



Classificação Sinótica Durante a Estação Chuvosa do Brasil Synoptic Classification During the Rainy Season of Brazil

Gustavo Carlos Juan Escobar

*Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Rodovia Presidente Dutra, s/n - Zona Rural, 12630-000, Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil*

E-mail: gustavo.escobar@inpe.br

Recebido em: 29/03/2019 Aprovado em: 17/05/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_2_421_436

Resumo

O trabalho apresentou uma classificação sinótica em superfície e em 500 hPa durante a estação chuvosa do Brasil (ECB), com o intuito de identificar os principais sistemas meteorológicos de escala sinótica que influenciam o tempo nesse período. Através da aplicação da técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) rotacionadas, para o período 1979-2016, foram identificados seis padrões sinóticos principais em superfície e quatro em 500 hPa, que representaram em média 85,0% e 90,0% da variância total dos dados, respectivamente. Os meses de verão apresentaram maior variabilidade sinótica em relação aos meses de novembro e março. A combinação de ambos os níveis mostrou quatro padrões sinóticos principais que predominaram durante a ECB. Os dois padrões sinóticos mais frequentes estiveram associados com a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), um deles associado geralmente com eventos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e ou outro com o campo médio climatológico (CMC). Os outros dois padrões sinóticos estiveram relacionados com a presença de uma frente fria nas Regiões Sul e Sudeste, respectivamente. Em novembro e março, esses padrões sinóticos explicaram maior variância do que no verão, devido ao aumento da baroclinicidade.

Palavras-chave: tipificação; variabilidade sinótica; período chuvoso

Abstract

This paper presented a synoptic classification in surface and at 500 hPa during the Brazilian rainy season (BRS), in order to identify the main meteorological systems of synoptic scale that influence the weather in this period. Through the rotated Principal Components Analysis (PCA) for the 1979-2016 period, it was identified six main surface synoptic patterns and four in 500 hPa, which represented on average 85.0% and 90.0% of the total variance respectively. The austral summer months presented greater synoptic variability in relation to the months of November and March. The combination of both levels showed four synoptic patterns that predominated during the BRS. The two most frequent synoptic patterns were associated with the behavior of the South Atlantic Subtropical Anticyclone (SASA), one of them commonly associated with the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) events and the other with the climatological mean field (CMF). The other two synoptic patterns were related to the presence of a cold front in the South and Southeast Regions, respectively. In November and March, these synoptic patterns explained greater variance than in the austral summer, due to the increase of the baroclinicity.

Keywords: typification; synoptic variability; rainy period

1 Introdução

A estação chuvosa do Brasil (ECB) é determinada por um clima de monção, definido como um fenômeno atmosférico que atua nas regiões continentais em resposta ao aquecimento diferencial entre o oceano e o continente ao longo do ano (Reboita *et al.*, 2010; Marengo *et al.*, 2012). As Regiões Centro-Oeste e Sudeste e parte das Regiões Norte e Nordeste do Brasil são afetadas por esse fenômeno provocando um regime anual de chuva bem definido, com um período chuvoso compreendido aproximadamente entre a segunda quinzena de outubro e a primeira quinzena de abril e um período seco entre os meses de maio e setembro (Reboita *et al.*, 2010). Os climas subtropical e tropical que dominam o tempo durante a ECB faz com que o forte aquecimento diurno e o elevado teor de umidade do ar sejam os principais fatores determinantes das chuvas intensas. O alto conteúdo de umidade do ar que predomina durante este período chuvoso sobre grande parte das Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste provem do oceano Atlântico Tropical e da floresta Amazônica, transportado pelo Jato de Baixos Níveis (Santos & Reboita, 2018) e pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que também favorece o transporte de ar úmido do oceano para o continente (Quadro, 2012). Por outro lado, existem diversos sistemas meteorológicos de escala sinótica que atuam principalmente sobre o centro-sul do Brasil que interagem direta ou indiretamente com massas de ar úmidas e instáveis de regiões subtropicais e tropicais, favorecendo a intensificação dos episódios de chuva extrema em grande parte das Regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. As frentes frias, as frentes subtropicais, os cavados baroclínicos e os ciclones extratropicais e subtropicais são os principais sistemas baroclínicos que influenciam o tempo durante a ECB (Kousky, 1979; Reboita *et al.*, 2010; Escobar *et al.*, 2019). Durante esse período, as frentes frias atingem com menor frequência as áreas continentais, já que apresentam um deslocamento mais zonal e marítimo (Andrade, 2005). Apesar de serem mais oceânicas, essas frentes frias conseguem organizar um escoamento de umidade do oceano até o interior das Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Norte do Brasil, devido ao fato do escoamento médio nas camadas baixas ser de quadrante noroeste durante a ECB (Re-

boita *et al.*, 2010). Esse padrão de circulação favorece a convergência de umidade na superfície e, em consequência, a intensificação das chuvas. Durante a ECB, principalmente entre os meses de novembro e março, as chuvas intensas podem persistir por mais de três dias, configurando-se episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Kodama, 1992; Quadro, 1994; Carvalho *et al.*, 2004). Esse fenômeno está associado com episódios de chuva extrema e, por consequência, desastres naturais como por exemplo, inundações e deslizamentos de terra (Reboita *et al.*, 2017). A Baixa do Chaco (BCH) e a Baixa do Noroeste da Argentina (BNOA) também são uns dos sistemas mais característicos da circulação atmosférica em baixos níveis da América do Sul, tendo um papel relevante no funcionamento das “Monções da América do Sul” (Marengo *et al.*, 2012) e influenciando as condições do tempo no centro-norte da Argentina, sul da Bolívia, no Paraguai, nas Regiões Sul e Sudeste e em parte das Regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. A BCH é um sistema com características principalmente térmicas e se localiza aproximadamente entre o norte da Argentina, Paraguai, sul da Bolívia e o sul de Mato Grosso do Sul (MS) (Escobar & Seluchi, 2012). A BNOA, localizada próxima dos 30°S, a sotavento da Cordilheira dos Andes, é um sistema de baixa pressão que apresenta características térmicas e orográficas e em certas ocasiões é influenciada significativamente pela dinâmica atmosférica (Escobar & Seluchi, 2012). Em função da forte variabilidade da circulação atmosférica observada durante a ECB, este trabalho tem como objetivo realizar uma classificação sinótica em superfície e em 500 hPa com o intuito de identificar os principais sistemas meteorológicos de escala sinótica que influenciam o tempo durante esse período. Os principais padrões sinóticos obtidos neste trabalho poderão contribuir na identificação de episódios de tempo severo através de saídas gráficas de modelos de previsão de tempo, auxiliando os meteorologistas previsores que trabalham em ambientes operacionais.

2 Metodologia e Dados

Foram utilizados dados diários de pressão ao nível médio do mar (pnmm) e de altura geopotencial no nível de 500 hPa (hgt500) provenientes do *Cli-*

mate Forecast System Reanalysis (CFSR) (Saha *et al.*, 2010; Saha *et al.*, 2014) do *National Center for Environment Prediction* (NCEP) com resolução espacial de $0,5^\circ$, correspondentes aos meses da estação chuvosa de novembro a março, no período de 1979 a 2016. A metodologia utilizada foi a Análise de Componentes Principais (ACP) com uma matriz de entrada em Modo-T (Green & Carrol, 1978; Richman, 1986; Escobar *et al.*, 2016; Escobar, 2018). Os dados de pnmn e hgt500 são dispostos em formato de matriz onde as colunas representam os campos espaciais correspondentes a tempos consecutivos. As filas dessa matriz de entrada são determinadas pelos pontos de grade. Isso significa que, segundo a variável meteorológica utilizada, cada coluna representa um campo espacial (de pnmn ou de hgt500). Essa metodologia objetiva de síntese de informação permite identificar subgrupos ou tipos de campos com a mesma estrutura espacial. A metodologia de ACP foi aplicada separadamente para cada mês e para cada variável meteorológica (pnmn e hgt500). Após a aplicação do ACP foi realizada a rotação Varimax como intuito de facilitar o significado físico das componentes principais (CPs) obtidas (Richman, 1986) mediante a redistribuição da variância total dos dados. Para determinação do número de componentes rotacionadas utilizou-se a regra do autovalor 1.0 (Richman *et al.*, 1992). As situações meteorológicas reais correlacionadas significativamente com as CPs foram determinadas através das séries temporais de componentes de peso (*factor loadings*) que representam as correlações entre cada variável (situação meteorológica real) e cada CP (Richman, 1986). Mediante a análise da série de componentes de peso é possível determinar a representatividade das CPs como situações sinóticas reais, onde os valores próximos a 1 representam situações similares às CPs obtidas (Cattel, 1978). Os campos espaciais dos valores das CPs podem ser interpretados em ambas suas fases positivas como negativas. Os padrões das CPs estão relacionados com dois diferentes tipos sinóticos que apresentam a mesma forma. Para valores positivos de componentes de peso os padrões das CPs têm o mesmo sinal que os campos de pnmn (ou de hgt500) (tipo sinótico). Isso significa que valores positivos (negativos) nas CPs representam altas (baixas) pressões nos padrões das CPs. De modo inver-

so, para valores negativos de componentes de peso, os padrões das CPs têm o sinal oposto dos campos de pnmn (ou de hgt500). Portanto, valores positivos (negativos) nas CPs representam baixas (altas) pressões no tipo sinótico oposto. Neste trabalho, as séries de componentes de peso (figuras não mostradas) obtidas para a pnmn e para hgt500 mostraram valores positivos, ou seja, que os padrões das CPs têm o mesmo sinal que os campos de pressão (ou de altura geopotencial em 500 hPa) (tipo sinótico).

Com o intuito de estudar a variabilidade sinótica da estrutura vertical da atmosfera, predominante durante a ECB, foram relacionados os campos de hgt500 e pnmn. A relação entre ambos os níveis foi obtida através da correlação entre as séries de componentes de peso de cada uma das CPs identificadas em cada nível para cada um dos cinco meses analisados (figuras não mostradas). A partir dessa relação foram identificados quatro padrões sinóticos principais durante a ECB. A seguir, foram selecionadas situações meteorológicas reais em 500 hPa e superfície relacionadas com os quatro padrões sinóticos obtidos, para cada um dos cinco meses analisados. As situações meteorológicas reais foram determinadas através das séries temporais de componentes de peso (figuras não mostradas).

3 Resultados

3.1 Pressão ao Nível Médio do Mar

Os resultados obtidos permitiram identificar seis CPs em superfície para cada mês analisado que explicaram aproximadamente entre 84% e 87% da variância total dos dados, sendo que as quatro primeiras CPs representaram aproximadamente entre 75% e 79% da variância total (Tabela 1). Isto significa que não há grandes diferenças em relação à variabilidade sinótica entre cada um dos cinco meses analisados, porém nota-se maior semelhança entre as variâncias observadas durante os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Considerando apenas as primeiras quatro CPs, pode-se observar que o mês de novembro representa 79% da variância total explicada, aproximadamente entre 3% e 4% a mais em relação aos outros meses. Isso significa que o mês de novembro é menos variável em relação aos demais meses. Ou seja, é necessário um menor nú-

mero de padrões sinóticos para representar a mesma variabilidade que ocorre durante os meses de verão e de março.

As primeiras quatro séries de componentes de peso (figuras não mostradas) apresentaram valores maiores que 0,7. Isso significa que as CPs têm configurações similares às situações meteorológicas reais. As demais CPs, que também representam situações meteorológicas reais, porém menos frequentes, não foram consideradas neste trabalho já que explicaram menos de 6% da variância total dos dados.

CPs	novembro		dezembro		janeiro		fevereiro		março	
	Var	Var.A	Var	Var.A	Var	Var.A	Var	Var.A	Var	Var.A
1	30,3	30,3	27,1	27,1	29,3	29,3	27,2	27,2	30,4	30,4
2	18,4	48,7	24,5	51,6	25,4	54,7	25,7	52,9	16,9	47,3
3	15,8	64,5	13,4	65,0	12,4	67,1	12,9	65,8	15,2	62,5
4	14,6	79,1	11,5	76,5	10,3	77,4	9,9	75,7	13,0	75,5
5	4,3	83,4	5,3	81,8	5,9	83,3	7,6	83,3	5,6	81,1
6	3,4	86,8	3,8	85,6	2,9	86,2	2,7	86,0	3,5	84,6

Tabela 1 Porcentagens (%) da variância total explicada (Var) e da variância acumulada (Var.A) pelas seis primeiras CPs em superfície para cada um dos cinco meses analisados (novembro-março).

Os padrões sinóticos em superfície identificados durante a ECB são praticamente os mesmos para todos os meses, porém com algumas diferenças em relação ao posicionamento dos diferentes sistemas meteorológicos atuantes e em relação à contribuição ou peso de cada um deles em cada um dos meses analisados. As principais diferenças foram observadas durante novembro e março por serem considerados meses de transição. O padrão sinótico mais frequente observado em superfície para todos os meses analisados, com exceção do mês de fevereiro, está relacionado com a presença do ASAS (CP1 Figura 1A, CP1 Figura 1B, CP1 Figura 1C, CP2 Figura 1D, CP1 Figura 1E) posicionado aproximadamente em 35°S, 40°W, mais ao sul e a oeste da sua posição média climatológica (Marengo *et al.*, 2012). Esse campo de pnmn geralmente pode estar associado com a presença de sistemas frontais estacionários sobre o oceano Atlântico que oscilam em média aproximadamente próximos ao estado do Rio de Janeiro (RJ), especialmente durante os meses de verão. O ASAS funciona como se fosse um anticiclone pós-frontal com lento deslocamento para

leste e adquirindo características de tipo bloqueio (Sinclair, 1996). Em muitas ocasiões esse padrão sinótico pode persistir por vários dias determinando um episódio de ZCAS (Escobar, 2018), especialmente durante os meses de verão. Durante os episódios de ZCAS é muito comum observar áreas de baixa pressão relativas embebidas na frente estacionária, aproximadamente sobre o oceano na altura entre PR, SP e RJ. Esses sistemas de baixa pressão geralmente se formam devido à forte liberação de calor latente provocado pelas abundantes chuvas e em várias ocasiões podem apresentar características subtropicais (Evans & Braun, 2012).

Durante dezembro e janeiro esse padrão sinótico explica 27% e 29,3% da variância total, respectivamente, sendo que em fevereiro essa porcentagem cai para 25,7% (Tabela 1). A partir dessa informação pode-se inferir que em fevereiro haveria em média menos episódios de bloqueios no oceano Atlântico Sul, e em consequência provavelmente menos eventos de ZCAS do que em dezembro e janeiro (Ferraz & Ambrizzi, 2006). Durante novembro e março, esse padrão sinótico representa 30,3% e 30,4% da variância total (Tabela 1). Uma possível explicação para esse comportamento diferencial entre os meses de verão e os meses de transição poderia estar relacionada com a maior variabilidade sinótica que existe no verão (Escobar & Seluchi, 2012). Durante o mês de novembro, esse padrão sinótico mostra o ASAS penetrando um pouco mais ao norte no continente em relação aos demais meses, apresentando características mais parecidas ao campo médio climatológico (CMC- Marengo *et al.* (2012)) para essa época do ano. Esse padrão sinótico também mostra uma área de baixa pressão localizada a leste dos Andes, aproximadamente entre o centro-norte da Argentina, oeste do Paraguai e sul da Bolívia. Durante o mês de novembro, esse sistema de baixa pressão aparece mais intenso e localizado imediatamente a leste dos Andes, associado com a BNOA (Escobar & Seluchi, 2012). Nos demais meses, especialmente no verão, esse sistema de baixa pressão enfraquece e se posiciona mais ao norte, associando-se com a BCH (Escobar & Seluchi, 2012).

O segundo padrão sinótico de importância observado em superfície ao longo da ECB é similar ao

Classificação Sinótica Durante a Estação Chuvosa do Brasil
 Gustavo Carlos Juan Escobar

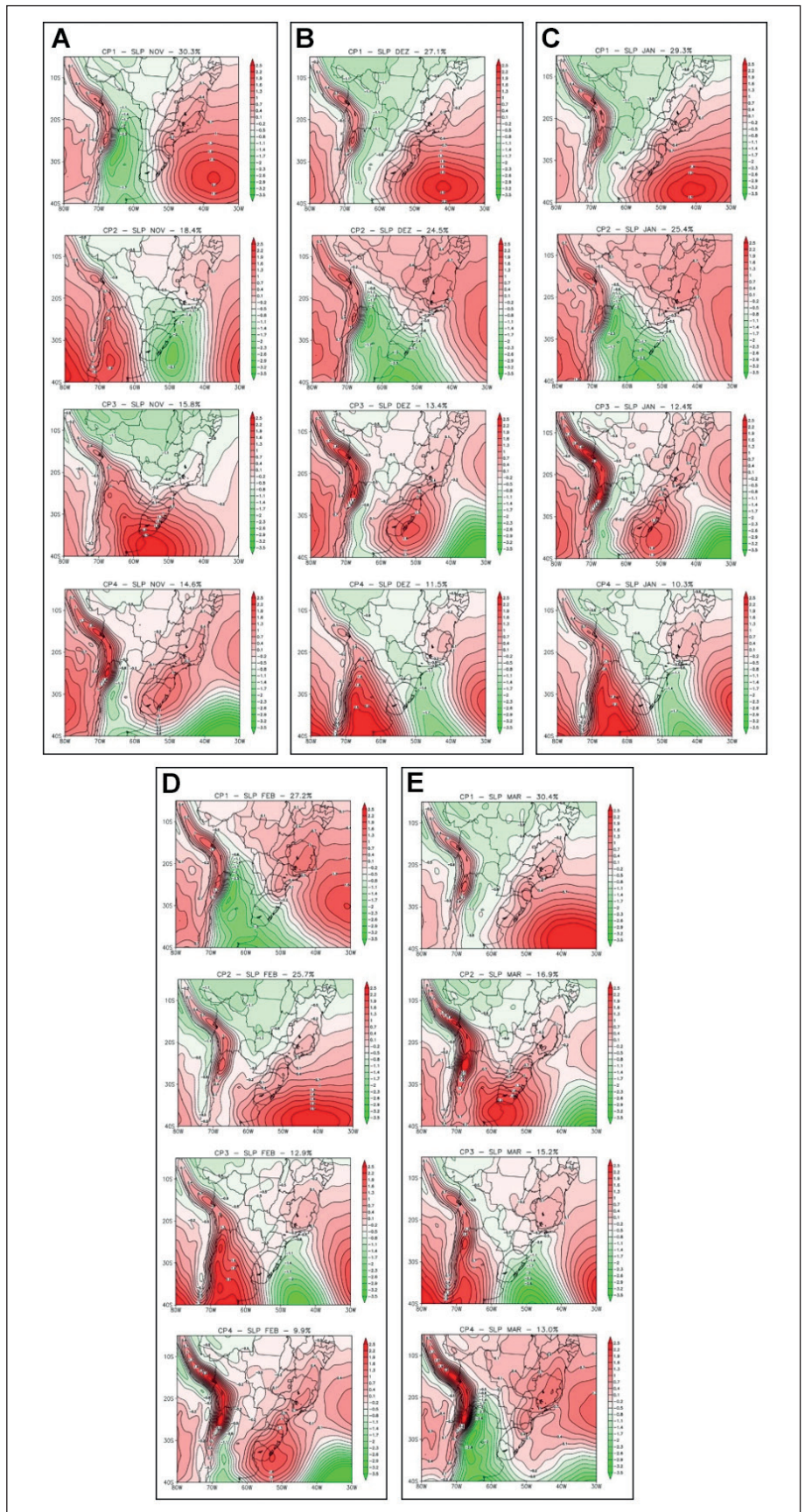


Figura 1 CPs em superfície durante a ECB; A. Novembro; B. Dezembro; C. Janeiro; D. Fevereiro; E. Março.

CMC, ou seja, com a presença do ASAS mais afastado do continente e localizado aproximadamente entre 25°S e 30°S e 30°W. Esse padrão sinótico é identificado nos meses de dezembro até março (CP2 Figura 1B, CP2 Figura 1C, CP1 Figura 1D, CP4 Figura 1E). Como foi descrito anteriormente, durante o mês de novembro esse padrão sinótico está melhor representado pela CP1 (Figura 1A) onde o ASAS aparece mais amplo e penetrando um pouco mais ao norte sobre o continente. Durante dezembro e janeiro esse padrão sinótico representa 24,5% e 25,4% da variância total, respectivamente (Tabela 1), sendo que em fevereiro esse padrão sinótico é o mais frequente de todos, representando 27,2% da variância total (Tabela 1). Durante o mês de março, esse padrão sinótico explica apenas um 13% da variância total. Esse comportamento diferencial pode-se explicar pelo fato de ser um mês de transição entre o verão e o outono, período onde as frentes frias começam a ter mais importância devido ao aumento da baroclinicidade. Durante o verão, as frentes frias são menos frequentes em todas as latitudes, especialmente nos subtropicais (Foss *et al.*, 2017; Escobar *et al.*, 2019). Desta maneira, o ASAS fica mais estável e mais frequente na sua posição climatológica, contribuindo de forma mais significativa na variância total. Esse segundo padrão sinótico de importância também apresenta um cavado sobre o oceano Atlântico orientado de sudoeste a nordeste entre o leste de Santa Catarina (SC) e a costa leste do Sudeste, principalmente durante o verão. Com esse campo bórico em superfície fica estabelecido um fluxo continental de noroeste sobre grande parte de SP, RJ e o sul de MG. Observa-se também a atuação de um sistema frontal frio aproximadamente na Província de Buenos Aires (Argentina) que em certas ocasiões pode concatenar-se com a BNOA localizada na porção norte desse país, a sotavento dos Andes. Nesse caso, esse sistema de baixa pressão adquire características mais dinâmicas devido a seu vínculo com a frente fria que está mais ao sul (Escobar & Seluchi, 2012). Durante o mês de março a BNOA apresenta características termo-orográficas já que aparece desconectada do sistema frontal.

O terceiro padrão sinótico observado em superfície durante a ECB está associado com a atuação de uma frente fria na Região Sul. Durante de-

zembro, janeiro e fevereiro, esse padrão sinótico é representado, respectivamente, pelas CP4, CP4 e CP3 (Figura 1B, Figura 1C e Figura 1D) explicando 11,5%, 10,3% e 12,9% da variância total (Tabela 1). Por outro lado, durante os meses de novembro e março, esse padrão sinótico é identificado, respectivamente, através das CP2 e CP3 (Figura 1A e Figura 1E) explicando 18,4% e 15,2% da variância total (Tabela 1). Esse padrão sinótico mostra um sistema de baixa pressão localizado no oceano Atlântico, aproximadamente entre 35°S e 40°S e entre 40°W e 50°W. Essa baixa está associada com um ciclone extratropical cujo ramo frio se estende em direção ao continente aproximadamente entre o leste de SC e o sul de Mato Grosso do Sul (MS). Nesse padrão sinótico, assim como foi identificado no segundo padrão sinótico associado com o CMC, também se observa um cavado sobre o Atlântico orientado de sudoeste a nordeste entre o leste de SC e a costa leste do Sudeste, porém concatenado com a borda norte do ciclone extratropical. Com esse campo bórico em superfície se estabelece um fluxo quente e úmido do interior do continente de quadrante oeste-noroeste sobre grande parte de SP, RJ e o sul de MG, determinando uma situação meteorológica pré-frontal. O anticiclone pós-frontal associado com a frente fria penetra pelo centro e norte da Argentina, sul e oeste do Paraguai, sul da Bolívia e o extremo oeste do Rio Grande do Sul (RS). A penetração meridional dessa alta migratória é favorecida pelos Andes que facilita a canalização do ar frio à leste dessa barreira montanhosa (Garreaud, 2000). Esse padrão sinótico em superfície também favorece a formação de uma área de baixa pmm sobre o oceano Pacífico próximo da costa do Chile, aproximadamente em torno de 33°S, que está associada com pouca nebulosidade e com episódios de poluição atmosférica (Garreaud *et al.*, 2002). Em função da atuação de uma frente fria no Sul do Brasil, esse padrão sinótico também mostra uma área de alta pressão relativa entre o centro-norte de MG, do ES e do sul da BA, relacionada com uma extensão do ASAS que está mais a leste sobre o Atlântico. Esse sistema de alta pressão relativo contribui para inibir a formação de chuva nessa área de influência.

Por último, o quarto padrão sinótico de importância observado em superfície durante a ECB

está relacionado com a presença de uma frente fria no Sudeste do Brasil. Durante os meses de novembro e março, esse padrão sinótico é representado pelas CP3, CP4 (Figura 1A) e CP2 (Figura 1E) explicando 15,8%, 14,6% e 16,9% da variância total, respectivamente (Tabela 1). Já durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro esse padrão sinótico é representado, respectivamente, pelas CP3, CP3 e CP4 (Figura 1B, Figura 1C e Figura 1D), explicando 13,4%, 12,4% e 9,9% da variância total (Tabela 1). O padrão sinótico relacionado com a frente fria no Sudeste mostra o sistema frontal no oceano Atlântico, aproximadamente entre o RJ e o Espírito Santo (ES). Durante o mês de novembro, o sistema frontal representado pela CP4 (Figura 1D) aparece localizado um pouco mais ao norte em relação aos meses de verão e de março, devido à variação sazonal do posicionamento do jato polar. Durante o inverno e primavera o jato polar atinge a posição mais ao norte e em consequência os sistemas frontais acompanham o deslocamento desse sistema de altitude (Escobar *et al.*, 2019). Durante o mês de novembro, o sistema frontal representado pela CP3 (Figura 1A) mostra o anticiclone pós-frontal mais amplo e abrangente cobrindo grande parte da Argentina, do Uruguai e do Sul do Brasil. Nesse caso é possível identificar uma frente fria no oceano na altura do sul do RJ e uma crista se estendendo do anticiclone pós-frontal para a Região Sudeste, atingindo inclusive uma pequena porção do extremo sul do Estado da Bahia. A crista mencionada anteriormente impede o avanço da frente fria pelo interior do continente, configurando-se em consequência um cavado invertido se estendendo entre o sul de MS, nordeste do Paraguai, oeste do PR e de SC e o noroeste do RS. Esse padrão sinótico é bastante parecido com o correspondente ao mês de março (CP2, Figura 1E), onde a frente fria está mais atrasada, posicionando-se aproximadamente sobre o leste de SP. Por outro lado, a CP4 de novembro (Figura 1A) é similar às CPs obtidas durante os meses de verão (CP3 Figura 1A, CP3 Figura 1C e CP4 Figura 1D), onde também consegue-se visualizar a presença da BNOA imediatamente a leste dos Andes.

Como era de esperar, devido à maior baroclinicidade observada nos meses de novembro e março, os padrões sinóticos relacionados com a atuação de

uma frente fria no Sul e Sudeste do Brasil, são mais representativos por explicarem maior variância do que no verão (Escobar *et al.*, 2019).

3.2 Altura Geopotencial em 500 hPa

Como os sistemas meteorológicos em superfície são um reflexo da circulação atmosférica observada na troposfera média, a ACP também foi aplicada para o nível de 500 hPa a fim de determinar a estrutura vertical dos principais padrões sinóticos atuantes durante a ECB. É importante ressaltar que a circulação atmosférica na troposfera média favorece a condução dos sistemas meteorológicos em superfície e em consequência contribui para a previsão de tempo (Sutcliffe, 1947). A análise dos resultados mostra quatro CPs para cada mês analisado que explicaram aproximadamente entre 87% e 93% da variância total dos dados, sendo que as três primeiras CPs representaram aproximadamente entre 81% e 90% da variância total dos dados (Tabela 2). É importante ressaltar que o número de CPs em 500 hPa é menor do que o identificado em superfície (Tabela 1), pois quanto mais se afasta da superfície, mais suavizado (menor variabilidade) é o escoamento atmosférico. Portanto, em 500 hPa se consegue representar a variância total dos dados com um menor número de CPs comparado à superfície. Esse comportamento diferencial em relação à superfície permite inferir que uma CP em 500 hPa pode estar relacionada com mais de uma CP em superfície. Em termos gerais, nota-se que a variância explicada por cada CP é bastante similar ao longo dos meses analisados. Pode-se observar que a CP1 é mais representativa durante os meses de novembro, dezembro e janeiro do que em fevereiro e março. Assim como foi observado em superfície, nota-se que o mês de novembro explica 93,3% da variância total explicada, aproximadamente entre 2% e 6% a mais em relação aos demais meses. As primeiras três séries de componentes de peso correspondentes ao nível de 500 hPa (Figuras não mostradas) apresentaram valores maiores que 0,7. A quarta CP não foi considerada neste trabalho já que explicou menos de 6% da variância. Esse padrão sinótico também representa situações meteorológicas reais, porém menos frequentes.

CPs	novembro		dezembro		janeiro		fevereiro		março	
	Var	Var.A	Var	Var.A	Var	Var.A	Var	Var.A	Var	Var.A
1	34,2	34,2	31,8	31,8	34,1	34,1	30,9	30,9	29,2	29,2
2	29,8	64,0	30,3	62,1	27,3	61,4	30,8	61,7	29,1	58,3
3	26,3	90,3	26,3	88,4	24,2	85,6	19,7	81,4	27,4	85,7
4	3,0	93,3	3,3	91,7	3,6	89,2	5,6	87,0	3,2	88,9

Tabela 2 Porcentagens (%) da variância total explicada (Var) e da variância acumulada (Var.A) pelas quatro primeiras CPs em 500 hPa para cada um dos cinco meses analisados (novembro-março).

A Figura 2 apresenta as CPs obtidas em 500 hPa para cada um dos cinco meses analisados. Em termos gerais, observam-se padrões sinóticos parecidos em todos os meses analisados. Devido à menor variabilidade da circulação atmosférica em altitude, as CPs identificadas em 500 hPa são mais suavizadas, ressaltando apenas as características sinóticas principais, podendo subestimar sistemas meteorológicos de ondas mais curtas ou menos baroclínicas. Durante os meses de novembro, dezembro e janeiro, o padrão sinótico mais representativo identificado em 500 hPa está associado com a presença de um intenso cavado orientado quase de forma meridional que se estende desde o oceano Atlântico Sul até a Região Sudeste do Brasil (CP1 Figura 2A, CP1 Figura 2B, CP1 Figura 2C, respectivamente). Esse sistema de baixa pressão em altitude geralmente está associado com a atuação de uma frente fria em superfície, principalmente no oceano na altura da costa do Sudeste. Na retaguarda desse intenso cavado frontal se observa uma intensa crista que também se estende de forma meridional e cobre o centro e norte da Argentina, Paraguai e parte do extremo oeste do RS. Em fevereiro e março, esse padrão de circulação em 500 hPa é representado pela CP3 (Figura 2D e Figura 2E). Esse campo de altura geopotencial em 500 hPa favorece a intensificação das chuvas sobre o interior da Região Sudeste e parte das Regiões Centro-Oeste e Nordeste do Brasil e inibe a formação de chuva sobre grande parte do Centro-sul do Brasil (Escobar, 2018).

Durante fevereiro e março, o padrão sinótico mais frequente no nível de 500 hPa está relacionado com um intenso núcleo anticiclônico centrado sobre o Atlântico Sul, porém cobrindo grande parte das Regiões Sul e Sudeste do Brasil (CP1 Figura 2D e

CP1 Figura 2E, respectivamente). A oeste desse sistema de alta pressão, nota-se um cavado se estendendo desde noroeste a sudeste entre o oceano Pacífico e Argentina. Durante os meses de novembro, dezembro e janeiro esse padrão de circulação está representado pela CP2 (Figura 2A, Figura 2B e Figura 2C, respectivamente). O anticiclone observado nesse padrão sinótico está relacionado com a atuação do ASAS, tanto na sua posição média climatológica como também mais ao sul adquirindo características de bloqueio (Marengo *et al.*, 2012; Escobar, 2018). Por outro lado, o intenso fluxo baroclínico de noroeste determinado pelo cavado identificado no Pacífico contribui à formação da BNOA, devido ao aquecimento adiabático por subsidência gerado à leste dos Andes (Seluchi *et al.*, 2003). Por último, existe um outro padrão sinótico em 500 hPa relacionado com um intenso cavado que também se orienta de forma quase meridional desde o Atlântico Sul em direção ao Paraguai e o sul do MS. Esse sistema de baixa pressão em altitude geralmente está associado com a atuação de uma frente fria em superfície na Região Sul do Brasil. Durante os meses de novembro, dezembro e janeiro, esse campo de circulação em 500 hPa encontra-se representado pela CP3 (Figura 2A, Figura 2B e Figura 2C, respectivamente) e durante fevereiro e março pela CP2 (Figura 2D e Figura 2E, respectivamente). Com esse padrão sinótico em 500 hPa, a Região Sudeste aparece influenciada pela atuação de um sistema de alta pressão que contribui para inibir as chuvas nessa Região, já que a precipitação tende a ficar concentrada sobre a Região Sul do Brasil por causa do sistema frontal que atua em superfície.

3.3 Relação entre Padrões de Circulação em Superfície e 500 hPa

A relação entre ambos os níveis permitiu identificar quatro padrões sinóticos principais durante a ECB. Como foi mencionado na Seção 3.2, devido à menor variabilidade observada em 500 hPa, a CP1 e CP2 de 500 hPa foram relacionadas simultaneamente com duas CPs de superfície. Esse comportamento foi observado durante os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. A Tabela 3 mostra a relação das CPs entre ambos os níveis para cada um

Classificação Sinótica Durante a Estação Chuvosa do Brasil
Gustavo Carlos Juan Escobar

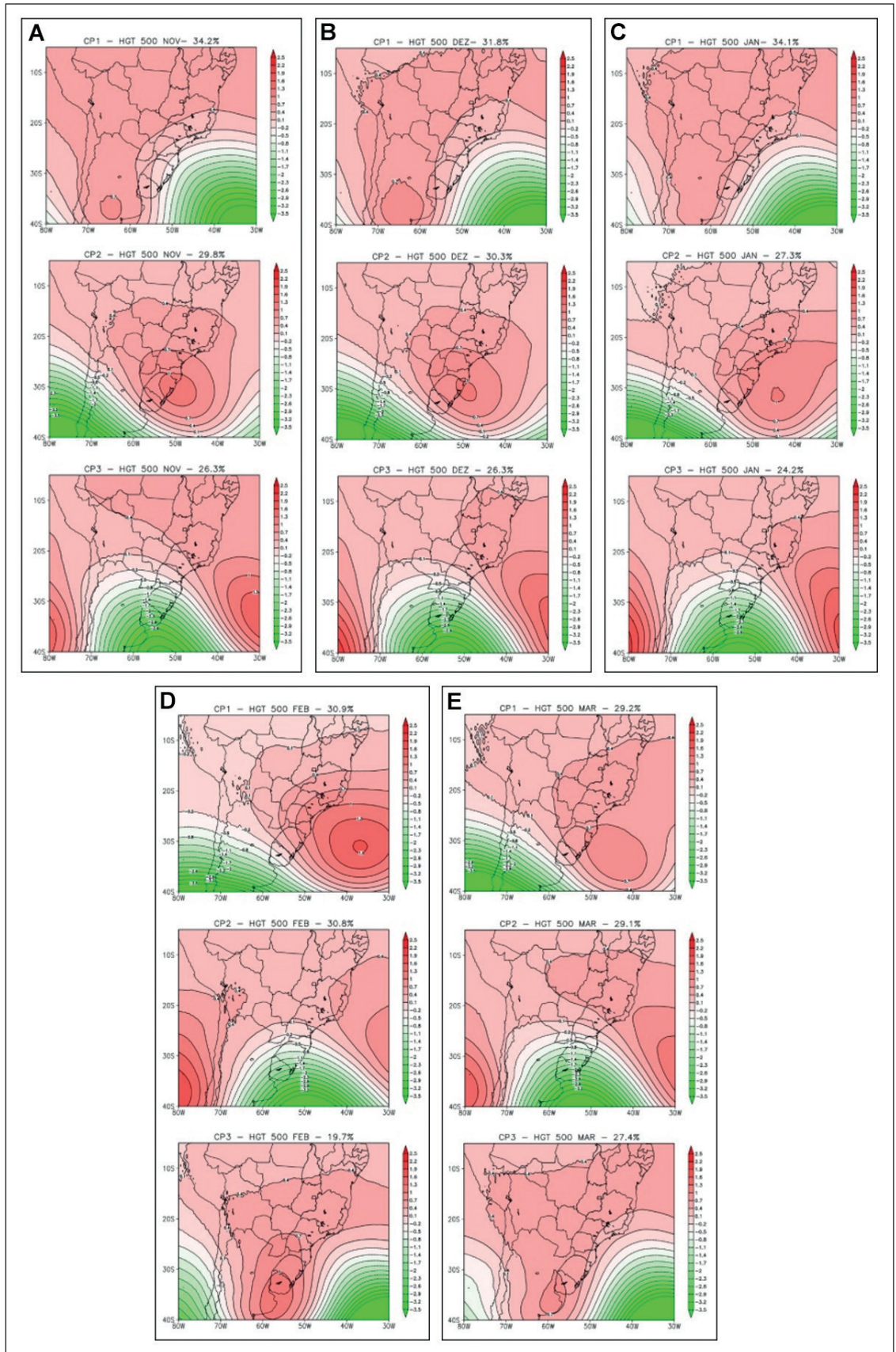


Figura 2 CPs em 500 hPa durante a ECB; A. Novembro; B. Dezembro; C. Janeiro; D. Fevereiro; E. Março.

dos quatro padrões sinóticos identificados durante os cinco meses estudados. Os padrões sinóticos foram denominados da seguinte maneira:

Alta de Bloqueio (A_BLO): Padrão sinótico associado com uma configuração de tipo bloqueio no oceano Atlântico Sul.

Campo médio climatológico (CMC): Padrão sinótico associado com o campo médio climatológico.

Frente fria no Sul (F_SUL): Padrão sinótico associado com a presença de uma frente fria na Região Sul do Brasil.

Frente fria no Sudeste (F_SUD): Padrão sinótico associado com a presença de uma frente fria na Região Sudeste do Brasil.

Nota-se que durante o mês de novembro o padrão CMC não foi identificado devido a que apresenta mais semelhança com o padrão A_BLO, como foi discutido na Seção 3.1. Por outro lado, os padrões sinóticos A_BLO e CMC apresentam as mesmas CPs no nível de 500 hPa.

	novembro		dezembro		janeiro		fevereiro		março	
	500	Sup	500	Sup	500	Sup	500	Sup	500	Sup
A_BLO	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP1	CP2	CP1	CP1
CMC			CP2	CP2	CP2	CP2	CP1	CP1	CP1	CP4
F_SUL	CP3	CP2	CP3	CP4	CP3	CP4	CP2	CP3	CP2	CP3
F_SUD	CP1	CP3	CP1	CP3	CP1	CP3	CP3	CP4	CP3	CP2

Tabela 3 Relação das CPs entre os níveis de 500 hPa e superfície (Sup) para cada um dos quatro padrões sinóticos identificados durante os cinco meses estudados (novembro-março).

As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram situações meteorológicas reais em 500 hPa e superfície relacionadas com os quatro padrões sinóticos descritos, para cada um dos cinco meses analisados. Assim como foi mencionado na Seção 2, as situações meteorológicas reais foram determinadas através das séries temporais de componentes de peso (figuras não mostradas).

O padrão A_BLO (Figura 3), mostra ao longo de toda a ECB, situações sinóticas semelhantes tendo como destaque a atuação de um anticiclone pós-frontal em superfície que reflete no nível de 500 hPa

através de uma crista que se estende de noroeste a sudeste em direção ao Atlântico Sul. Devido ao lento deslocamento desse anticiclone, a estrutura vertical da atmosfera adquire um comportamento mais barotrópico, fazendo com que essa situação meteorológica seja mais persistente. A maioria dos casos, exceto no mês de fevereiro, mostra um cavado de onda relativamente curta e pouco baroclínico em 500 hPa, de inclinação noroeste-sudeste e localizado no oceano Atlântico aproximadamente ao sul e leste de SP ou à leste do RJ. Esse sistema de baixa pressão em altitude geralmente está associado com a presença de um sistema frontal estacionário ou de um cavado invertido em superfície que em ocasiões pode permanecer por vários dias configurando um episódio de ZCAS (Escobar, 2018). Em algumas situações, pode-se formar um ciclone extratropical com fraca baroclinicidade no oceano na altura de SP e RJ que em alguns casos pode adquirir características subtropicais (Evans & Braun, 2012) e contribuir na intensificação das chuvas no litoral desses estados. Neste padrão sinótico também é possível identificar a BCH entre o norte da Argentina, oeste do Paraguai e sul da Bolívia com características térmicas, devido à presença de uma crista em 500 hPa. A Figura 4 mostra o padrão CMC entre os meses de dezembro e março, indicando em superfície o posicionamento médio climatológico do ASAS, afastado mais para leste em relação ao padrão A_BLO. Também se identifica a BNOA que em ocasiões pode se concatenar com uma frente fria localizada na Província de Buenos Aires (Argentina), especialmente durante os meses de dezembro e janeiro (Figura 4A e Figura 4B).

Nota-se que em 500 hPa se observa o predomínio de um anticiclone, principalmente no oceano Atlântico Sul dando suporte dinâmico ao ASAS. Mais ao sul, próximo do centro-norte do Chile e do oeste da Argentina se observa um cavado dando suporte dinâmico à frente em superfície. Na Figura 5 apresenta-se a estrutura vertical do padrão F_SUL durante os meses da ECB. Ao longo desse período pode-se observar uma frente fria sobre a Região Sul do Brasil e seu correspondente anticiclone pós-frontal adentrando pelo interior do continente. Na troposfera média, observa-se o correspondente cavado frontal que se posiciona aproximadamente entre a Argentina e o Sul do Brasil. O eixo desse cavado geralmente apresenta uma orientação noroeste-sudeste, como pode ser observado durante os meses de novembro, fevereiro e março (Figura 5A, Figura 5D e Figura 5E). Em novembro, o cavado frontal encon-

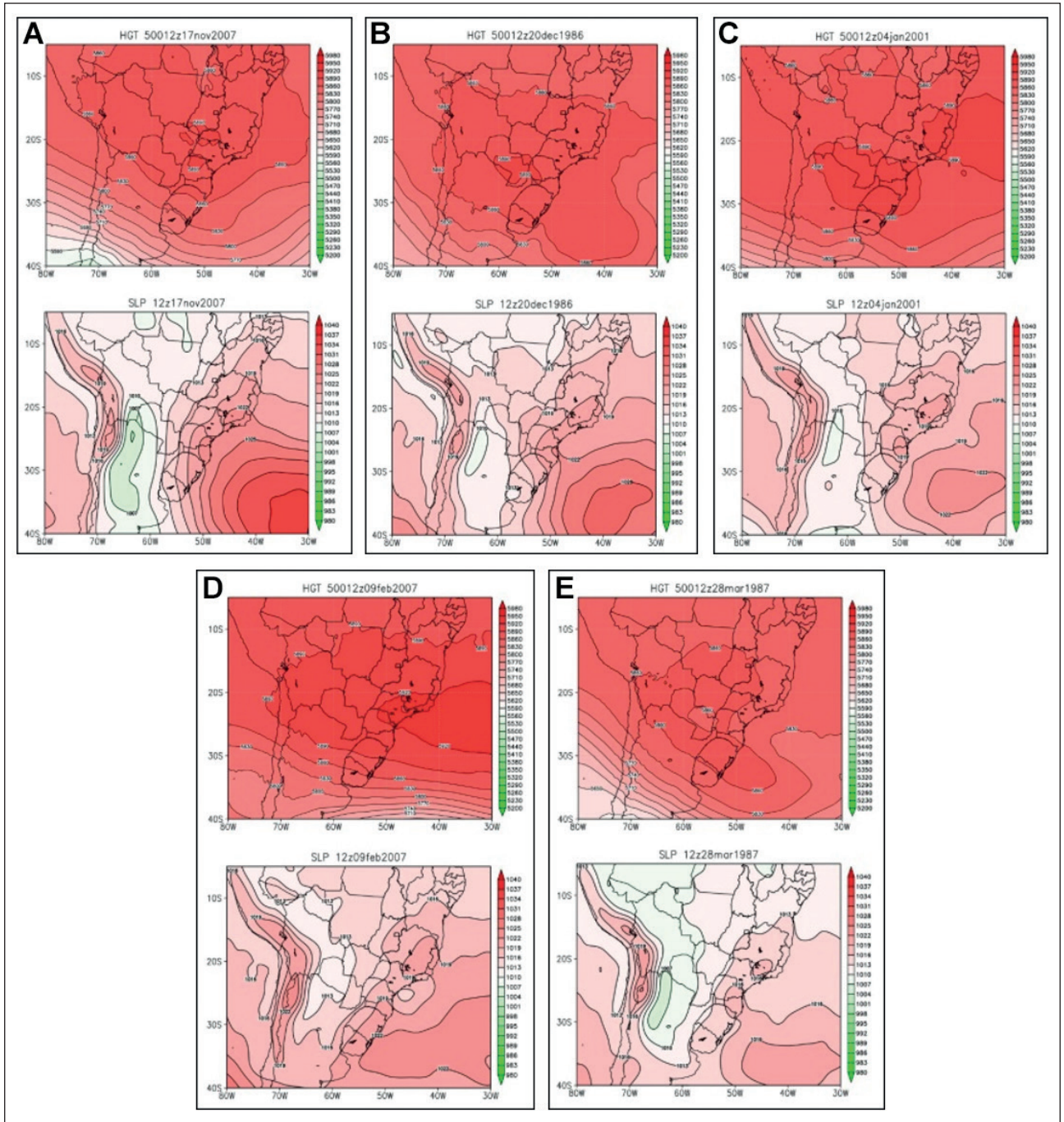


Figura 3 Situações meteorológicas reais em 500 hPa e em superfície associadas com o padrão sinótico A_BLO, correlacionadas com as CPs, para cada um dos cinco meses analisados; Altura geopotencial em 500 hgt (mgp)(superior) e pressão ao nível médio do mar (hPa)(inferior); A. Novembro: 17/11/2007; B. Dezembro: 20/12/1986; C. Janeiro: 04/01/2001; D. Fevereiro: 09/02/2007; E. Março: 28/03/1987.

tra-se mais intenso e menos amplificado, entretanto durante os meses fevereiro e março, esse sistema aparece mais amplificado devido à maior curvatura ciclônica. Essa característica contribui para o aumento da advecção de vorticidade ciclônica nesse nível, favorecendo o processo ciclogênico sobre o

oceano, como pode ser observado na Figura 5D e Figura 5E através da presença de um ciclone extratropical próximo da costa leste do RS.

Por último, na Figura 6 se apresenta a estrutura vertical do padrão F_SUD, onde se identifica claramente uma frente fria na costa leste do Sudeste,

Classificação Sinótica Durante a Estação Chuvosa do Brasil
 Gustavo Carlos Juan Escobar

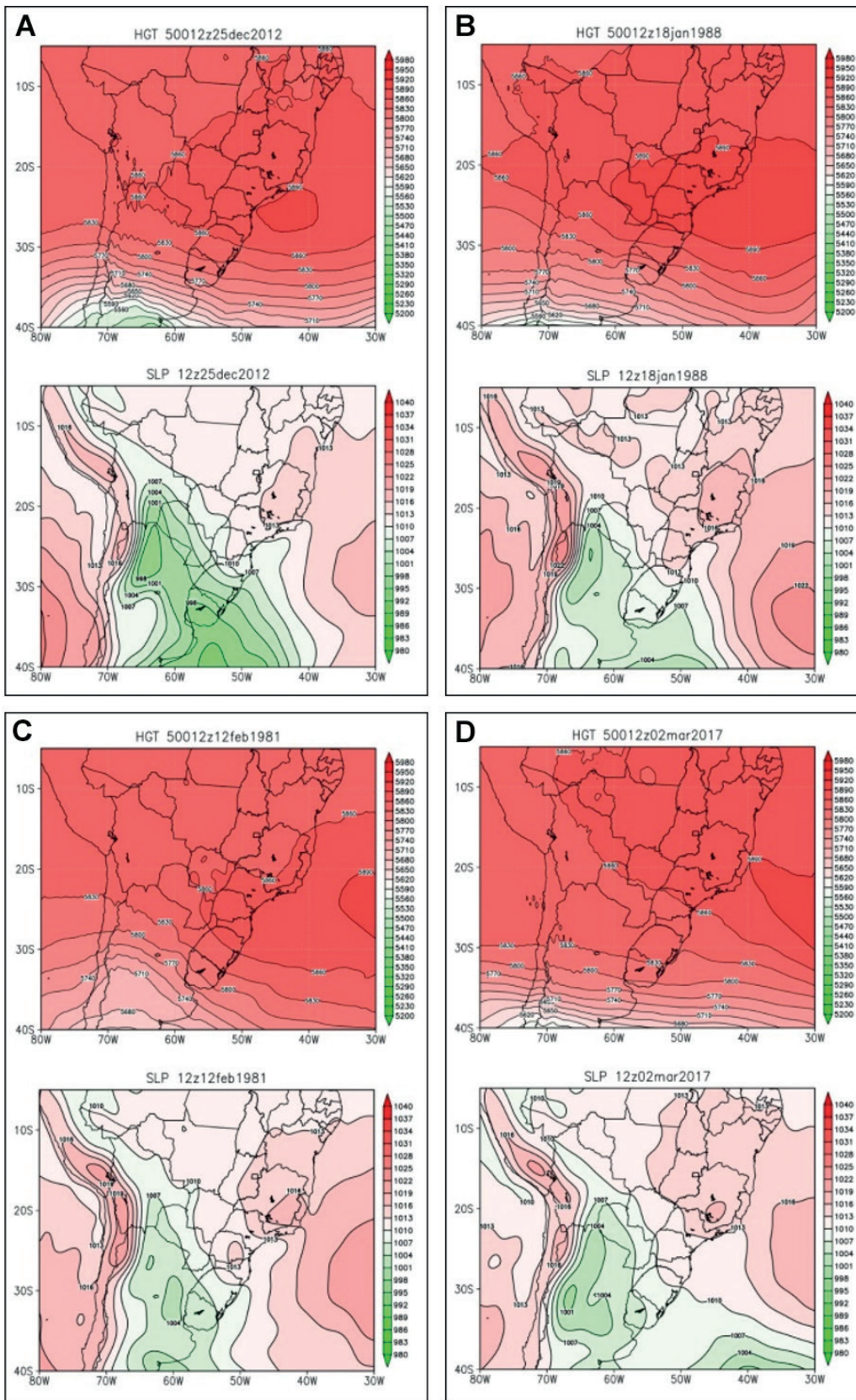


Figura 4 Situações meteorológicas reais em 500 hPa e em superfície associadas com o padrão sinótico CMC, correlacionadas com as CPs, para cada um dos cinco meses analisados; Altura geopotencial em 500 hgt (mgp) (superior) e pressão ao nível médio do mar (hPa)(inferior); A. Dezembro: 25/12/2012; B. Janeiro: 18/01/1988; C. Fevereiro: 12/02/1981, D. Março: 02/03/2017.

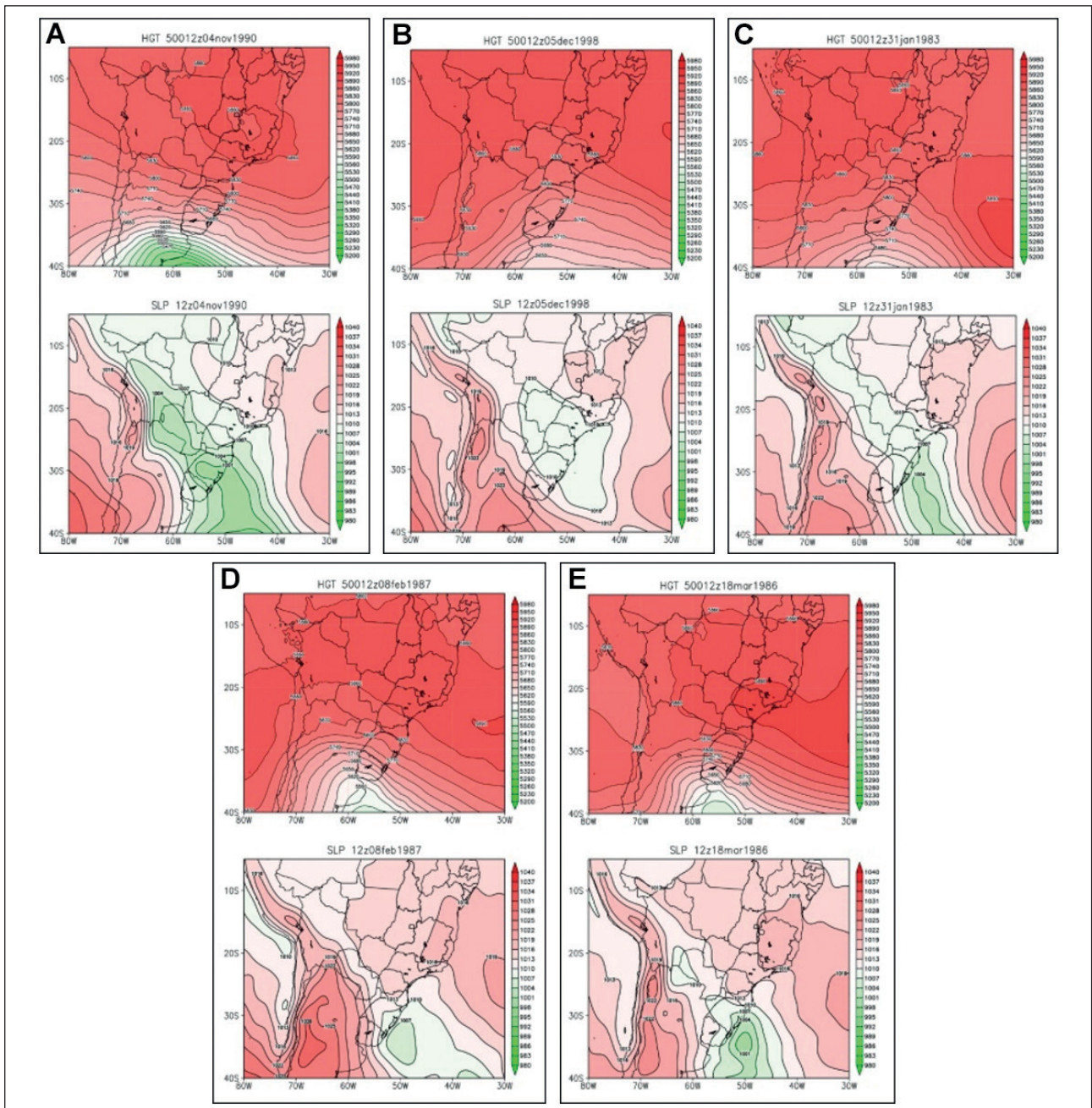


Figura 5 Situações meteorológicas reais em 500 hPa e em superfície associadas com o padrão sinótico F_SUL, correlacionadas com as CPs, para cada um dos cinco meses analisados; Altura geopotencial em 500 hgt (mgp)(superior) e pressão ao nível médio do mar (hPa) (inferior); A. Novembro: 04/11/1990; B. Dezembro: 05/12/1998; C. Janeiro: 31/01/1983; D. Fevereiro: 08/02/1987; E. Março: 18/03/1986.

aproximadamente entre SP e ES. Como foi mencionado anteriormente na Seção 3.1, o mês de novembro apresenta dois padrões sinóticos associados com a presença de uma frente fria no Sudeste, cuja principal diferença está relacionada com a abrangência do anticiclone pós-frontal. Porém, a Figura 6A mostra apenas o sistema frontal correspondente ao padrão mais parecido com os meses do verão. Em 500

hPa observa-se o cavado frontal posicionado sobre o oceano Atlântico cujo eixo se estende em direção à costa do Sudeste. Assim como foi mencionado no padrão F_SUL, em algumas oportunidades é possível observar a presença do ciclone extratropical um pouco mais ao norte sobre o oceano, como mostram os meses de novembro e fevereiro (Figura 6A e Figura 6D, respectivamente).

Classificação Sinótica Durante a Estação Chuvosa do Brasil
Gustavo Carlos Juan Escobar

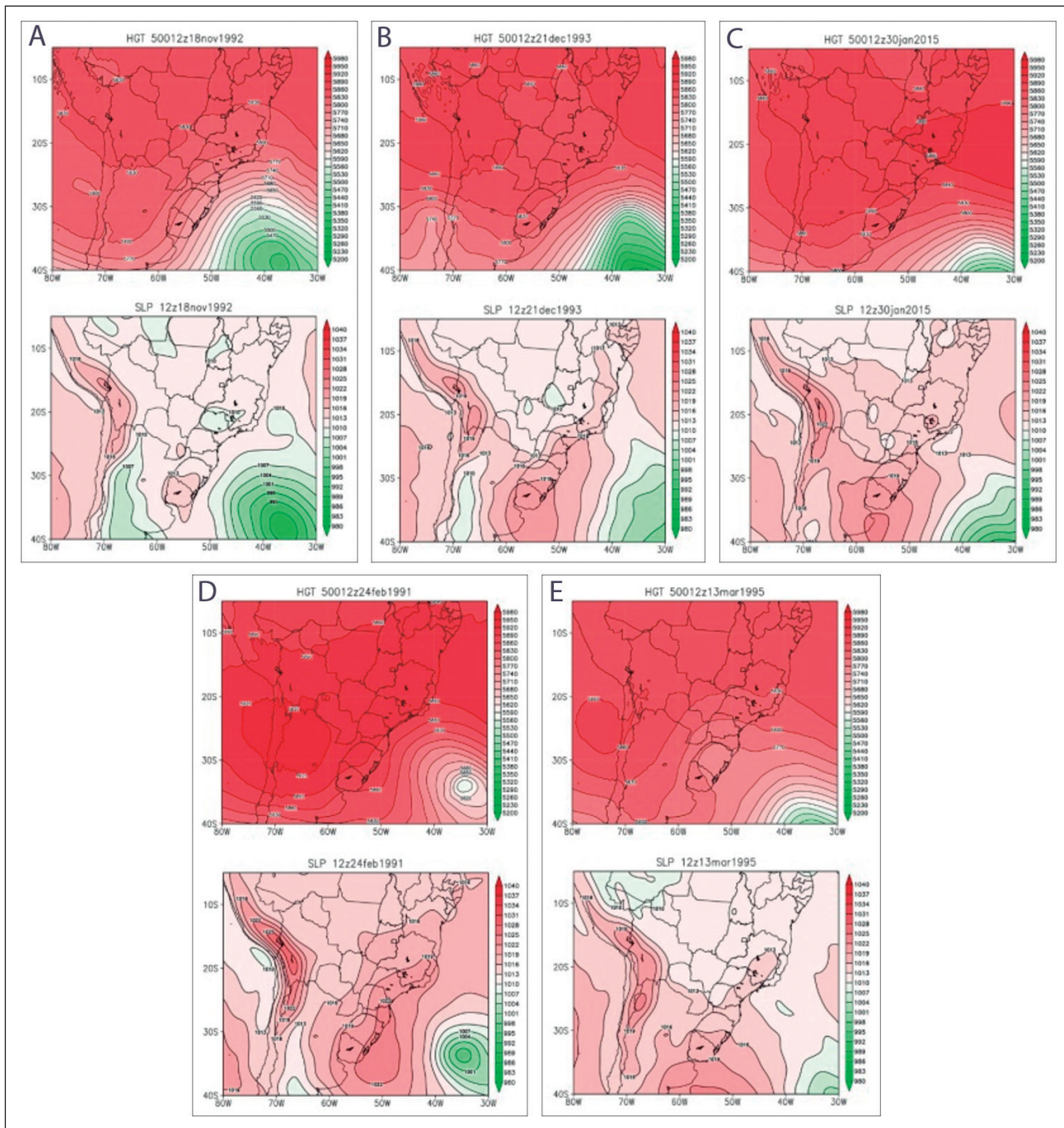


Figura 6 Situações meteorológicas reais em 500 hPa e em superfície associadas com o padrão sinótico F_SUD, correlacionadas com as CPs, para cada um dos cinco meses analisados; Altura geopotencial em 500 hgt (mgs)(superior) e pressão ao nível médio do mar (hPa)(inferior); A. Novembro: 18/11/1992; B. Dezembro: 21/12/1993; C. Janeiro: 30/01/2015; D. Fevereiro: 24/02/1991; E. Março: 13/03/1995.

4 Conclusões

Neste trabalho foi feita uma classificação sinótica em superfície e em 500 hPa durante a ECB para o período de 1979 a 2016, com o intuito de identificar os principais sistemas meteorológicos

de escala sinótica que influenciam o tempo durante esse período. Como o escoamento em níveis médios é mais suavizado do que nos níveis mais baixos, seis CPs representaram a maior parte da variância dos dados em superfície, enquanto

em 500 hPa, quatro CPs. Os resultados encontrados mostraram semelhanças em relação à variabilidade sinótica para cada um dos cinco meses analisados, principalmente durante o verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Durante os meses de transição (novembro e março) houve menor variabilidade sinótica já que nesse período do ano a baroclinicidade é maior (Foss *et al.*, 2017; Escobar *et al.*, 2019) e, portanto, é necessário um menor número de padrões sinóticos para representar a mesma variabilidade que ocorre durante o verão. Foram identificados quatro padrões sinóticos principais durante a ECB. Os dois padrões sinóticos mais frequentes estiveram associados com a presença do ASAS; um deles com o sistema de alta pressão localizado mais ao sul e adquirindo características de tipo bloqueio (padrão A_BLO) e o outro com o sistema anticiclônico localizado aproximadamente na posição média climatológica (padrão CMC). Os outros dois padrões sinóticos estiveram relacionados com a presença de uma frente fria nas Regiões Sul (padrão F_SUL) e Sudeste (padrão F_SUD), respectivamente. O padrão A_BLO caracterizou-se pela presença do ASAS ao sul da sua posição média climatológica, aproximadamente em 35°S, 40°W e pela atuação da BCH, principalmente com características térmicas. Em 500 hPa, observou-se a presença de uma intensa crista se estendendo desde o continente até ao Atlântico Sul e a presença de um cavado de onda relativamente curta e pouco baroclínico no oceano Atlântico dando suporte dinâmico ao um sistema frontal estacionário no oceano na altura do Sudeste do Brasil. A persistência desse padrão sinótico geralmente está associado como episódios de ZCAS, intensificando as chuvas sobre parte do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Escobar, 2018). O padrão CMC caracterizou-se pela atuação do ASAS sobre o oceano Atlântico, mais afastado do continente, em relação ao padrão A_BLO e a presença da BNOA com características mais dinâmicas devido à influência de um cavado em 500 hPa e de uma frente fria que se encontrava no centro da Argentina. Em 500 hPa também se observou a presença de uma crista com maior intensidade sobre o oceano Atlântico, dando suporte dinâmico ao ASAS. A borda ocidental desse sistema de alta pressão contribui para inibir os mecanismos dinâmicos de levantamento e para advectar ar quente e úmido mediante a circu-

lação de quadrante norte e nordeste sobre boa parte do Sudeste. Portanto, esse padrão de circulação pode estar associado apenas com chuva de tipo convectiva sobre o Sudeste do Brasil, provocada principalmente por fatores termodinâmicos. Por último, os padrões sinóticos F_SUL e F_SUD mostraram uma frente fria nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, sendo mais representativos durante os meses de novembro e março, devido à existência de maior baroclinicidade. O padrão F_SUL mostrou no geral para todos os meses, uma frente fria se estendendo desde o leste de SC até o sul de MS, entretanto o padrão F_SUD apresentou o sistema frontal sobre o oceano Atlântico na altura entre a costa de SP e do ES. Ambos os padrões sinóticos mostraram em 500 hPa a atuação um cavado com eixo quase meridional, refletindo o sistema frontal em superfície. O padrão F_SUL também apresentou em superfície um cavado oceânico se estendendo em direção à costa de SP e do RJ e uma área de alta pressão relativa no ES e no interior de MG. Esse modelo de circulação em superfície e altitude favorece a geração de chuvas sobre o Sul e inibe a chuva sobre grande parte do Sudeste. O padrão de circulação F_SUD geralmente está associado com forte convergência de umidade sobre a costa leste do Sudeste e em consequência com a ocorrência de chuvas que se estendem pelo interior do continente (Escobar, 2018).

Finalmente, destaca-se que os resultados obtidos neste trabalho podem ser úteis para os previsores que trabalham em centros operacionais de previsão do tempo.

5 Agradecimentos

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil pelo apoio financeiro através do projeto Universal N°424157/2016-0.

6 Referências

- Andrade, K.M. 2005. *Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado, 185p.
- Carvalho, L.M.V; Jones, C. & Liebmann, B. 2004. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence

- ce, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of Climate*, 17: 88–108.
- Cattell, R. 1978. *The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences*. New York and London, Plenum Press. 617 p.
- Escobar, G.C.J. & Seluchi, M.E. 2012. Classificação sinótica dos campos de pressão atmosférica na América do Sul e sua relação com as Baixas do Chaco e do Noroeste Argentino. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27(3): 365-375.
- Escobar, G.C.J.; Seluchi, M. & Andrade, K. 2016. Classificação sinótica de frentes frias associadas a chuvas extremas no leste de Santa Catarina (SC). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4): 649-661.
- Escobar, G.C.J. 2018. Climatologia sinótica associada com episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Maceió (AL), 2018.
- Escobar, G.C.J.; Reboita, M.S. & Souza, A. 2019. Climatology of surface baroclinic zones in the coast of Brazil. *Atmosfera*, 32(2): 129-141.
- Evans, J.L. & Braun, A. 2012. A climatology of subtropical cyclones in the South Atlantic. *Journal of Climate*, 25: 7328–7340.
- Ferraz, S.E.T. & Ambrizzi, T. 2006. Caracterização da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) em dados de precipitação. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Florianópolis (SC), 2006.
- Foss, M.; Chou, S.C. & Seluchi M.E. 2017. Interaction of cold fronts with the Brazilian plateau: A climatological analysis. *International Journal of Climatology*, 37 (9): 3644-3659.
- Garreaud, R.D. 2000. Cold air incursions over subtropical South America: mean structure and dynamics. *Monthly Weather Review*, 128: 2544–2559.
- Garreaud, R.D.; Rutllant, J. & Fuenzalida, H. 2002: Coastal lows along the subtropical west coast of South America: Mean structure and evolution. *Monthly Weather Review*, 130: 75–88.
- Green, P.E. & Carroll, J.D. 1978. *Analyzing Multivariate Data*. The Dryden Press. Illinois, 519p.
- Kodama, Y.M., 1992. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 70: 813–835.
- Kousky, V.E., 1979. Frontal Influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, 107: 1140-1153.
- Marengo, J.A.; Liebmann, B.; Grimm, A.M.; Misra, V.; Silva Dias, P.L.; Calvalcanti, I.F.A.; Carvalho, L.M.V.; Berbery, E.H.; Ambrizzi, T.; Vera, C.S.; Saulo, A.C.; Nogueira-Paegle, J.; Zipsper, E.; Seth, A. & Alves, L. 2012. M. Review recent developments on the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, 32 (1): 1-21.
- Quadro, M.F.L. 1994. *Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado, 123p.
- Quadro, M.F.L. 2012. *Estudo de Vórtices Ciclônicos de Mesoescala associados à Zona de Convergência do Atlântico Sul*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 141p.
- Reboita, M.S.; Gan, M.A.; Rocha, R.P. & Ambrizzi, T. 2010. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25 (2): 185-204.
- Reboita, M.S.; Marietto, D.M.G.; Souza, A. & Barbosa, M. 2017. Caracterização Atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região Sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21: 20-37.
- Richman, M. 1986. Rotation of Principal Components. *Journal of Climatology*, 6 (3): 293-335.
- Richman, M.; Angel, J. & Gong, X. 1992. Determination of Dimensionality in Eigenanalysis. In: V INTERNATIONAL MEETING ON STATISTICAL CLIMATOLOGY, 6, Toronto, Canadá, 1992.
- Saha, S.; Moorthi, S.; Pan, H.; Wu, X.; Wang, J.; Nadiga, S.; Tripp, P.; Kistler, R.; Woollen, J.; Behringer, D.; Liu, H.; Stokes, D.; Grumbine, R.; Gayno, G.; Wang, J.; Hou, Y.; Chuang, H.; Juang, H.H.; Sela, J.; Iredell, M.; Treadon, R.; Kleist, D.; Delst, P.V.; Keyser, D.; Derber, J.; Ek, M.; Meng, J.; Wei, H.; Yang, R.; Lord, S.; van den Dool, H.; Kumar, A.; Wang, W.; Long, C.; Chelliah, M.; Xue, Y.; Huang, B.; Schemm, J.; Ebisuzaki, W.; Lin, R.; Xie, P.; Chen, M.; Zhou, S.; Higgins, W.; Zou, C.; Liu, Q.; Chen, Y.; Han, Y.; Cucurull, L.; Reynolds, R.W.; Rutledge, G. & Goldberg, M. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91: 1015-1057.
- Saha, S.; Moorthi, S.; Wu, X.; Wang, J.; Nadiga, S.; Tripp, P.; Behringer, D.; Hou, Y.; Chuang, H.; Iredell, M.; Ek, M.; Meng, J.; Yang, R.; Mendez, M.P.; van den Dool, H.; Zhang, Q.; Wang, W.; Chen, M. & Becker, E. 2014. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 27: 2185-2208.
- Santos, D.F. & Reboita, M.S. 2018. Jatos de baixos níveis a leste dos andes: comparação entre duas reanálises. *Revista Brasileira de Climatologia*, 22: 423-445.
- Seluchi, M.E.; Saulo, C.; Nicolini, M. & Satyamurty, P. 2003. The Northwestern Argentinean Low: A Study of Two Typical Events. *Monthly Weather Review*, 131: 2361-2378.
- Sinclair, M.R. 1996. A Climatology of Anticyclones and Blocking for the Southern Hemisphere. *Monthly Weather Review*, 124: 245-263.
- Sutcliffe, R. C. 1947. A contribution to the problem of development. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 73: 370–383.