



A DINÂMICA DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NO VERÃO 2012-2013 NO PARANÁ E EM CAMPO MOURÃO¹

BORSATO, Victor da Assunção²

MENDONÇA, Francisco de Assis³

RESUMO:

O Estado do Paraná, no Sul do Brasil, é atravessado pela latitude do Trópico de Capricórnio e, por essa razão, encontra-se numa faixa de transição climática e fortemente influenciada pela estacionalidade. No verão, prevalecem os sistemas atmosféricos de baixa pressão, e no inverno, de alta. No mesmo ritmo, ocorrem as chuvas; as convectivas são as mais abundantes no verão e as frontais prevalecem no inverno. A cidade de Campo Mourão está localizada na região centro oeste do estado do Paraná e na borda da linha de Capricórnio. Com o objetivo de quantificar os sistemas atmosféricos que atuam na estação mais quente na região de Campo Mourão e a espacialização para o Estado do Paraná, investigou-se os sistemas a partir de quatro localidades, Foz do Iguaçu, Campo Mourão, Diamante do Norte e Ilha do Mel. Os sistemas atmosféricos avançam a partir dos seus centros de origem e impõem as suas características, determinando o estado do tempo. Para o oeste do Paraná, verifica-se que a massa Tropical continental e a Equatorial continental são os dois sistemas predominantes. Embora também sejam para o leste, a massa Polar e a Tropical atlântica ampliam as participações. Para Campo Mourão, também se executou a análise rítmica; ela mostrou que, mesmo na estação mais quente, os sistemas de alta pressão atuam, embora com características atenuadas. Essa caracterização climática contribui para ampliar os conhecimentos da dinâmica atmosférica para a estação do verão para o Paraná e para Campo Mourão.

Palavras-chave: Climatologia Geográfica; Dinâmica das massas de ar; Estado do tempo.

¹ Questão ambiental urbana;

² Doutor em Ciências Ambientais e professor Adjunto do Departamento de Geografia da UNESPAR campus de Campo Mourão – Disciplina de Climatologia Prática e Climatologia Básica – Associado da ABClima – victorb@fecilcam.br.

³ Professor Doutor, Titular do Departamento de Geografia e Coordenador do Curso de Doutorado Interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR – Associado da ABClima – chico@ufpr.br



DYNAMICS OF ATMOSPHERIC SYSTEMS IN 2012-2013 SUMMER IN PARANÁ AND CAMPO MOURÃO

ABSTRACT:

The State of Paraná, in southern Brazil, is crossed by the latitude of the Tropic of Capricorn. For this reason, it is situated in a range of climatic transition and strongly influenced by seasonality. In summer, the low pressure atmospheric systems prevail, and in winter, the high ones. In the same rhythm, there are rainfall occurrences: the convective are the most abundant in summer, and the frontal prevail in winter. The city of Campo Mourão is located in the central west region of Paraná, on the edge of the line of Capricorn. In order to quantify the atmospheric systems that operate in the hottest season in the region of Campo Mourão and the spatialization for the State of Paraná, the systems from four locations were investigated: Foz do Iguaçu, Campo Mourão, Diamante do Norte and Ilha do Mel. Atmospheric systems advance from their centers of origin and impose their characteristics, determining the state of weather. For the west of Paraná, continental Tropical and continental Equatorial masses are the predominant systems. Although both are also present in the east, Polar and Atlantic Tropical masses extend their participation. For Campo Mourão, rhythmic analysis was also performed: it showed that the high-pressure systems operate even in the hottest season, although with attenuated characteristics. This climatic characterization contributes to enlarge the knowledge on atmospheric dynamics in the summer season for Paraná and Campo Mourão.

Keywords: Geographical Climatology; dynamics of air masses; state of weather.

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Campo Mourão é um dos importantes centros regionais do Estado do Paraná, localizada na mesorregião Centro Ocidental Paranaense, importante região agrícola, produtora de soja e milho, principalmente. O estado do Paraná, na Região Sul do Brasil, faz fronteira com o Estado de São Paulo e Mato Grosso do Sul no Sudeste e Centro Oeste do Brasil, respectivamente. A posição geográfica ($-24^{\circ} 02' 44''$ de latitude e $-52^{\circ} 22' 59''$ de longitude (IPARDES, 2012)) mostra que a cidade está próxima do Trópico de Capricórnio, paralelo referência climática. O Trópico delimita as zonas climática da Terra: ao sul, tem-se o clima temperado; ao norte, o clima é o tropical (NIMER, 1979).

O clima é controlado por elementos físicos, astronômicos e geográficos; o paralelo do Trópico indica apenas o centro de uma ampla faixa de transição climática. Essa condição propicia grandes oscilações estacionais. No verão, o Sol ilumina perpendicularmente a região do trópico. No inverno, além da diminuição do fotoperíodo, o ângulo da luz incidente é



superior aos 46°; com isso, a intensidade da luz solar varia ao longo das estações, proporcionando intenso aquecimento no verão.

A geometria do continente sulamericano, cônica em direção ao sul, aumenta as influências das massas líquidas para o Sul do Brasil, cercado pelo Atlântico no leste e Pacífico no oeste. Deve-se considerar também a grande barreira orográfica na porção oeste, representada pela cordilheira dos Andes, obstáculo natural ao escoamento atmosférico para os níveis mais baixos. Considerando ainda que a região de estudo localiza-se aproximadamente nos mesmos rumos das trocas de direção dos ventos globais que fluem para o oeste ao norte do Trópico, e para leste ao sul, também ocorre o retorno do contra-alísio, ar arrefecido que fecha a célula de Haldrey, gerando os centros de alta pressões subtropicais.

Na estação do verão, a perpendicularidade dos raios solares e ampliação do fotoperiodismo geram aquecimento intenso de norte ao sul do Brasil. Por outro lado, no inverno, a inclinação do Sol e a redução do fotoperiodismo proporcionam um aquecimento tímido para o Sul do Brasil. Nessa circunstância, a diferença norte sul se amplia. Nos estados do Sul, a estação do inverno apresenta, às vezes, temperaturas negativas, enquanto no norte do país as médias são pouco alteradas.

Diante dessas considerações, a cidade de Campo Mourão se encontra em uma ampla faixa que apresenta uma grande amplitude estacional. O verão se caracteriza como a estação quente e úmida, com chuvas bem distribuídas e do tipo convectivas. O inverno é a estação de temperaturas amenas, às vezes frio, as chuvas são mais irregulares e do tipo frontal. Essas considerações implicam também nas alterações dos sistemas atmosféricos predominantes. Os sistemas de baixa pressão, representados pelas massas Tropical continental e Equatorial continental, atuam mais intensamente nos meses mais quentes, e aqueles de alta pressão, representados pela massa Polar atlântica e pela Tropical atlântica, são mais atuantes nos meses mais frios.

O clima de uma localidade ou região é o resultado da interação dos elementos geográficos, da posição astronômica e da circulação geral da atmosfera. Na classificação climática de Nimer (1979), fundamentada na dinâmica das massas de ar, o estado do Paraná encontra-se na zona de transição. Ao norte da linha do trópico, aparecem os climas subquentes, e ao sul, os mesotérmicos brandos. Segundo Ayoade (1986), a classificação de Köppen fundamentou-se nos elementos temperatura e precipitação, e utiliza convenções para



identificar as combinações. Também nessa classificação, o Paraná encontra-se numa zona de transição. Os mapas do Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR (2013), elaborados segundo a classificação de Köppen, mostram também que o norte e oeste do estado apresentam-se sob a classificação Cfa:

Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida” IAPAR, 2013 disponível em <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>.

Mesmo na zona de transição e no Sul do Brasil, todos os sistemas atmosféricos que atuam no clima do Brasil atuam na região de Campo Mourão, exceto a massa Equatorial atlântica. Dois sistemas continentais e de baixa pressão atuam na região. Um é a massa Equatorial continental, sistema de baixa pressão e de elevada taxa de umidade específica e relativa. A outra é a massa Tropical continental, sistema de baixa pressão, elevadas temperatura, taxa de umidade variável, e na maioria dos episódios de atuação, apresenta umidade relativa baixa. Também dois sistemas oceânicos e de alta pressão: um é a massa Tropical atlântica, sistema anticiclônico e úmida na camada basal, vapor que ela recebe no contato com as águas aquecidas do Atlântico tropical; o outro é a massa Polar atlântica, sistema anticiclônico e de baixa umidade relativa. Por fim, os sistemas frontais, caracterizados como zona de contato entre os sistemas continentais mais quentes e de pressão mais baixa e o sistema Polar.

A participação desses sistemas no clima da região é comandada pela estacionalidade: na estação mais quente, o intenso aquecimento continental favorece a ampliação dos sistemas continentais; na estação mais fria, a massa Polar e a Tropical atlântica se intensificam e, pelo aquecimento tímido do continente, elas avançam a partir dos seus centros de origens e dominam os estados do tempo. Nas estações intermediárias, primavera e outono, há alternância entre os sistemas de alta e os de baixa pressão.

Na estação mais quente, prevalecem as chuvas convectivas, consequência da participação mais ativa dos sistemas de baixa pressão. Mesmo considerando todos esses aspectos, aqueles que influenciam, de modo geral, no clima do Brasil, afetam igualmente o clima do Paraná e da região de estudo. O exemplo mais conhecido e estudado é o El Niño Oscilação Sul e o seu inverso, a La Niña.



O verão 2012/2013 foi climatologicamente normal, considerando o aquecimento das águas do Pacífico Tropical e a Oscilação Sul, embora o Atlântico Sul tenha apresentado, para a costa do Sul e Sudeste, águas aquecidas, e por isso a previsão para os três primeiros meses do ano foi de chuva acima da média (MCT/INPE/CPTEC, 2012). Diante dessas rápidas considerações, estabeleceu-se como objetivo estudar a dinâmica dos sistemas atmosféricos para o estado do Paraná nos meses de dezembro de 2012 e de janeiro a março de 2013, totalizando 121 dias, cujo objetivo é caracterizar a dinâmica dos sistema para Campo Mourão. Toda essa caracterização se faz necessária porque a escala de abordagem para os sistemas atmosféricos são regionais. A partir da quantificação dos sistemas atmosféricos para o Paraná, analisaremos a dinâmica para Campo Mourão por meio da análise rítmica (MONTEIRO, 1971; BORSATO, 2006) a partir dos dados da Estação Climatológica Principal de Campo Mourão. Considerando que o dinamismo da agricultura e as características ambientais das cidades são reflexos dos estados do tempo, proporcionados pela dinâmica das massas de ar.

Os resultados mostraram que a massa Tropical continental e a massa Equatorial continental foram os dois sistemas que mais tempo cronológicos atuaram, impondo as suas características no estado do tempo para a região.

2. METODOLOGIA

A dinâmica dos sistemas atmosféricos para o Estado do Paraná foi estudada na perspectiva da Climatologia Geográfica. Adotou-se a concepção dinâmica de clima, proposta por Sorre (1951). O estudo da dinâmica dos sistemas atmosféricos permite caracterizar a gênese do fenômeno atmosférico. A dinâmica da Circulação foi investigada na escala sinótica e analisada também para a escala local.

Os sistemas atmosféricos foram quantificados a partir da leitura e interpretação das cartas sinóticas da Marinha do Brasil, metodologia proposta por Pédelaborde (1970), e das técnicas desenvolvidas por Borsato (2006). As imagens de satélite no canal infravermelho foram utilizadas como suporte para a identificação do sistema atuante. Também foi feita a análise rítmica para o período.



Os sistemas atmosféricos considerados foram aqueles que atuaram no Centro-Sul do Brasil, ou seja: Sistema Frontal (SF), massa Tropical continental (mTc), massa Tropical atlântica (mTa), massa Polar atlântica (mPa), massa Equatorial continental (mEc) (VIANELLO 2000; VAREJÃO-SILVA 2000; FERREIRA 1989; BISCARO 2007).

Para o registro dos sistemas atmosféricos, foram elaboradas tabelas em planilha do Excel®. Atribuiu-se valores numéricos (24) para o dia em que um único sistema atuou na região e, às vezes, (12) para cada um, quando a região esteve sob a confluência de dois sistemas, ou valores diferentes, a julgar pelo tempo de participação. Os valores mensais ou para as estações foram considerados em porcentagens, e estes, por sua vez, em histogramas e cartogramas.

A pressão atmosférica lida nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil foi considerada pressão baixa quando aquém de 1013hPa, e alta quando acima desse valor. Para essa pesquisa, a massa Tropical continental foi considerada atuante somente sob as condições de pressão baixa. Considerou-se também a configuração da célula ciclônica sobre a região de origem. Os resultados foram organizados em histogramas.

A dinâmica dos sistemas atmosféricos foi abordada a partir de três localidades: uma no extremo oeste – Foz do Iguaçu; outra no norte, fronteira com o Mato Grosso do Sul – Diamante do Norte; a terceira, na Ilha do Mel – Litoral do Paraná. A análise rítmica foi executada apenas para Campo Mourão, para o período estudado (MONTEIRO, 197; BORSATO, 2006).

2.1. Os Sistemas Atmosféricos

Os sistemas produtores de tempo são sistemas de circulação acompanhados por padrões e tipos característicos de tempo (AYOADE, 1986). Dessa forma, os sistemas produtores são as diversas massas de ar que atuam em uma determinada região. Elas se ampliam, migram e se modificam no espaço e no tempo. Por isso, geram os “estados do tempo”. O estado do tempo, no dia-a-dia em um determinado local, é consequência das características do ar prevalecente, ou seja, da massa de ar ou da interação com outras massas de ar.

Os tipos de tempo, dentro de uma massa de ar, fria ou quente, úmida ou seca, depende da temperatura, da umidade relativa e da sua estrutura. Estes elementos serão alterados pelas



condições locais, mas tendem a manter as características originais da massa de ar. Quando uma massa de ar se afasta da sua região de origem, as suas características serão modificadas, mas as mudanças resultantes nos tipos de tempo são graduais no espaço e no tempo. Quando uma massa de ar dá lugar a outra em uma região, apresentando características opostas de pressão, uma alta e a outra baixa, o tempo pode mudar abruptamente, às vezes com ventos violentos, como acontece na passagem dos sistemas frontais no Sul do Brasil.

As massas de ar podem ser definidas como um corpo de ar com milhares de quilômetros de diâmetro e com características uniformes. Elas se configuram como grandes células de ar na troposfera, por isso, na circulação secundária. Dentro dessas células, há uma uniformidade na temperatura na umidade relativa, e uma gradativa variação na pressão a partir de um centro ciclônico ou anticiclônico: umas são semi-fixas, outras migratórias. Elas também se caracterizam pelos movimentos horizontais e verticais. Os sistemas de baixa pressão, para o hemisfério sul, apresentam movimentos horizontais e convergentes que circulam no entorno do centro de baixa e no sentido horário. Na vertical, os movimentos são ascendentes, por isso a presença de nebulosidade é característica. Para as células de alta pressão, também denominadas de anticiclônicas, os ventos horizontais circundam os centros de alta pressão. Para o hemisfério sul, o sentido é o anti-horário e os ventos são divergentes. Na vertical, o movimento é descendente, por isso a atmosfera apresenta estabilidade.

A região onde uma massa de ar adquire as suas propriedades e características de temperatura e umidade é chamada de região de origem. As áreas mais comuns de origens são as grandes massas líquidas, regiões geladas, polares, e as grandes extensões continentais com homogeneidade na forma do relevo. Por isso, o Brasil não é palco da gênese de qualquer sistema atmosférico. A selva Amazônica gera um sistema de baixa pressão, portanto, essa região se estende além do território brasileiro.

Aquelas massas de ar migratórias tendem a adquirir as características correspondentes às áreas por onde se deslocam, o frio das regiões polares, o calor dos trópicos, a umidade dos oceanos ou a secura dos continentes. O estado do tempo dentro de uma massa de ar varia localmente e diariamente, em função das características adquiridas no deslocamento por meio do seu aquecimento ou arrefecimento, ou ainda, das precipitações ao longo do tempo de atuação. Mas, na zona onde duas massas de ar de características térmicas diferentes se confrontam, como não se misturam, a zona limite é bastante distinta de ambas. Essa zona é



denominado de frente. Na zona frontal, o ar mais quente e leve é forçado a elevar-se pelo mais denso, por isso desestabilizam a atmosfera.

Os sistemas frontais avançam a partir do Sul, no sentido sudoeste nordeste, e frequentemente ultrapassam a linha do trópico de Capricórnio. No período mais quente, na latitude do trópico, a grande maioria dos sistemas Polares que avançam na retaguarda das frentes já deixou o continente e se encontra no Atlântico Sul. Por isso, as frentes se encontram, na maioria dos episódios, no estágio de frontólise⁴, ou também sobre o oceano.

O Sul do Brasil também é uma região de frontogênese, ou seja: em determinadas condições, há sobre a região a evolução da ciclogênese. “Ciclogênese⁵ é o processo de abaixamento da pressão atmosférica de superfície com consequente formação de circulação ciclônica” (CAMARGO, 2004). Segundo o autor, na América do Sul e Atlântico Sul (até 30°W), metade das ciclogêneses acontecem ao norte de 35°S. A maior frequência de ciclogênese ocorre sobre o oceano no verão e sobre o continente no inverno.

Apesar da grande extensão territorial do Brasil, ele não figura como palco da gênese de qualquer sistema que atua no clima do país (Figura 01). Todos os sistemas produtores do tempo no Brasil têm seus centros de origem além do território brasileiro. Três no oceano Atlântico - a massa Tropical continental, a massa Equatorial Atlântica e a massa Polar atlântica - e duas no interior do continente - a massa Tropical continental e a massa Equatorial continental. O contato entre as massas Polar e tropical gera os Sistemas frontais.

A zona frontal é uma ampla faixa onde os ventos são convergentes, o ar mais quente ascende e se desestabiliza. Por isso, nessa zona, as chuvas são frequentes. Na retaguarda do sistema avança a massa Polar atlântica, que no verão raramente ultrapassa a latitude do trópico de Capricórnio,. No interior do continente, pelo oceano, pode atingir latitudes inferiores à do trópico. No inverno, as frentes podem avançar até latitude inferior a -15° e pelo interior do continente. À medida que o sistema frontal se propaga, avançando para o norte, diminui a sua velocidade e a superfície frontal fica menos inclinada, as nuvens menos desenvolvida e mais estáveis:

⁴ **FRONTÓLISE** - O término ou "morte" de uma frente, quando a zona de transição está perdendo suas propriedades contrastantes. Oposto de Gênese das Frentes (frontogênese) (INMET - Glossário, disponível em <http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/glossario/glossario.html>, consultado em 20-09-2012).

⁵ **CICLOGÊNESE** - O processo que cria um novo sistema de baixa pressão, ou ciclone, ou intensifica um sistema preexistente. É também o primeiro aparecimento de uma Cavada Equatorial "through"). (INMET – ibdem).



As frentes no hemisfério sul geralmente se estendem na direção noroeste-sudeste. Ao longo delas formam-se ciclones, que se deslocam segundo a mesma direção, no seio dos quais existe acentuada mudança do vento, chuva forte, nuvens baixas e escuras, visibilidade reduzida, forte turbulência e possibilidade de formação de granizo e trovoadas. São seguidas por chuvas finas e contínuas, para finalmente, sob o domínio do anticiclone polar, o céu se tornar limpo com declínio acentuado da temperatura (NIMER, 1966, p. 236).

Na retaguarda dos Sistemas Frontais avança a massa Polar atlântica, sistema anticiclônico. Ela é uma massa de ar de alta pressão e geradora de estabilidade atmosférica. No verão, sua participação nos tipos de tempo é pouco frequente para o interior do Brasil. Nessa estação, ela avança pelo interior do Atlântico e, depois da linha do trópico, é geralmente assimilada pela massa Tropical atlântica. É comum, durante a sua trajetória, cristas⁶ avançarem para o interior da região Sul do Brasil e causarem dias ensolarados com pouco reflexo na temperatura. No inverno, ela avança em dois ramos principais. Um deles, pelo interior do continente. Dependendo das condições, intensidade e dos bloqueios oferecidos pelos outros sistemas atmosféricos, ele poderá chegar ao sul da Amazônia e causar o fenômeno da friagem (NIMER, 1979). O ramo que avança pelo litoral associa-se com a mTa, que atua em grandes extensões do litoral brasileiro, do Sul ao Nordeste do Brasil:

Pelo interior, isto é, pelo seu *ramo continental*, o avanço da FPA também varia latitudinalmente conforme a época do ano. Durante o inverno, quando as condições da FC são mais acentuadas, os avanços tornam-se mais vigorosos, atingindo comumente o norte de Mato Grosso (lat. 8°S), podendo, não raro, alcançar o alto Amazonas, provocando, em casos excepcionais de grande intensidade a chamada *friagem*. Esta consiste numa invasão, durante o inverno, de vigoroso anticiclone frio de massa polar, cuja trajetória ultrapassa praticamente o equador (NIMER, 1979, p. 16).

⁶ Área alongada de alta pressão atmosférica, associada a uma área de máxima circulação anticiclônica. É o oposto de Cavado (REDEMET, 2002 sp), disponível em http://www.redemet.aer.mil.br/glossario.php?letra=c&tipo_consulta=termos, consultado em 28/09/2012.

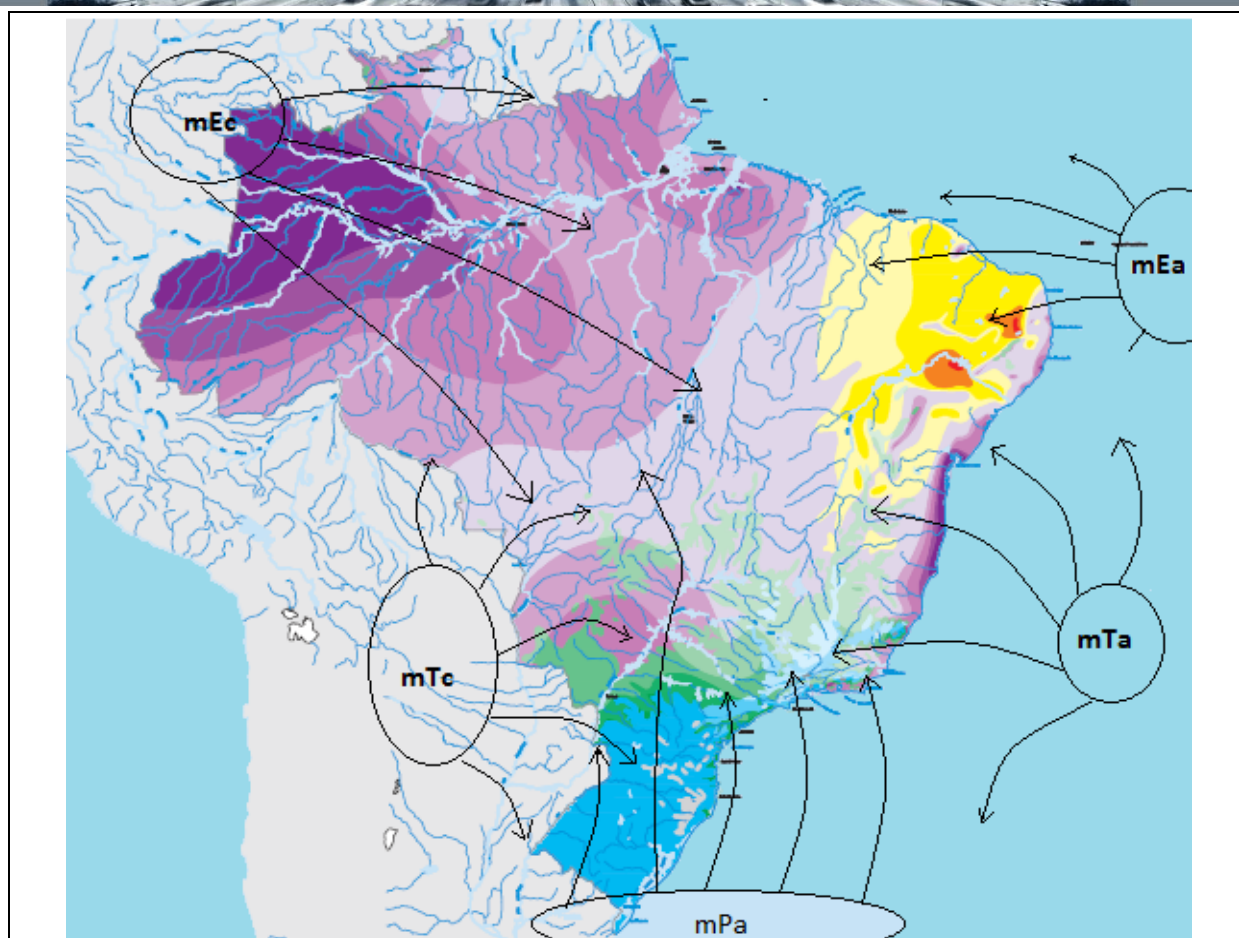


Figura 1 - Posição média dos centros de ações dos sistemas atmosféricos que atuam no clima do Brasil. Adaptado do mapa de clima do Brasil do IBGE (IBGE < http://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf> Organização – autores

Para Monteiro (1968), a massa Polar atlântica é um sistema dotado de umidade em função da área de sua origem:

(...), A Massa Polar Atlântica é mais potente nos seus avanços do sul para o norte. Mantém no Brasil Meridional uma interferência muito importante durante todo o ano, enquanto sobre outras regiões brasileiras seja mais expressiva no inverno. É uma massa fria e úmida, mercê de sua origem marítima. Segundo a classificação internacional de Bergeron, é sempre representada com mP. Quando, em cartas sinópticas brasileiras, é sinalizada como cP, isto significa apenas que sua trajetória é mais sobre o continente do que sobre o oceano (MONTEIRO, 1968, p. 122).



Outro sistema que atua intensamente na produção dos tipos de tempo no Brasil é a massa Tropical atlântica. Ela tem sua origem na Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que se localiza entre as coordenadas -10° e -20° de longitude e -20° e -40° de latitude (FRANCA, 2009). Frequentemente, cristas avançam para o interior do continente, principalmente a partir do litoral do Nordeste e Sudeste do Brasil. Raramente, suas características se manifestam no oeste das regiões Centro Oeste e Sul do Brasil. É um sistema anticlinal e a umidade se limita à camada de contato com o mar, que fornece vapor.

Alta do Atlântico Sul – Durante todo o ano nas regiões tropicais e temperadas do Brasil, à excessão do oeste da Amazônia e do Centro Oeste do Brasil, sopram ventos de SE a NE, oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do *anticiclone semifixo do Atlântico sul*. Este anticiclone, que constitui a massa de ar tropical marítima, possui geralmente temperaturas elevadas, ou amenas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais e forte umidade específica, fornecida pela intensa evaporação marítima. Entretanto, em virtude de sua constante subsidência superior e consequente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade (...) (NIMER, 1972, p. 10)

Os anticiclones são centros de alta pressão atmosférica. Esses sistemas se distinguem por possuir um padrão de circulação que apresenta subsidência e divergência de ar na superfície (convergência na alta troposfera). Tais características resultam em condições de tempo nas quais predominam estabilidade atmosférica, céu limpo e baixa umidade (MUSK, 1988).

Sant'anna Neto (1990) destaca que a atuação do Anticiclone Subtropical entre o oceano e o continente apresenta, para o leste da região Sudeste do Brasil, as seguintes características: umidade mais ou menos alta, em superfície, pressões relativamente elevadas e constantes, além de ventos geralmente de leste e nordeste”. No interior, ele se encontra continentalizado, decorrente do avanço sobre o continente, e caracteriza-se por apresentar temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e pressões inferiores às de sua face oceânica.

Dezembro, janeiro e fevereiro se destacam como os meses em que esse sistema se encontra mais fraco, com sua área de influência praticamente reduzida ao oceano (FRANCA, 2009). Segundo o mesmo autor, durante o inverno, o centro de ação expande e suas influências avançam no sentido leste-oeste, em direção à Alta Subtropical do Pacífico Sul. A



partir de março, é possível observar a aproximação do Anticiclone sobre a América do Sul, sendo os meses de julho e agosto aqueles que melhor exibem essa influência, conclui o autor.

Outro sistema que atua intensamente nos sistemas produtores de tempo no Brasil é a massa Tropical continental, sistema de baixa pressão, elevadas temperaturas e baixa umidade relativa. Ela tem seu centro de origem na região do Chaco, no Paraguai, em uma zona de alta temperatura e pouca umidade (MONTEIRO, 1968). No Brasil, ela atua no Centro-Oeste, no oeste das regiões Sul e Sudeste. Com o envelhecimento da mPa e o seu deslocamento para o interior do Atlântico, a mTc se amplia a partir do seu centro de origem e proporciona dias ensolarados, temperatura elevada e pouca chuva, já que o forte aquecimento da superfície gera sistemas convectivos locais esparsos (BORSATO, 2006).

A massa Tropical continental é um sistema ciclonal e semi-temporário, ou seja: ela ressurge, na maioria das vezes, com o envelhecimento da mPa. À medida que a mPa esco para o leste, os ventos anticlonais desse sistema, ao contornarem o centro da alta pressão a partir do litoral, percorrem longos trechos continentais, assimilando as características e aquecendo-se em função da já baixa latitude. Padilha (2008) considera que a ampliação e avanço da mTc a partir do oeste da região central do Brasil se dá pelo envelhecimento (modificação) da massa Tropical atlântica:

Quando não existe nenhuma frente ou sistema transiente atuando na região central do país, há o predomínio da massa de ar tropical marítima, devido à penetração da Alta Subtropical do Oceano Atlântico Sul (ASAS) sobre o continente sulamericano (Nimer, 1979; Bastos e Ferreira, 2000). Esta massa de ar, ao permanecer sobre o continente durante alguns dias, torna-se seca e transforma-se em uma massa de ar tropical continental (PADILHA, 2008, p. 28).

“Essa baixa pressão é denominada de baixa do Chaco, baixa continental ou baixa do interior” (MONTEIRO, 2007, p. 47). Segundo o mesmo autor, a maior frequência da mTc na Região Sul, principalmente em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, ocorre nos meses de janeiro e fevereiro. As pequenas estiagens, frequentes nos meses de janeiro e fevereiro no Sul do Brasil, são consequências da atuação da mTc no estado do tempo (HERRMANN, 2001).

Considerando a umidade relativa e a específica, o sistema mais importante para o clima do Brasil é a massa Equatorial continental, sistema de baixa pressão que se origina no interior da Amazônia. Como é um sistema ciclonal, durante o inverno se retrai, e a sua atuação se limita ao centro oeste da Amazônia (NIMER, 1979). A partir do equinócio da



primavera, a temperatura gradativamente se eleva em todo o Centro Sul do Brasil e a mEc se amplia a partir do noroeste. No início do verão, com a máxima ampliação do período diário com o solstício e a perpendicularização dos raios solares, o aquecimento continental é intenso. Com isso, a mEc, em sua ampliação máxima, às vezes atinge ao Rio Grande do Sul. Por isso, as chuvas frontais diminuem e as convectivas se ampliam.

(...) mEc – como vimos, essa massa se forma sôbre o continente aquecido onde dominam as calmas e ventos fracos do regime depressionário, sobretudo no verão. Nesta época, o continente é um centro quente para o qual afluem de norte e leste os ventos oceânicos oriundos na massa En mais fria, vindo constituir, em terra, a massa Ec. Na depressão térmica produz-se acentuada ascensão, que, dada a falta de subsidência, empresta-lhe um caráter de instabilidade convectiva. Isto permite que a umidade específica se distribua mais uniformemente com a altura. Por se tratar da massa constituída de ventos oceânicos, e sujeita a frequente condensação, a umidade relativa é elevada, sendo característica da formação de grandes cúmulus-nimbos e precipitação abundante” (NIMER, 1966, p. 233).

A dinâmica da mEc é mais complexa do que o simples movimento do Sol e consequente aquecimento atmosférico. A expansão ou recuo também está condicionada aos movimentos da Zona de Convergência Intertropical, que, por sua vez, oscila também em função dos anticiclones semi-fixos do Pacífico, do Atlântico e da massa Polar atlântica, principalmente.

O estado do Paraná, localizado no Sul do Brasil, experimenta a ação desses cinco sistemas atmosféricos e, como ele é atravessado pelo paralelo do trópico de Capricórnio, a estacionalidade é marcante, sendo o inverno marcado pelo predomínio dos sistemas de alta pressão, e o verão pelos de baixa. Nas estações intermediárias, ora dominam sistemas de baixa, ora de alta.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A extensão reduzida não dá ao estado do Paraná grandeza para estudar e classificar o clima como regional. Inserido no território brasileiro, é possível analisá-lo nessa grandeza. Dessa forma, os sistemas que atuaram no clima do Paraná foram estudados a partir da dinâmica dos sistemas atmosféricos. Os quatro meses estudados foram analisados



isoladamente e na média para o período. Dessa forma, foi possível verificar a variabilidade espacial e temporal de cada sistema para os quatro meses estudados.

Foi executada a análise rítmica para a localidade de Campo Mourão, e os resultados mostraram que os elementos do tempo transcorreram climatologicamente dentro do esperado para a estação: apesar de prevalecer a atuação da mTc, as chuvas foram bem distribuídas. As figuras da análise rítmica foram elaboradas com o auxílio do programa RitmoAnálise (BORSATO, 2006). Elas sintetizam a evolução dos sistemas atmosféricos manifestados nos elementos do tempo.

Os sistemas atmosféricos foram espacializados para o Estado do Paraná a partir de quatro localidades. As diferenças verificadas para elas mostram que os centros de ações avançam e dominam os estados do tempo a partir dos seus centros de origens, considerando a localização em relação aos centros de ações e as áreas preferenciais de deslocamentos dos mesmos.

3.1. Dezembro

O verão iniciou no dia 21, com o solstício de verão no hemisfério sul da Terra. Nessa data, o Sol, em seu movimento aparente, tangenciou o Trópico de Capricórnio, determinando para o Estado do Paraná o menor ângulo solar, ou seja, período em que os raios solares atingem a superfície verticalmente, por isso a intensidade é máxima. Essas características se refletem na temperatura e, conseqüentemente, na dinâmica dos sistemas atmosféricos.



Os sistemas frontais atuaram, para Foz do Iguaçu, em 21,0% do tempo cronológico; a mPa, 3,2%; a mEc, 9,7%; a mTc, 66,1%; e a mTa não atuou. Para Diamante do Norte, a participação apresentou pequena diferença das verificadas para Foz de Iguaçu. A maior diferença foi na participação dos SFs, que atuaram em 11,3%; a mPa em 3,2%, a mEc em 22,3%, a mTc em 62,9%, e a mTa também não atuou. Em Campo Mourão, a participação dos sistemas atmosféricos no estado do tempo foi próximo aos verificados em Diamante do Norte e em Foz do Iguaçu: 14,5% foi a participação do SF, 3,2% para a mPa, 59,7% para a mTc, 22,6% para a mEc. A mTa não atuou na região em dezembro. Para a Ilha do Mel, as diferenças se ampliaram: a participação dos SF totalizaram 21,8%; a mPa, 17,7%; a mEc, 17,7%; a mTc, 34,7%; e a mTa, 8,1%. Verifica-se uma ampliação dos sistemas frontais e dos sistemas de alta pressão em detrimento dos de baixa (Figura 2).

A análise rítmica para Campo Mourão mostra que os elementos do tempo oscilaram em consonância com o sistema atmosférico atuante, e as frequentes trocas de sistemas contribuíram para o avanço de cinco sistemas frontais, favorecendo o equilíbrio entre as chuvas convectivas e as frontais. A Figura 3 é o gráfico da análise rítmica onde os a pressão atmosférica, a temperatura máxima, mínima e a média compensada, a umidade relativa, a pluviosidade diária, a direção do vento e os sistemas atmosféricos são apresentados em colunas diárias. Dessa forma, é possível visualizar a interação entre os sistemas atmosféricos e os elementos do tempo.

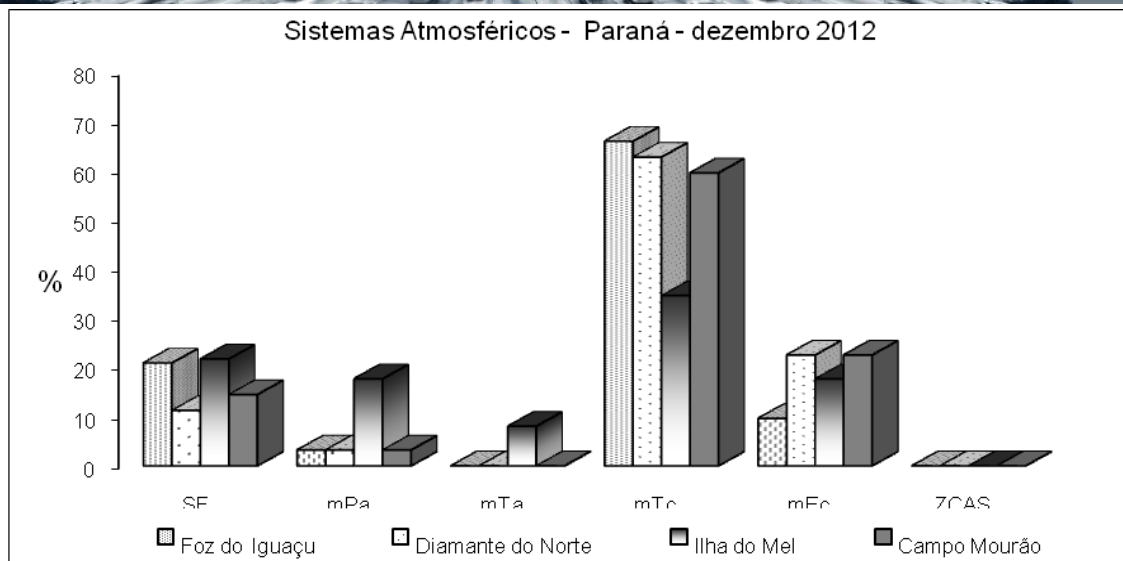


Figura 2- porcentagem da participação dos sistemas atmosféricos para o Paraná em dezembro de 2012

Fonte: Organização - autores

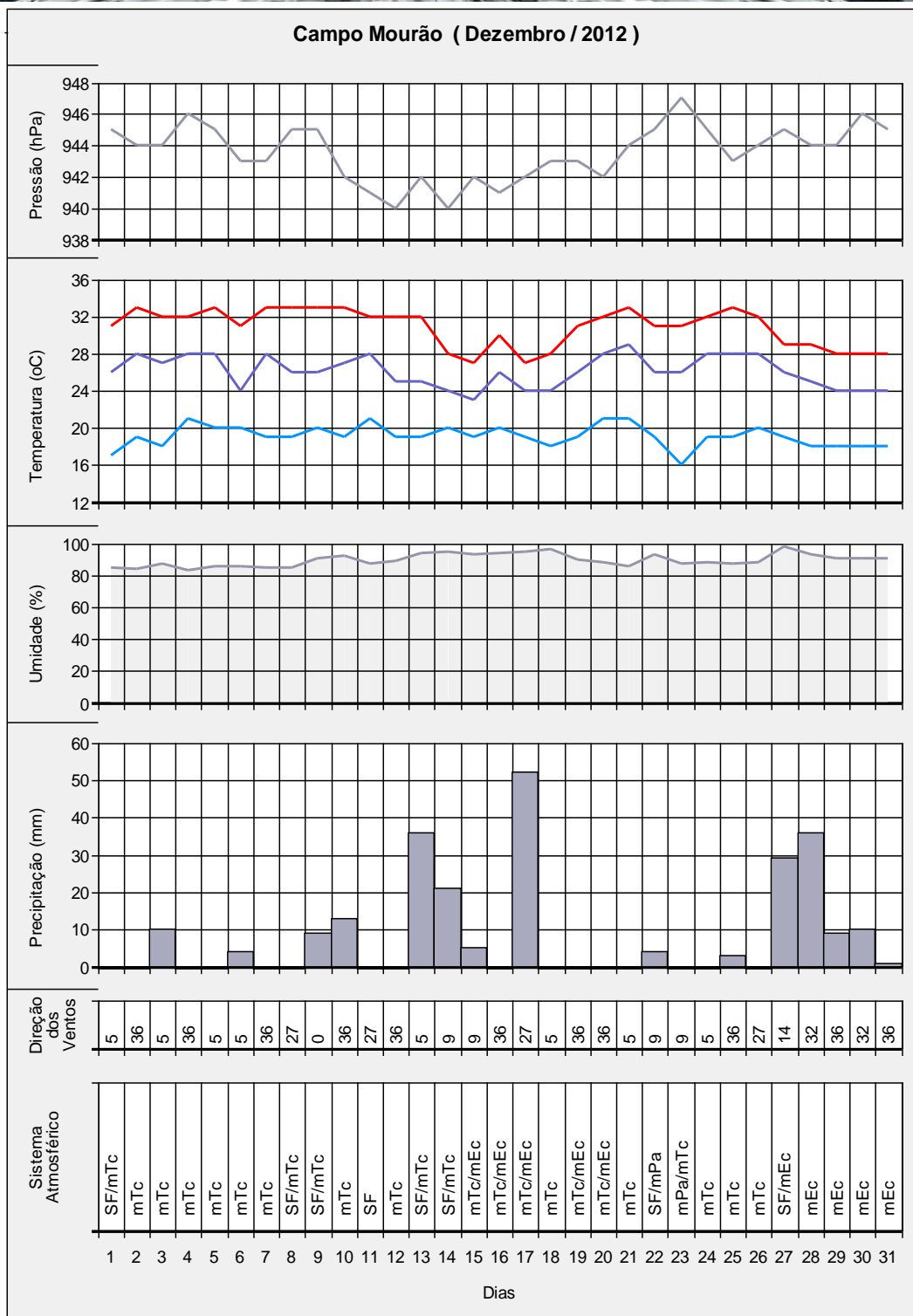


Figura 3- Representação concomitante em unidades diárias dos principais elementos do tempo e dos sistemas atmosféricos, para o mês de dezembro de 2012, para a Estação Climatológica de Campo Mourão PR – INMET.

Organização – autores



3.2. Janeiro

Janeiro é o mês mais quente do ano para o estado do Paraná; espera-se que os sistemas de baixa pressão prevaleçam. Verificou-se que o domínio da mTc foi amplo no mês: ela atuou, para Foz do Iguaçu, em 59,7% do tempo cronológico, seguido pela mPa, com 27,4%. Essa ampla participação da mPa não implica em condições do tempo característico desse sistema. No verão, cristas avançam para o interior e assimilam as características higrotérmicas. Como consequência, os dias são ensolarados e com baixa nebulosidade e, por isso, as temperaturas se elevam, principalmente no período da tarde. Os sistemas frontais atuaram em apenas 9,7%, e a mEc, 3,2%, e novamente a mTa não atuou na região de Foz do Iguaçu.

Para Diamante do Norte, observou-se a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul; ela também atuou no leste do Estado. Diamante do Norte ficou posicionado na borda sul da faixa de intensa convergência que configura a ZCAS. A atuação da ZCAS foi de 6,5%. A mTc atuou em 59,7%, a mEc em 3,2%, a mPa em 17,7%, e o SF em 9,7% (Figura 04).

Mesmo próximo de Diamante do Norte, Para Campo Mourão não se verificou a participação da ZCAS. Os demais sistemas tiveram participação próxima ou igual (Figura 04).

Para o leste do estado, os SF, a mPa e mTa aumentaram as suas participações: a mPa atuou em 43,2%, os SF em 14,5%, a mTa em 8,1%, a mTc em 19,4%, a mEc em 3,2%, e a ZCAS em 11,3%.

A análise rítmica para Campo Mourão mostra que os elementos do tempo oscilaram em consonância com o sistema atmosférico atuante. O predomínio da mTc contribuiu para as irregularidade na distribuição e na altura das chuvas. Verifica-se que o esperado para o mês se confirmou, apesar de se ter registrado um episódio de chuva intensa no dia 15. Chuva convectiva e intensa, contribuindo para elevar a média mensal (Figura 05).

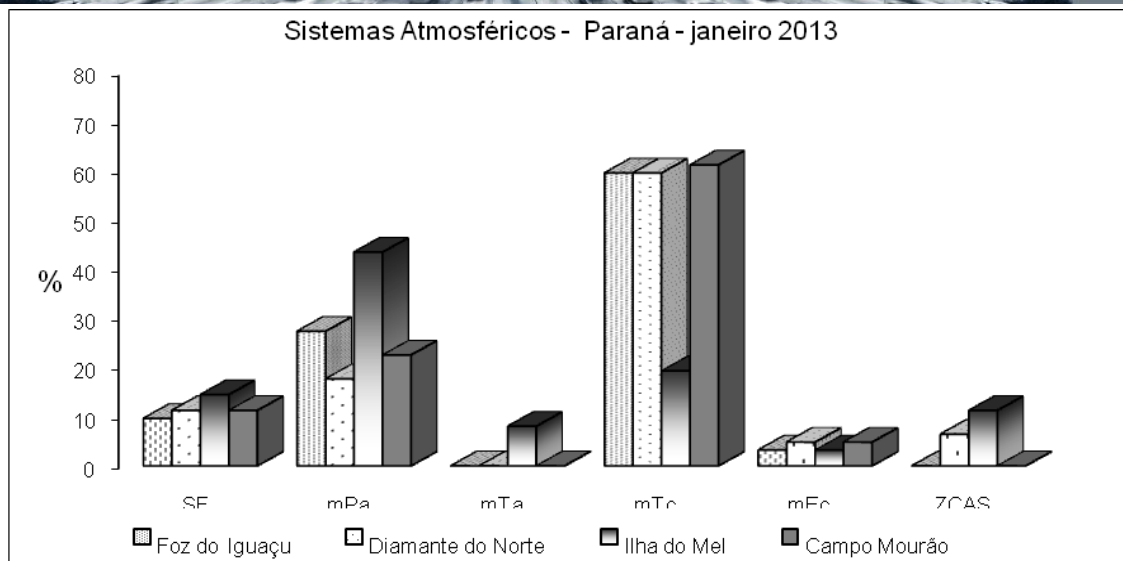


Figura 4– porcentagem da participação dos sistemas atmosféricos para o Paraná em janeiro de 2013.

Fonte: organização - autores

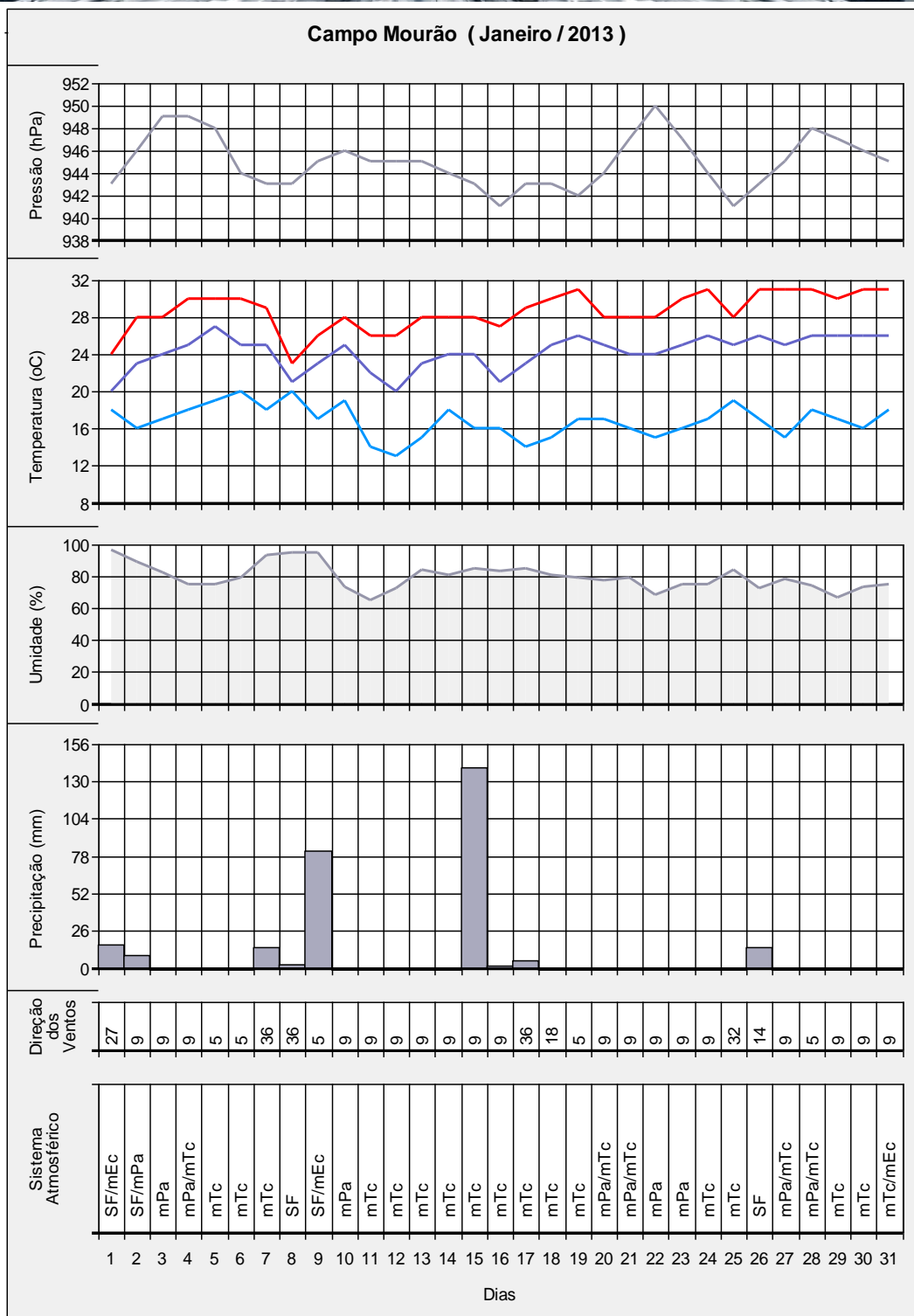


Figura 5 – Representação concomitante em unidades diárias dos principais elementos do tempo e dos sistemas atmosféricos, para o mês de janeiro de 2013, para a Estação Climatológica de Campo Mourão PR – INMET.

Organização - autores



3.3. Fevereiro

O terceiro mês estudado apresentou um padrão típico para a estação. Os sistemas de baixa, principalmente a mEc, ampliaram a sua participação no estado do tempo. Em Foz do Iguaçu, o SF atuou em 16,1% do tempo cronológico, a mPa em 14,3%, a mTc em 33,9%, a mEc em 35,7%, e a mTa e ZCAS não atuaram. Essa ampla participação da mPa, sistema de alta pressão e geradora de estabilidade atmosférica, não altera profundamente as características do tempo. A baixa nebulosidade e a intensidade solar propiciam intenso aquecimento, principalmente no período da tarde.

Para Campo Mourão, a participação do SF foi de 19,6%, a mPa em 8,9%, a mTa em 3,6%, a mTc em 19,6%, e a mEc 48,2% (Figura 06).

Para Diamante do Norte, as participações foram próximas ou iguais às verificadas para Campo Mourão. O SF atuou em 19,6%, a mPa em 8,9%, a mTa em 3,6%, a mTc em 17,9%, a mEc em 44,6%, e a ZCAS em 5,4%. Para a Ilha do Mel, as participações foram: 35,7% para o SF, 26,8% para a mPa, 7,1% para a mTa, 7,1% para a mTc, 23,2% para a mEc, e a ZCAS não atuou.

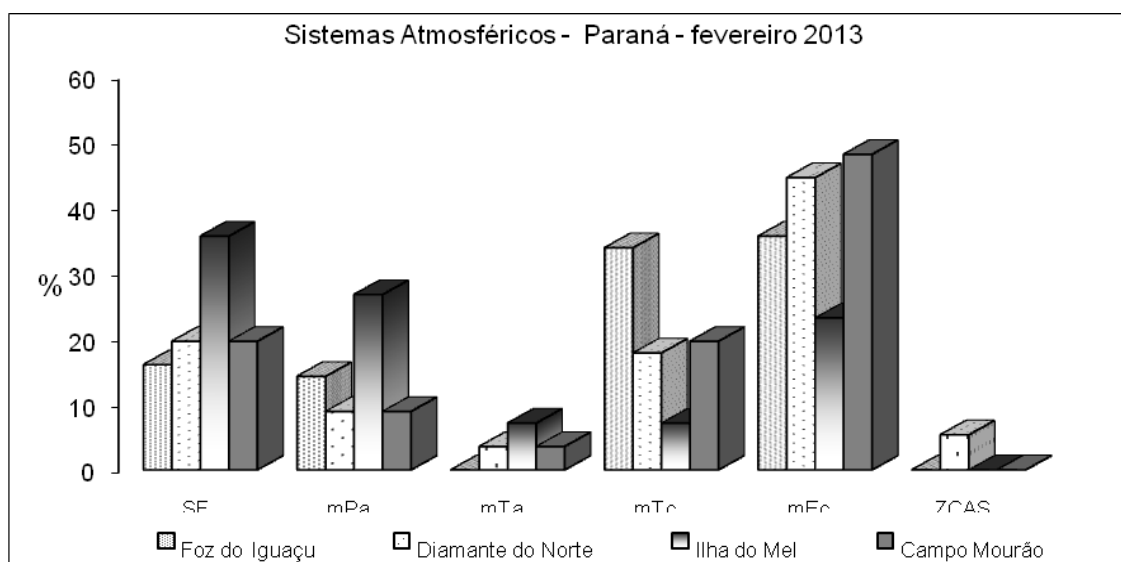


Figura 6 – porcentagem da participação dos sistemas atmosféricos para o Paraná em fevereiro de 2013.

Organização – autores

O gráfico da Análise rítmica para Campo Mourão mostra, além da ampla participação da mEc, que as chuvas foram abundantes e bem distribuídas ao longo do mês. Dos 28 dias de fevereiro, em 18 foram registradas chuvas, e os intervalos máximos sem registros foram de



dois dias (Figura 07). A temperatura mínima foi registrada no dia 08, e sob a atuação da mEc, chuvas intermitentes e céu totalmente nublado justificam a baixa temperatura no período noturno. A máxima ocorreu nos dias 17 e 18, 32,6°C. No dia 17, a região de Campo Mourão esteve sob a zona de confluência entre a mTc e a mEc. No dia 18, atuou somente a mEc. A alta temperatura foi consequência da intensa insolação e a chuva ocorreu somente no final da tarde e noite

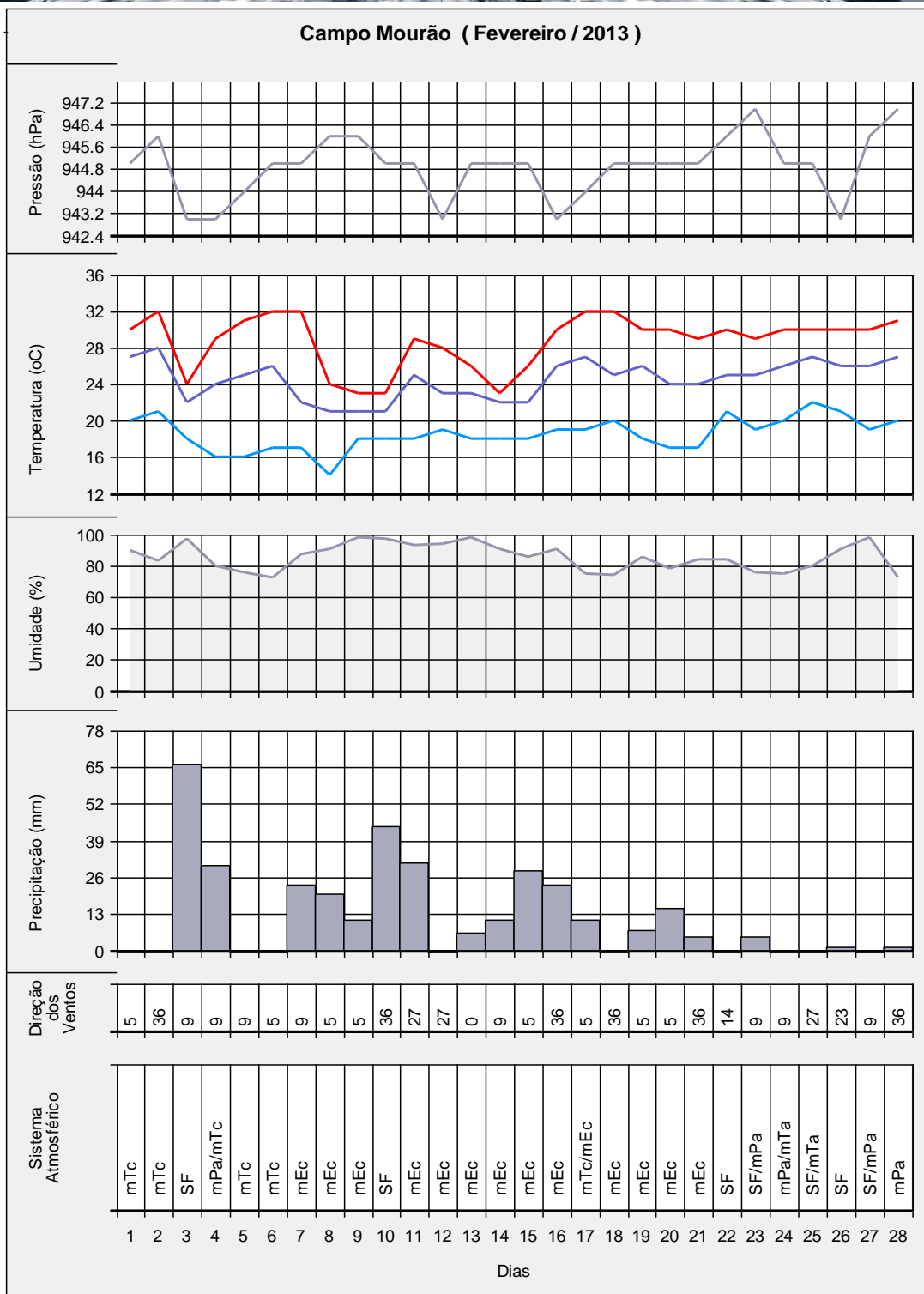


Figura 7 – Representação concomitante em unidades diárias dos principais elementos do tempo e dos sistemas atmosféricos, para o mês de fevereiro de 2013, para a Estação Climatológica de Campo Mourão PR – INMET.

Organização - autores



3.4. Março

A dinâmica dos sistemas para o mês de março mostrou o início da transição estacional, os sistemas de baixa recuaram e os de alta se ampliaram. Para Foz do Iguaçu, o SF atuou em 12,9%; a mPa, sistema de alta pressão, em 38,7%; a mTc também em 38,7%, e a mEc em apenas 9,7%. A mTa e a ZCAS não atuaram. Em Campo Mourão, a participação dos SF foi de 12,9%, a mPa em 37,1%, a mTc em 27,4%, e a mEc em 22,6%. A mTa não atuou na região. Para Diamante do Norte, o SF atuou em 12,9%, a mPa em 37,1%, a mTc também em 37,1%, e a mEc em 14,5%. A ZCAS e a mTa não atuaram. Para a Ilha do Mel, o SF atuou em 21,0%, a mPa em 56,5%, a mTc em 13,4%, e a mEc em 9,1%. A ZCAS e a mTa não atuaram (Figura 08).

A análise rítmica mostra que, para o final de março, a mPa se intensificou. Verifica-se um abaixamento da temperatura mínima, embora a máxima tenha se mantido. Isso se deve à intensa radiação solar, considerando que a mPa proporciona estabilidade atmosférica. As chuvas para Campo Mourão se concentraram do dia 5 ao 20, período em que prevaleceu a atuação da mEc e os avanços dos sistemas frontais (Figura 09).

A temperatura mínima foi registrada no dia 21 (12,7°C), sob a atuação do sistema frontal no período da manhã e pela mPa nos períodos da tarde e noite. A máxima foi registrada no dia 09 (33,0°C), sob a atuação da mTc.

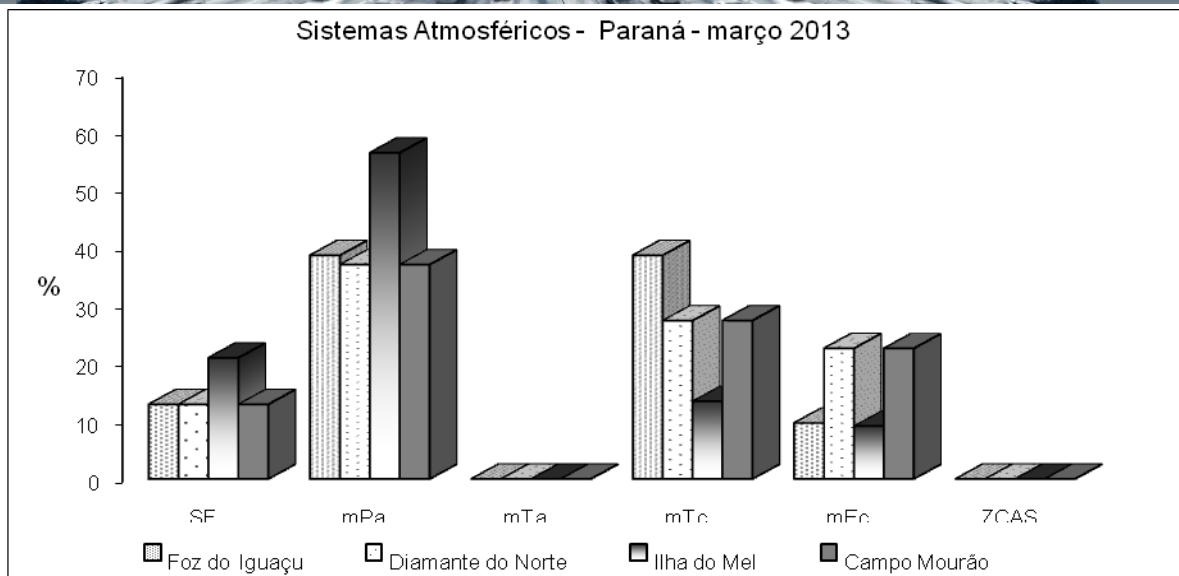


Figura 8 - porcentagem da participação dos sistemas atmosféricos para o Paraná em março de 2013

Fonte: Organização - autores

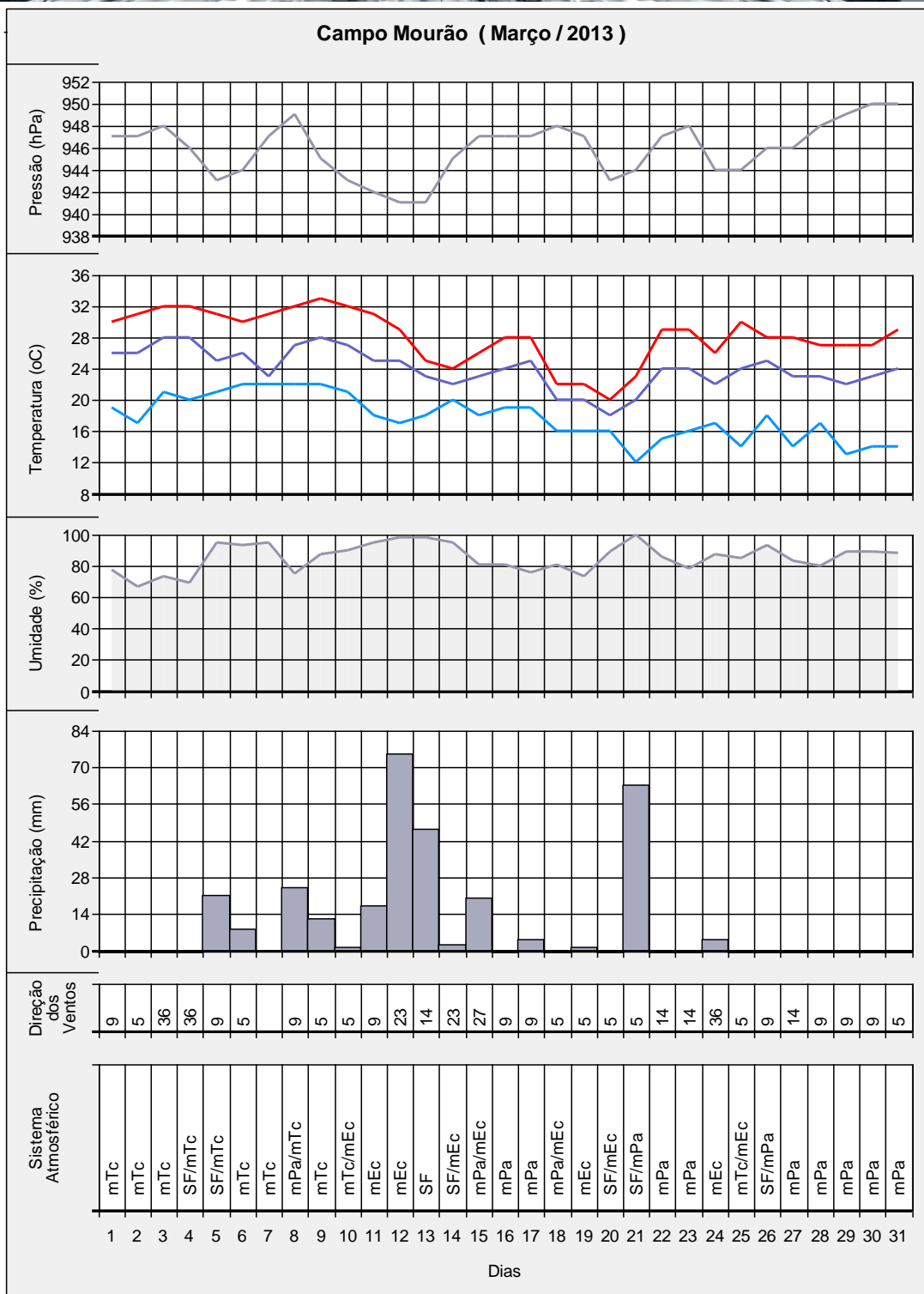


Figura 09 – Representação concomitante em unidades diárias dos principais elementos do tempo e dos sistemas atmosféricos, para o mês de março de 2013, para a Estação Climatológica de Campo Mourão PR – INMET.
Organização - autores



Os quatro meses analisados mostram que o Estado do Paraná encontra-se em uma zona onde a dinâmica dos sistemas atmosféricos é irregular (Figura 10). Para os meses de dezembro e janeiro, a mTc foi o sistema que mais tempo cronológico atuou. Durante a atuação desse sistema, os episódios de chuva foram mais isolados, considerando uma das suas características, que é a baixa umidade relativa. Os índices pluviométricos para o interior do Paraná indicam que as chuvas ficaram ligeiramente abaixo do esperado para janeiro, embora não se verificou pequenas estiagens - veranico, como é mais conhecido. Os veranicos são consequência da permanência da mTc ou da mPa envelhecida sobre o continente por um período superior a 10 dias. A atuação desses sistemas foi intercalada por sucessivos avanços dos sistemas frontais. Por outro lado, o mês de fevereiro foi dominado pela mEc e as chuvas convectivas foram abundantes em todas as regiões do Paraná.

Março apresentou características particulares, considerando que o verão só termina no dia 21. A mPa avançou mais intensificada e dominou o estado do tempo, ou seja, foi o sistema atmosférico que mais tempo cronológico atuou. Essa pequena mudança na dinâmica é o primeiro indício da mudança de estação.

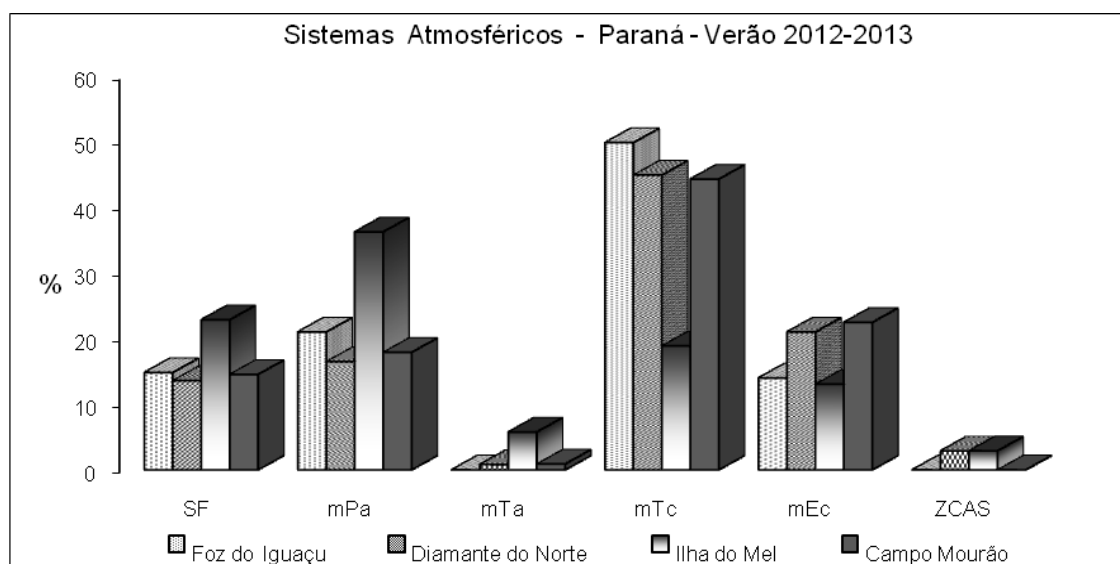


Figura 10 - Porcentagem da participação dos sistemas atmosféricos no Paraná para os quatro meses estudados.

Fonte: Organização- autores



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a região de Campo Mourão, os sistemas atmosféricos apresentaram semelhanças ou tiveram participações iguais às verificadas para as localidades de Foz do Iguaçu e Diamante do Norte.

Como as massas de ar são definidas como corpos de ar com milhares de quilômetros de diâmetro e com características uniformes, elas são grandes células de ar na troposfera, por isso na circulação secundária. Dentro dessas células, há uma uniformidade na temperatura na umidade relativa, e uma gradativa variação na pressão a partir de um centro ciclônico ou anticiclônico. Essa é a razão da homogeneidade dos sistemas no Paraná.

O sistema com mais participação foi a mTc, sistema de baixa pressão e pouca umidade. Como a participação foi intercalada pelos avanços dos sistemas frontais e/ou atuação da mEc, não se verificou falta de chuva, considerando somente a Estação Climatológica de Campo Mourão.

Janeiro foi o mês com mais irregularidades na distribuição e altura. Como prevaleceram as chuvas convectivas, que se caracterizam pela ocorrência em episódios localizados, é possível que, em algumas localidades, possam ter ocorrido pequenas estiagens.

Durante a estação mais quente, a massa Polar avança pelo litoral e interior do Atlântico. As diferenças verificadas entre a participação desse sistema para Foz do Iguaçu e Ilha do Mel evidenciaram essa afirmação: enquanto a participação para a Ilha do Mel foi de 36,1%, em Foz do Iguaçu foi de apenas 23,0%.

As análises mostram que, mesmo na estação mais quente, os sistemas de alta pressão atuam, embora com características atenuadas. A espacialização e a quantificação dos sistemas atmosféricos reforçam o que se afirma: as áreas próximas do Trópico de Capricórnio se caracterizam como zonas de transição climática, tanto pela participação, embora tímida, da mPa, como pelo avanço dos sistemas frontais.

REFERÊNCIAS

AYOADE. J.O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 1986

BORSATO, V. A. **A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Alto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) –



Nupélia, UEM, Maringá.

BISCARO, G. A. **Meteorologia Agrícola Básica**, 1º edição, UNIGRAF - Gráfica e Editora União Ltda. Cassilândia - Mato Grosso do Sul, 2007, 87p.

CAMARGO, R e FREDIANI, M. E. B., **Frentes e Frontogêneses; Meteorologia Sinótica** – Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – **Departamento de Ciências Atmosféricas**; atualizado em 01-07-2004 Disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/AULA09/AULA09.HTML> consultado em 24-03-2012.

FERREIRA, C.C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na Região Sul-Sudeste do Brasil e suas influências no tempo**, INPE-4812-TDL/359, 1989.

FRANCA, R. R. da. **Anticiclone e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte.

BRASIL. Ministério da Marinha. Serviço Meteorológico da Marinha. **Cartas sinóticas**. Disponível em <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>, consultado em 05/04/2013.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia CPTEC/INPE.– **Imagens de Satélite**, Cachoeira Paulista, Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/satelite>. Acesso em: 27 abril. 2013.

HERRMANN, M. L. P., 2001. Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina: período 1980 a 2000. Florianópolis: **Ed. do Autor**, 2001. 89p.

IAPAR, Instituto Agrônomo Paranaense. **Cartas Climáticas do Paraná**, 2000. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 16 de abril de 2013.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno estatístico Município de Campo Mourão, junho 2013**. Disponível em: > <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=87300>< acesso em 08/07/2013.

MONTEIRO, C.A.F. **Clima. In Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE. v.4, t.1, p-114-166. 1968.

MONTEIRO, C. A. de F. **Análise Rítmica em Climatologia**. USP/IG, São Paulo, 1971.

MONTEIRO, A. M., **Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na bacia hidrográfica do rio Araranguá**, Universidade Federal de Santa Catarina Centro de



Filosofia e Ciências Humanas Departamento de Geociências, Curso de Doutorado em Geografia, Florianópolis, 2007. p. 244

NIMER, E. **Circulação atmosférica do Brasil (comentários): contribuição ao estudo da climatologia do Brasil.** *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro: IBGE, p. 232-250, set./1966.

NIMER, E. Climatologia da região Sul do Brasil. In: **Revista Brasileira de Geografia.** Introdução a Climatologia Dinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, v33 n. 4., p. 3-65, 1971.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais n 4, 1979. 32 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979a. 422p.

MUSK, L. **Weather systems.** Cambridge University Press, 1988.

PADILHA, C.K., **Estagnação de massa de ar quente e seco sobre a região Central do Brasil,** Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. São José dos Campos S. P. p. 139

PÉDELABORDE, P. **Introduction a l'étude scientifique du climat.** Paris: Sedes, 1970.

SANTA'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista.** 1990, 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo: São Paulo, 1990.

SORRE, M. Le Climat. In: SORRE, M. **Les Fondements de la Géographie Humaine.** Paris: Armand Colin, 1951. Chap. 5, p.13-43.

VAREJÃO-SILVA M. A., **Meteorologia e Climatologia.** Instituto Nacional de Meteorologia Brasília, DF, 2000 p 515.

VIANELLO, R. L., **Meteorologia básica e aplicações.** Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV 2000. p 450