para diversos tipos de solos. A aplicabilidade do MFV será também estudada com os dados gerados no Experimento do Pantanal Matogrossense.

O método dissipativo-inercial (MDI) seria uma terceira alternativa para o cálculo dos fluxos. Ele se baseia nas equações de balanço das variâncias turbulentas, as quais admitem um equilíbrio local entre produção e dissipação de energia (Fairall and Larsen, 1986). Utilizando-se algumas parametrizações e admitindo-se certas hipóteses, chega-se ao cálculo dos fluxos a partir da estimativa da dissipação das grandezas concernentes. As parametrizações usadas são aquelas das funções universais da camada limite superficial atmosférica (CLS). As hipóteses admitidas são: a da similaridade de Monin-Obukhov; a de que os campos das grandezas turbulentas são estacionários e horizontalmente homogêneos e a de que certos termos que representam fontes ou sumidouros de energia são desprezíveis ou compensados por outros termos também desprezados. Como vantagem, menciona-se que ele utiliza apenas informação contida nas frequências do subdomínio inercial, o que, em princípio, possibilita a estimativa robusta dos fluxos após alguns minutos de amostragem. Isto constitui elemento importante no estudo da variabilidade temporal dos fluxos. Ademais, admitindo-se a hipótese de isotropia no subdomínio inercial, o MDI necessita apenas de informação sobre flutuações da velocidade do vento em

uma única direção, para que os cálculos dos fluxos cheguem a bom termo. Como desvantagem de sua utilização, cite-se o fato de ser um método indireto que depende de várias constantes e parametrizações empíricas. Foi muitas vezes criticado por só fornecer bons resultados sob condições próximas da neutralidade ou levemente instáveis. Porém, recentemente, com os esforços que têm sido empreendidos no sentido de obter parametrizações das funções adimensionais universais da camada limite superficial em bandas mais largas de valores do parâmetro de estabilidade atmosférica (incluindo até a convecção livre), as perspectivas de aplicabilidade do MDI ganharam novo alento.

As medidas de resposta rápida também servirão para estudos sobre a caracterização da turbulência no espaço das frequências sob condições transientes, particularmente, da influência das estruturas coerentes nos espectros e coespectros turbulentos (Turner et al., 1994; Howell e Mahrt, 1994; Katul et al., 1994; Katul e Parlange, 1995; Szilagyi et al., 1996), o que também encontra aplicação na estimativa dos fluxos turbulentos tanto pelo MC, quanto pelos MFV e MDI. A propósito, uma abordagem a ser considerada na estimativa dos fluxos turbulentos é a de separar as regiões do escoamento onde os vórtices são bem organizados, daquelas em que o escoamento é menos organizado, conforme sugerido por Townsend (Farge et al., 1996) e desenvolvido por autores tais como Hagelberg e Gamage (1994). Recentemente Katul e Vidakovic (1996) propuseram uma estratégia de três etapas, visando obter uma tal separação entre as partes mais organizadas e menos organizadas do escoamento, através da aplicação da transformada em ondeletas: a) escolha da melhor base para a ondeleta; b) filtragem com eliminação dos coeficientes de valores baixos; c) reconstrução da série reduzida. Este tipo de abordagem também será utilizada na análise dos dados do Pantanal Matogrossense. Uma vez efetuada a separação, será possível determinar o valor da declividade do espectro turbulento, tanto na parte coerente, quanto na incoerente (Katul et al., 1994; Katul e Parlange, 1995; Szilagyi et al., 1996). Será possível, igualmente, desenvolver estudos sobre a função correlação turbulenta por escala. As informações assim obtidas poderão fornecer indicações úteis sobre a natureza da turbulência (Wyngaard, 1983; Högström, 1990), particularmente sobre as relações entre as flutuações de temperatura e umidade específica por escala, indicando as regiões do espaço de tempo-frequência onde a Teoria da Similaridade de Monin-Obukhov permanece válida (Hill, 1989). Isto será possível de se efetuar através da aplicação da TO à análise dos dados turbulentos. Todavia, a utilização desta nova ferramenta da análise matemática impõe novos objetos de pesquisa, principalmente devido ao fato de ainda não existir uma Aondeleta universal para analisar a turbulência (Abry e Flandrin, 1994; Flandrin, 1994; Nowosad et al., 1996; Krusche, 1997). Assim, também serão realizadas investigações sobre a escolha da melhor ondeleta de análise para o espectro e o coespectro turbulentos.

1.7.2 DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE METANO

O metano (CH_4) é o hidrocarboneto mais abundante da atmosfera terrestre, com uma razão de mistura média global estimada em 1,72 ppmv (partes por milhão em volume) e um crescimento anual de aproximadamente 0,8%. Sua decomposição altera as concentrações de gases importantes na fotoquímica da atmosfera, tais como o radical hidroxila (OH), o monóxido de carbono (CO) e o ozônio (O_3), além de afetar diretamente o balanço de radiação infravermelha terrestre, tornando-se portanto um importante gás do efeito estufa (Watson, 1990).

O metano é liberado para a atmosfera a partir da superfície terrestre, onde os processos biológicos (fermentação anaeróbia) respondem por aproximadamente 80% da emissão global e os restantes 20% devem-se aos processos de extração e distribuição de gás natural e de carvão e da utilização de combustíveis fósseis. O principal mecanismo de remoção do metano atmosférico é a reação com o radical OH (>90%), enquanto a remoção restante dá-se pela absorção pelos solos e reações na estratosfera.

As áreas alagadas naturais constituem a maior fonte individual de metano de origem biológica, contribuindo com aproximadamente 20% para a emissão global. Elas compreendem pântanos, charcos, várzeas e lagos rasos, onde a atividade bacteriana é favorecida pela grande disponibilidade de material orgânico e o requerimento de um meio anaeróbio é promovido pelo alagamento dos solos. As áreas alagadas tropicais (na faixa entre 20°N e 30°S) cobrem cerca de 35% da área total e abrangem a Região Amazônica, a África e o Sudeste Asiático, além da planície inundável do Pantanal (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bolívia e Paraguai). Como principal característica destas regiões tem-se a variabilidade na precipitação, a qual é a maior fonte das variações sazonais, com influência na extensão das inundações que ocorrem no período chuvoso. Muitas destas áreas estão adaptadas às inundações, como é o caso das florestas próximas ao rio Amazonas e a vegetação no Pantanal (**Magalhães, 1992; Vila da Silva, 1991**). Nas regiões tropicais as altas temperaturas, a

insolação e a disponibilidade de água favorecem uma produção primária, bem como taxas de decomposição mais altas, quando comparadas com as taxas encontradas para as altas latitudes (Aselmann e Crutzen, 1989).

Experimentos recentes, realizados na região Amazônica e na África (Crill et al., 1988; Devol et al., 1988, 1990; Bartlett et al., 1988, 1990; Tathy et al., 1992; Delmas et al., 1992), aumentaram grandemente a base de dados para estas regiões, mas com grande variabilidade (de 27 a 967 mg CH₄ m⁻² dia⁻¹), a qual deve-se não somente ao agrupamento de diferentes tipos de pântanos para o cálculo dos fluxos médios, mas também às variáveis ambientais como o nível da coluna d'água, a temperatura e a velocidade do vento e mecanismos de transporte do metano na coluna d'água. Bartlett e Harriss (1993) apresentaram uma estimativa para a emissão global em áreas alagadas tropicais de 66 Tg CH₄/ano. As maiores incertezas nestas extrapolações de fluxos para as regiões tropicais estão relacionadas às incertezas da extensão coberta pelos vários habitats e as variações sofridas por eles durante os períodos de inundação. Além disto, ainda existem áreas a serem avaliadas quanto ao seu potencial de emissão, como o oeste siberiano, os pântanos na África tropical e na América do Sul, a região do Pantanal Matogrossense.

Na região do Pantanal Matogrossense, a grande extensão de áreas alagadas que são formadas durante as inundações, bem como as lagoas e várzeas "abandonadas" durante os períodos de seca nesta região, constituem-se em habitats de grande potencial de produção de metano, ainda pouco explorados. Tão somente em 1994 realizaram-se dois experimentos iniciais, em lagoa próxima à Base de Estudos do Pantanal, já citada, obtendo-se os primeiros dados de fluxo de metano nesta. As amostras de ar, coletadas em cilindros especiais, os quais retornaram ao laboratório do INPE, em São José dos Campos, para análise do metano através da técnica de cromatografia gasosa, com concentrações da ordem de ppbv (partes por bilhão em volume), com precisão de 0,7% (Oliveira et al., 1993). Os fluxos obtidos nestes experimentos, utilizando o método ~~.XXXXXX~~, foram de 76 ∇ 110 mg CH₄ m⁻² dia⁻¹ (abril - estação úmida) e 32 ∇ 52 mg CH₄ m⁻² dia⁻¹ (setembro - estação seca), dentro do esperado para regiões de áreas alagada (Alvalá, 1995). **[E os resultados da missão zero, sobre o solo seco?]**

No presente projeto, utilizando a mesma metodologia, pretende-se a continuação destes trabalhos, realizando coletas na próximo à torre micrometeorológica alagada e na lagoa citada.

1.8 METAS

1.8.1. Realizar campanha micrometeorológica no Pantanal Matogrossense em época de inundação (por 15 dias) para obtenção de um conjunto de dados suficientemente grande para caracterizar o microclima da estação úmida.

1.8.2. Determinar os valores médios e caracterizar a variabilidade diurna dos termos componentes do balanço de radiação na estação úmida do Pantanal.

1.8.3. Determinar parâmetros característicos da rugosidade superficial do Pantanal inundado, tais como o comprimento de rugosidade, z_0 , e a altura de deslocamento do plano-zero, d , através da utilização de várias metodologias propostas na literatura.

1.8.4. Testar a validade das parametrizações das funções adimensionais para as condições existentes no Pantanal levando-se em conta inclusive, novos esquemas de caracterização de classes de instabilidade atmosférica.

1.8.5. Determinar os fluxos turbulentos de momentum, de calor sensível e de calor latente pelos métodos aerodinâmicos convencionais e por métodos que utilizam dados turbulentos amostrados a frequências elevadas, tais como o das covariâncias, o do fluxo-variância e o dissipativo-inercial.

1.8.6. Calcular o erro associado à estimativa dos fluxos (Wyngaard, 1983; Sá, 1992), procurando estabelecer relações entre este e: a) a ocorrência de intermitência, sendo esta caracterizada por fatores tais como os propostos por Mahrt (1989); b) a intensidade da instabilidade (ou estabilidade) atmosférica existente; c) a distribuição por "quadrante" das contribuições das flutuações turbulentas para o fluxo médio (Caramori et al., 1994; Krusche, 1997).

1.8.7. Caracterizar as escalas de eventual ocorrência de discrepância aerodinâmica (distorção do escoamento por elementos de rugosidade superficiais), com auxílio da transformada em ondeletas.

1.8.8. Avaliar a emissão de metano, através da determinação de seu fluxo para a atmosfera a partir de uma lagoa localizada na região e junto à torre micrometeorológica sob inundação. Amostras de ar serão coletadas utilizando-se cúpulas estática e flutuante. Estas amostras serão posteriormente analisadas a partir da técnica de cromatografia gasosa e detector de ionização de chama

(Oliveira et al., 1993).

1.8.9. Formar recursos humanos nos níveis de iniciação científica, de mestrado e de doutorado, como parte das atividades de pesquisa do projeto.

1.8.10 Desenvolver um banco de dados do experimento, com interface amigável ao usuário.

1.8.11. Divulgar os resultados obtidos pelos meios adequados: em seminários, congressos, revistas científicas e em workshops.

1.9 SOBRE OS EXPERIMENTOS

1.9.1 Caracterização do Sítio Experimental

A região do experimento situa-se na Fazenda São Bento, há cerca de 1,5 km da Base de Estudos do Pantanal da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (19B34=S; 57B01=W), em Passo do Lontra, distante cerca de 315 Km de Campo Grande, 100 Km de Corumbá e 100 Km de Miranda, MS possuindo as condições mínimas de infraestrutura para o início das atividades, incluindo uma torre de alumínio, com 21 m, onde serão instalados os sensores e instrumentos necessários para o experimento. A emissão de metano será determinada junto à torre e sobre lagoa na região, distante 300 m da Base de Estudos. A região, que se constitui em amostra típica do Pantanal local, caracteriza-se por vegetação de cerrado, cuja classificação estrutural corresponde a savana arborea aberta, a qual regionalmente é conhecida por paratudal, sendo formada por um

tipo de ipê, o paratudo *Tabebuia aurea* (Magalhães, 1992).

1.9.2 Equipamentos disponíveis

1.9.3 Descrição dos instrumentos a serem utilizados

Na torre micrometeorológica realizar-se-ão medidas de fluxos turbulentos de momentum, de calor sensível, de calor latente e de gás carbônico em alturas similares àsquelas dos níveis mais baixos (até 21 m) do Experimento Koorin. Para tanto, serão utilizados instrumentos de resposta rápida, com frequências de amostragem de 10 Hz.

Igualmente serão obtidas a velocidade do vento, a temperatura e a umidade específica em 8 níveis, com a utilização de anemômetros de copo para as medidas da primeira, de termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido aspirados, para as medidas da segunda e da terceira, respectivamente.

No topo da torre instalar-se-ão instrumentos para registrar a direção do vento, e para obtenção de medidas do balanço de radiação.

Junto à torre micrometeorológica e na lagoa, amostras de ar serão coletadas com cúpulas estáticas e flutuante, para posterior determinação da emissão do metano pela técnica da cromatografia gasosa.

O período efetivo de coleta de dados deverá ser de aproximadamente 15 dias.

1.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

P. Abry and P. Flandrin, "On the Initialization of the Discrete Wavelet Transform Algorithm", *IEEE Signal Processing Letters*, 1, 2: 32-34, February, 1994.

K. Alapaty, S. Raman and D. S. Niyogi, "Uncertainty in the Specification of Surface Characteristics: A Study of Prediction Errors in the Boundary Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 82, 3: 473-500, March, 1997.

J. D. Albertson, M. B. Parlange, G. Kiely and W. E. Eichinger, "The average dissipation rate of turbulent kinetic energy in the neutral and unstable atmospheric surface layer", *Journal of Geophysical Research*, 102, D12: 13423-13432, June 27, 1997.

P. C. Alvalá, "Observações do metano atmosférico no Brasil", Tese de doutoramento em Ciência Espacial, São José dos Campos, 107

pp, INPE, 1995.

E. L. Andreas and G. Treviño, "Using Wavelets to Detect Trends", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 14, 3, Part 1: 554-564, June, 1997.

J.-C. André, P. Bougeault and J.-P. Goutorbe, "Regional Estimates of Heat and Evaporation Fluxes over Non-homogeneous Terrain. Examples from the Hapex-Mobilhy Programme", *Boundary-Layer Meteorology*, 50, 1-4: 77-108, March, 1990.

R. A. Antonia, A. J. Chambers, D. Phong-Anant and S. Rajagopalan, "Properties of Spatial Temperature Derivatives in the Atmospheric Surface Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 17, 1: 101-118, August, 1979.

S. P. Arya, "Introduction to Micrometeorology", *Academic-Press*, 307 pp., San Diego, 1988.

D. D. Baldocchi and T. P. Meyers, "Turbulence Structure in a Deciduous Forest", *Boundary-Layer Meteorology*, 43, 4: 345-364, June, 1988.

H. Bergström and U. Högström, "Turbulent Exchange above a Pine Forest. II. Organized Structures", *Boundary-Layer Meteorology*, 49, 231-263, 1989.

A. K. Betts, R. L. Desjardins, J. I. Macpherson and R. D. Kelly, "Boundary-Layer Heat and Moisture Budgets from FIFE", *Boundary-Layer Meteorology*, 50, 1-4: 109-137, March, 1990.

N. J. Bink and A. G. C. A. Meesters, "Comment on 'Estimation of Surface Heat and Momentum Fluxes Using the Flux-Variance Method Above Uniform and Non-Uniform Terrain' by Katul et al. (1995)", *Boundary-Layer Meteorology*, 84, 3: 497-502, September, 1997.

F. C. Bosveld, "Derivation of Fluxes from Profiles over a Moderately Homogeneous Forest", *Boundary-Layer Meteorology*, 84, 2: 289-327, August, 1997.

P. Bougeault, "Parameterization Schemes of Land-Surface Processes for Mesoscale Atmospheric Models", In: Land Surface Evaporation - Measurement and Parameterization, T. J. Schmugge and J.-C. André Ed., Springer-Verlag: 55-92 pp., New York, 1991.

P. Bradshaw, "Turbulence", Springer-Verlag, 328 pp., Berlin, 1976.

Y. Brunet and S. Collineau, "Wavelet Analysis of Diurnal and Nocturnal Turbulence above Maize Crop", In: Wavelets in Geophysics, E. Foufoula-Georgiou and P. Kumar Ed., Academic Press: 129-150 pp., San Diego, 1994.

A. R. Brunsvold and C. M. Vest, "The effect of shear and stratification on the stability of a rotating fluid layer", *Journal of Fluid Mechanics*, 59, part 2: 369-390, 19 June, 1973.

W. Brutsaert, "Stability Correction Functions for the Mean Wind Speed and Temperature in the Unstable Surface Layer", *Geophysical Research Letters*, 19, 5: 469-472, March 3, 1992.

J. A. Businger, J. C. Wyngaard, Y. Izumi and E. F. Bradley, "Flux-profile Relationships in the Atmospheric Surface Layer", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 28, 181-189, March, 1971.

P. Caramori, P. Schuepp, R. Desjardins and I. MacPherson, "Structural Analysis of Airborne Flux Estimates over a Region", *Journal of Climate*, 7, 5: 627-640, May, 1994.

P. Cellier, "On the Validity of Flux-gradient Relationships Above Very Rough Surfaces", *Boundary-Layer Meteorology*, 36, 4: 417-419, September, 1986.

P. Cellier and Y. Brunet, "Flux-gradient relationships above tall plant canopies", *Agricultural and Forest Meteorology*, 58, 1-2: 93-117, March, 1992.

F. Chen, "Turbulent Characteristics over a Rough Natural Surface. Part I.: Turbulent Structures", *Boundary-Layer Meteorology*, 52, 1-2: 151-175, July, 1990.

D. Chen and W. Brutsaert, "Diagnostics of land surface spatial variability and water vapor flux", *Journal of Geophysical Research*, 100, D12: 25595-25606, December 20, 1995.

G. Chimonas, "Considerations of the stability of certain heterogeneous shear flows including some inflexion-free profiles", *Journal of Fluid Mechanics*, 65, part I: 65-69, 1974.

R. H. Clarke and R. R. Brook, "The KOORIN Expedition. Atmospheric boundary layer data over tropical savannah land", *A. G. P. S. Department of Science and the Environment Bureau of Meteorology*, 359 pp., Canberra, 1979.

S. Collineau and Y. Brunet, "Detection of Turbulent Coherent Motions in a Forest Canopy. Part II: Time-scales and Conditional Averages", *Boundary-Layer Meteorology*, 66, 1-2: 49-73, October, 1993.

W. L. Crosson and E. A. Smith, "Estimation of Surface Heat and Moisture Fluxes Over a Prairie Grassland 2. Two-Dimensional Time Filtering and Site Variability", *Journal of Geophysical Research*, 97, D17: 18583-18598, November 30, 1992.

I. Daubechies, "Ten Lectures on Wavelets", *SIAM*, 357 pp., Philadelphia, 1992.

H. A. R. De Bruin and C. J. Moore, "Zero-Plane Displacement and Roughness Length for Tall Vegetation, Derived from a Simple Mass Conservation Hypothesis", *Boundary-Layer Meteorology*, 31, 1: 39-49, January, 1985.

H. A. R. De Bruin and C. J. Moore, "Zero-Plane Displacement and Roughness Length for Tall Vegetation, Derived from a Simple Mass Conservation Hypothesis", *Boundary-Layer Meteorology*, 31, 1: 39-49, January, 1985.

H. A. R. De Bruin, N. J. Bink and L. J. M. Kroon, "Fluxes in the Surface Layer Under Advective Conditions", In: Land Surface Evaporation - Measurement and Parameterization, T. J. Schmugge and J.-C. André Ed., Springer-Verlag: 157-169 pp., New York, 1991.

H. A. R. De Bruin and A. Verhoef, "A New Method to Determine the Zero-Plane Displacement", *Boundary-Layer Meteorology*, 82, 1: 159-164, January, 1997.

R. L. Desjardins, P. H. Schuepp, J. I. MacPherson and D. J. Buckley, "Spatial and Temporal Variations of the Fluxes of Carbon Dioxide and Sensible and Latent Heat Over the FIFE Site", *Journal of Geophysical Research*, 97, D17: 18467-18475, November 30, 1992.

P. Durand, J.-P. Frangi and A. Druilhet, "Energy Budget for the Sahel Surface Layer During the ECLATS Experiment", *Boundary-Layer Meteorology*, 42, 1-2: 27-42, 1988.

P. Durand, L. D. A. Sá, A. Druilhet and F. Saïd, "Use of the Inertial Dissipation Method for Calculating Turbulent Fluxes from Low-Level Airborne Measurements", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 8, 1: 78-84, February, 1991.

A. J. Dyer, "Flux-gradient relationships in the constant flux layer", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 96, 715-721, 1970.

A. J. Dyer, "A review of flux-profile relationships", *Boundary-Layer Meteorology*, 7, 363-372, 1974.

A. J. Dyer and E. F. Bradley, "An Alternative Analysis of Flux-Gradient Relationships at the 1976 ITCE", *Boundary Layer Meteorology*, 22, 3-19, 1982.

M. Ek and R. H. Cuenca, "Variation in Soil Parameters: Implications for Modeling Surface Fluxes and Atmospheric Boundary-Layer Development", *Boundary-Layer Meteorology*, 70, 4: 369-383, September, 1994.

K. A. Emanuel, "On the dynamical definition(s) of "mesoscale"", In: Mesoscale Meteorology - Theory, Observations and Models, D.

- Lilly and T. Gal-Chen Ed., Reidel: 1-12 pp., Hingham, 1983.
- D. Etling and R. A. Brown**, "Roll Vortices in the Planetary Boundary-Layer: A Review", *Boundary Layer Meteorology*, 65, 3: 215-248, August, 1993.
- C. W. Fairall and S. E. Larsen**, "Inertial-Dissipation Methods and Turbulent Fluxes at the Air-Ocean Interface", *Boundary-Layer Meteorology*, 34, 287-301, 1986.
- C. W. Fairall, A. B. White, J. B. Edson and J. E. Hare**, "Integrated Shipboard Measurements of the Marine Boundary Layer", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 14, 3, Part 1: 338-359, June, 1997.
- M. Farge**, "The Wavelet Transform and its Applications to Turbulence", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 24, 395-457, 1992.
- M. Farge, N. Kevlahan, V. Perrier and E. Goirand**, "Wavelets and Turbulence", *Proceedings of the IEEE*, 84, 4: 639-669, April, 1996.
- S. N. Figueroa and C. A. Nobre**, "Precipitation Distribution Over Central and Western Tropical South America", *Climanálise*, 5, 6: 36-45, 1990.
- S. N. Figueroa, P. Satyamurty and P. L. Silva Dias**, "Simulations of the Summer Circulation over the South American Region with an Eta Coordinate Model", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 52, 10: 1573-1584, 15 May, 1995.
- D. R. Fitzjarrald, K. E. Moore, O. M. R. Cabral, J. Scolar, A. O. Manzi and L. D. A. Sá**, "Daytime Turbulent Exchange Between the Amazon Forest and the Atmosphere", *Journal of Geophysical Research*, 95, D10: 16825-16838, September 20, 1990.
- P. Flandrin**, "Fractional Brownian and Wavelets", In: Wavelets, Fractals, and Fourier Transforms, M. Farge, J. C. R. Hunt and J. C. Vassilicos Ed., Clarendon Press: 109-122 pp., Oxford, 1994.
- S. R. Freitas and M. A. F. Silva Dias**, "Numerical Modelling of Trajectories from the Biomass Burning Areas of Central Brazil and Amazonia", *Regional Conference on Global Change, Book of Abstracts: 131-132 pp.*, USP, São Paulo, december, 4-6, 1995.
- U. Frisch**, "Turbulence", *Cambridge-University-Press*, 296 pp., Cambridge, 1995.
- W. Gao, R. H. Shaw and K. T. Paw U**, "Observation of Organized Structure in Turbulent Flow within and above a Forest Canopy", *Boundary-Layer Meteorology*, 47, 349-377, 1989.
- W. Gao and B. L. Li**, "Wavelet Analysis of Coherent Structures at

the Atmosphere-Forest Interface", *Journal of Applied Meteorology*, 32, 1717-1725, November, 1993.

J. R. Garratt, "Studies of turbulence in the surface layer over water (Lough Neagh). Part II. Production and dissipation of velocity and temperature fluctuations", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 98, 417: 642-657, July, 1972.

J. R. Garratt, "Transfer Characteristics for a Heterogeneous Surface of Large Aerodynamic Roughness", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 104, 491-502, 1978.

J. R. Garratt, "Surface Influence upon Vertical Profiles in the Atmospheric near-surface layer", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 106, 450: 803-819, October, 1980.

J. R. Garratt, "Observations in the Nocturnal Boundary Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 22, 1: 21-48, January, 1982.

J. R. Garratt, "Surface Influence upon Vertical Profiles in the Nocturnal Boundary Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 26, 1: 69-80, May, 1983.

J. R. Garratt, "The Internal Boundary Layer - A Review", *Boundary-Layer Meteorology*, 50, 171-203, 1990.

J. R. Garratt and B. B. Hicks, "Micrometeorological and PBL Experiments in Australia", *Boundary-Layer Meteorology*, 50, 1-4: 11-29, March, 1990.

J. R. Garratt, "The atmospheric boundary layer", *Cambridge University Press*, 316 pp., Cambridge, 1992.

J. H. C. Gash and J. B. Stewart, "The Average Surface Resistance of a Pine Forest Derived from Bowen Ratio Measurements", *Boundary-Layer Meteorology*, 8, 453-464, 1975.

E. Gledzer, E. Villiermaux, H. Kahalerras and Y. Gagne, "On log-Poisson statistics of the energy dissipation field and related problems of developed turbulence", *Physics of Fluids*, 8, 12: december, 1996.

A. A. Grachev, "Free Convection Frequency Spectra of Atmospheric Turbulence over the Sea", *Boundary-Layer Meteorology*, 69, 1-2: 27-42, April, 1994.

R. L. Guedes, "Condições de Grande Escala Associadas a Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre a Região Central da América do Sul", *Tese de Mestrado, Depto. de Meteorologia, IAG/USP*, 89 pp., 1985.

Y. Guo and P. H. Schuepp, "An Analysis of the Effect of Local Heat Advection on Evaporation over Wet and Dry Surface Strips",

Journal of Climate, 7, 5: 641-652, May, 1994.

C. R. Hagelberg and N. K. K. Gamage, "Applications of Structure Preserving Wavelet Decompositions to Intermittent Turbulence: A Case Study", In: Wavelets in Geophysics, *E. Foufoula-Georgiou and P. Kumar Ed.*, Academic Press: 45-80 pp., San Diego, 1994.

T. Hayashi, "An Analysis of Wind Velocity Fluctuations in the Atmospheric Surface Layer using an Orthonormal Wavelet Transform", *Boundary-Layer Meteorology*, 70, 307-326, 1994.

P. H. Hildebrand, "Error in Eddy Correlation Turbulence Measurements from Aircraft: Application to HAPEX-MOBILHY", In: Land Surface Evaporation - Measurement and Parameterization, *T. J. Schmugge and J.-C. André Ed.*, Springer-Verlag: 231-243 pp., New York, 1991.

R. J. Hill, "Implications of Monin-Obukhov Similarity Theory for Scalar Quantities", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 46, 14: 2236-2244, 15 July, 1989.

J. F. Howell and L. Mahrt, "An Adaptive Decomposition: Application to Turbulence", In: Wavelets in Geophysics, *E. Foufoula-Georgiou and P. Kumar Ed.*, Academic Press: 107-128 pp., San Diego, 1994.

J. F. Howell and L. Mahrt, "Multiresolution Flux Decomposition", *Boundary-Layer Meteorology*, 83, 1: 117-137, April, 1997.

U. Högström, "Analysis of Turbulence Structure in the Surface Layer with a Modified Similarity Formulation for Near Neutral Conditions", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 47, 16: 1949-1972, 1990.

U. Högström and H. Bergström, "Organized Turbulence in the Near-Neutral Atmospheric Surface Layer", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 53, 17: 2452-2464, 1 September, 1996.

U. Högström, "Review of Some Basic Characteristics of the Atmospheric Surface Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 78, 3-4: 215-246, March, 1996.

J. C. R. Hunt, J. C. Kaimal and J. E. Gaynor, "Eddy structure in the convective boundary layer - new measurements and new concepts", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 114, 482: 827-858, July, part A, 1988.

A. F. G. Jacobs, J. H. Van Boxel and R. M. M. El-Kilani, "Convection Characteristics within a Plant Canopy", *Boundary-Layer Meteorology*, 71, 4: 375-391, December, 1994.

I. N. James and D. T. L. Anderson, "The seasonal mean flow and distribution of large-scale weather systems in the southern

hemisphere: the effects of moisture transports", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 110, 466: 943-966, October, 1984.

B. A. Kader and A. M. Yaglom, "Mean fields and fluctuation moments in unstably stratified turbulent boundary layers", *Journal of Fluid Mechanics*, 212, 637-662, March, 1990.

B. A. Kader, "Determination of Turbulent Momentum and Heat Fluxes by Spectral Methods", *Boundary-Layer Meteorology*, 61, 4: 323-347, December, 1992.

J. C. Kaimal, J. C. Wyngaard, Y. Izumi and O. R. Coté, "Spectral Characteristics of surface layer turbulence", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 98, 417: 563-589, July, 1972.

J. C. Kaimal and J. C. Wyngaard, "The Kansas and Minnesota Experiments", *Boundary-Layer Meteorology*, 50, 1-4: 31-47, 1990.

J. C. Kaimal and J. J. Finnigan, "Atmospheric Boundary Layer Flows. Their Structure and Measurement", *Oxford University Press*, 289 pp., New York, Oxford, 1994.

G. G. Katul, J. D. Albertson, C. R. Chu and M. B. Parlange, "Intermittency in Atmospheric Surface Layer Turbulence: The Orthonormal Wavelet Representation", In: *Wavelets in Geophysics*, E. Foufoula-Georgiou and P. Kumar Ed., *Academic Press*: 81-105 pp., San Diego, 1994.

G. G. Katul, M. B. Parlange, J. D. Albertson and C. R. Chu, "Local Isotropy and Anisotropy in the Sheared and Heated Atmospheric Surface Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 72, 1-2: 123-148, January (I), 1995.

G. G. Katul and M. B. Parlange, "Analysis of land surface heat fluxes using the orthonormal wavelet approach", *Water Resources Research*, 31, 11: 2743-2749, November, 1995.

G. Katul and B. Vidakovic, "The Partitioning of Attached and Detached Eddy Motion in the Atmospheric Surface Layer Using Lorenz Wavelet Filtering", *Boundary-Layer Meteorology*, 77, 2: 153-172, January(II), 1996.

G. G. Katul, J. D. Albertson, C.-I. Hsieh, P. S. Conklin, J. T. Sigmon, M. B. Parlange and K. R. Knoerr, "The "Inactive" Eddy Motion and Large-Scale Turbulent Pressure Fluctuations in the Dynamic Sublayer", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 53, 17: 2512-2524, 1 September, 1996.

G. Katul, G.-I. Hsieh, G. Kuhn and D. Ellsworth, "Turbulent eddy motion at the forest-atmosphere interface", *Journal of Geophysical Research*, 102, D12: 13409-13421, June 27, 1997.

G. Katul and C.-I. Hsieh, "Reply to the Comment by Bink and Meesters", *Boundary-Layer Meteorology*, 84, 3: 497-502, September, 1997.

N. K.-R. Kevlahan and J. C. Vassilicos, "The space and scale dependencies of the self-similar structure of turbulence", *Proceedings of the Royal Society of London A*, 447, 341-363, 1994.

S. J. S. Khalsa and G. K. Greenhut, "Conditional Sampling of Updrafts and Downdrafts in the Marine Atmospheric Boundary Layer", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 42, 23: 2550-2562, 1 December, 1985.

W. Klaassen, "Average Fluxes from Heterogeneous Vegetated Regions", *Boundary-Layer Meteorology*, 58, 4: 329-354, March, 1992.

L. J. M. Kroon and N. J. Bink, "Conditional Statistics of Vertical Heat Fluxes in Local Advection Conditions", *Boundary-Layer Meteorology*, 80, 1-2: 49-78, July, 1996.

N. Krusche, "Estudo de Estruturas Coerentes na Camada Limite Superficial em Iperó - São Paulo", Tese de Doutorado, 191 pp., USP, 1997.

D. M. Leahey, M. C. Hansen and M. B. Schroeder, "Variations of Wind Fluctuations Observed at 10 m over Flat Terrain under Stable Atmospheric Conditions", *Journal of Applied Meteorology*, 33, 6: 712-720, June, 1994.

D. H. Lenschow, J. Mann and L. Kristensen, "How Long Is Long Enough When Measuring Fluxes and Other Turbulence Statistics?", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 11, 3: 661-673, June, 1994.

M. Lesieur and O. Métais, "New Trends in Large-Eddy Simulations of Turbulence", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 28, 45-82, 1996.

A. Lindroth, "Gradient distributions and flux profile relations above rough forest", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 110, 553-563, 1984.

C. R. Lloyd, A. D. Culf, A. J. Dolman and J. H. C. Gash, "Estimates of Sensible Heat Flux from Observations of Temperature Fluctuations", *Boundary-Layer Meteorology*, 57, 4: 311-322, December, 1991.

A. K. Lo, "On the Determination of Zero-Plane Displacement and Roughness Length for Flow over Forest Canopies", *Boundary-Layer Meteorology*, 51, 3: 255-268, May, 1990.

- A. K.-F. Lo**, "Determination of Zero-Plane Displacement and Roughness Length of a Forest Canopy Using Profiles of Limited Height", *Boundary-Layer Meteorology*, 75, 4: 381-402, September, 1995.
- A. K.-F. Lo**, "On the Role of Roughness Lengths in Flux Parameterizations of Boundary-Layer Models", *Boundary-Layer Meteorology*, 80, 403-413, 1996.
- C.-H. Lu and D. R. Fitzjarrald**, "Seasonal and Diurnal Variations of Coherent Structures over a Deciduous Forest", *Boundary-Layer Meteorology*, 69, 1-2: 43-69, April, 1994.
- J. L. Lumley**, "Some Comments on Turbulence", *Physics of Fluids*, A4, 2: 203-211, February, 1992.
- N. W. Magalhães**, "Conheça o Pantanal", *Terragraph*, 400 pp., São Paulo, 1992.
- L. Mahrt**, "Intermittency of Atmospheric Turbulence", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 46, 1: 79-95, 1 January, 1989.
- L. Mahrt**, "Heat and Moisture Fluxes over the Pine Forest in HAPEX", In: Land Surface Evaporation - Measurement and Parameterization, T. J. Schmugge and J.-C. André Eds., Springer-Verlag: 261-273 pp., New York, 1991.
- L. Mahrt and W. Gibson**, "Flux Decomposition into Coherent Structures", *Boundary-Layer Meteorology*, 60, 1-2: 143-168, July, 1992.
- L. Mahrt and M. Ek**, "Spatial Variability of Turbulent Fluxes and Roughness Lengths in HAPEX-MOBILHY", *Boundary-Layer Meteorology*, 65, 4: 381-400, September, 1993.
- L. Mahrt, J. Sun, D. Vickers, J. I. MacPherson, J. R. Pederson and R. L. Desjardins**, "Observations of Fluxes and Inland Breezes over Heterogeneous Surface", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 51, 17: 2484-2499, 1 September, 1994.
- L. Mahrt and J. F. Howell**, "The influence of coherent structures and microfronts on scaling laws using global and local transforms", *Journal of Fluid Mechanics*, 260, 247-270, 1994.
- L. Mahrt and J. Sun**, "Dependence of surface exchange coefficients on averaging scale and grid size", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 121, 1835-1852, 1995.
- L. Mahrt**, "The Bulk Aerodynamic Formulation over Heterogeneous Surfaces", *Boundary-Layer Meteorology*, 78, 1-2: 87-119, October(II), 1996.
- M. E. Mayer, L. Hudgins and C. A. Friehe**, "Wavelet Spectra of

Buoyant Atmospheric Turbulence", In: Wavelets, Algorithms, and Applications, C. K. Chui, L. Montefusco and L. Puccio Eds., Academic Press: 533-541 pp., San Diego, 1994.

G. A. McBean, "Instruments Requirements for Eddy Correlation Measurements", *Journal of Applied Meteorology*, 11, 1078-1084, 1972.

L. A. Mikhaylova and A. Y. Ordanovich, "Coherent Structures in the Atmospheric Boundary Layer", *Atmospheric and Oceanic Physics*, 27, 6: 413-428, 1991.

L. C. B. Molion and C. J. Moore, "Estimating the Zero-Plane Displacement for Tall Vegetation using a Mass Conservative Method", *Boundary-Layer Meteorology*, 25, 115-125, 1983.

A. S. Monin and A. M. Yaglom, "Statistical Fluid Mechanics: Mechanics of Turbulence", MIT-Press, 769 pp., Cambridge, Massachussets, 1977.

C. J. Moore, "Eddy Flux Measurements above a Pine Forest", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102, 434: October, 1976.

C. M. Neuman and M. Maljaars, "Wind Tunnel Measurement of Boundary-Layer Response to Sediment Transport", *Boundary-Layer Meteorology*, 84, 1: 67-83, July, 1997.

T. Nishizawa and M. Tanaka, "The Annual Change in the Tropospheric Circulation and the Rainfall in South America", *Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology*, 33, Series B, 1-2: 107-116, 1983.

A. G. Nowosad, L. D. A. Sá and G. S. S. D. Prasad, "Classification of GTE-ABLE-2B Turbulent Data Above and Below the Canopy of the Amazonian Rain Forest using Wavelet Transforms", 29-30 pp., 2-6 de setembro, 1996.

M. A. S. Oliveira, V. W. J. H. Kirchhoff, V. W. J. H.; P. C. Alvalá. APerformance of a monitor for atmospheric methane measurements. *Revista Brasileira de Geofísica*, 11(1):57-64, 1993.

T. B. Ottoni, A. D. Matthias, A. F. Guerra and D. C. Slack, "Comparison of three resistance methods for estimating heat flux understable conditions", *Agricultural and Forest Meteorology*, 58, 1-2: 1-18, March, 1992.

J. Padro, "An Investigation of Flux-Variance Methods and Universal Functions Applied to Three Land-Use Types in Unstable Conditions", *Boundary-Layer Meteorology*, 66, 4: 413-425, December, 1993.

- H.-L. Pan and L. Mahrt**, "Interaction Between Soil Hydrology and Boundary-Layer Development", *Boundary-Layer Meteorology*, 38, 1-2: 185-202, January, 1987.
- O. V. Perestenko and L. K. Ingel**, "On an Instability Mechanism in a Stably Stratified Atmospheric Layer over a Moistened Surface", *Boundary-Layer Meteorology*, 78, 3-4: 383-398, March, 1996.
- J. R. Philip**, "Blending and Internal Boundary-Layer Heights, and Shear Stress", *Boundary-Layer Meteorology*, 84, 1: 85-98, July, 1997.
- J. Qiu, K. T. Paw U and R. H. Shaw**, "Pseudo-Wavelet Analysis of Turbulence Patterns in Three Vegetation Layers", *Boundary-Layer Meteorology*, 72, 1-2: 177-204, January (I), 1995.
- V. B. Rao, I. F. A. Cavalcanti and K. Hada**, "Annual variation of rainfall over Brazil and water vapor characteristics over South America", *Journal of Geophysical Research*, 101, D21: 26539-26551, November 27, 1996.
- M. R. Raupach**, "Anomalies in Flux-Gradient Relationships over Forests", *Boundary-Layer Meteorology*, 16, 467-486, 1979.
- M. R. Raupach, A. S. Thom and I. Edwards**, "A wind-tunnel study of turbulent flow close to regularly arrayed rough surfaces", *Boundary-Layer Meteorology*, 18, 373-397, 1980.
- M. R. Raupach and A. S. Thom**, "Turbulence in and above Plant Canopies", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 13, 97-129, 1981.
- M. R. Raupach, J. J. Finnigan and Y. Brunet**, "Coherent eddies in vegetation canopies", 75-90 pp., 9-12 May, 1989.
- M. R. Raupach, J. J. Finnigan and Y. Brunet**, "Coherent Eddies and Turbulence in Vegetation Canopies: The Mixing-layer Analogy", *Boundary-Layer Meteorology*, 78, 3-4: 351-382, March, 1996.
- S. M. Robinson**, "A method for machine computation of wind profile parameters. In: Annual report studies of the three-dimensional structure of the planetary boundary-layer", Relatório Técnico, cap. 6, pp. 63-70, University of Wisconsin, 1961.
- S. K. Robinson**, "Coherent Motions in the Turbulent Boundary Layer", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 23, 601-639, 1991.
- P. Ruscher and L. Mahrt**, "Coherent Structures in the Very Stable Atmospheric Boundary Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 47, 1-4: 41-54, April, 1989.
- L. D. A. Sá**, "Les Flux Turbulents dans la Couche Limite de Surface analysés à partir de Mesures Aéroportées: Validation d'une Methode Dissipative-Inertielle et Étude de Variabilité",

Tese de Doutorado, *Universit  Paul Sabatier de Toulouse*, 1992.

G. E. Schacher, K. L. Davidson, T. Houlihan and C. W. Fairall, "Measurements of the Rate of Dissipation of Turbulent Kinetic Energy, ϵ , over the Ocean", *Boundary-Layer Meteorology*, 20, 3: 321-330, May, 1981.

J. L. J. Schols, "The Detection and Measurement of Turbulent Structures in the Atmospheric Surface Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 29, 39-58, 1984.

P. Sellers and F. G. Hall, "FIFE in 1992: Results, Scientific Gains, and Fututure Research Directions", *Journal of Geophysical Research*, 97, D17: 19091-19109, November 30, 1992.

P. J. Sellers, M. D. Heiser, F. G. Hall, S. J. Goetz, D. E. Strebel, S. B. Verma, R. L. Desjardins, P. M. Schuepp and J. I. MacPherson, "Effects of spatial variability in topography, vegetation cover and soil moisture on area-averaged surface fluxes: A case study using the FIFE 1989 data", *Journal of Geophysical Research*, 100, D12: 25607-25629, December 20, 1995.

W. J. Shaw and J. A. Businger, "Intermittency and the Organization of Turbulence in the Near-Neutral Marine Atmospheric Surface Layer", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 42, 23: 2563-2584, 1 December, 1985.

R. H. Shaw and U. Schumann, "Large-Eddy Simulation of Turbulent Flow above and within a Forest", *Boundary-Layer Meteorology*, 61, 1-2: 47-64, October, 1992.

W. J. Shuttleworth, "Micrometeorology of temperate and tropical forest", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B 324, 299-334, 1989.

W. J. Shuttleworth, "Evaporation Models in Hydrology", In: Land Surface Evaporation - Measurement and Parameterization, T. J. Schmugge and J.-C. André Eds., Springer-Verlag: 93-120 pp., New York, 1991.

J. Szilagyi, G. G. Katul, M. B. Parlange, J. D. Albertson and A. T. Cahill, "The Local Effect of Intermittency on the Inertial Subrange Energy Spectrum of the Atmospheric Surface Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 79, 1-2: 35-50, April, 1996.

X. Song, C. A. Friehe and D. Hu, "Ship-board Measurements and Estimations of Air-Sea Fluxes in the Western Tropical Pacific during TOGA COARE", *Boundary-Layer Meteorology*, 81, 3-4: 373-397, December, 1996.

K. R. Sreenivasan, "On local isotropy of passive scalars in turbulent shear flows", In: Turbulence and Stochastic Processes: Kolmogorov's Ideas 50 Years On, J.C.R.Hunt, O. M. Phillips and D.

Williams Eds., Proceedings of the Royal Society of London A: 165-182 pp., London, 1991.

D. I. Stannard, "A Theoretically Based Determination of Bowen-Ratio Fetch Requirements", *Boundary-Layer Meteorology*, 83, 3: 375-406, June, 1997.

R. B. Stull, "An Introduction to Boundary Layer Meteorology", *Kluwer*, 666 pp., Dordrecht, 1988.

R. B. Stull, "Review of Non-local Mixing in Turbulent Atmospheres: Transilient Turbulence Theory", *Boundary-Layer Meteorology*, 62, 1-4: 21-96, January, 1993.

S. J. Tajchman, "Comments on Measuring Turbulent Exchange Within and Above Forest Canopy", *Bulletin American Meteorological Society*, 62, 11: 1550-1559, November, 1981.

A. S. Thom, "Momentum, Mass and Heat Exchange of Plant Communities", In: *Vegetation and the Atmosphere*, J. L. Monteith Ed., *Academic Press*: 57-110 pp., London, 1975.

A. S. Thom, J. B. Stewart, H. R. Oliver and J. H. C. Gash, "Comparison of aerodynamic and energy budget estimates of fluxes over a pine forest", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 101, 93-105, 1975.

G. Treviño and E. L. Andreas, "On Wavelet Analysis of Nonstationary Turbulence", *Boundary-Layer Meteorology*, 81, 3-4: 271-288, December, 1996.

B. J. Turner, M. Y. Leclerc, M. Gauthier, K. Moore and D. R. Fitzjarrald, "Identification of turbulent structures above a forest canopy using a wavelet transform", *Journal of Geophysical Research*, 99, D1: 1919-1926, January, 20, 1994.

D. Vickers and L. Mahrt, "Fetch Limited Drag Coefficients", *Boundary-Layer Meteorology*, 85, 1: 53-79, October, 1997a.

D. Vickers and L. Mahrt, "Quality Control and Flux Sampling Problems for Tower and Aircraft Data", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 14, 3, Part 1: 512-526, June, 1997b.

J. S. Vila da Silva, "Aplicações de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas na Avaliação da Dinâmica de Inundação no Pantanal", *Tese de Mestrado*, *INPE*, 1991.

Y. Viswanadham, "Examination of the Empirical Flux-Profile Models in the Atmospheric Surface Boundary Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 22, 61-77, 1982.

H. L. Weaver, "Temperature and Humidity Flux-Variance Relations Determined by One-dimensional Eddy Correlation", *Boundary-Layer*

Meteorology, 53, 1-2: 77-91, October, 1990.

A. Wenzel, N. Kalthoff and V. Korlacher, "On the Profiles of Wind Velocity in the Roughness Sublayer Above a Coniferous Forest", *Boundary-Layer Meteorology*, 84, 2: 219-230, August, 1997.

J. Wieringa, "Representative Roughness Parameters for Homogeneous Terrain", *Boundary-Layer Meteorology*, 63, 323-363, 1993.

J. M. Wilczak, "Large-Scale Eddies in the Unstably Stratified Atmospheric Surface Layer. Part I: Velocity and Temperature Structure", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 41, 24: 3537-3550, 15 December, 1984.

A. G. Williams and J. M. Hacker, "The Composite Shape and Structure of Coherent Eddies in the Convective Boundary Layer", *Boundary-Layer Meteorology*, 61, 213-245, 1992.

J. Wucknitz, "The Influence of Anisotropy on Stress Estimation by the Indirect Dissipation Method", *Boundary-Layer Meteorology*, 17, 1: 119-131, August, 1979.

J. C. Wyngaard, "Lectures on the Planetary Boundary Layer", In: Mesoscale Meteorology - Theory, Observations and Models, D. Lilly and T. Gal-Chen Eds., Reidel: 603-650 pp., Hingham, 1983.

J. C. Wyngaard, "On the Maintenance and Measurement of Scalar Fluxes", In: Land Surface Evaporation - Measurement and Parameterization, T. J. Schmugge and J.-C. André Eds., Springer-Verlag: 199-229 pp., New York, 1991.

J. C. Wyngaard, "Atmospheric Turbulence", *Annual Review of Fluid Mechanics*, 24, 205-233, 1992.

A. M. Yaglom, "Fluctuation spectra and variances in convective turbulent boundary layers: A reevaluation of old models", *Physics of Fluids*, 6, 2: 962-972, February, 1994.

Y. Zhuang and B. D. Amiro, "Pressure Fluctuations during Coherent Motions and their effects on the budgets of turbulent kinetic energy and momentum flux within a forest canopy", *Journal of Applied Meteorology*, 33, 6: 704-711, June, 1994.

V. Zimin and F. Hussain, "Wavelet based model for small-scale turbulence", *Physics of Fluids*, 7, 12: 2925-2927, December, 1995.

N. M. Zoumakis, "Estimating the Zero-Plane Displacement and Roughness Length for Tall Vegetation and Forest Canopies Using Semi-empirical Wind Profiles", *Journal of Applied Meteorology*, 32, 3: 574-579, March, 1993.

Capítulo 2

2. ORÇAMENTO JUSTIFICADO

2.1 DESPESAS DE CUSTEIO

2.1.1 Transporte

a) 2 Passagens aéreas Brasília-Campo Grande-Brasília

Valor estimado: 6 x US\$ 593,84 = US\$ 3.563,04

b) 10 Passagens aéreas São Paulo-Campo Grande-São Paulo

Valor estimado: 12 x US\$ 434,00 = US\$ 5.208,00

Justificativa: Custeio do transporte dos pesquisadores do CPAC/EMBRAPA de Planaltina/DF (dois) e do INPE (dez de São José dos Campos) de seus respectivos locais de trabalho para o sítio experimental no Pantanal durante a campanha de coleta de dados.

2.1.2 Diárias

240 diárias

Valor estimado: 240 x US\$ 75,00 = US\$ 18.000,00

Justificativa: Custeio das despesas referentes à alimentação e demais despesas pessoais dos pesquisadores e técnicos durante 20 dias. Em princípio, o alojamento dos participantes será provido pela UFMS. Todavia, poderá ocorrer falta de lugar para todos os participantes, pois a Base de Passo do Lontra é utilizada por diversos departamentos da UFMS ao longo do ano. Assim, alguma verba para alojamento também deverá ser prevista.

2.1.3 Material de consumo

Unidades de CD ROM regraváveis.

Disquetes.

Papel.

Tinta para impressoras

Capacetes

Baterias

Ferramentas

Caixas para armazenar instrumentos.

Cordões de polipropileno.

Lanternas de alpinismo.

Pilhas.

Papel para impressora phaser.

Luvas.

Perneiras à prova de picadas de cobra.

Ferramentas elétricas alimentadas por bateria (furadeira).

4. ANEXOS

4.1 DADOS BIOGRÁFICOS DOS PARTICIPANTES

ANTONIO OCIMAR MANZI

Antonio Ocimar Manzi é pesquisador titular do CPTEC, ex-chefe da Divisão de Ciências Meteorológicas do INPE e participa de vários comitês e conselhos do Instituto representando a meteorologia. Na área científica tem trabalhado na melhoria de esquemas de transferência solo-planta-atmosfera acoplados ou não a modelos meteorológicos numéricos.

Nesta linha está envolvido em vários projetos de pesquisa, a saber: 1) validação da versão climática do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) do CPTEC/COLA, em cooperação com o CPTEC; 2) Impacto da inicialização do conteúdo de água no solo no clima do MCGA CPTEC/COLA em cooperação com o CPTEC; 3) monitoramento do conteúdo de água no solo por satélites, em cooperação com o CPTEC e a Divisão de Meteorologia por Satélites do INPE. As colaborações internacionais mais importantes são com os grupos de modelagem do clima e de modelagem de mesoescala da meteorologia francesa e com o grupo de micrometeorologia do Instituto de Hidrologia do Reino Unido.

A sua dissertação de mestrado, concluída em 1987 no INPE, estudou parâmetros aerodinâmicos da floresta amazônica e em sua tese de doutorado, concluída em 1993 na Météo-France e na Universidade de Toulouse III, acoplou um modelo de vegetação a um modelo climático e efetuou simulações do impacto do desmatamento em grande escala da Amazônia no clima.

Ele tem grande experiência de trabalho de campo, tendo participado de várias campanhas nacionais e internacionais, tais como: GTE-ABLE (1985 e 1987), ARME (1986), ABRACOS (1991), RBLE (1994) e Projeto do Pantanal (1996) como organizador.

Participa do corpo docente da pós-graduação em meteorologia do INPE sendo responsável pela disciplina *Climatologia Física* e co-responsável pela disciplina *Elementos de Micrometeorologia*.

KOLAVENNU PANDURANGA VITTAL MURTHY

É professor senior da Universidade de Andhra, Índia. Atualmente, é pesquisador visitante na Divisão de Ciências Meteorológicas do INPE, com bolsa do CNPq e projeto de pesquisa diretamente relacionado aos estudos micrometeorológicos no Pantanal.

Bacharelou-se em Matemática, Física e Química, em 1961,

concluiu mestrado em Meteorologia e Oceanografia na Universidade de Rank, em 1964, na Índia, e doutorou-se no Instituto de Hidrometeorologia de Leningrado, Rússia, em 1970, com tese intitulada *Turbulent diffusion under nonstationary conditions and its potential applications*, na sub-área de Micrometeorologia. Realizou, também, estágio de pós-doutoramento no Imperial College de Londres.

Ao longo de sua carreira de ensino e pesquisa na Índia, preocupou-se com variados domínios de pesquisa, tais como Micrometeorologia, Poluição do ar, Hidrometeorologia, Modelagem de área limitada, Meteorologia por Satélite (aplicações do NDVI), Agrometeorologia, Biometeorologia, etc. Ocupou cargos de professor e pesquisador em instituições tais como Nagpur University (Nagpur, Índia), National Physical Laboratory (Nova Delhi, Índia), Indian Institute of Tropical Meteorology, Physical Research Laboratory e National Institute of Occupational Health (Ahmedabad, Índia), Andhra University (Visakhapatnam, Andhra, Índia), tendo orientado 16 teses de doutorado e 10 dissertações de mestrado.

Participou de diversos projetos micrometeorológicos, tais como Visakhapatnam Meteorological Tower Gradient Observations (VSP, Visakhapatnam Steel Project), MONTBLEX Experiment (Monsoon Flux Boundary Layer Experiment), ANAND Experiment (em andamento) e é autor de numerosos artigos em revistas internacionais.

Foi vice-presidente da Indian Ecological Society (Delhi), membro executivo da Indian Meteorological Society (Delhi), membro fundador da ASOLLEEN, Society for Clean Environment (Bombaim) e presidente da ASEA, Society for Environmental Awareness.

LEONARDO DEANE DE ABREU SÁ

É pesquisador do INPE desde fevereiro de 1982. Estuda fenômenos turbulentos de interação floresta-atmosfera desde que terminou sua tese de mestrado em 1981. Assim, participou da criação do projeto anglo-brasileiro ARME de estudo da micrometeorologia da Floresta Amazônica. No decorrer deste, participou de quatro campanhas de coleta de dados na Reserva Ducke, Manaus (AM). Posteriormente, participou de uma campanha do Projeto GTE-ABLE-2B envolvendo cooperação NASA-INPE e outras instituições nacionais.

Sob a orientação do Prof. Y. Viswanadham, foi um dos organizadores do Projeto de Estudos Micrometeorológicos do INPE. Como resultado destas atividades de pesquisa, foi autor ou co-autor de oito publicações internacionais sobre o assunto, além de inúmeras comunicações científicas apresentadas em congressos internacionais e nacionais.

De setembro de 1988 a maio de 1992 desenvolveu tese de doutoramento na Université Paul Sabatier, Toulouse, França, no grupo de pesquisa do Dr. Aimé Druilhet, ocasião em que participou do Experimento Aerotransportado de CRAU, na região de Marselha.

De volta ao Brasil, no INPE, formou um grupo multidisciplinar para estudar o sinal atmosférico com técnicas avançadas tais como a Transformada em Ondeletras (Wavelets) e Redes Neurais. Elaborou também um projeto de pesquisa, aprovado junto à FAPESP (93/2715-1), no qual aplicou a análise em tempo-escala para investigar a variabilidade de sinais tais como o turbulento, o hidrológico e o climatológico.

Participa do programa de pós-graduação em Meteorologia do INPE, sendo responsável pelos cursos de *Camada Limite Planetária* e *Elementos de Micrometeorologia*.

CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO

Pesquisador do INPE desde outubro de 1988 e, anteriormente, professor da UNESP e USP entre 1981 e 1988.

Mestrado no CENA/USP, em 1978-1979, tendo desenvolvido dissertação sobre Medida da Transpiração e Biomassa de Florestas usando Água Tritiada como Traçador. Diploma de Estudos Aprofundados (DEA) em Hidrologia na Escola Politécnica Federal de Lausanne, Suíça, em 1980. Doutorado em Agrometeorologia na ESALQ/USP, entre 1981 e 1985, tendo desenvolvido tese sobre Simulação da Extração de Água por Raízes.

Participou em diversos experimentos micrometeorológicos do projeto RADASP/USP e do JICA/Instituto Florestal, entre 1983 e 1988 e, mais recentemente do projeto PANTANAL (1996, 1997).

Professor do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia do INPE e, anteriormente, do Curso de PG em Meteorologia do IAG/USP (1983-1988), responsável pelas disciplinas Hidrometeorologia e Climatologia Estatística.

Realizou estágios na Universidade de Reading, Inglaterra (julho a setembro de 1986) e na Agência Japonesa de Meteorologia, Tóquio (janeiro a abril de 1990).

Recebeu bolsas de estudo e auxílios da CNEN, WMO, CNPq, Fapesp e JICA.

PLÍNIO CARLOS ALVALÁ

Plinio Carlos Alvalá é assistente de pesquisa desde 1994 no Departamento de Geofísica Espacial do INPE. Com doutorado em Ciência Espacial, participa do Comitê Assessor da área, é membro

do corpo docente do curso de pós-graduação em Geofísica Espacial, e secretário do Comitê Nacional Associado ao Committee of Space Research (COSPAR).

Sua linha de pesquisa envolve estudos dos gases do efeito estufa, em especial o gás metano, avaliando seu ciclo atmosférico, bem como suas fontes e sumidouros. Duas fontes são de grande interesse no Brasil, ou seja, as áreas alagadas, como o Pantanal Matogrossense e a Amazônia, e a emissão pela queima de biomassa, principalmente na região do cerrado na época seca. Ambas as fontes foram objeto de estudo em sua tese de doutorado, concluída em 1995, continuando-se estas pesquisas até o presente.

Os estudos dos efeitos das queimadas são realizados através de campanhas utilizando a aeronave do INPE, tanto em missões próprias, quanto em conjunto com pesquisadores da NASA. Por outro lado, o estudo de fluxo de metano na superfície envolve o desenvolvimento de técnicas específicas para a sua coleta em áreas alagadas na região do Pantanal.

PAULO ROGÉRIO AQUINO ARLINO

Trabalha no laboratório de eletrônica da Meteorologia do INPE desde o ano de 1985, inicialmente como técnico em eletrônica e posteriormente como engenheiro eletrônico, graduado pela Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) em 1991. Participou de mais de uma dezena de experimentos meteorológicos e oceanográficos, dentre os quais se destacam as campanhas de coleta de dados dos projetos COROAS, MEDICA, ABRACOS, MACOE (I e II), PANTANAL. Ademais, participou do projeto SIMA, para o desenvolvimento de bóias de deriva instrumentadas. É atualmente o responsável pelo Laboratório de Eletrônica da Divisão de Ciências Meteorológicas do INPE e trabalha no desenvolvimento de novos sensores e sistemas automáticos de coleta de dados para estações meteorológicas bem como na implementação técnica de experimentos de campo.

4.2 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS PELOS PROPONENTES EM PROJETOS ANTERIORES QUE RECEBERAM AUXÍLIO DA FAPESP

4.2.1 Título do Projeto: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DA TRANSFORMADA EM ONDELETAS NO ESTUDO DAS TROCAS TURBULENTAS NA CAMADA LIMITE SUPERFICIAL DA ATMOSFERA (Processo FAPESP-GEOCIÊNCIAS 93/2715-1), Início: 01/12/93, Término: 31/03/96.

Responsável: Dr. Leonardo Deane de Abreu Sá (DCM/INPE).

Principais resultados alcançados no projeto:

Foram implantados e desenvolvidos numerosos softwares para a análise do sinal uni-dimensional os quais são devidamente

mencionados ao longo das publicações citadas abaixo. Com estes, e com o auxílio da Transformada em Ondeletas, foram estudados sinais de diferentes procedências tais como dados turbulentos da atmosfera, dados climatológicos, dados hidrológicos. Estas análises colocaram em evidência o caráter não-estacionário dos sinais geofísicos e testemunharam a importância da análise em tempo-escala para a descrição e explicação de fenômenos, os quais dificilmente poderiam ser explicados pelos métodos convencionais (estacionários). Aspectos então pouco abordados como fase do sinal, interação entre escalas, ondas transientes, estruturas coerentes, puderam ser explorados apontando novas perspectivas de ataque para problemas antigos. Análises teóricas sobre otimização da Transformada em Ondeletas acentuaram a complexidade do sinal geofísico o qual, para ser bem analisado, precisa muitas vezes de ondeletas diferentes em escalas diferentes. Logo, problemas como os da estimação "ótima" das grandezas turbulentas, passam necessariamente pela busca de critérios cientificamente rigorosos de escolha da ondeleta de análise. Este foi outro ponto explorado no projeto. Mas, a indisponibilidade de dados turbulentos adequados para as análises motivaram, dentre outras razões, a preparação do Experimento Meteorológico do Pantanal, o qual fornecerá dados mais adequados para a análise do sinal a frequências elevadas.

Trabalhos publicados ou submetidos ao longo do projeto:

A) CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO (em equipe, como colaborador):

A.1) A. Druilhet, J.-L. Attié, L. D. de Abreu Sá, P. Durand, B. Bénech, "Experimental Study of Inhomogeneous Turbulence in the Lower Troposphere by Wavelet Analysis". In: *Wavelets: Theory, Algorithms, and Applications*, Charles K. Chui, Laura Montefusco, and Luigia Puccio Eds., Academic Press, San Diego, Califórnia, 1994 (Wavelets analysis and its applications: vol.5), pp.: 543-559.

B) TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSOS INTERNACIONAIS COM PUBLICAÇÃO INTEGRAL EM PROCEEDINGS:

B.1) SÁ, L.D.A.; GALVÃO, G.P.; SAMBATTI, S. B. M.; MANZI, A.O.; "A Study of Turbulent Signals Measured above Amazon Forest using Wavelet Transform". *Conference on Wavelet Applications for Dual Use, Orlando, Flórida, EUA, 17-21 de abril de 1995, Wavelets and Applications II, H.H. Szu Ed., Proceedings of Technical Conference n° 2491 da SPIE (The International Society for Optical Engineering), artigo n° 2491-67, p.: 697-708.*

B.2) LI, W. G.; SÁ, L. D. A.; PRASAD, G. S. S. D.; NOWOSAD, A. G.; BOLZAN, M. J. A.; CHIEN, E.; "Neural Networks Adaptive Wavelets for Prediction of the Northeast Brazil Monthly Rainfall Anomalies Time Series", *Proceedings of SPIE's Conference n° 2760, "Applications and Science of Artificial Neural Networks II", Steven K. Rogers and Dennis W. Ruck Chairs/Editors, 8-12 April*

1996, Orlando, Fl, p.: 175-187.

C) TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSOS, SIMPÓSIOS, ETC.:

C.1) SÁ, L.D.A.; DURAND, P.; "Um Estudo sobre a Estimacão de Fluxos Turbulentos na Camada Limite Superficial utilizando o Método Dissipativo-Inercial". VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, Belo Horizonte, 18-25 de outubro de 1994, Anais: 1-4.

C.2) SÁ, L.D.A.; DRUILHET, A.; DURAND, P.; "Um Estudo sobre a Variabilidade de Fluxos Turbulentos na Camada Limite Superficial da Atmosfera". VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, Belo Horizonte, 18-25 de outubro de 1994, Anais: 9-11.

C.3) SÁ, L.D.A.; NOWOSAD, A.G.; DRUILHET, A.; ATTIE, J.-L.; DURAND, P.; GOMES, S.M.; "Um Estudo sobre a Aplicaco da Transformada em Ondeletras à Análise de Sinais Turbulentos". VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, Belo Horizonte, 18-25 de outubro de 1994, Anais: 5-8.

C.4) DRUILHET, A.; ATTIE, J.-L.; de ABREU SÁ, L.; DURAND, P.; BNECH, C.; "Analysis of inhomogeneous turbulence in an atmospheric flow around a mountain range". Colloque de Mtorologie Alpine de Lindau, França, setembro de 1994.

C.5) SÁ, L.D.A.; GALVÃO, G.P.; SAMBATTI, S.B.M.; CULF, A.D.; "Análise da Variabilidade do Fluxo de Calor Sensível Acima de Região Desmatada em Rondônia". IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Anais, pp. 310-312, Campina Grande, PB, 24 a 28 de julho de 1995.

C.6) SÁ, L.D.A.; SAMBATTI, S.B.M.; GALVÃO, G.P.; CULF, A.D.; "Análise em tempo-freqncia da variabilidade da temperatura acima da Floresta Amazônica". IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Anais, pp. 307-309, Campina Grande, PB, 24 a 28 de julho de 1995.

C.7) PRASAD, G.S.S.D.; SÁ, L.D.A.; "Wavelet Analysis of Turbulent Wind Velocity". Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC 95), Curitiba, de 28 de agosto a 1 de setembro de 1995, Anais II: 710-714.

C.8) LI, W. G.; SÁ, L. D. A.; MANZI, A.O; PRASAD, G.S.S.D.; NOWOSAD, A.G.; CULF, A.D.; "Neural Networks for Nonlinear Prediction of Turbulent Signals from data measured above Amazon Forest and Pasture". Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC 95), Curitiba, de 28 de agosto a 1 de setembro de 1995, Anais II: 705-709.

C.9) SÁ, L. D. A., SAMBATTI, S. B. M., GALVÃO, G. P.; "Aplicação da Transformada em Ondeletas à Análise de Série Temporal referente ao Nível do Rio Paraguai em Ladário, MS". Encontro sobre Sensoriamento Remoto aplicado a estudos no Pantanal, Corumbá, 9-12 de outubro de 1995, Livro de resumos: 65-67.

C.10) LI, W. G.; SÁ, L.D.A.; GALVÃO, G. P.; BEVILACQUA, R. M.; "Prediction of the Paraguai River Level's Time Series using Neural Networks". Encontro sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal, Corumbá, MS, 9 a 12 de outubro de 1995, Livro de resumos: 61-63.

C.11) LI, W. G.; SÁ, L.D.A.; NORDEMANN, D.J.R.; BEVILACQUA, R. M.; "Prediction of Sea Surface Temperature in Tropical Atlantic Ocean Time Series using Neural Networks". Conferência Regional sobre Mudanças Globais, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, São Paulo, 4-6 de dezembro de 1995, Book of Abstracts: 221-222.

C.12) LI, W. G.; SÁ, L. D. A.; G.S.S.D. PRASAD; "Wavelets and Neural Networks combination Method for Predictions of the River Level Time Series". 7th International Conference on Statistical and Mathematical Models in Environmental Sciences, IME-IEA/USP, São Paulo, July 22-26 1996, Book of Abstracts: P7-P8.

C.13) NOWOSAD, A. G.; SÁ, L. D. A.; PRASAD, G. S. S. D.; "Classification of GTE-ABLE-2B Turbulent Data Above and Below the Canopy of the Amazonian Rain Forest using Wavelet Transforms", VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, B. Aires, Anais: 29-30.

C.14) PRASAD, G. S. S. D.; HARARI, J.; SÁ, L. D. A.; GIAROLLA, E.; "Time-Scale Analysis of the Variation of Sea Level, Wind Velocity, Humidity and Temperature at Cananéia using Wavelet Transform". VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, Buenos Aires, Anais: 175-176.

C.15) PRASAD, G. S. S. D.; SÁ, L. D. A.; HARARI, J.; GIAROLLA, E.; "Time-Scale Analysis of the Variation of Sea Level at Cananéia using Wavelet Transform". VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, Buenos Aires, Anais: 267-268.

C.16) SÁ, L. D. A.; SAMBATTI, S. B. M.; GALVÃO, G. P.; "Estudo da Variabilidade do Rio Paraguai em Ladário (MS), com a utilização do Módulo da Ondeleta de Morlet". VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, Buenos Aires, Anais: 129-130.

C.17) LI, W. G.; SÁ, L. D. A.; NORDEMANN, D. J. R.; "Several Types Neural Networks for Reconstruction and Prediction of the

Paraguay River Level". *VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, Buenos Aires, Anais: 131-132.*

C.18) DOURADO, M. S.; SAMBATTI, S. B. M.; SÁ, L. D. A.; "Um Estudo da variabilidade em tempo-escala da fase dos sinais de umidade específica e de temperatura acima do Oceano Atlântico". *VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, Buenos Aires, Anais: 169-170.*

C.19) ALVES, M. A. S.; SAMBATTI, S. B. M.; SÁ, L. D. A.; "Uma aplicação da Transformada Wavelet de Morlet ao estudo da variabilidade em tempo-escala da umidade relativa em S. Luís (MA). *VII Congresso Argentino e VII Congresso Latino-americano e Ibérico de Meteorologia, 2-6 de setembro de 1996, Buenos Aires, Anais: 375-376.*

C.20) PRASAD, G.S.S.D.; SÁ, L.D.A.; "Wavelet Analysis of the Negro River". *Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC 96), Goiânia, setembro de 1996 (invited paper).*

D)RELATÓRIO TÉCNICO:

D.1) NOWOSAD, A.G.; GOMES, S.M.; PRASAD, G.S.S.D.; SÁ, L.D.A. "Aplicação da Transformada em Ondeletas a um Problema Numérico de Interpolação"(INPE-5669-PRP/192, Setembro de 1995).

E) TRABALHOS ENVIADOS A REVISTAS:

E.1) NOWOSAD, A. G.; PRASAD, G. S. S. D.; SÁ, L. D. A. "Wavelet Energy Distributions of Turbulent Atmospheric Signals". Submetido à *Revista Brasileira de Meteorologia*.

E.2) SÁ, L. D. A., SAMBATTI, S. B. M., GALVÃO, G. P.; "Ondelela de Morlet aplicada ao Estudo da Variabilidade do Nível do Rio Paraguai em Ladário, MS". *Pesquisa Agropecuária Brasileira (aceito).*

E.3) LI, W. G.; SÁ, L. D. A.; GALVÃO, G. P.; BEVILACQUA, R. M.; "Prediction of the Paraguay River Level's Time Series using Neural Network". *Pesquisa Agropecuária Brasileira (aceito).*

E.4) LI, W. G.; SÁ, L.D.A.; NORDEMANN, D.J.R.; BEVILACQUA, R. M.; "Predictions of Sea Surface Temperature in Tropical Ocean using Neural Networks". *Anais da Academia Brasileira de Ciências (aceito).*