
Influência de Jatos de Baixo Nível na Camada Limite Noturna do Pantanal

Effects of Low Level Jets on the Pantanal Nocturnal Boundary Layer

Camila Tassiane Silva Martins Pinho

Discente do Curso de Graduação em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA) *Campus* Belém. Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. **Endereço:** Rodovia do Tapanã, casa 12. Bairro: Tapanã. CEP.: 66.825-522. Icoaraci/PA. **E-mail:** fisicamila6@gmail.com

Marcos Mateus Rodrigues da Silva

Discente do Curso de Graduação em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Graduando em Física-IFPA.

Hardiney dos Santos Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Doutor em Física-UFSM.

Cléo Quaresma Dias Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Doutor em Clima e Ambiente-INPA.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto de Jatos de Baixo Nível em momentos estatísticos da componente vertical do vento acima da superfície inundada do Pantanal. A metodologia empregada foi o estudo de casos para três noites com detecção de Jatos de Baixo Nível sobre uma área inundada no Pantanal. Calculou-se a variância, skewness e a curtose para a componente vertical do vento ao longo das noites estudadas. O aumento da atividade turbulenta promovida pelo cisalhamento do vento e propagada de forma descendente a partir da altura do jato estabelece um aumento de variância e diminuição da skewness e curtose de w . Conclui-se que sobre a superfície inundada a ação do JBN promove maior simetria para os momentos estatísticos associados com a componente vertical do vento devido a ação do cisalhamento do vento promovido pelo jato.

Palavras-chave: Camada Limite Noturna. Jato de Baixo Nível. Superfície Inundada. Momentos Estatísticos.

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the impact of Low Level Jets on statistical moments of the vertical wind component above the flooded surface of the Pantanal. The methodology utilized was a case study for three nights detecting Low Level Jets over an area flooded in the Pantanal. We calculated the variance, skewness and kurtosis for the vertical component of the wind over the nights studied. The increase in turbulent activity promoted by the wind shear and propagated downward from the jet stream height establishes an increase in variance and decrease in skewness and kurtosis of w . Thus concluded that on the flooded surface the JBN action promotes greater symmetry for the statistical moments associated with the vertical wind component due to the wind shear action promoted by the jet.

Keywords: Nocturnal Boundary Layer. Low Level Jet. Flooded Surface. Statistical Moments.

INTRODUÇÃO

Do nosso primeiro suspiro, passamos a maior parte das nossas vidas perto da superfície da Terra. Sentimos o calor do Sol diurno e o frio do ar noturno. É aqui onde nossas culturas são cultivadas, nossas habitações construídas e muito do nosso comércio ocorre. Familiarizando-nos com a brisa e microclima local e sentimos os contrastes quando viajamos para outros lugares. (STULL, 1988; p. 1).

A Camada Limite Planetária (CLP) é a região da atmosfera que passamos a maior parte das nossas vidas. A micrometeorologia é o ramo das Ciências Exatas e da Terra que estuda essa porção da atmosfera. Os dados micrometeorológicos são comumente organizados em séries temporais que sofrem influência das forçantes em superfície e do período do dia em que são medidos. A CLP em período noturno não possui a radiação advinda do Sol como um dos forçantes que promovem mudanças em suas séries temporais (STULL, 1988).

Os escoamentos atmosféricos na CLP são essencialmente turbulentos. Segundo Reis *et al.* (2015), as experiências mostram que o escoamento será laminar, se o número de Reynolds for menor que aproximadamente 2000; será turbulento, se for maior que 3000. Entre esses dois valores, o escoamento é instável e pode mudar de um tipo para o outro. O número de Reynolds é expresso pela expressão 01.

$$N_R = \frac{2 \cdot \mu \cdot V}{\eta} \quad (01)$$

Onde μ é a densidade do líquido, V é a velocidade e η é a viscosidade.

A atividade turbulenta na CLP modifica-se muito durante a evolução do dia, principalmente em função da variação da incidência de radiação solar. Para o período noturno a CLP é denominada de Camada Limite Noturna (CLN). As séries temporais de dados micrometeorológicos, medidos durante a CLN, possuem uma mistura complexa de fenômenos que promovem turbulência intermitente e anisotrópica (MORAES *et al.*, 2022). Segundo Chian *et al.* (2008) a turbulência atmosférica intermitente é decorrente da coerência de fase em interações não lineares. De acordo com Correa *et al.* (2021) há diversos fenômenos que interagem de forma não linear com a turbulência e interferem nos fluxos de matéria e energia entre a superfície e a atmosfera. Entre estes fenômenos podemos citar as Ondas de Gravidade (OG's) (MORAES *et al.*, 2022) e os Jatos de Baixo Nível (JBN) (POULOS *et al.*, 2002).

Os JBN's são frequentemente observados durante a CLN. POULOS *et al.* (2002) definem que um JBN é uma corrente de ar estreita que se move rapidamente acima da superfície. O forte cisalhamento do vento promovido pelo JBN pode gerar turbulência entre o nível do jato até a superfície (SANCHEZ *et al.*, 2022). Desta maneira, gerando uma Camada Limite Invertida em que a turbulência é gerada no nível do JBN

e transferida de forma descendente para a superfície (ação top-down).

A origem de um JBN é associada com oscilação inercial, baroclinicidade associada com a declividade do terreno, frentes, ventos de montanhas e vales, baroclinicidade associada com padrões climáticos de escala sinótica e acelerações advectivas (SANCHEZ *et al.*, 2022). De acordo com Sun *et al.* (2012), a ação de JBN e outros fenômenos estabelece um regime específico de geração de turbulência intermitente na CLN. Este regime possui comportamento e efeito diferenciados sobre variâncias, fluxos e outras variáveis turbulentas. Sanchez *et al.* (2022) ressaltam que as características e os impactos promovidos pelo JBN no escoamento em superfície são promovidas pelas particularidades do terreno e os mecanismos que geram o jato. Assim, a descrição dos impactos no escoamento turbulento na presença de JBN deve abranger condições distintas de superfície e localização geográfica.

O Pantanal é um dos grandes biomas brasileiros, sendo sua principal característica a irregularidade espacial e temporal de regiões alagadas e secas. Desta maneira, nestas regiões alagadas observa-se fluxo de calor sensível positivo durante a noite em regiões onde a lâmina de água possui profundidade suficiente (MARTINS; Sá; MORAES, 2013). Venalainen *et al.* (1999), em seu estudo acima de superfícies de lagos na Finlândia, descrevem que o escoamento acima

deste tipo de corpo de água promove fluxo de calor positivo devido à maior capacidade térmica da água. Outro efeito perceptível é a diminuição da rugosidade aerodinâmica sobre a água, estes fatores propiciam a formação de escoamento de circulação local. Martins, Sá e Moraes (2013) estudaram a ação de JBN's, por escala, na CLN do Pantanal em condições secas e inundadas. Utilizando-se da transformada em ondeletas, eles demonstraram que a ação dos JBN's tem diferenças claras no comportamento da variância da temperatura (T) e velocidade vertical do vento (w) para escalas de comprimento inferiores a 75 m.

Durante a estação seca, com elementos de maior rugosidade, são notados picos espectrais claros em escalas de comprimento inferiores a 75 m, aspecto não observado para a superfície inundada. Contudo, ainda não compreende-se bem o efeito de JBN's que ocorrem acima de superfície inundada em momentos estatísticos como a variância, skewness e curtose. Desta maneira, esta pesquisa tem por objetivo avaliar o impacto de JBN's em momentos estatísticos da componente vertical do vento (w) acima da superfície inundada do Pantanal. Inicialmente discute-se melhor a formação da CLP e sua importância.

CAMADA LIMITE PLANETÁRIA

A CLP é formada como consequência da interação entre a

superfície (água/terra/biosfera) e a atmosfera, com escala de tempo de até 1h. Nesta região ocorre o mecanismo de transferência turbulenta vertical (ou mistura) que estabelece variações bruscas em propriedades do escoamento como velocidade do vento (U), temperatura (T) e umidade (q).

A espessura ou altura da CLP sobre o continente, em condições diurnas, pode variar entre algumas centenas de metros até poucos quilômetros e depende basicamente de dois fatores: os forçantes de fluatibilidade e o mecânico (cisalhamento do vento). Esses forçantes modificam-se localmente devido às características da superfície como rugosidade, topografia e cobertura vegetal, além de movimentos verticais e horizontais de massas de ar com escalas maiores que a espessura da CLP. Essas variações da altura da CLP podem ser associadas também com as condições de umidade do solo (que determina o fluxo de calor sensível e latente).

Em superfície plana e homogênea, a CLP é considerada horizontalmente homogênea. Assim, poluentes que forem lançados na CLP sob essa condição são transportados de forma ascendente e misturados de forma homogênea devido a alta difusão promovida pela turbulência (STULL, 1988).

Esses processos de transporte e de difusão de poluentes nessa camada modificam as partes mais baixas da atmosfera. Sabe-se que

atualmente, devido a todas as transformações decorrentes da ação antrópica, é extremamente importante aperfeiçoar nosso entendimento sobre a atmosfera e os processos que envolvem a dispersão de poluentes.

Em condições regulares observa-se que durante o dia, a superfície recebe radiação advinda do Sol e promove o aquecimento do solo. O solo aquecido promove plumas convectivas que transportam verticalmente o calor e outras substâncias para a atmosfera mais fria em níveis mais altos. Durante a noite ocorre o resfriamento radiativo da superfície e o transporte vertical ocorre no sentido oposto, formando uma camada de ar estável próximo a superfície que deposita próximo ao solo os gases emitidos. Assim, aumentando a concentração dos mesmos durante o período noturno.

METODOLOGIA

SÍTIO E DADOS EXPERIMENTAIS

O sítio experimental localiza-se no município de Corumbá, Estado do Mato-Grosso do Sul, localizado a sudeste do Pantanal ($19^{\circ}34'S$, $57^{\circ}01'W$). Na região do sítio experimental o vento é predominante de noroeste. A vegetação no sítio é característica de cerrado. Ao leste do sítio há predominância de gramíneas. Ao Norte e a oeste observa-se uma disposição irregular e esporádica de árvores de porte médio (altura média de 10 m) em conjunto com arbustos

e plantas rasteiras. E ao sul, há uma extensa área de mata ciliar e paratidal (MARTANO; MARQUES-FILHO; Sá, 2015).

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos por meio de radiossondagens (modelo Väisälä RS80), dados de resposta lenta (anemômetro - Campbell modelo A1000 e termômetro - Campbell modelo HMP45c) e dados de resposta rápida (anemômetro e termômetro sônico - modelo 3D CSA-T3 Campbell).

Os instrumentos foram dispostos, conforme Tabela 1. Observa-se na Tabela 1 que as medidas de resposta lenta foram a velocidade horizontal do vento (U), temperatura (T) e umidade (q), obtidas em 7 níveis. Para os dados de resposta rápida utilizou-se somente o nível de 25 m com medidas das componentes tridimensionais do vento: horizontal (u), zonal (v) e vertical (w), além de medida da temperatura (T).

Tabela 1. Distribuição dos instrumentos na torre Experimental.

Alturas	Instrumentos	Variáveis	Frequência de Amostragem
5 m/10 m/14 m	Anemômetro termohigrômetro	U,q,T	0,01 Hz
15 m/16 m/18 m/22 m	Anemômetro termohigrômetro	U,q,T	0,01 Hz
25 m	Anemômetro e Termômetro (Sônico)	u,v,w,T	8 Hz

Para a realização desta pesquisa utilizou-se de estudo de casos para três noites sobre superfície inundada no Pantanal que detectou-se a presença de Jatos de Baixo Nível.

As noites utilizadas tiveram a presença do JBN detectado em momentos distintos durante a noite. Desta maneira, podemos avaliar o impacto da presença do JBN e seu impacto sobre momentos estatísticos como variância, skewness e curtose. As noites selecionadas foram: 18 a 19 de Fevereiro de 2002 (noite 1), 20 a 21 de Fevereiro de 2002 (noite 2) e

21 a 22 de Fevereiro de 2002 (noite 3).

MÉTODOS

Para a detecção da presença dos Jatos de Baixo Nível utilizaram-se as radiossondas, sendo definida sua presença quando observou-se a existência de um máximo no perfil de velocidade do vento com diferença de 2 m/s acima e abaixo deste máximo em até 200 m entre estes (POULOS *et al.*, 2002). Na Figura 1 temos os perfis de velocidade do vento (Figura 1a) e temperatura (Figura

1b). Nota-se na Figura 1a que nestes horários os perfis de velocidade do vento apresentam um máximo de velocidade que atende os critérios estabelecidos em POULOS *et al.* (2002). Os perfis de temperatura (Figura 1b) demonstram que há uma

camada instável formada com altura aproximada de 200 m nestes horários em que os perfis de velocidade do vento apresentam um máximo de velocidade que atende os critérios estabelecidos em POULOS *et al.* (2002).

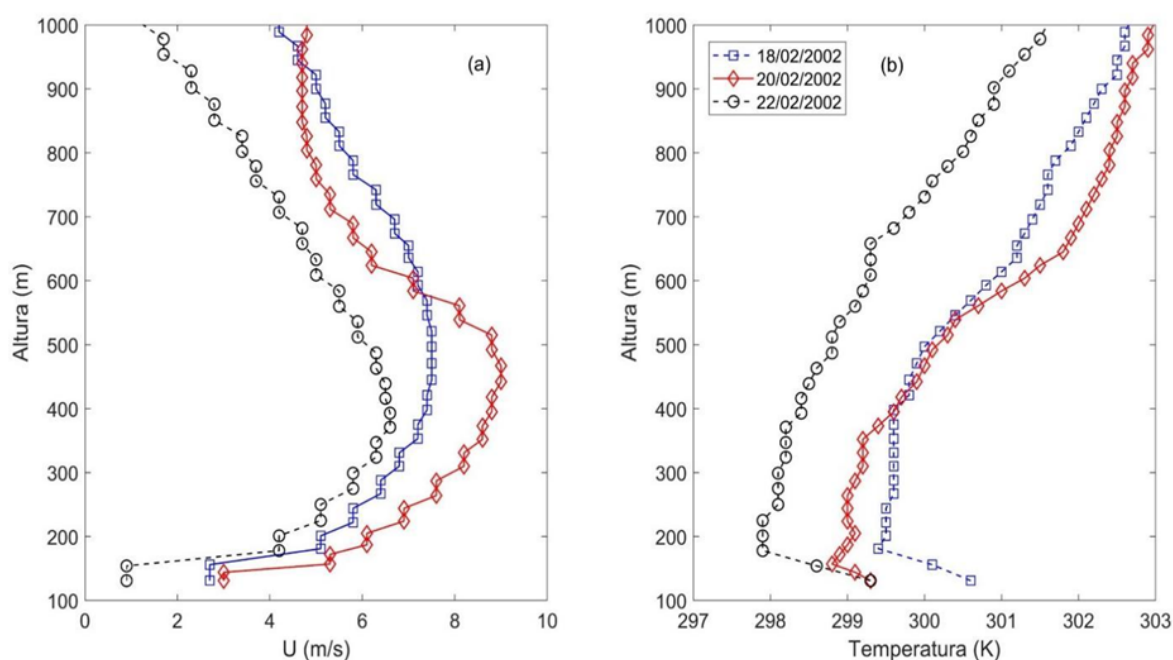


Figura 1. Perfis verticais de (a) Velocidade do vento e (b) Temperatura. Os perfis são relativos a: linha em azul representa os perfis para a noite 1 (22h), a linha em vermelho perfis para a noite 2 (20h) e a linha em preto perfis para a noite 3 (02h).

Após a detecção da presença dos Jatos de Baixo Nível observou-se os perfis através dos dados de resposta lenta da torre. Utilizando-se dos dados de resposta rápida (sônico) implementou-se os cálculos de variância, skewness e curtose (MCDONOUGH, 2007) para a componente vertical do vento (w) ao longo das três noites. Utilizou-se de uma janela de média de 5 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2, temos os perfis dos dados de torre para a velocidade do vento (Figura 2a), temperatura (Figura 2b) e umidade (Figura 2c) para a noite 3 (utilizada como exemplo). Nota-se que a velocidade do vento (Figura 2a) e a umidade (Figura 2c) possuem um leve aumento entre 18h e 19h, acompanhadas de uma sutil queda de temperatura (Figura 2b) no mesmo horário.

Entre 19h e 20h nota-se na Figura 2b que a queda de temperatura

em todos os níveis é mais intensa (aproximadamente 3°C) e na Figura 2a que a velocidade do vento tem um aumento de aproximadamente

3,5 m/s no mesmo período. Após este horário, observa-se que há pouca alteração na diferença de temperatura entre os níveis.

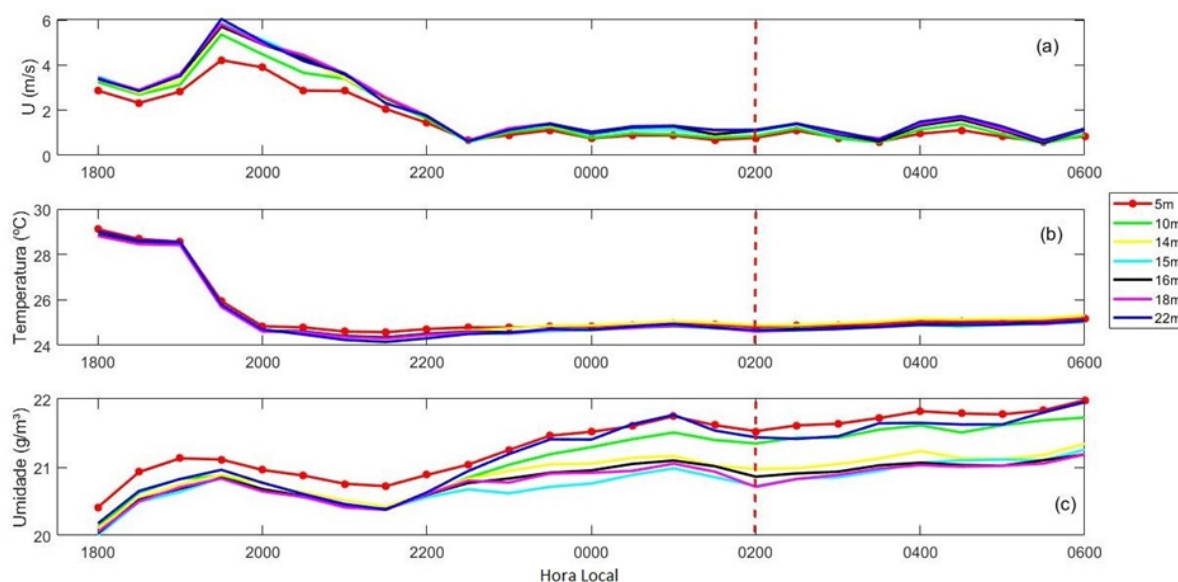


Figura 2. Perfis verticais da torre para (a) velocidade do vento U , (b) Temperatura T e (c) Umidade q , da noite 3. A linha vertical representam o horário de detecção do Jato de Baixo Nível.

Nota-se na Figura 2a que o gradiente da velocidade do vento decresce até logo após as 22h e permanece estável no restante da noite, exceto próximo ao horário associado com o início de um JBN.

Para a umidade (Figura 2c), o comportamento é inverso ao discutido para a velocidade do vento no mesmo período. A perda de radiação de onda longa pela lâmina de água promove a formação de uma Camada Instável mesmo após a transição tarde-noite (MARTINS; SÁ; MORAES, 2013).

A tendência de supressão de atividade turbulenta pelo forçante de flutuabilidade em uma CLN convencional é atenuada por este

fluxo de calor proveniente da lâmina de água (VENALAINEN et al., 1999). Contudo, este fluxo de calor tende a diminuir gradativamente, portanto a supressão da atividade turbulenta inicia-se posteriormente a transição da tarde para a noite. Assim, para noites clássicas, logo após a transição tarde-noite nota-se uma forte diminuição da temperatura e intenso aumento da concentração da umidade (ACEVEDO; FITZJARRALD, 2001), este efeito para o Pantanal inundado é observado com um atraso após o pôr do Sol.

Na Figura 3 observa-se as variâncias de w (σ_w) para as noites estudadas. A Figura 3a apresenta a variância de w para a noite 1, Figura

3b para a noite 2 e a Figura 3c para a noite 3. Nota-se nas Figuras 3a, 3b e 3c que as variâncias apresentam valores maiores no período da transição tarde-noite tardia e tendência de decréscimo até próximo de 20h. A Figura 3a, apresenta que σ_w na noite 1 tem um período de estabilidade entre 20h até 23h (horário de ocorrência do JBN). Após este horário nota-se um súbito aumento com posterior padrão oscilatório da intensidade, com diminuição de sua amplitude. Para a noite 2, Figura 3b, nota-se que a estabilidade na intensidade de σ_w ocorre no período entre os horários de detecção dos JBN's. Após o horário de ocorrência do segundo JBN, nota-se um aumento gradativo da amplitude de oscilação da intensidade de σ_w . Na Figura 3c que representa

σ_w para a noite 3, nota-se que σ_w alcança baixos valores de intensidade próximo de 22h e tende a manter esse comportamento mesmo com a presença de um JBN por volta de 02h. Nos três casos, há um pequeno aumento na variância posteriormente a detecção do JBN. Segundo Sanchez *et al.* (2022) em situações em que o cisalhamento do vento promovido pelo JBN é forte o suficiente, a atividade turbulenta é impactada pela presença do JBN. Contudo, observa-se que os efeitos promovidos pelo JBN são diferenciados para as três noites. Esse comportamento pode estar associado com a altura do JBN, a estabilidade local e a intensidade do cisalhamento promovido pelo JBN (SANCHEZ *et al.*, 2022).

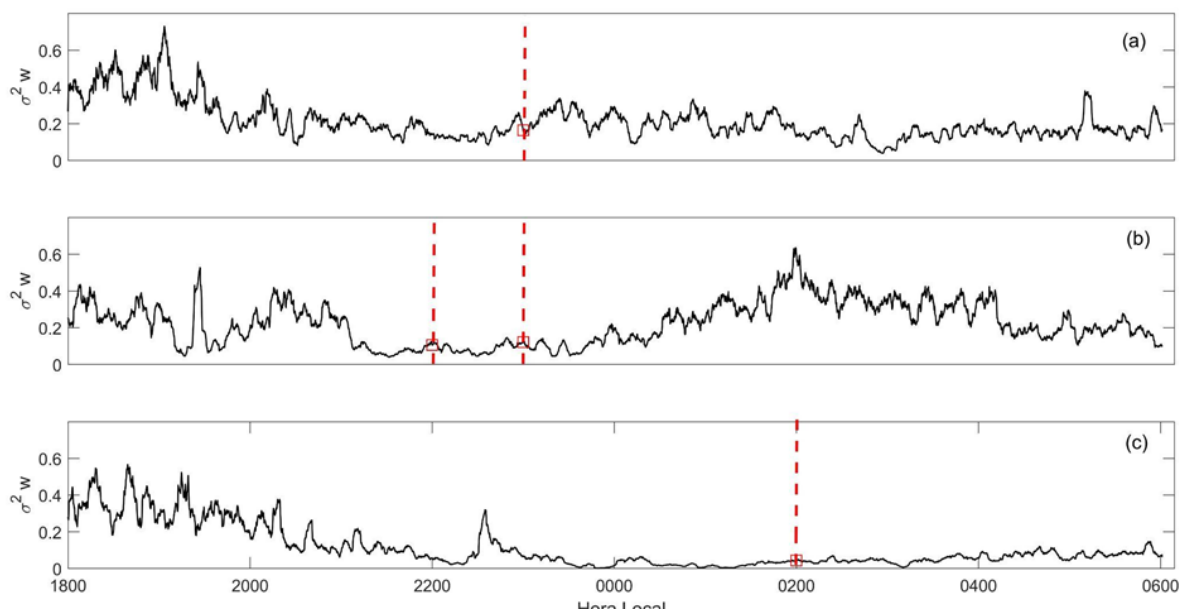


Figura 3. Variâncias da componente vertical do vento (w), para: a) noite 1, b) noite 2 e c) noite 3. As linhas verticais marcam os horários de detecção de Jatos de Baixo Nível.

A Figura 4 apresenta as Skewnesses de w (SkW) para a noite

1 (Figura 4a), noite 2 (Figura 4b) e noite 3 (Figura 4c). Nota-se que os

valores de SkW anteriores aos JBN's, nas três noites, tendem a apresentar SkW predominantemente positiva. Na Figura 4a, percebe-se uma diminuição da amplitude de oscilação dos valores de Skw entre os horários de 22h e 23h. Após a ocorrência do JBN, os valores de Skw permanecem exclusivamente positivos por aproximadamente 1h. Na Figura 4b observa-se que nos horários entre os JBN's há clara alternância entre valores positivos e negativos de Skw. Após o horário de detecção do segundo evento de JBN na noite 2, os valores de Skw possuem clara tendência ao predomínio de valores positivos. Por fim, na Figura 4c, os valores Skw

apresenta diminuição da amplitude após a ocorrência do JBN. De modo geral, após o horário associado com a detecção da presença do JBN, valores de SkW são menores e com maior alternância entre valores positivos e negativos. A mistura promovida pelo JBN de forma descendente promove maior atividade turbulenta (SANCHEZ *et al.*, 2022) e atenua assimetrias decorrentes de turbulência promovida através de mecanismo top-down. Assim, as amplitudes de Skw tem tendência de atenuação e a simetria entre movimentos ascendentes e descendentes de massas de ar fica mais próxima.

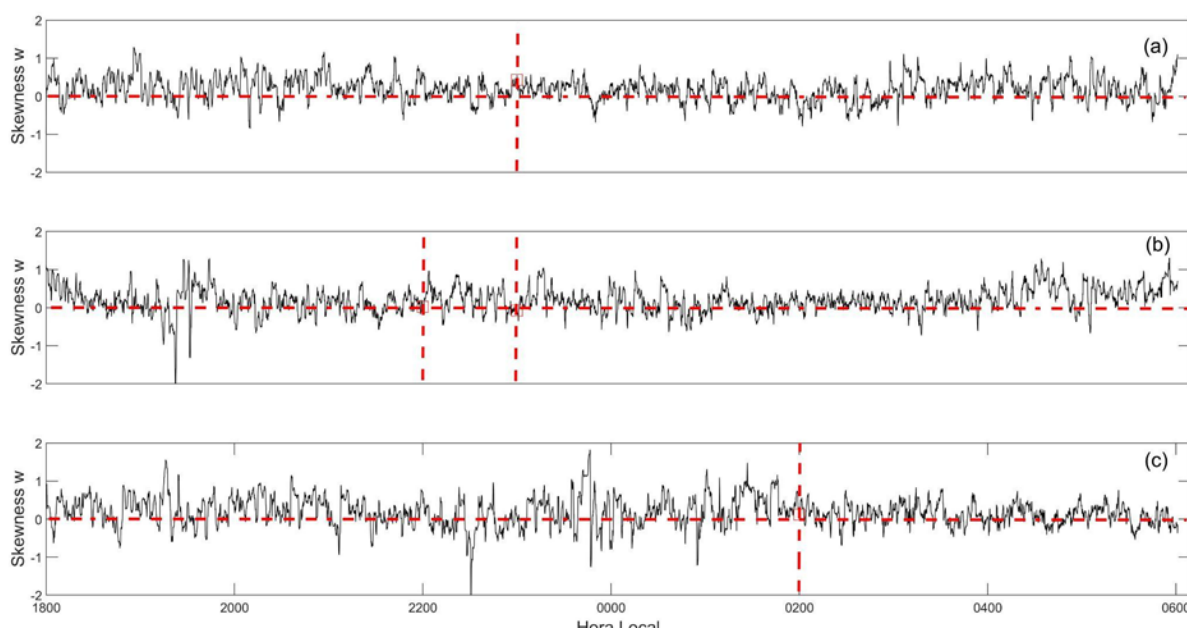


Figura 4. Skewnesses da componente vertical do vento (w), para: a) noite 1, b) noite 2 e c) noite 3. As linhas verticais marcam os horários de detecção de Jatos de Baixo Nível. A linha horizontal marca o valor de Skewness nula.

As curtoses de W (K_w) para as noites do estudo de casos são apresentadas na Figura 5. A figura 5a demonstra que na noite 1 K_w , nos

horários anteriores à detecção do JBN, tem tendência a gaussianidade. Após o JBN, os valores tendem a mostrar mais regularidade no afastamento da

gaussianidade. Para a noite 2, Figura 5b, a curtose de w tem tendência de diminuição da amplitude de oscilação de Kw após os eventos de JBN, o que denota que o aumento de atividade turbulenta notada na Figura 3b resulta em aproximação da gaussianidade nesta noite. Na noite 3, Figura 5c, demonstra-se que Kw apresenta os maiores picos de intensidade em momentos anteriores à presença do JBN, comportamento típico de turbulência intermitente no período. A ação do JBN nesta noite, apesar de não impactar significativamente na σw (Figura 3c), promove diminuição das

assimetrias de Skw (Figura 4c) e Kw (Figura 5c). Observa-se em fig. 5a, fig 5b e fig.5c que os valores da curtose de w são normalmente próximos da gaussianidade, exceto por pequenos burstings com valores superiores a 4,5 de Kw . Nota-se que esses burstings são mais frequentes para os horários anteriores à detecção dos JBN's. Assim, conforme discutido por Sun *et al.* (2012) o JBN promove um regime de turbulência moderada com esporádicos burstings de turbulência intermitente associado com mecanismos do tipo top-down.

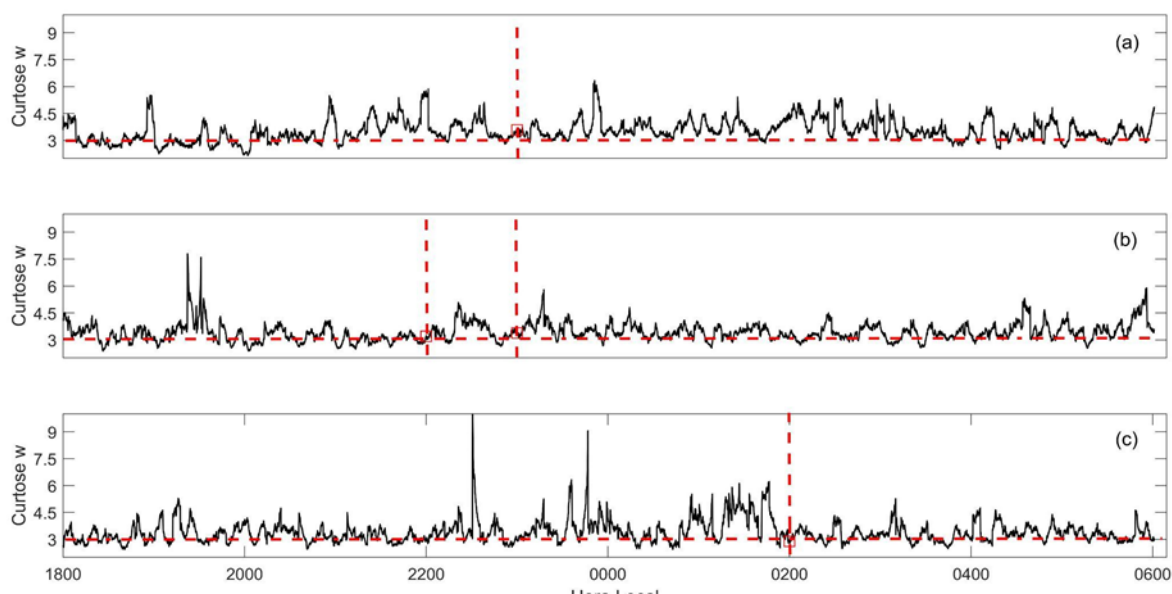


Figura 5. Curtoses da componente vertical do vento (w), para: a) noite 1, b) noite 2 e c) noite 3. As linhas verticais marcam os horários de detecção de Jatos de Baixo Nível. A linha horizontal marca o valor de Curtose igual a 3

CONCLUSÃO

O bioma Pantanal é considerado uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta. Em seu espaço territorial o bioma, que é uma planície aluvial, é influenciado por rios

que drenam a bacia do Alto Paraguai. O Pantanal sofre influência direta de três importantes biomas brasileiros: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica.

Observa-se que a diminuição da rugosidade aerodinâmica, a perda radiativa de onda longa pela lâmina

de água e o cisalhamento do vento transportado de forma descendente a partir da altura do Jato promovem aumento na variância e diminuição na skewness e curtose da componente vertical do vento. Conclui-se que o aumento da variância é associado com maior atividade turbulenta e que tem como consequência diminuir as assimetrias da componente vertical do vento, impactando na diminuição dos valores de skewness e curtose da componente vertical do vento. Contudo, a forma e intensidade deste efeito é diferenciado em cada noite. Isso denota que o entendimento deste efeito deve ser associado com outros fatores que definem como o Jato de Baixo Nível impacta as condições em superfície.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, O.; FITZJARRALD, D. The early evening surface-layer transition: temporal and spatial variability. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 58, p. 2650–2667, 2001.
- BAAS, P.; BOSVELD, F. C.; BALTINK, H. K.; HOLTSLAG, A. A. M. A Climatology of nocturnal low-level jets at cabauw. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 48, p. 1627–1642, 2009.
- CORREA, P. B.; DIAS-JUNIOR, C. Q.; CAVA, D.; SORGEL, M.; BOTIA, S.; ACEVEDO, O.; OLIVEIRA, P. E.; MANZI, A. O.; MACHADO, L. A. T.; MARTINS, H. S.; TSOKANKUNKU, A.; ARAUJO, A. C.; LAVRIC, J. V.; WALTER, D. W.; MORTARINI, L. A case study of a gravity wave induced by amazon forest orography and low level jet generation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 307, p. 108457, 2021.
- MARQUES-FILHO, E. P.; SÁ, L. D. D. A.; KARAM, H.; ALVALA, R.; SOUZA, A.; PEREIRA, M. Atmospheric surface layer characteristics of turbulence above the pantanal wetland regarding the similarity theory. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 148, p. 883–892, 2008.
- MARTANO, P.; MARQUES-FILHO, E. P.; Sá, L. D. A. Land-atmosphere transfer parameters in the brazilian pantanal during the dry season. *Atmosphere*, v. 6(6), p. 805–821, 2015.
- MARTINS, H. S.; SÁ, L. D. A.; MORAES, O. L. L. Low level jets in the pantanal wetland nocturnal boundary layer – case studies. *American Journal of Environmental Engineering*, v. 3(1), p. 32–47, 2013.
- MENDES-JUNIOR, O.; DOMINGUES, M. O.; CHAN, C. S.; ALVALÁ, R. C. S.; SÁ, L. D. A.; MANZI, A. O.; SOUZA, A. d. Análise do tempo local durante o experimento ipe 2: Abordagem observacional preliminar. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 19., 2000, Rio de Janeiro. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*. [S.l.]:

Sociedade Brasileira de Meteorologia,
2000.

POULOS, G.; BLUMEN, W.; FRITTS, D.; LUNDQUIST, J.; SUN, J.; BURNS, S.; NAPPO, C.; BANTA, R.; NEWSOM, R.; CUXART, J.; TERRADELLAS, E.; BALSLEY, B.; JENSEN, M. Cases-99: A comprehensive investigation of the stable nocturnal boundary layer. Bulletin of American Meteorological Society, v. 83, p. 555–581, 2002.

REIS, RAIMUNDO.; LOPES, JOSÉ.; Biophysics of blood circulation and physical principles applied to atherosclerosis. Engrenagem - IFPA, BELEM, 2015, 60pg

SANCHEZ, M. P.; OLIVEIRA, A. P. d.; VARONA, R. P.; TITO, J. V.; CODATO, G.; YNOUE, R. Y. Y.; RIBEIRO, F. N. D.; MARQUES-FILHO, E. P.; SILVEIRA, L. C. d. Observational investigation of the low-level jets in the metropolitan region of são paulo, brazil. Earth and Space Science, v. 9, p. e2021EA002190., 2022.

STULL, R. An introduction to boundary layer meteorology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 666 p.