

## Estudo Observacional dos Jatos de Nível Baixo Sobre a Região Metropolitana de Porto Alegre

Cleber S. Corrêa

Centro Meteorológico de Aeródromo I - DPV-PA - CINDACTA II - Comando Aeronáutico e IPH/UFRGS  
Caixa Postal 15029 - CEP 91501-970 Porto Alegre, RS

Ricardo L. G. Dallarosa

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
Caixa Postal 478 - Manaus, AM

Gervasio A. Degrazia

Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
Santa Maria, RS

Recebido: 16/02/00 - revisão: 07/07/00 - aceito: 23/07/01

### RESUMO

A ocorrência de Jatos de Nível Baixo (JNB) promove o transporte de propriedades escalares e vetoriais dentro da Camada Limite Planetária (CLP). Neste estudo foi realizada uma investigação da presença desses JNB sobre a região metropolitana de Porto Alegre (RS/Brasil) durante o período de três anos (1995 a 1997) através de dados de vento na vertical registrados por radiossondagens no Aeroporto Internacional Salgado Filho. Os dados coletados possibilitaram caracterizar os valores máximos do vento e suas respectivas alturas definindo a ocorrência e freqüência dos jatos. Para tanto, utilizou-se a metodologia de classificação proposta por Bonner (1968) e modificada por Whiteman et al. (1997) à qual foi agregada uma nova categoria (JNB Fraco). As análises dos resultados obtidos permitiram conhecer-se o comportamento dos JNB e as suas características microclimatológicas sobre a região metropolitana de Porto Alegre.

**Palavras-chave:** Jatos de Nível Baixo (JNB); Camada Limite Estável (CLE).

### INTRODUÇÃO

Diferentes estudos observacionais e simulações numéricas foram realizados nas diversas regiões do planeta e mostram que no interior da Camada Limite Estável (CLE) existe normalmente uma estreita faixa vertical contendo ventos máximos que ocorrem em alturas de cerca de 100 metros ou mais e cujos valores extremos são da ordem de 10 a 40 m/s. Estes máximos observados na velocidade do vento e que ocorrem em baixas alturas são conhecidos como Jatos de Nível Baixo (JNB) (Bonner, 1968; Anderson, 1976; Malcher e Kraus, 1983; Kraus et al., 1985; Berri e Inzunza, 1993; Higgins et al., 1996; Sugahara e Rocha, 1996; Yi-leng Chen et al., 1997; Whiteman et al., 1997; Igau e Nielsen-Gammon, 1998; Douglas et al., 1998; Marengo et al., 2000). A presença de um JNB provoca um forte efeito no transporte de propriedades atmosféricas em regiões próximas à superfície. Investigações têm mostrado que existem vários fatores, isolados ou

em conjunto, que podem influir na formação dos JNB. O trabalho de Kraus et al. (1985), mostra os seguintes fatores: a baroclinicidade em escala sínoptica associada as situações meteorológicas, a baroclinicidade associada com superfícies inclinadas, sistemas frontais, acelerações advectadas no campo do vento, canalizações e confluência entorno de barreiras montanhosas, brisas de terra e mar, ventos de montanha e vale e oscilações iniciais no campo do vento. Um conhecido exemplo de atuação deste fenômeno meteorológico é o transporte de umidade do Golfo do México para a região central dos Estados Unidos, contribuindo na formação e desenvolvimento de trovoadas e intensa precipitação (Pitchford e London, 1962; Maddox, 1983; Augustine e Caracena, 1994). No exemplo acima o JNB constitui-se num importante mecanismo, promovendo o transporte de massa e energia entre distintas regiões.

Pode-se fazer diferenciação entre jatos que estão ligados geralmente à uma complexa resposta

da Camada Limite Planetária (CLP) no decorrer de um círculo diário, por exemplo JNB gerados por diferenças de forçantes térmicos, e JNB acoplados com Jatos de Nível Superior (JNS), na alta troposfera em latitudes médias, sendo estruturas ativas na geração de tempo severo, como exemplo, na formação de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) (Guedes e Silva Dias, 1984; Velasco e Fritch, 1987; Sugahara et al., 1994; Stensrud, 1996).

Da mesma forma, o JNB influencia a qualidade do ar em regiões urbano-industrializadas, como no caso da região metropolitana de Porto Alegre, onde é observado a ocorrência freqüente destes fenômenos e cuja mudança de direção passa a afetar sensivelmente o processo de dispersão e/ou transferência de poluentes. A mudança de direção citada acima é associada à passagem de sistemas meteorológicos (Corrêa, 1997).

A Camada Limite Convectiva (CLC) bem misturada ocorre sobre terra firme na presença de uma forte insolação. Esta CLC é caracterizada por grandes turbilhões que extraem a sua energia do fluxo de calor turbulento positivo superficial. Estudos mostram que meia hora antes do pôr do sol o fluxo turbulento de calor, nesta CLC, torna-se negativo de modo que o forçante básico que mantém a sua estrutura desaparece e, como consequência, o resfriamento da superfície da terra por radiação de onda longa torna-se importante, dando início à formação de uma Camada Limite Estável (CLE)

(Ackerman et al., 1981; Godowitch et al., 1985; André e Mahrt, 1982).

Durante o desenvolvimento da CLE, após a mudança de sinal do fluxo de calor na superfície, a turbulência começa a decair e passa a ser dominada por pequenos turbilhões isotrópicos resultando em uma estrutura turbulenta estável estratificada, onde esses pequenos turbilhões perdem a informação da superfície e a CLE torna-se desacoplada dos forçantes superficiais. Essa estrutura é fortemente influenciada pela taxa de resfriamento radiativo e pela taxa de advecção da turbulência mecânica. O balanço desses fluxos resulta em diferenças no comportamento da estrutura da CLE. Tais diferenças, por sua vez, implicam em distintas intensidades e magnitudes das escalas no seu interior. A ausência de grandes turbilhões leva ao desacoplamento entre partes da camada gerando muitas vezes um fluxo supergeostrófico conhecido como Jatos de Nível Baixo (JNB) (Blackadar, 1957).

Esse fenômeno, que ocorre com bastante freqüência na CLP, é caracterizado por ventos fracos na superfície que aumentam com a altura e atingem um valor máximo em uma estreita região vertical. Tal região localiza-se normalmente nas primeiras centenas de metros onde os valores observados das velocidades máximas nesses JNB variam de 10 m/s até 40 m/s. Um exemplo ilustrativo é dado na Figura 1 que exibe a curva do perfil de velocidade do vento durante a sondagem realizada

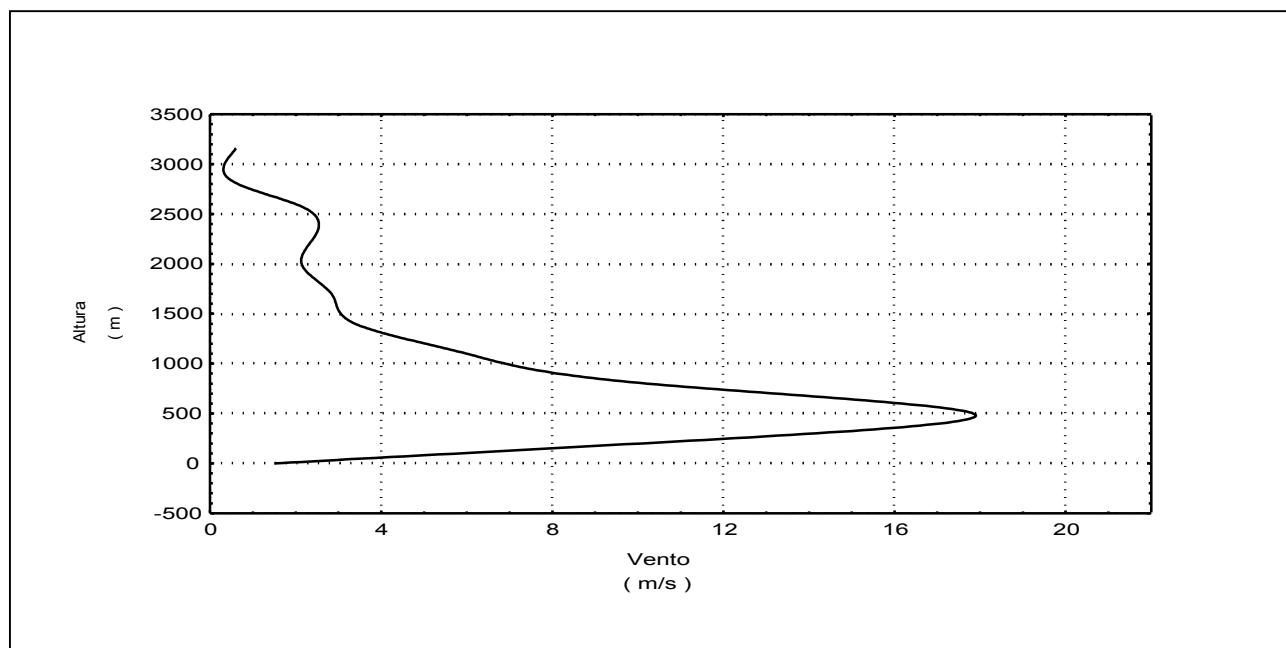


Figura 1. Perfil do vento no dia 9 de fevereiro de 1997.

no dia 9 de fevereiro de 1997 onde percebe-se a presença de um JNB-2 bem desenvolvido. O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise observational dos jatos de nível baixo na região metropolitana de Porto Alegre. Investiga-se a faixa vertical de ocorrência dos jatos, bem como as suas direções e magnitudes de velocidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Dados de radiossonda

No presente estudo, as observações dos JNB foram geradas pelo sistema W9000 produzido pela "VIZ - Manufacturing Company - USA", utilizando sondas que coletaram os dados do vento com sua respectiva altura sobre a estação coletora de dados localizada nas dependências do Aeroporto Internacional Salgado Filho. No ano de 1997 o sistema usou para telemetria dos dados de vento o "Global Position System - GPS", por satélites, e nos anos anteriores o sistema Omega de radionavegação. O sistema de radiossondagem foi programado para obter informações nos primeiros 10 minutos de ascensão. Para uma observação detalhada da Camada Limite Planetária, o sistema nos três primeiros minutos, fez a coleta a cada 10 segundos. Estes intervalos de 10 segundos, conforme a ascensão do balão, correspondem a espessuras verticais médias de 50 metros.

Os dados de vento foram coletados entre as 08:30 hs e 09:00 hs, hora local. Neste horário, na estação de inverno, as características da CLE ainda estão presentes pois a CLP possui um tempo de retardamento no seu aquecimento. No período de verão, neste horário, CLE apresentava-se nitidamente em um processo de transição para uma Camada Limite Convectiva (CLC). Todavia, os dados de vento foram significativos, com um elevado número de JNB observados. O período de coleta abrangeu o mês de julho de 1995 até o mês de julho de 1997.

### Metodologia

Para analisar-se a estrutura dos JNB, seguiu-se a classificação de categorias proposta por Bonner (1968) e modificada por Whiteman et al. (1997) à qual adicionou-se o incremento de uma nova classe de JNB (JNB Fraco), que não era usada na bibliografia nos trabalhos anteriores. Na Tabela 1 são mostradas as categorias utilizadas na classificação dos JNB neste trabalho.

**Tabela 1. Categorias de classificação dos JNB.**

JNB	Definição	
Categoria	Vento máx. (m/s)	Cizalhamento (m/s)
JNB Fraco	> 6	≥ 5
JNB-0	≥ 10	≥ 5
JNB-1	≥ 12	≥ 6
JNB-2	≥ 16	≥ 8
JNB-3	≥ 20	≥ 10

A categoria JNB Fraco é uma classe nova que foi sugerida pela análise dos dados, quando constatou-se a ocorrência de valores de vento máximo próximos e inferiores a 10 m/s e que são significativos nos mecanismos de transporte da CLE. Estas baixas velocidades com contraste significativo, da ordem de 5 m/s ou mais, podem gerar Camadas de Mistura Turbulentas (CMT) de maior espessura e, por conseguinte, atuarem de maneira similar ao JNB de maior intensidade e contraste. Durante o período de três anos os JNB alcançaram cinco categorias na classificação adotada, conforme indicado na Tabela 1. Como pode ser observado, dois critérios são usados nessa classificação e ambos devem ser satisfeitos simultaneamente: um especifica o valor máximo da velocidade do vento e o outro especifica a diminuição do valor da velocidade do vento acima do seu núcleo máximo até atingir a velocidade de valor mínimo que também ocorre normalmente no interior da CLP. A classificação das situações entre pré e pós-frontais foi definida com base na análise da hodógrafa do vento, ou seja, em função do comportamento climatológico do giro experimentado por este em virtude da ação do sistema meteorológico.

## RESULTADOS

A Tabela 2 mostra a distribuição entre as diversas categorias, da ocorrência de JNB sobre a região metropolitana de Porto Alegre, durante o período 1995-1997.

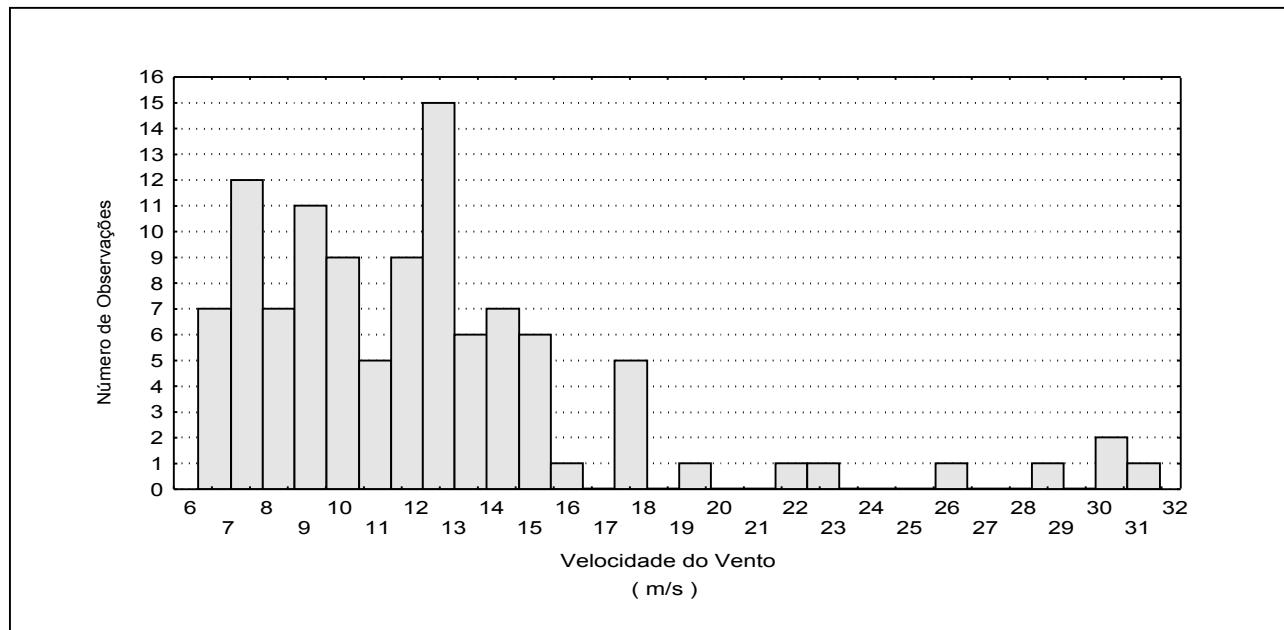
A análise da Tabela 2 mostra a ocorrência de 108 JNB durante o período observado, com uma maior freqüência de jatos dos tipos JNB Fraco (37) e JNB-1 (43).

A Figura 2 mostra os valores de velocidade do vento nos JNB no decorrer do período estudado. Observa-se uma acentuada presença dos jatos do tipo JNB Fraco, JNB-0 e JNB-1.

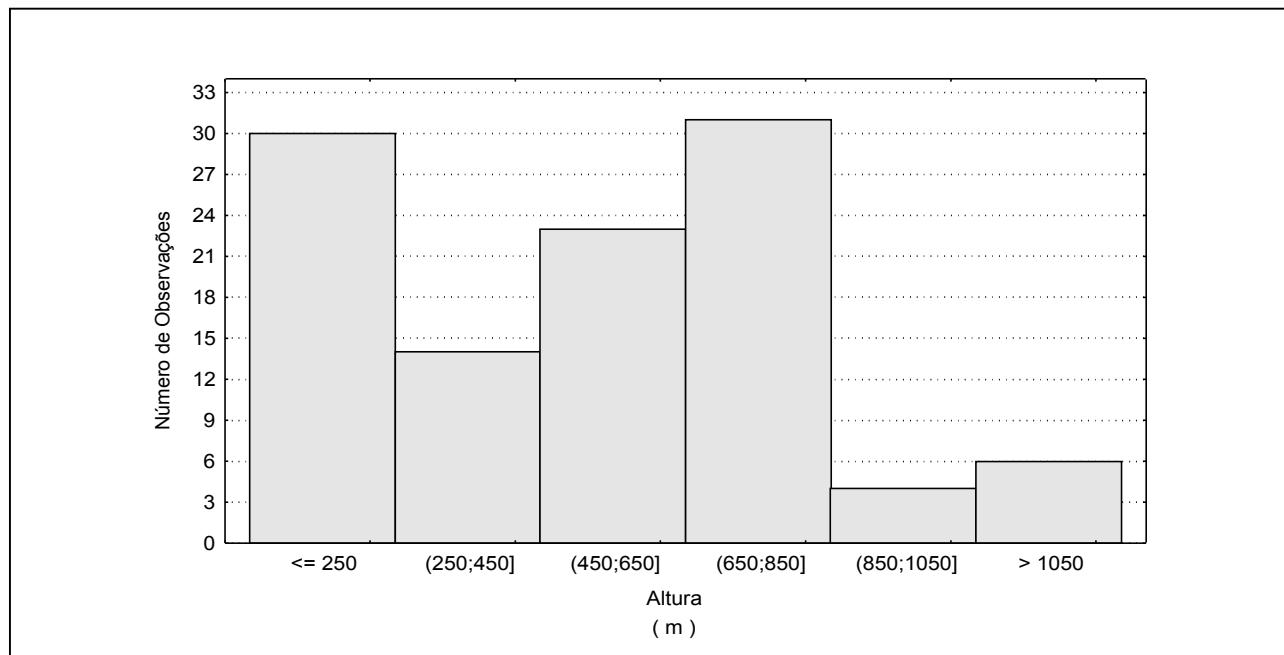
A Figura 3 apresenta as alturas características dos jatos durante o período estudado, onde

**Tabela 2. Distribuição da ocorrência de JNB no período de 1995 a 1997.**

Categoria JNB	Vento máx. (m/s)	Critérios	Nº de JNB observados	Freqüência relativa (%)
		Cizalhamento (m/s)		
JNB Fraco	> 6	$\geq 5$	37	34,26
JNB-0	$\geq 10$	$\geq 5$	14	12,96
JNB-1	$\geq 12$	$\geq 6$	43	39,81
JNB-2	$\geq 16$	$\geq 8$	7	6,48
JNB-3	$\geq 20$	$\geq 10$	7	6,48



**Figura 2. Valores das velocidades dos JNB no decorrer do período 1995-1997.**



**Figura 3. Alturas características dos JNB no período 1995-1997.**

percebe-se a ocorrência de JNB desde alturas inferiores a 250 m até alturas superiores aos 1000 m. A maior freqüência de ocorrência dos JNB se dá em duas alturas, uma abaixo de 250 metros (30 observações) seguindo-se de uma segunda em 650/850 metros (31 observações). Apresenta um terceiro pico menor com 23 ocorrências em 450/650 metros. A maior parte dos JNB ocorreram em alturas inferiores a 850 metros, com um total de 90,74% dos jatos abaixo deste limite. A maior ocorrência de observações situou-se no intervalo entre 6 e 16 m/s, caracterizando os JNB-Fraco e JNB-1, onde os últimos constituíram-se nos mais freqüentes. A Tabela 3 apresenta as características de altura e velocidade do vento nos JNB observados.

Os valores estatísticos dos JNB indicados na Tabela 3 mostram uma relativa variação sazonal uma vez que no período de inverno há uma tendência de que os jatos sejam mais intensos e que ocorram a uma altura menor do que aquela registrada no verão, para o horário observado (entre 08:30 hs e 09:00 hs, hora local). As maiores variações sazonais ficaram por conta dos registros de altura, os quais apresentaram diferenças da ordem de cerca de 40% entre os meses de inverno (400 m) e de verão (578 m), enquanto as velocidades diferiram menos de 20%, na média. Os valores relativos aos desvios padrão mostram uma interessante característica nos dados de altura em virtude de apresentarem maiores valores no período de inverno, quando a altura média foi menor. Os JNB tiveram uma freqüência de 46 casos no verão e de 37 casos no inverno.

O comportamento característico dos JNB observados foi também analisado em conjunto com dados superficiais da estação meteorológica do aeroporto Salgado Filho, para comparação com as passagens de sistemas meteorológicos (situações pré e pós-frontais), que afetam o campo de vento. A análise mostra uma freqüência relativa de 88% ocorrendo em situações pré-frontais contra apenas 12% em situações pós-frontais. Há ocorrência predominante de JNB em situações pré-frontais, no setor quente na aproximação de sistemas frontais, onde estes setores são condicionalmente instáveis e podem estar associados a áreas de trovoada (Raymond, 1978 e Uccellini e Johnson, 1979). Isso mostra que em situações pré-frontais os jatos estão preferencialmente associados aos processos de resfriamento turbulento com Camadas de Mistura Turbulentas (CMT) bem desenvolvidas, em alturas da ordem de centenas de metros. Diferentemente em situações pós-

frontais os jatos (em grande parte do tipo JNB Fraco) formam-se, principalmente, através do processo de resfriamento radiativo da superfície, o qual provoca o surgimento de uma CLE com jatos a poucas dezenas de metros de altura.

Outra importante observação a respeito da ocorrência dos JNB está relacionada a sua direção. A Figura 4 mostra as direções preferenciais dos JNB presentes sobre a região investigada durante o período 1995-1997, com um total de 108 amostras. As direções foram divididas de 30° em 30°, correspondendo 0° à direção Norte (N), 180° ao Sul (S), 270° ao Oeste (W) e 90° ao Leste (E). As direções entre o W/NW/N/NE/E/SE correspondem a situações pré-frontais. As direções entre O/SW/S/SE, por sua vez, a situações pós-frontais. As direções entre NW/N/NE chegaram a 43 ocorrências, estando estas associadas às situações exclusivamente pré-frontais, ou seja, em dias que antecederam a chegada de sistemas meteorológicos na região. As direções entre W/SW/S/SE representaram as situações com menor número de ocorrência, com 13 observações. Estas ocorreram com as situações pós-frontais, com o perfil de resfriamento radiativo e com CMT menor, neste caso, da ordem de dezenas de metros. Nestes eventos há uma tendência de não ocorrerem JNB mas, se ocorrerem, são mais fracos e com alturas mais baixas ou, em uma outra situação, quando ocorre ventos fortes, estes não caracterizam a estrutura de um JNB.

Uma importante consequência ligada às direções predominantes apresentadas na Figura 4 diz respeito ao fato de que a região metropolitana de Porto Alegre ocupa uma posição geográfica situada a nordeste do Rio Grande Sul e que por sua vez, comprehende a região mais industrializada do Estado, inclusive contendo o polo petroquímico de Triunfo, uma reconhecida fonte de poluentes gasosos e de material particulado. Deste modo, as direções definidas são um claro indicativo de que esses compostos aí produzidos são transportados pelos jatos presentes na CLP, a partir do setor nordeste até os setores centro e sul do Estado.

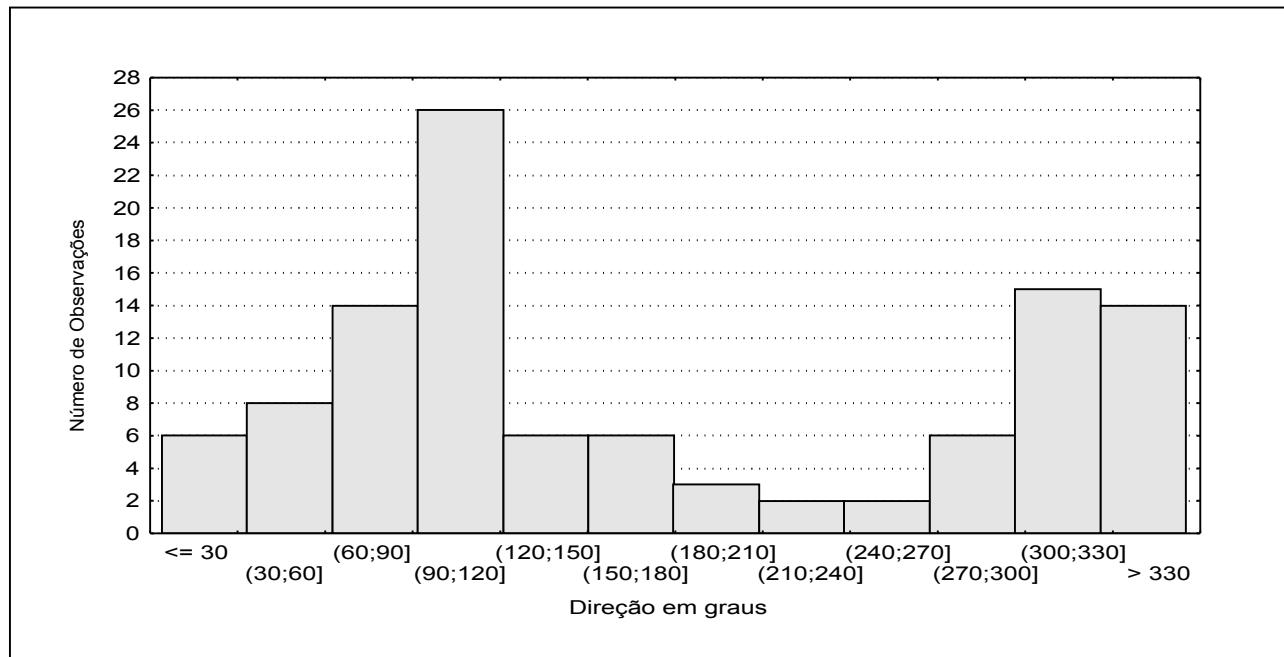
Foi analisado situações da ocorrência de JNB em eventos ENSO e Anti-ENSO (El Niño e La Niña).

O período de julho de 1995 até fevereiro de 1997 (Climanálise, 1997) representa o período com o evento La Niña (Figura 5). Nota-se um grande numero de JNB com intensidade abaixo de 16 m/s (JNB-1) durante este período, num total de 77 JNB, uma freqüência de 3,85 JNB por mês. Na situação de El Niño, (Figura 6) o padrão de escoamento em

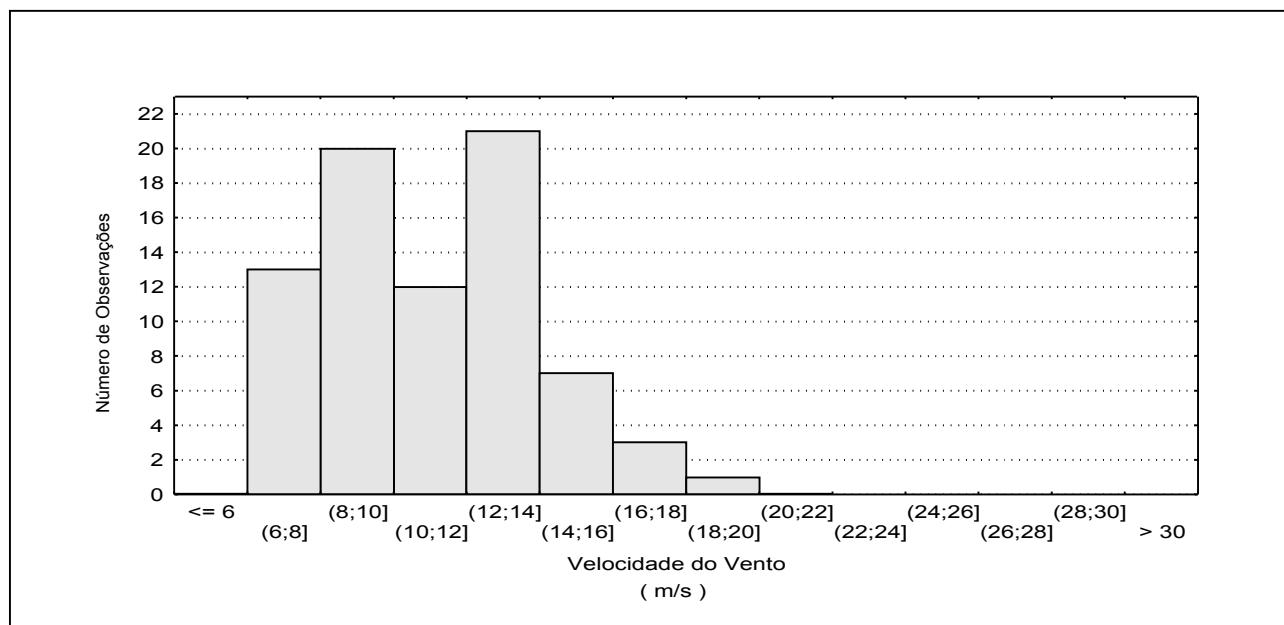
**Tabela 3. Dados estatísticos dos JNB durante o ano, da série 1995-1997.**

	Ano inteiro	Médias Inverno	Verão	Ano	Desvio Padrão Inverno	Verão
Altura (m)	528±29	400±45	578±38	309	299	289
Velocidade (m/s)	12,24±0,48	13,46±0,86	11,25±0,51	5,05	5,64	3,88
Nº de casos	108	37	46			

Valores médios com o erro padrão.



**Figura 4. Direções dos JNB sobre a região no decorrer do período 1995-1997.**



**Figura 5. Valores de JNB ocorridos em uma situação Anti-ENSO (La Niña) nos anos de 1995/1996.**

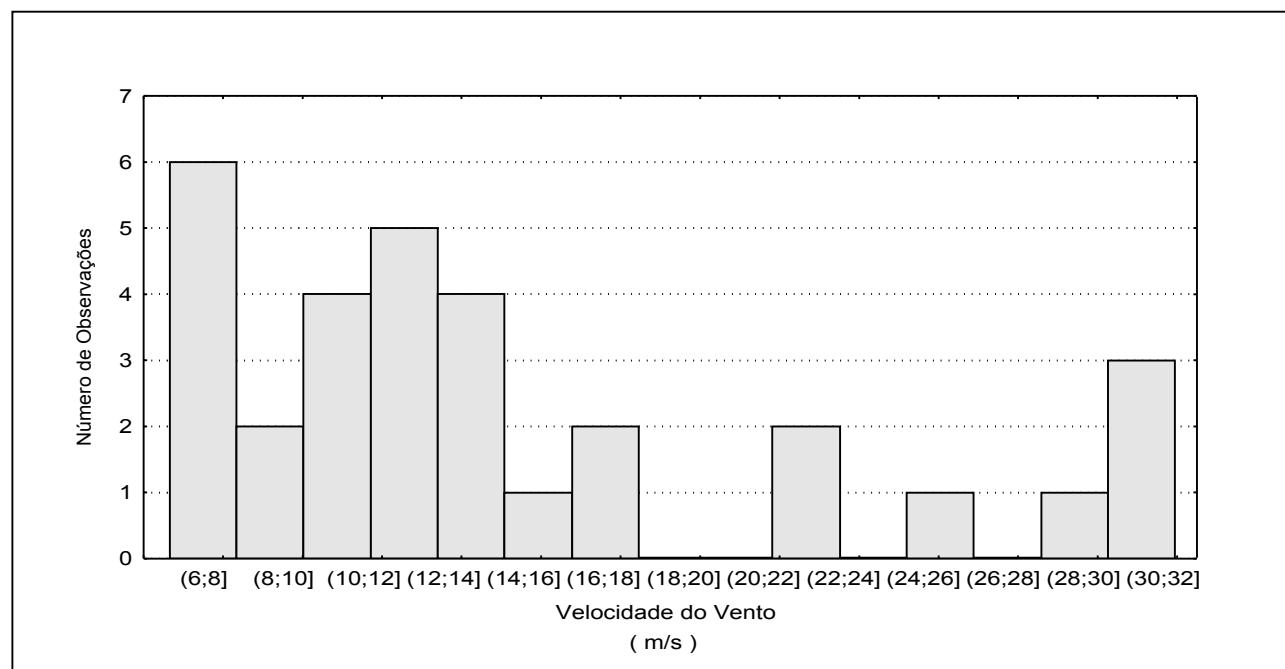


Figura 6. Valores de JNB ocorridos em uma situação ENSO (El Niño) no ano de 1997.

altos níveis está relacionado com situações de bloqueio, ressaltando a importância da Corrente de Jato de Nível Superior (JNS), em altos níveis na troposfera, estas situações estão ligadas as intensas precipitações sobre a região sul do Brasil (Kousky e Cavalcanti, 1984). A Figura 6 mostra a ocorrência de JNB durante o período de março a julho de 1997 (cinco meses) que corresponde a um período de transição para uma situação de El Niño, que ficou caracterizada de forma intensa em agosto de 1997 (Climanálise, 1997); mostrando que durante estes cinco meses ocorreu 7 JNB com intensidade acima de 20 / s (JNB-3), entre estes, 4 da ordem de 30 m/s. Durante este período, ocorreu 31 JNB, com uma freqüência de 6,2 JNB por mês. No período de 1995/1997, os JNB mais intensos e com maior freqüência, ocorreram durante a situação de transição para a ocorrência do Evento El Niño, entre março e julho de 1997.

## CONCLUSÕES

Os JNB são importantes estruturas da CLP responsáveis pelo transporte de massa e energia. Os parâmetros chave neste transporte pelos jatos são a direção, a faixa vertical de ocorrência e a magnitude da máxima intensidade do vento. Neste trabalho foi possível extrair algumas destas importantes informações quanto ao comportamento e ocorrência dos JNB presentes na CLP sobre a região

metropolitana de Porto Alegre. As direções dos JNB mostraram que o transporte das emissões geradas na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, área urbano-industrial, podem atingir as regiões centro e sul do Estado. Os jatos mais freqüentes encontrados são os dos tipos JNB-Fraco e JNB-1, com intensidades de vento em torno de 6 a 16 m/s e as alturas mostraram duas predominâncias, uma com valores abaixo ou da ordem de 250 m e uma segunda altura predominante na ordem dos 650/850 m. Foi verificada a ocorrência de um terceiro nível entre 450/650 m com 23 casos. Cerca de 90,74% dos JNB estão abaixo dos 850 m. A diferença sazonal na altura dos JNB, com maiores valores no período do verão são associados, provavelmente, à redução da densidade e aumento da flutuabilidade do ar decorrentes do aumento da temperatura média da baixa atmosfera nessa estação. Ambas (altura e velocidade) tiveram um comportamento sazonal de proporção inversa, ou seja, quando uma cresceu a outra reduziu-se. Isso indica que no inverno pode existir um maior desacoplamento entre as camadas da CLE pois mesmo estando a uma altura inferior os JNB apresentaram intensidades de vento superiores àquelas observadas no verão.

Pode ser observado que os JNB ocorreram em inúmeras situações, onde o JNB foi gerado por vários mecanismos. Ressaltando, os JNB associados a sistemas meteorológicos, por exemplo, um CCM

interligado a uma onda curta em baixos níveis, um sistema de mesoescala interligado a outro de mesoescala. Situações de bloqueio associados a JNS na alta troposfera gerando sistemas convectivos, sistemas de mesoescala associado a sistemas de escala continental. Na frontogenese de ciclones extratropicais existiu a presença de JNB no processo de desenvolvimento.

Neste trabalho pode-se estimar freqüências diferentes para os eventos de La Niña e de El Niño, respectivamente 3,85 JNB e 6,2 JNB ao mês. A intensidade dos JNB apresentou diferenças nos dois eventos, os JNB mais intensos JNB-3 ocorreram no período de El Niño e os JNB-1 no evento La Niña. No evento El Niño, provavelmente os JNB provêem um maior transporte de vapor de água para os sistemas meteorológicos e por sua vez, a intensidade dos JNB está diretamente ligada na alimentação destes sistemas. Os JNB são estruturas de circulação na baixa atmosfera, que contribuem de forma significativa na otimização do transporte de umidade para os sistemas meteorológicos, contribuindo para que estes sistemas gerem altos valores de precipitação.

O comportamento e a freqüência dos JNB está intimamente ligado a situações de grande escala, como o evento ENSO e Anti-ENSO, apesar deste estudo usar um período relativamente curto, da ordem de três anos. Deve-se tomar cuidado na generalização para todos os eventos ENSO e Anti-ENSO, pois para isso, em princípio seria necessário estudar um período muito maior de anos. Contudo os resultados já obtidos podem ser utilizados como orientação para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, B.; WESTCOTT, N. & HILDEBRAND, P. H. (1981). *Diurnal cycle of the strutura of the PBL over a metropolitan area*. Fifth Symp. On turbulence Diffusion and Air Pollution, Atlanta. Amer. Meteor. Soc. 175 - 176.
- ANDERSON, D. L. (1976). *The low-level jet as western boundary current*. Mon. Wea. Rev. 104, 907 - 921.
- ANDRE, J. C. & MAHRT, L. (1982). The nocturnal surface inversion and influence of clear-air radiative cooling. *J. Atmos. Sci.* 39, 864 - 877.
- AUGUSTINE, J. A. & CARACENA, F. (1994). *Lower-tropospheric precursors to nocturnal MCS development over the central United States*. Wea. Forecasting. 9, 116 - 135.
- BERRI, G. J. & INZUNZA, B. J. (1993). The effect of the low-level jet on the poleward water vapour transport in the central region of South America. *Atmos. Env.* 27A, 335 - 341.
- BLACKADAR, A. K. (1957). Boundary layer wind maxima and their significance for the growth of nocturnal inversions. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 38, 283 - 290.
- BONNER, W. A. (1968). Climatology of the low level jet. *Mon. Wea. Rev.* 96, 833 - 850.
- CLIMANÁLISE (1997). *Boletim de Monitoramento e Análise Climática*. 12 (2 e 8).
- CORRÊA, C. S. (1997). Dissertação de Mestrado: *Estudo Micrometeorológico da Camada Limite Planetária Estável na Região de Porto Alegre*. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
- DOUGLAS, M.; NICOLINI, M. & SAULO, C. A. (1998). Observational evidences of a Low-level Jet east of the Andes during January-March 1998. *Meteorologica*. Vol. 23, nº1 e 2, 63 - 72.
- GODOWITCH, J. M.; CHING, J. K. S. & CLARKE, J. F. (1985). Evolution of the nocturnal inversion layer at na Urban and Nonurban location. *J. of Climate and Appl. Meteor.*, 24, 791 - 804.
- GUEDES, R. L. e SILVA DIAS, M. A. F. (1984). Estudo de tempestades Severas associadas com o jato subtropical na America do Sul. *Anais III do Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Vol. 2, 289 - 296.
- HIGGINS, R. W.; YAO, Y.; YAROSH, E. S.; JANOWIAK, J. E. & MO, K. C. (1996). Influence of the Great Plains Low-level Jet on Summertime Precipitation and Moisture Transport over the Central United States. *Journal of Climate*. 10, 3, 481 - 507.
- IGAU, R. C. & NIELSEN-GAMMON, J. W. (1998). Low-level Jet development during a numerically simulated return flow event. *Mon. Wea. Rev.* 126, 11, 2972 - 2990.
- KOUSKY, V. e CAVALCANTI, I. F. A. (1984). Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura* 36 (11), 1888 - 1899.
- KRAUS, H.; MALCHER, J. & SHALLER, E. (1985). *Nocturnal low-level jet during PUKK*. Bound.-layer Meteor. 31, 187 - 195.
- MADDOX, R. A. (1983). Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.* 111, 1475 - 1493.
- MALCHER, J. & KRAUS, H. (1983). *Low-level jet phenomena described by na integrated dynamic PBL model*. Bound.-Layer Meteor. 27, 327 - 343.
- MARENKO, J. A.; DOUGLAS, M. W. & SILVA DIAS, P. L. (2000). *On the circulation features of the low level Jet episode of april 14-15 1999, during the TRMM\_LBA*. 15th Conference on Hydrology. AMS. Long Beach.

- PITCHFORD, K. L. & LONDON, J. (1962). The low-level jet as related to nocturnal thunderstorms over the midwest United States. *J. Appl. Meteor.* 1, 43 - 47.
- RAYMOND, D. J. (1978). Instability of the low-level jet and severe storm formation. *J. Atmos. Sci.*, 35, 2274 - 2280.
- STENSRUD, D. J. (1996). Importance of Low-Level Jets to Climate: A Review. *Journal of Climate*. 9, 1698 - 1711.
- SUGAHARA, S. e ROCHA, R. P. (1994). Condições atmosféricas de grande escala associadas a jato de baixos níveis na América do Sul. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia*, p. 573 - 577.
- SUGAHARA, S. e ROCHA, R. P. (1996). Climatologia das Correntes de Jato de baixos Níveis sobre a Região da América do Sul, Durante o verão do Hemisfério Sul. *Anais IX Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Vol. 2, 1383 - 1387.
- UCCELLINI, L. W. & JOHNSON, D. R. (1979). The coupling of upper and lower tropospheric jet streams and implications for the development of severe convective storms. *Mon. Wea. Ver.* 107, 682 - 703.
- VELASCO, I. & FRITCH, J. M. (1987). Mesoscale convective complexes in the America. *Jour. Geophys. Res.*, 92, 9591 - 9613.
- WHITEMAN, C. D.; XINDI BIAN & SHIYUAN ZONG (1997). Low-level jet climatology from enhanced Rawinsonde observations at a site in the Southern Great Plains. *J. Appl. Meteor.* 36, 1363 - 1376.
- YI-LENG CHEN; XIN NA CHEN; SUE CHEN & YING-HWA KUO (1997). A Numerical Study of the Low-Level JET during TAMEX IOP 5. *Mon. Wea. Rev.* 125, 2583 - 2604.

## ***Observation Study of Low Level Jets Over the Metropolitan Area of Porto Alegre***

### **ABSTRACT**

The occurrence of Low-level jet (LLJ) promotes the transfer of structures within the Planetary Boundary-Layer (PBL). In this study the presence of these LLJs was investigated over the city of Porto Alegre (Southern Brazil) during a three-year period (1995 - 1997), using vertical wind data recorded by radio sounding at Salgado Filho International Airport. The data collected enabled the characterization of the maximum wind values and their respective heights determining the LLJ frequency and occurrence throughout the year. The classification methodology used was that proposed by Bonner (1968), modified by Whiteman et al. (1997), to which we added a new class (Weak LLJ). The study of the results obtained enabled us to understand the behavior and climatic characteristics of LLJ over Porto Alegre.

**Keywords:** Low-level jet (LLJ); Planetary Boundary-Layer (PBL).