

BAIXA DO NOROESTE ARGENTINO E BAIXA DO CHACO: CARACTERÍSTICAS, DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS

MARCELO ENRIQUE SELUCHI¹ E ANDREA CELESTE SAULO²

¹Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Cachoeira Paulista, SP, Brasil

²Depto de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, (FCEN/ CONICET/UBA), Unidad Mixta Internacional-IFAECI (CNRS/CONICET/UBA), Buenos Aires, Argentina

marcelo.seluchi@cemaden.gov.br, saulo@cima.fcen.uba.ar

Recebido Março de 2011 – Aceito Agosto de 2011

RESUMO

A Baixa do Chaco e a Baixa do Noroeste Argentino são frequentemente confundidas ou tratadas como um único sistema. Isso se deve a vários fatores: o pouco conhecimento que se tem sobre elas, especialmente sobre a Baixa do Chaco, a baixa resolução das reanálises globais que as mostram como um único sistema e a relativamente escassa cobertura de dados sobre a região que ocupam. Este trabalho tenta contribuir para o melhor entendimento das diferenças e semelhanças entre ambos os sistemas, analisando algumas características dinâmicas e termodinâmicas da região em que elas atuam, com a finalidade de aprofundar seu conhecimento e de possibilitar a sua melhor identificação e diferenciação. O estudo utiliza as reanálises do modelo regional Eta/CPTEC do período (2000-2004) e considera os meses de verão, período no qual as duas baixas estão ativas.

Os resultados mostraram que a Baixa do Noroeste Argentino está mais relacionada com a atividade transiente, o que pode ser comprovado através da influência do jato subtropical e da variabilidade temporal de algumas variáveis, como a pressão e a temperatura potencial equivalente. A Baixa do Chaco se desenvolve numa atmosfera mais instável do ponto de vista termodinâmico, porém menos afetada pela dinâmica das latitudes médias.

Palavras-Chave: Baixa térmica, climatologia sinótica, estrutura termodinâmica

ABSTRACT: THE NORTHWESTERN ARGENTINEAN LOW AND THE CHACO LOW : THEIR CHARACTERISTICS, DIFFERENCES AND SIMILARITIES.

The Chaco Low and the Northwestern Argentinean Low are frequently confounded or treated as a single system, due to our limited knowledge about them (especially concerning the Chaco Low), the low resolution of global analyses -that show them as a single low pressure system-, and the relatively poor data coverage over the region where they are usually located. This article aims to contribute to a better understanding of the differences and similarities between them, as well as to analyze the atmospheric dynamical and thermo-dynamical conditions where they evolve. It is considered that this study will aid to a better recognition of both systems. With this purpose, regional reanalyses from the Eta/CPTEC model for the 2000-2004 period has been used. The article focuses in summer months, since both low-pressure systems are more active during this season.

Results show that the Northwestern Argentinean Low is more related to transient activity, as can be deducted from the subtropical jet influence on this system and also from the temporal variability of some key variables -such as the sea level pressure and the equivalent potential temperature-. From a thermo-dynamic point of view, the Chaco Low develops in a more unstable environment and is less influenced by middle latitude dynamics.

Keywords: Thermal low, synoptic climatology, thermo-dynamical structure.

1. INTRODUÇÃO

Durante o verão austral, uma área de baixa pressão relativamente fraca e muito alongada estende-se meridionalmente, a leste dos Andes, entre a Bacia Amazônica e o noroeste da Argentina. Esta baixa pode ser observada facilmente nos campos médios de pressão reduzida ao nível do mar, como se exemplifica na Figura 1a, obtida a partir das Reanálises do NCEP (Kalnay et al, 1996), com seu centro localizado em torno de 23°S e 60°W. Contudo, mapas climatológicos realizados manualmente a partir de um grande número de estações meteorológicas de superfície (Lichtenstein 1980, Figura 1b) mostram que existem dois centros separados: um localizado mais ao sul, em torno dos 29°S junto à encosta dos Andes, conhecido como Baixa Termo-Orográfica ou Baixa do Noroeste Argentino, e outro posicionado mais para o norte na região do Chaco Paraguai-Boliviano, conhecido como Baixa do Chaco. Devido à proximidade entre eles, e às poucas referências científicas existentes, estes sistemas são frequentemente confundidos (Saulo et al, 2004).

A Baixa do Noroeste Argentino (BNOA) tem sido pesquisada por alguns autores, entre os quais se destacam Lichtenstein (1980), Seluchi et al (2003a) e Ferreira (2008). Trata-se de uma depressão de origem térmica, explicada pelo aquecimento da baixa e média troposfera, principalmente em

função dos fortes fluxos superficiais de calor sensível. A BNOA é também fortemente modulada pela atividade transiente, através da subsidência orográfica forçada associada à aproximação de cavados desde o Oceano Pacífico, e da advecção térmica horizontal vinculada à atividade frontal. Por essa razão, a BNOA é um sistema quase permanente durante o verão, quando os fluxos superficiais de calor se tornam predominantes, e altamente intermitente no inverno em decorrência da maior atividade baroclínica.

A Baixa do Chaco (BCH) tem sido muito pouco estudada na literatura e tanto os processos que a formam quanto a sua estrutura dinâmica e termodinâmica são muito menos conhecidos. Dentre os poucos trabalhos disponíveis, Seluchi e Saulo (2010) verificaram através do estudo de dois casos particulares, um no verão e outro na primavera, que este sistema também responde ao aquecimento da baixa e média troposfera. Nas situações analisadas, o aquecimento da coluna troposférica foi provocado pelo balanço positivo de calor no solo, pela liberação de calor latente devido à convecção, especialmente no verão, e pela influência de sistemas transientes, no caso da primavera.

Em síntese, devido ao fato de estarem embebidas numa grande área de baixa pressão comum, de apresentarem certa variabilidade na sua posição e de serem geradas por mecanismos físicos relativamente semelhantes, a BNOA e a BCH são

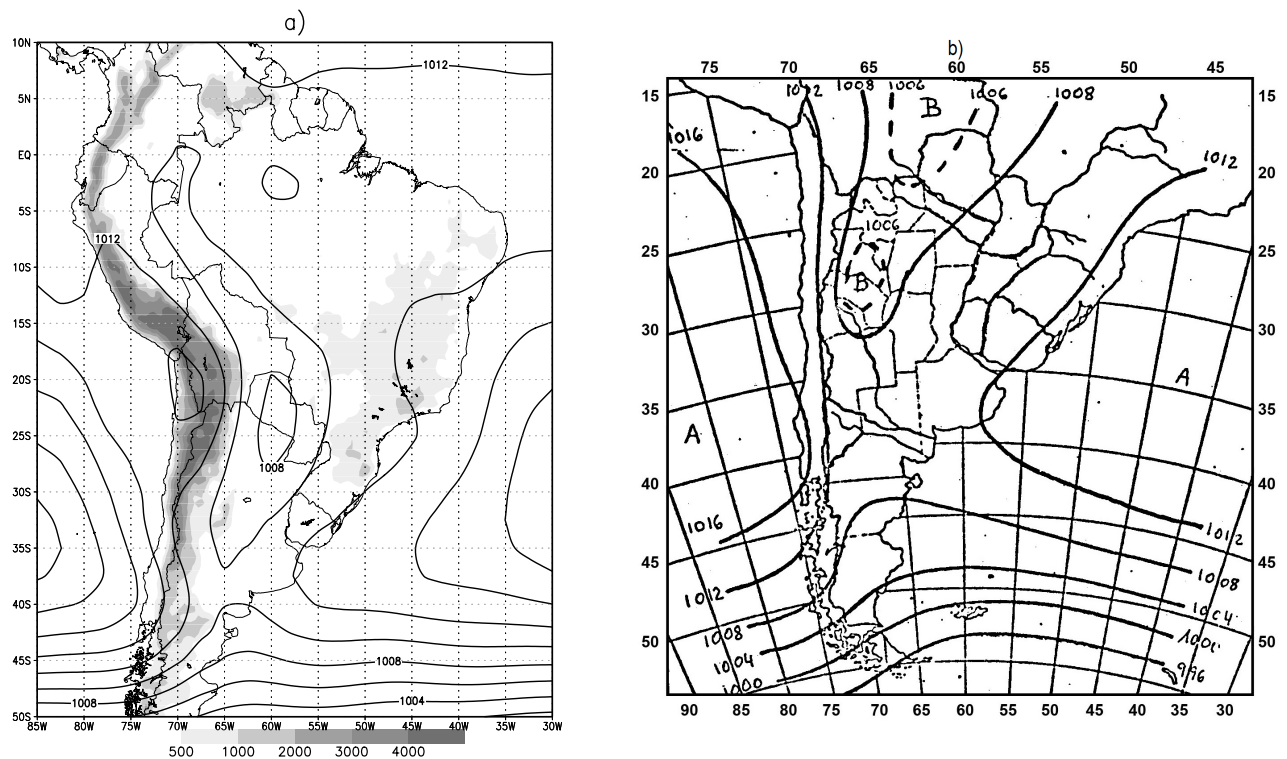


Figura 1 - a) Campo médio da pressão ao nível do mar (hPa) obtida das Reanálises do NCEP (1979-1995) para o período Dezembro a Fevereiro. Os tons de cinza representam a altura da topografia (m). b) Campo médio da pressão ao nível do mar (hPa) para o mês de Janeiro obtida a partir de dados em estações de superfície (1927-1956) (Adaptada de Lichtenstein 1980).

frequentemente confundidas, misturadas ou, inclusive, tratadas como um único sistema.

O objetivo deste trabalho é caracterizar o ambiente onde se desenvolvem a BNOA e a BCH, com a finalidade de determinar suas diferenças e semelhanças. Pretende-se, desta forma, contribuir para o conhecimento de ambos os sistemas e, especialmente, fornecer elementos objetivos que permitam caracterizá-las e diferenciá-las.

2. DADOS E METODOLOGIA

O trabalho considerou os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), período no qual as duas baixas estão presentes (Vera et al, 2006). Os dados utilizados foram as reanálises regionais sobre a América do Sul elaboradas com o modelo regional Eta/CPTEC, resultantes do experimento descrito em Aravéquia et al (2008). Tais reanálises cobrem um período de cinco anos (2000 a 2004) e são o resultado da assimilação de uma grande quantidade de informações de diversos tipos, como foi detalhado por Herdies et al (2008) e Andreoli et al (2008). Considerando que as reanálises são influenciadas pelo modelo utilizado, o emprego do modelo regional Eta/CPTEC, e portanto da coordenada vertical eta, resulta vantajoso em regiões com topografia íngreme como a Cordilheira dos Andes (Messinger, 1984). Outra vantagem destas reanálises reside na sua concepção, que visa construir uma base de dados regular para a América do Sul focando especialmente, como citado em Aravéquia et al (2008), a Amazônia e as planícies subtropicais a leste dos Andes, justamente a região alvo deste estudo. Por outra parte, as análises do modelo regional Eta/CPTEC possuem uma maior resolução horizontal, vertical e temporal (40km, 38 níveis e 3h, respectivamente), assim como um maior número de variáveis disponíveis (59) em relação às reanálises do NCEP. Essas características são essenciais quando se pretende analisar sistemas de escala relativamente pequena e localizados numa região com bruscas mudanças nas características ambientais.

O campo médio de precipitação para o verão foi construído a partir das séries históricas de um grande número de estações, correspondentes ao período 1961-1990 e provenientes de diversas fontes, mas tendo os dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) como base principal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos dinâmicos e termodinâmicos

3.1.1 Campos horizontais

A Figura 2 apresenta o campo médio de pressão reduzida ao nível médio do mar, obtido a partir das reanálises do Eta/

CPTEC para os quatro horários principais (0000, 0600, 1200 e 1800 UTC), onde podem ser claramente identificadas a BCH, aproximadamente entre 20° e 25°S, e a BNOA, localizada imediatamente a leste da Cordilheira dos Andes, em torno de 30°S. É interessante ressaltar que, embora a diferença entre os campos dos diferentes horários seja relativamente pequena, tanto a BCH como a BNOA, em particular, apresentam certa variabilidade diurna, mostrando menor pressão central às 0000 UTC e valores maiores às 1200 UTC. Em outras palavras, levando em conta o horário local (UTC-4h), a Figura 2 sugere que ambas as baixas atingem a sua maior (menor) intensidade no horário próximo da temperatura máxima (mínima). Dessa forma, visando contribuir para a brevidade do artigo, serão apresentados a seguir apenas os campos das 0000 UTC, onde os sistemas analisados se manifestam com maior intensidade.

A Figura 3 mostra os campos médios de precipitação acumulada em 24 horas (em tons de cinza) e de pressão ao nível médio do mar das 0000 UTC (utilizado como referência em todas as figuras). Nota-se que as chuvas na região da BCH são aproximadamente 50% maiores em comparação com as que ocorrem nas proximidades da BNOA. Esse fato é coerente com os resultados de Lenters e Cook (1999) e Seluchi e Saulo (2010), que apontam a liberação de calor latente pela convecção como sendo um dos mecanismos de formação da BCH. Entretanto, segundo Ferreira (2008) esse processo não aparece entre os principais responsáveis pelo desenvolvimento da BNOA.

A distribuição espacial das precipitações pode ser explicada parcialmente pelo campo de umidade na baixa troposfera (Figura 4a), já que a região do Chaco apresenta valores em torno dos 13 g/Kg (existe certa correspondência entre a isolinha de 13g/kg e a isoietia de 400mm), enquanto que na região da BNOA a umidade específica média é de aproximadamente 10 g/Kg. O forte gradiente de umidade observado entre a BCH e a BNOA, visível na Figura 4a aproximadamente sobre 65°W, sugere que estes sistemas atuam embebidos em massas de ar de características termodinâmicas diferentes.

O campo térmico na média e baixa troposfera, onde estes sistemas se desenvolvem, pode ser avaliado através da espessura da camada 500/1000 hPa (Figura 4b). Embora ambas as baixas apresentem um núcleo relativo quente, evidenciando uma estrutura típica de baixa térmica, a BNOA se encontra imersa em uma região muito mais baroclínica, como pode ser inferido a partir do forte gradiente meridional de espessura ao sul da faixa 25-30°S. Merece destaque o máximo relativo de espessura observado perto dos Andes entre 25°S e 33°S, muito provavelmente associado à subsidência orográfica forçada. Como foi descrito na introdução, esse mecanismo foi identificado por Seluchi et al. (2003a) e Ferreira (2008) como um dos processos físicos que conduz à intensificação da

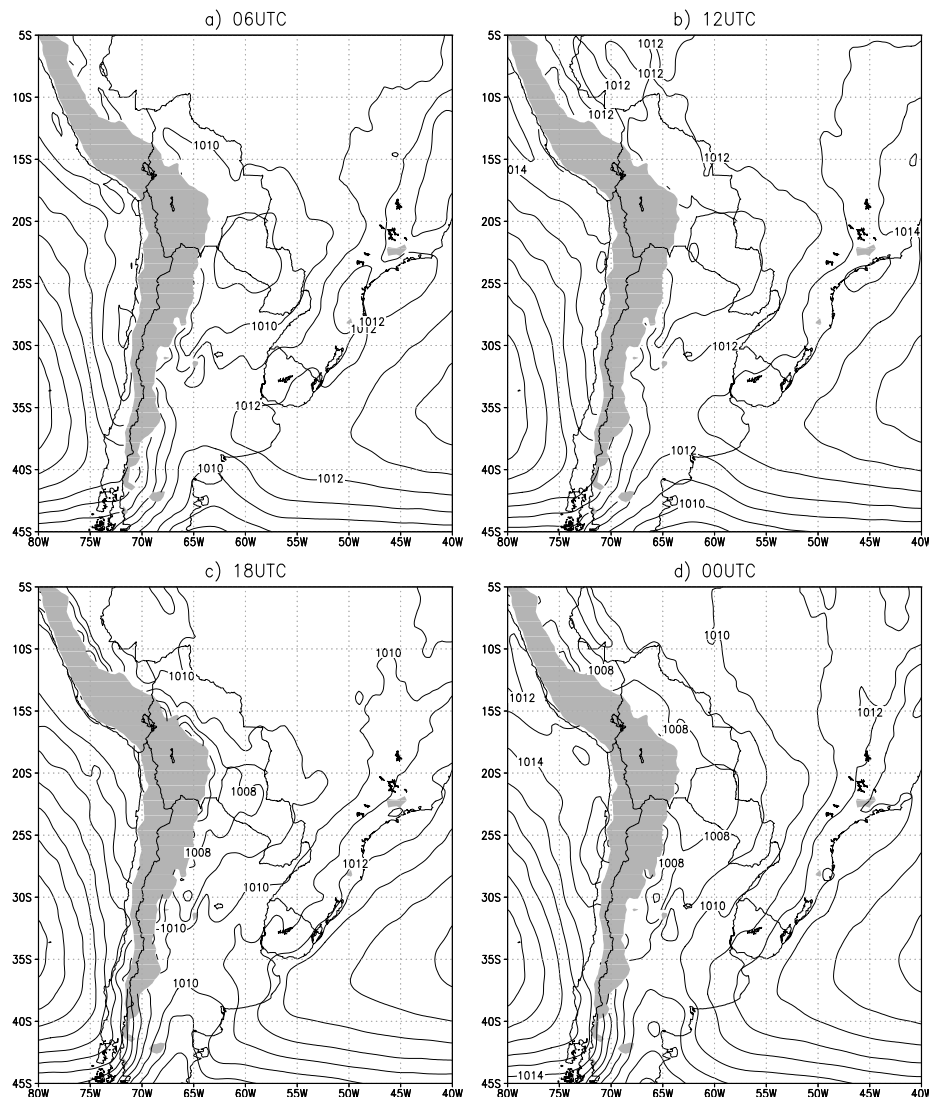


Figura 2 - Campo médio de pressão ao nível do mar (intervalo 1hPa) para os horários indicados. A área em cinza representa a topografia com altura maior que 1000 metros acima do nível médio do mar, dentro da qual os campos de pressão foram omitidos.

BNOA. Por outro lado, a presença de subsidência forçada na encosta dos Andes (conhecido localmente como Vento Zonda, Norte 1988, Seluchi et al. 2003b), resulta coerente com o posicionamento médio do jato subtropical (Figura 5a), que passa próximo da BNOA. Em contraste, a linha de 0 m/s encontra-se imediatamente ao norte da BCH, onde normalmente se centra a Alta da Bolívia. Desta forma, o jato subtropical aparece como um elemento importante na distinção destes sistemas. Sua presença, concordante com o forte gradiente meridional de espessura 500/1000 hPa, e portanto com um significativo vento térmico, indica que a BNOA e a BCH atuam, em média, em ambientes térmicos diferentes. Tal afirmação pode ser confirmada através da Figura 5b, que exibe o campo de temperatura potencial equivalente na baixa troposfera (900 hPa). Esse campo mostra

uma diferença de aproximadamente 10 graus entre as massas de ar que caracterizam cada uma das baixas. Note-se também o aumento relativo desta temperatura nas proximidades da Cordilheira dos Andes ao sul de 20°S, coerente com a presença de solos arenosos, clima seco e forte radiação solar garantida pela época do ano e pela pouca nebulosidade. Tais condições contribuem para o caráter quase-permanente da BNOA nos meses de verão.

3.1.2 Estrutura vertical

Uma visão mais integradora da estrutura dinâmica e termodinâmica pode ser obtida a partir da Figura 6, que apresenta uma seção vertical da umidade específica, temperatura

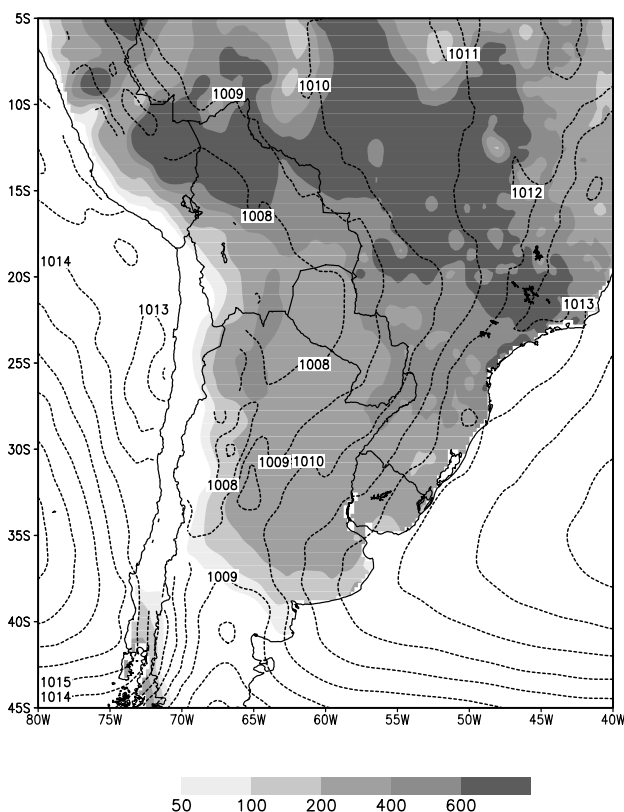


Figura 3 - Campo médio da pressão ao nível do mar (intervalo 1hPa, contornos) dos meses de verão do período 2000-2004 (hora 0000 UTC) e campo médio de precipitação (mm, tons de cinza) elaborado a partir de dados em estações meteorológicas para o período 1961-1990. Os campos de pressão foram omitidos em regiões com alturas maiores que 1000 m.

e temperatura potencial na longitude de 63°W. Ressalta-se o maior conteúdo de umidade e a maior profundidade da camada úmida ao norte dos 23°S, no âmbito da BCH, que se localiza dentro de uma coluna comparativamente mais quente e verticalmente mais aprofundada. Nas latitudes de atuação da BNOA, aproximadamente em 30°S, a atmosfera é mais seca e apresenta uma clara inversão térmica, aproximadamente na camada 850/925 hPa, muito provavelmente como consequência do efeito orográfico mencionado anteriormente (Seluchi et al, 2003b). Mais ao norte, entre 25°S e 12°S, onde normalmente se posiciona a BCH, é também possível identificar uma inversão térmica, porém com uma intensidade consideravelmente menor e abrangendo uma espessura maior, entre 950 e 800 hPa, indicando uma mistura vertical comparativamente maior dentro da camada limite. Note-se que a intensidade da inversão térmica é maior entre 35 e 23°S, latitudes típicas de atuação da BNOA, diminuindo rapidamente ao norte de 23°S, na região onde se desenvolve a BCH.

Do ponto de vista dinâmico pode ser notado que a atmosfera resulta notoriamente mais baroclínica ao sul de

25°S, como pode ser deduzido pelo cruzamento entre as linhas isentrópicas e as isotermas, indicando uma maior influência de sistemas transientes. A seção vertical permite também posicionar, em média, o jato subtropical em torno de 30°S e entre 200 e 300 hPa. Essa configuração é coerente com a presença da subsidência orográfica resultante da velocidade dos ventos transversais aos Andes e da altura da cordilheira nessa região, que excede 6000m. Em contraposição, a BCH se insere em uma troposfera verticalmente mais estendida e que apresenta uma estrutura mais barotrópica, típica das latitudes tropicais.

Uma análise da estabilidade termodinâmica pode ser realizada com ajuda das Figuras 7a e 7b, nas quais são apresentadas seções verticais de temperatura e temperatura potencial equivalente em 20°S e 30°S, respectivamente. Para o caso da BCH (Figura 7a) nota-se uma queda da temperatura potencial equivalente de aproximadamente 10 graus entre 900 e 600 hPa, na região ocupada por este sistema (entre 65°W e 50°W), denotando um entorno muito propício, em média, para o desenvolvimento de convecção. Mais para leste, aproximadamente entre 43°W e 50°W, percebe-se a contribuição do planalto central ao aumento da instabilidade convectiva, assim como o efeito estabilizador dos oceanos, evidente nos extremos da figura.

Na latitude 30°S, e próximo a longitude 65°W, onde normalmente se localiza a BNOA, (Figura 7b) o decréscimo da temperatura potencial com a altura, observado especialmente acima do nível de 850 hPa, é comparativamente menor e está mais restrito à encosta dos Andes. Em termos gerais, o perfil termodinâmico nesta latitude é menos instável em comparação com aquele observado na latitude 20°S.

3.2 Relação com os transientes

Uma visão complementar à fornecida pelos campos médios das diferentes variáveis pode ser obtida a partir do desvio padrão, que oferece uma estimativa da variabilidade diária.

As Figuras 8a e 8b mostram o desvio padrão da pressão ao nível do mar e da temperatura potencial equivalente, respectivamente, a partir das quais surgem claras diferenças entre os sistemas. A BNOA atua imersa numa região de forte variabilidade diária em ambas as variáveis. No caso da pressão ao nível do mar (Figura 8a), essa variabilidade aumenta em direção às latitudes mais altas em decorrência da maior frequência, intensidade e velocidade dos sistemas transientes. Na área normalmente ocupada pela BNOA existe um máximo relativo de variabilidade, que pode estar parcialmente explicado pelo efeito canalizador que a Cordilheira dos Andes exerce sobre os sistemas frontais (Seluchi et al 2006).

A temperatura potencial equivalente (Figura 8b) apresenta um forte gradiente em torno de 20-25°S, indicando que essa banda de latitude divide duas regiões caracterizadas por

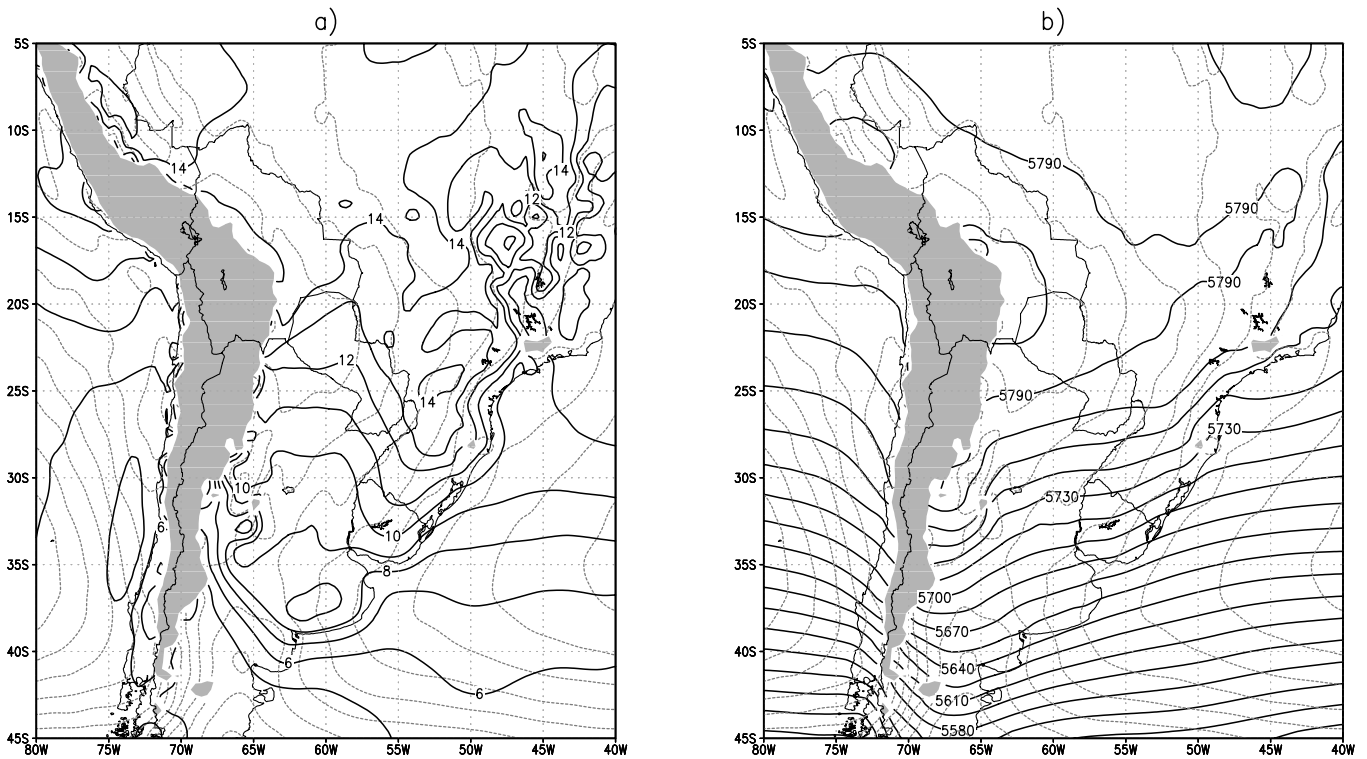


Figura 4 - a) Campo médio de umidade específica no nível de 925 hPa (linhas cheias, intervalo 1 g/kg) e b) campo médio de espessura 500/1000 hPa (mvp). Em ambas as figuras inclui-se o campo médio de pressão ao nível do mar (linhas pontilhadas, intervalo 1hPa) como referência. As áreas em cinza representam elevações do terreno superiores a 1000 m, dentro das quais os campos foram omitidos.

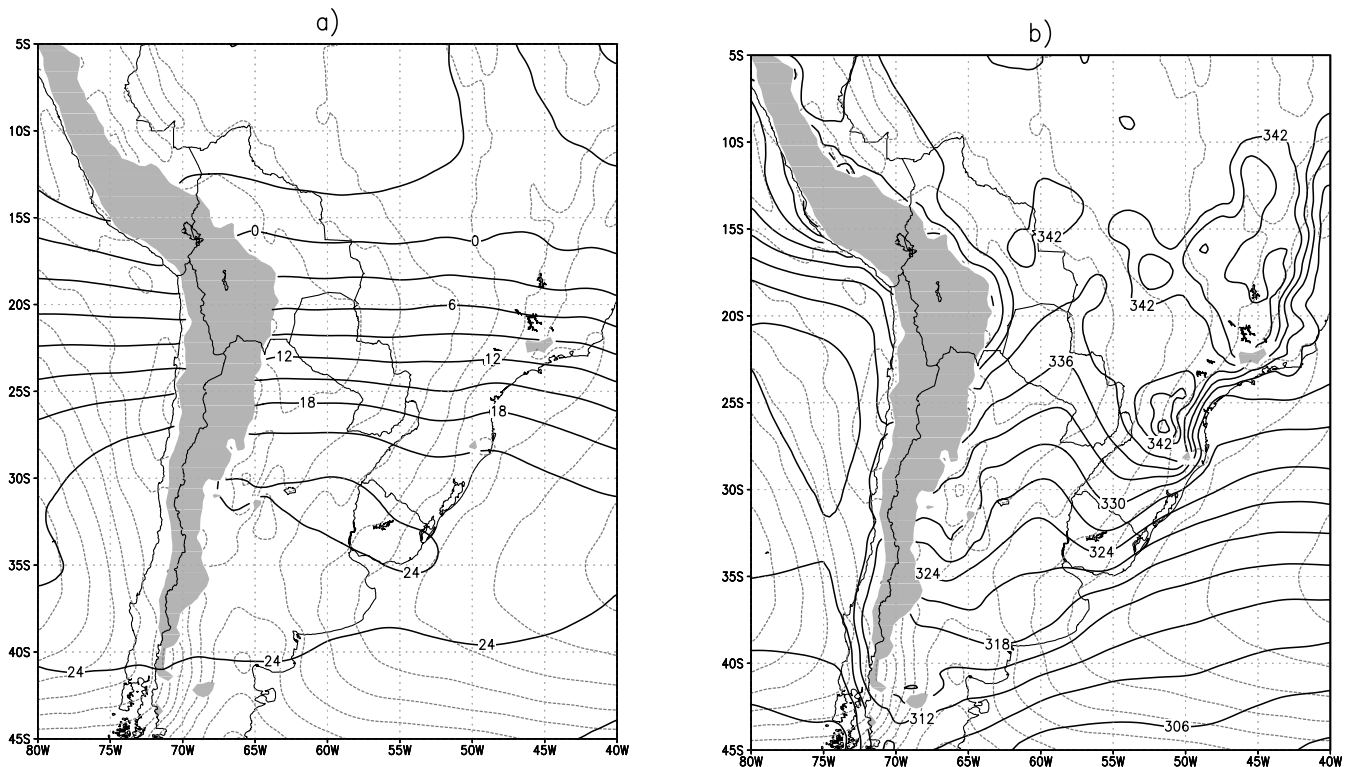


Figura 5 - a) Campo de vento zonal no nível de 250 hPa (intervalo 3m/s e b) campo de temperatura potencial equivalente (intervalo 3K) no nível de 900 hPa. Em ambas as figuras inclui-se o campo médio de pressão ao nível do mar (linhas pontilhadas, intervalo 1hPa) como referência. As áreas em cinza representam elevações do terreno superiores a 1000 m, dentro das quais os campos foram omitidos.

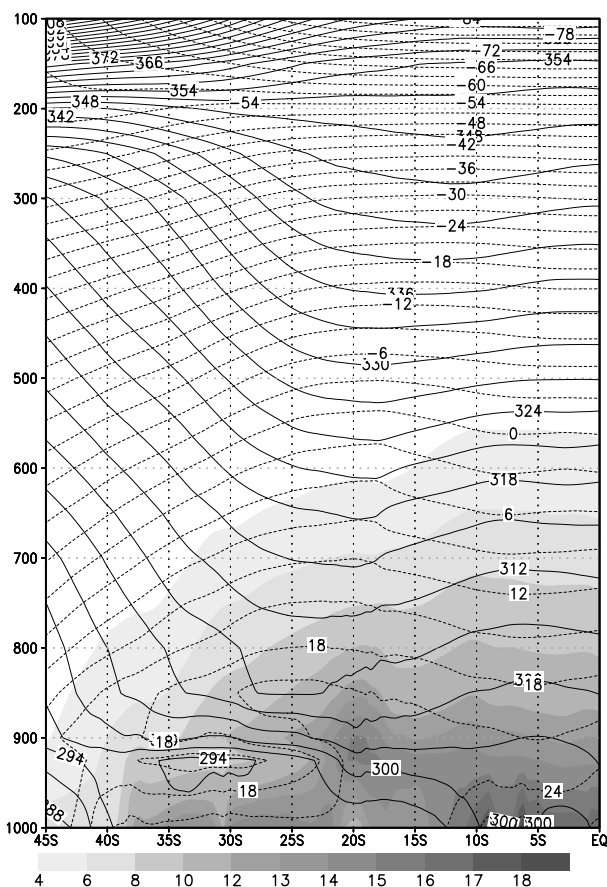


Figura 6 - Seção vertical média em 63°W de umidade específica (g/kg, tons de cinza), temperatura (intervalo 3°C, linhas pontilhadas) e temperatura potencial (intervalo 3K, linhas cheias).

regimes de circulação diferentes. Em torno da latitude 30°S, onde costuma atuar a BNOA, a alta variabilidade diária evidencia a incidência de sistemas transientes, muito provavelmente associados à atividade frontal. Nota-se que o máximo absoluto de variabilidade térmica ocorre na faixa 60-65°W, a leste da BNOA, região normalmente afetada pelos jatos de baixos níveis, que se estendem até o centro da Argentina (Salio et al 2002). Pelo contrário, na posição de atuação da BCH, em torno da latitude 20°S, o desvio padrão é aproximadamente 50% do observado em 30°S, indicando que esse sistema está embebido numa massa de ar mais homogênea e somente esporadicamente afetada pela atividade transiente.

3.3 Variabilidade diurna

As baixas térmicas originam-se normalmente a partir de um forte aquecimento da superfície terrestre, razão pela qual elas são frequentemente observadas em regiões desérticas. Neste contexto, estão a baixa do sudoeste da América do Norte

(Rowson e Colucci, 1992), da Austrália (Rácz e Smith, 1999) ou da Península Ibérica (Hoinka e De Castro, 2003). Tais regiões caracterizam-se por apresentar fortes variações diurnas das temperaturas e outras variáveis associadas, como consequência da intensa insolação e da baixa umidade do ar e do solo. Levando em conta essas considerações e as características que distinguem a BNOA e a BCH, realizou-se um diagnóstico da variabilidade diurna média de algumas variáveis. Essa variabilidade foi obtida como a diferença entre os campos médios no horário das 0000 UTC, menos os campos médios correspondentes às 1200 UTC. Esses horários foram escolhidos por serem os mais próximos à hora das temperaturas máxima e mínima, respectivamente, considerando a época do ano e o fuso horário na longitude 65°W (UTC-4).

A Figura 9 apresenta a variabilidade diurna média da pressão reduzida ao nível do mar, na qual se pode verificar que, em geral, as maiores variações ocorrem nas proximidades da Cordilheira dos Andes. Em particular o valor máximo absoluto (superior a 5hPa) ocorre entre os 30°S e 35°S, muito próximo à encosta dos Andes na área de influência da BNOA. É interessante observar o forte gradiente no sentido oeste-leste nas imediações da Serra de Córdoba, próxima à latitude 65°W, divisa entre os pampas úmidos da Argentina e a região desértica do oeste.

Na região do Chaco as variações diurnas da pressão são também relativamente elevadas, especialmente por se tratar de uma região tropical, porém com valores 50% inferiores aos obtidos no âmbito da BNOA, e com um gradiente zonal muito menos intenso.

Um contraste ainda maior é verificado nos campos de variabilidade diurna da temperatura no nível de 900 hPa (Figura 10a). Novamente, as maiores variações são encontradas entre 30°S e 35°S, a oeste das Serras de Córdoba, área ocupada pela BNOA, onde as amplitudes térmicas médias excedem os 9°C. Essa situação contrasta com a que ocorre imediatamente mais a leste, nos Pampas Argentinos, onde a temperatura é mais estável ao longo do dia. A região do Chaco apresenta um comportamento relativamente uniforme, com uma variabilidade muito menor evidenciada pelos valores próximos a 2°C. Estes resultados, no entanto, podem estar parcialmente influenciados pela altura do terreno, já que a região oeste da Argentina encontra-se a uma altura de aproximadamente 700 m (correspondente a uma pressão média de 930 hPa). No entanto, as planícies do Paraguai e Bolívia localizam-se numa altitude mais baixa (ver Figura 1). Em outras palavras, o nível de 900 hPa encontra-se comparativamente mais próximo do solo na região da BNOA e, portanto, está mais influenciado pelos fluxos de superfície. Contudo, as características mostradas na Figura 10a, verificam-se com uma proporção semelhante nos mapas correspondentes ao nível de 850 hPa, e estendem-se inclusive,

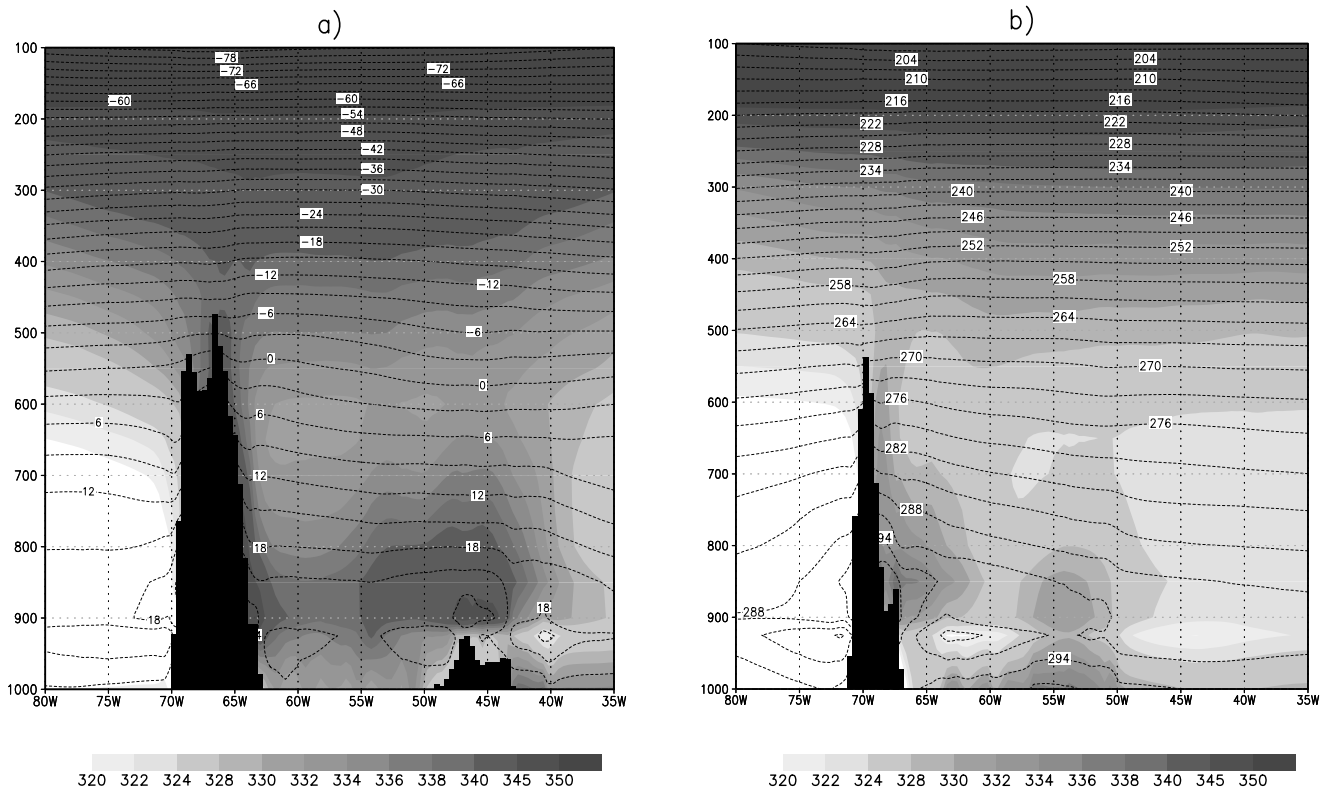


Figura 7 - Seção vertical média da temperatura potencial equivalente (K, tons de cinza) e temperatura (intervalo 3°C, linhas cheias), em 20°S (a) e em 30°S (b).

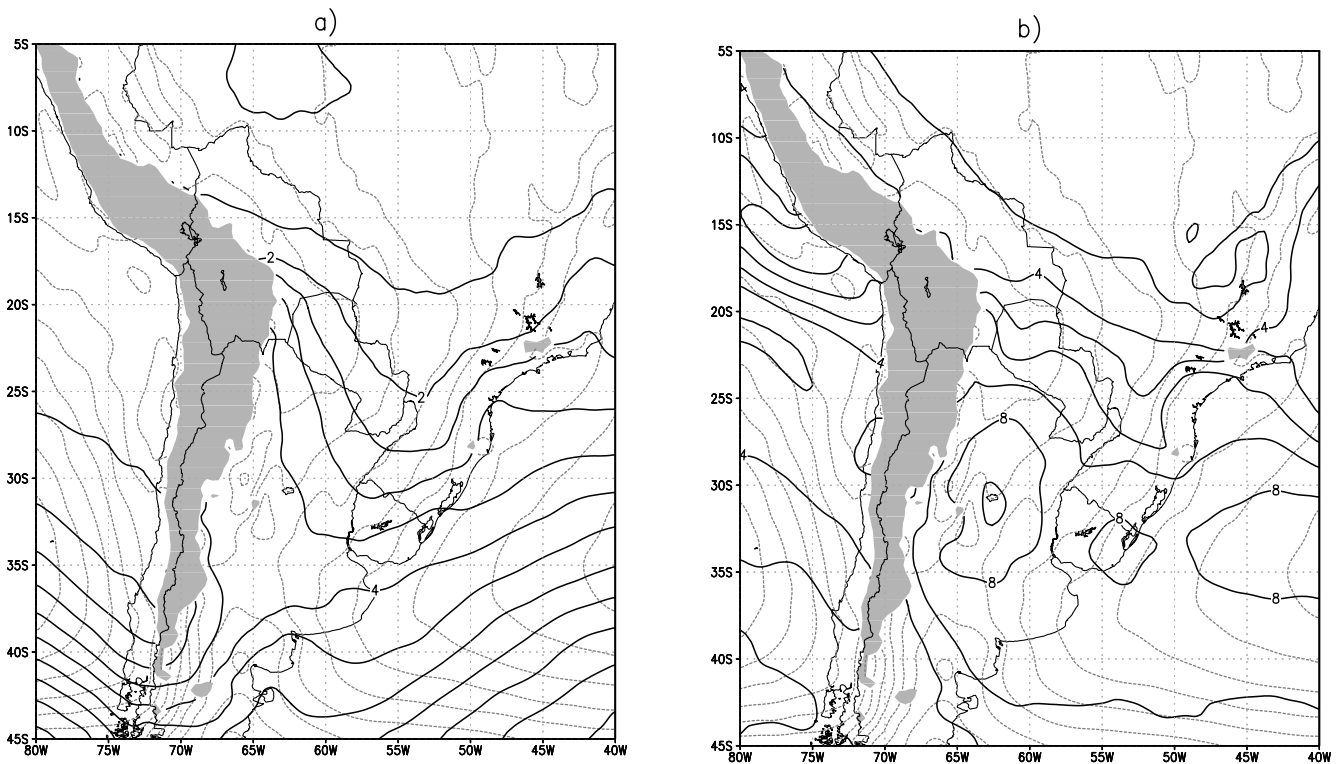


Figura 8 - a) Desvio padrão da pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (intervalo 0.5hPa) e b) desvio padrão da temperatura potencial equivalente no nível de 850 hPa (intervalo 1K). Em ambas as figuras, inclui-se o campo médio de pressão ao nível do mar (linhas pontilhadas, intervalo 1hPa), como referência. As áreas em cinza representam elevações do terreno superiores a 1000 m, dentro das quais os campos foram omitidos.

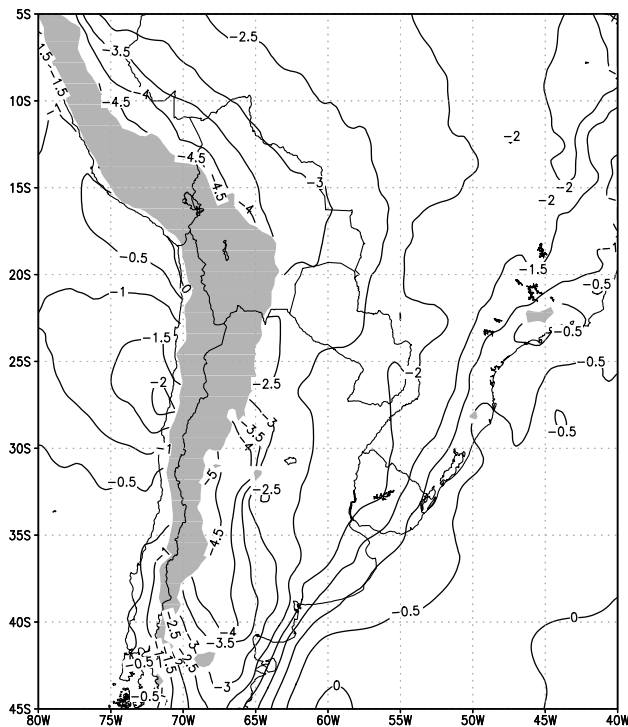


Figura 9 - Diferença entre a pressão média (ao nível do mar) da hora 0000 UTC e a pressão média correspondente à hora 1200 UTC (intervalo 0.5hPa). As áreas em cinza representam elevações do terreno superiores a 1000 m, dentro das quais os campos foram omitidos.

embora com menor intensidade, ao nível de 700 hPa, o que confirma a menor variabilidade observada na região do Chaco. Uma situação semelhante pode ser verificada com a umidade relativa (Figura 10b) onde são encontradas variações médias ao longo do dia superiores a 25% no âmbito da BNOA, que contrastam com os 6% observados na região do Chaco.

3.4 Situações particulares

Para complementar os resultados e ilustrar algumas das características discutidas anteriormente, duas situações meteorológicas particulares são apresentadas nesta seção. Nelas, a BCH e a BNOA atuam de maneira separada. A experiência diária mostra que a atuação isolada da BCH ou da BNOA é muito pouco frequente e, normalmente, ocorre em conexão com a passagem de perturbações de escala sinótica.

A Figura 11a, elaborada com as reanálises do modelo Eta/CPTEC, apresenta a situação sinótica do dia 27 de dezembro de 2002, às 0000 UTC, na qual a BNOA aparece bem desenvolvida com seu centro muito próximo à posição climatológica, em torno de 30°S. No campo de espessura 500/1000 hPa (linha pontilhada) o forte gradiente sugere a presença de uma frente fria ao sul dos 35°S, assim como os valores na região da BNOA

revelam o forte aquecimento da troposfera. Neste sentido, é interessante notar a boa concordância que existe entre o mínimo de pressão em superfície e o máximo de espessura 500/1000 hPa. Na alta atmosfera os ventos máximos ocorrem na região de maior gradiente horizontal de espessura, confirmando a presença de uma perturbação baroclínica, enquanto que a Alta de Bolívia está centrada aproximadamente em 15°S e 65°W. Nesta situação a BCH não pode ser identificada, pelo menos como uma baixa fechada, embora exista um alongamento para o norte da área de baixa pressão que se estende até os 10°S.

Na situação ocorrida no dia 27 de janeiro de 2002 (Figura 11b) a BCH aparece intensificada e localizada diretamente abaixo da Alta de Bolívia, na região onde a troposfera se encontra mais aquecida (máximo absoluto de espessura 500/1000 hPa). Neste caso a BNOA está ausente, como consequência da passagem de uma frente fria relativamente fraca pelo centro-norte da Argentina. Essa frente pode ser detectada a partir do gradiente de espessura 500/1000 hPa verificado em torno de 25°S, assim como, pela presença de um área de alta pressão relativa pós-frontal posicionada na região normalmente ocupada pela BNOA.

Em síntese, a Figura 11 permite ilustrar a influência da atividade transiente nas baixas analisadas. Quando as frentes frias provenientes do sul aproximam-se de 30°S, onde a Cordilheira dos Andes ganha grande altitude, a interação do jato associado à frente com as montanhas gera subsidência orográfica forçada, intensificando rapidamente a BNOA. Pelo contrário, quando as frentes frias avançam pelo norte da Argentina, a advecção fria pós-frontal destrói e inibe a formação da BNOA. Por outro lado, devido à baixa latitude em que se localiza a BCH, raramente é afetada pela atividade frontal durante o verão (estação na qual se manifesta), o que justifica a menor variabilidade temporal. Na Figura 11a é interessante ressaltar que o centro ciclônico principal está relacionado com a BNOA, contudo, não pode se afirmar que a BCH não se encontra presente, já que a pressão atmosférica é inferior aos 1008 hPa na região do Chaco no âmbito de uma grande baixa relativa. Em outras palavras, no caso da Figura 11a a BCH pode estar mascarada pela forte intensificação da BNOA. Finalmente, é importante lembrar que, segundo Seluchi e Saulo (2010), os processos físicos que levam ao aquecimento da coluna troposférica e, portanto, ao desenvolvimento da BNOA e da BCH, são diferentes em cada caso.

4. CONCLUSÕES

Os mapas médios de verão, especialmente aqueles elaborados com dados em baixa resolução espacial, mostram a presença de uma grande área de baixa pressão localizada nas latitudes subtropicais e tropicais da América do Sul, a leste da Cordilheira dos Andes. Entretanto, mapas elaborados a partir

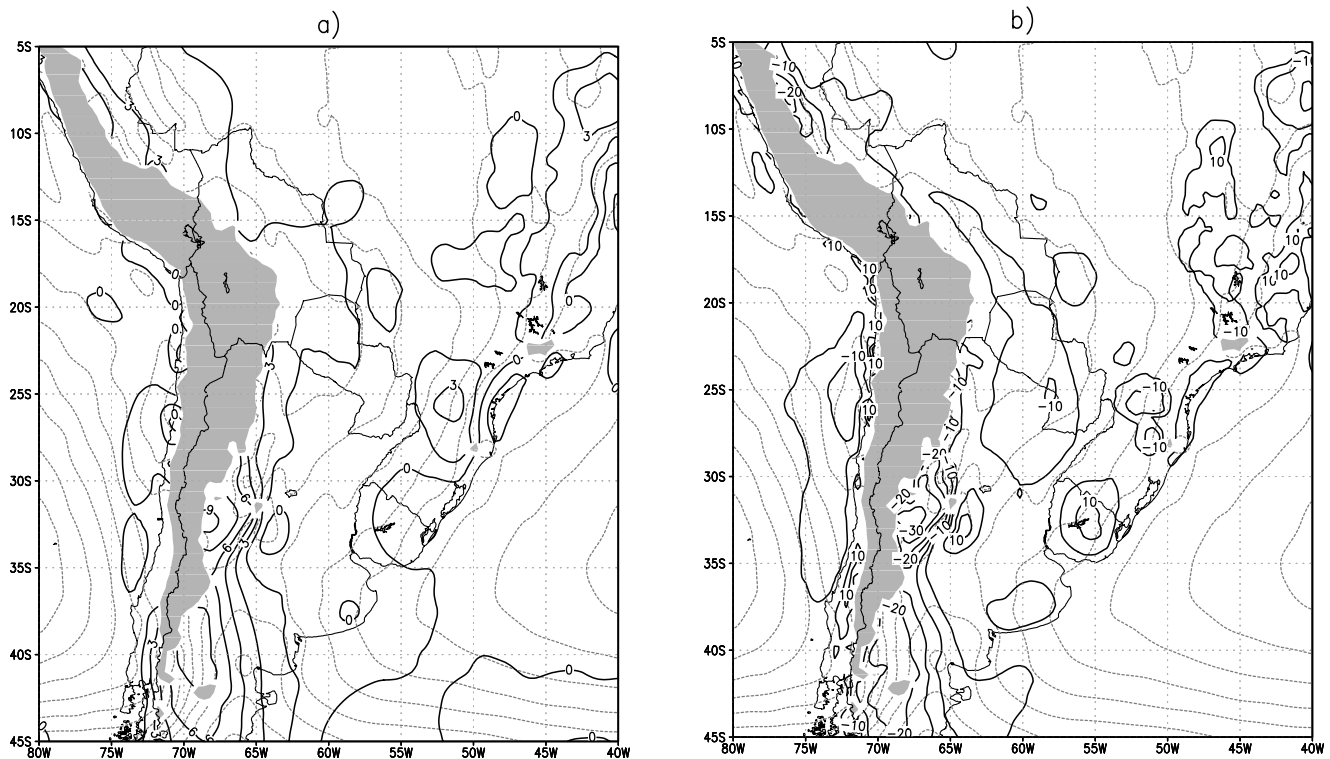


Figura 10 - Variabilidade diurna média, obtida como diferença dos campos médios correspondentes às horas 0000 UTC e 1200 UTC. a) temperatura (linhas cheias escuras, intervalo 1.5°C) no nível de 900 hPa e b) umidade relativa linhas cheias escuras, (intervalo 5%) no nível de 900 hPa. Em ambas as figuras, inclui-se o campo médio de pressão ao nível do mar (linhas pontilhadas, intervalo 1hPa), como referência. As áreas em cinza representam elevações do terreno superiores a 1000 m, dentro das quais os campos foram omitidos.

da informação de estações meteorológicas, ou utilizando dados em pontos de grade de mais alta resolução, como no presente estudo, mostram que existem dois centros principais. O primeiro deles, localizado mais ao sul em torno de 30°S, é conhecido como a Baixa do Noroeste Argentino (BNOA) e foi motivo de alguns estudos científicos, passados e recentes. O segundo centro localiza-se na região do Chaco (nas planícies do oeste do Paraguai e sul da Bolívia) e é conhecido como a Baixa do Chaco (BCH). Devido à relativa proximidade destas baixas, à pouca definição dos campos médios normalmente utilizados na literatura e ao escasso conhecimento sobre a BCH, ambos os sistemas são usualmente confundidos ou misturados. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o ambiente no qual se desenvolvem a BNOA e a BCH, com o intuito de analisar as diferenças e semelhanças no que concerne à sua estrutura dinâmica e termodinâmica, assim como, à sua variabilidade espacial e temporal. Para isso foram utilizados os dados diários das reanálises do modelo Eta/CPTEC, para o período de verão (dezembro a fevereiro) dos anos 2000 a 2004. Estes dados garantem uma melhor resolução horizontal, vertical e temporal e possuem uma maior quantidade de variáveis em comparação com as análises globais tradicionais.

Os resultados mostram que a BCH e a BNOA, embora apareçam nos mapas médios imersas em uma grande área de baixa pressão, apresentam diferenças significativas na sua estrutura dinâmica e termodinâmica, o que inclui o tipo de massa de ar nas quais elas estão embebidas, a estrutura dinâmica e termodinâmica da atmosfera, o grau de baroclinia, a instabilidade convectiva e variabilidade diária e diurna.

Em particular, a BNOA atua dentro de uma massa de ar mais típica das latitudes médias, estando mais influenciada pela atividade transiente. Esse fato é coerente com a proximidade do jato subtropical e com a maior variabilidade diária de algumas variáveis, como a pressão, temperatura e umidade. Além disso, a BNOA desenvolve-se numa região mais desértica e, portanto, apresenta uma maior amplitude diurna nessas variáveis. No plano vertical, a atmosfera mostra uma estrutura convectivamente menos instável na região onde se desenvolve a BNOA. Uma característica destacada é a presença de uma evidente inversão térmica verificada entre os 850/925 hPa, frequentemente vinculada à presença de subsidência orográfica forçada que resulta da interação da atividade transiente com a Cordilheira dos Andes (Seluchi et al, 2003b).

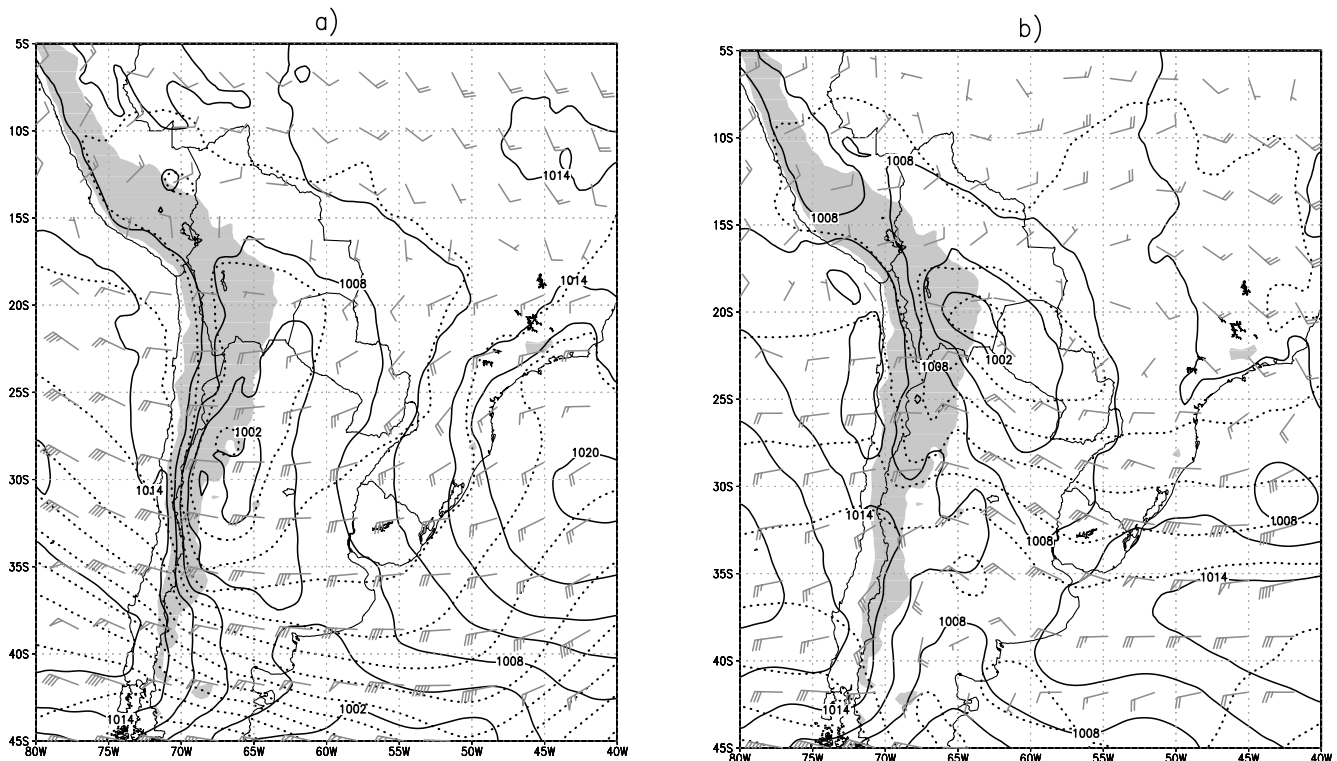


Figura 11 - Pressão reduzida ao nível médio do mar (linhas cheias escuras, hPa), espessura 500/1000 hPa (linhas pontilhadas, m) e vento no nível de 200 hPa (barbelas, m/s) correspondentes aos dias a) 27 de dezembro de 2002 às 0000 UTC e b) 27 de janeiro de 2002 às 0000 UTC. As áreas em cinza representam a topografia com altura maior que 1000 m

Por outro lado, a BCH se desenvolve numa atmosfera mais instável do ponto de vista termodinâmico, com maior conteúdo de umidade e afetada por precipitações mais abundantes, dentro de uma massa de ar mais típica das latitudes tropicais. Essas características determinam uma menor variabilidade diurna da pressão e temperatura. A influência da atividade transiente é também muito menos evidente, sendo que a BCH se desenvolve ao norte do jato subtropical e, portanto, no seio de uma massa de ar mais homogênea do ponto de vista espacial e temporal.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do Projeto Prosul (CNPQ/490225/2008-0), pela Universidade de Buenos Aires através do UBACyT X204, e pelo CONICET através do PIP 112-200801-00399.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, V.R.; HERDIES, D.; SOUZA, R.A.; SAPUCCI, L.F.; ARAVÉQUIA, J.A.; FERREIRA, S.H.: Tipos de

Observações e o Controle de Qualidade Utilizado na Assimilação de Dados no CPTEC/INPE. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 65-70, 2008. ARAVÉQUIA, J. A. ; HERDIES, D. L.; SAPUCCI, L. F. ; ANDREOLI, R. V. ; FERREIRA, S.H.S. ; GONÇALVES, L. G.G. Reanálise Regional 2000-2004 sobre a América do Sul com o Modelo RPSAS/ETA: Descrição do Experimento e dos Produtos Derivados. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 71-77, 2008.

FERREIRA, L.: **Causas y variabilidad de la Depresión del Noroeste Argentino e Impactos sobre los Patrones Regionales de Circulación**. Tese de Doutorado. Universidade de Buenos Aires. 177f. 2008.

HERDIES, D. L.; ARAVÉQUIA, J. A.; FERREIRA, S.H.S. ; ANDREOLI, R. V. ; SAPUCCI, L. F. ; MATTOS, J. G. Z. A Assimilação de Dados no CPTEC/INPE. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 57-64, 2008.

HOINKA, K.P.; DE CASTRO, M: The Iberian Peninsula thermal low. **Q. J. R. Meteorol. Soc.**, v.129, p. 1491-1511, 2003. doi: 10.1256/qj.01.189.

KALNAY, E., E CO-AUTORES: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 77, p.437-471, 1996.

- LENTERS, J. D., COOK, K. H.: Summertime Precipitation Variability over South America: Role of the Large-Scale Circulation. **Mon. Wea. Rev.**, v.127, p.409–431, 1999.
- LICHTENSTEIN, E.R., La Depresión del Noroeste Argentino. Tese de doutorado, Universidade de Buenos Aires. 223f. 1980.
- MESINGER, F. A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. **Riv. Meteor. Aeronaut.**, V.44, P. 195-202, 1984.
- NORTE F.: El viento Zonda en la Región de Cuyo. Tese de Doutorado. Universidade de Buenos Aires, 244f, 1988.
- ROWSON, D. R.; COLUCCI, S. J. Synoptic climatology of thermal low-pressure systems over southwestern North America. **Int. J. Climat.**, v.12, 529-545, 1992.
- RÁCZ, Z.; SMITH, R. K. The dynamics of heat lows. **Q. J. R. Meteorol. Soc.**, 125, 225–252, 1999.
- SALIO, P.; NICOLINI, M.; SAULO, A.C. Chaco Low-Level Jet Events Characterization During the Austral Summer Season by ERA Reanalysis. **J. Geophys. Res – Atmos.** V.107, D24, P.4816, 2002, doi: 10.1029/2001JD001315
- SAULO A.C.; FERREIRA, L.; MEJIA, J.; SELUCHI, M.E. Description of the Thermal Low Characteristics using SALLJEX Special Observations, **Clivar Exchanges**, V.9(1), P.9-10, 2004.
- SELUCHI, M.E.; SAULO, A. C.; NICOLINI, M.; SATYAMURTY, P. The Northwestern Argentinean Low: a study of two typical events. **Mon. Wea. Rev.**, v 131, p. 2361-2378, 2003a.
- SELUCHI, M. E.; NORTE, F.A.; SATYAMURTY, P.; CHOU S. C. Analysis of three situations of Foehn effect over the Andes (Zonda wind) using the Eta/CPTEC regional model. **Weather and Forecasting.** , v.18, p.481 - 501, 2003b.
- SELUCHI, M. E.; GARREAUD, R.; NORTE F.; SAULO A.C., Influence of the Subtropical Andes on baroclinic disturbances: A cold-front case study. **Monthly Weather Review.** v.134, p. 3317-3335, 2006.
- SELUCHI M.E., A.C. SAULO: Mecanismos físicos associados à formação da Baixa do Chaco. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém, 2010, 1 CD-ROM.
- VERA, C.; HIGGINS W.; AMADOR J.; Ambrizzi T.; GARREAUD R.; GOCHIS D.; GUTZLER D.; LETTENMAIER D.; MARENGO J.; MECHOSO C.; J. NOGUES-PAEGLE J.; DIAS P.L.S.; ZHANG C. Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. **J. Climate**, v.19, p.4977–5000, 2006.