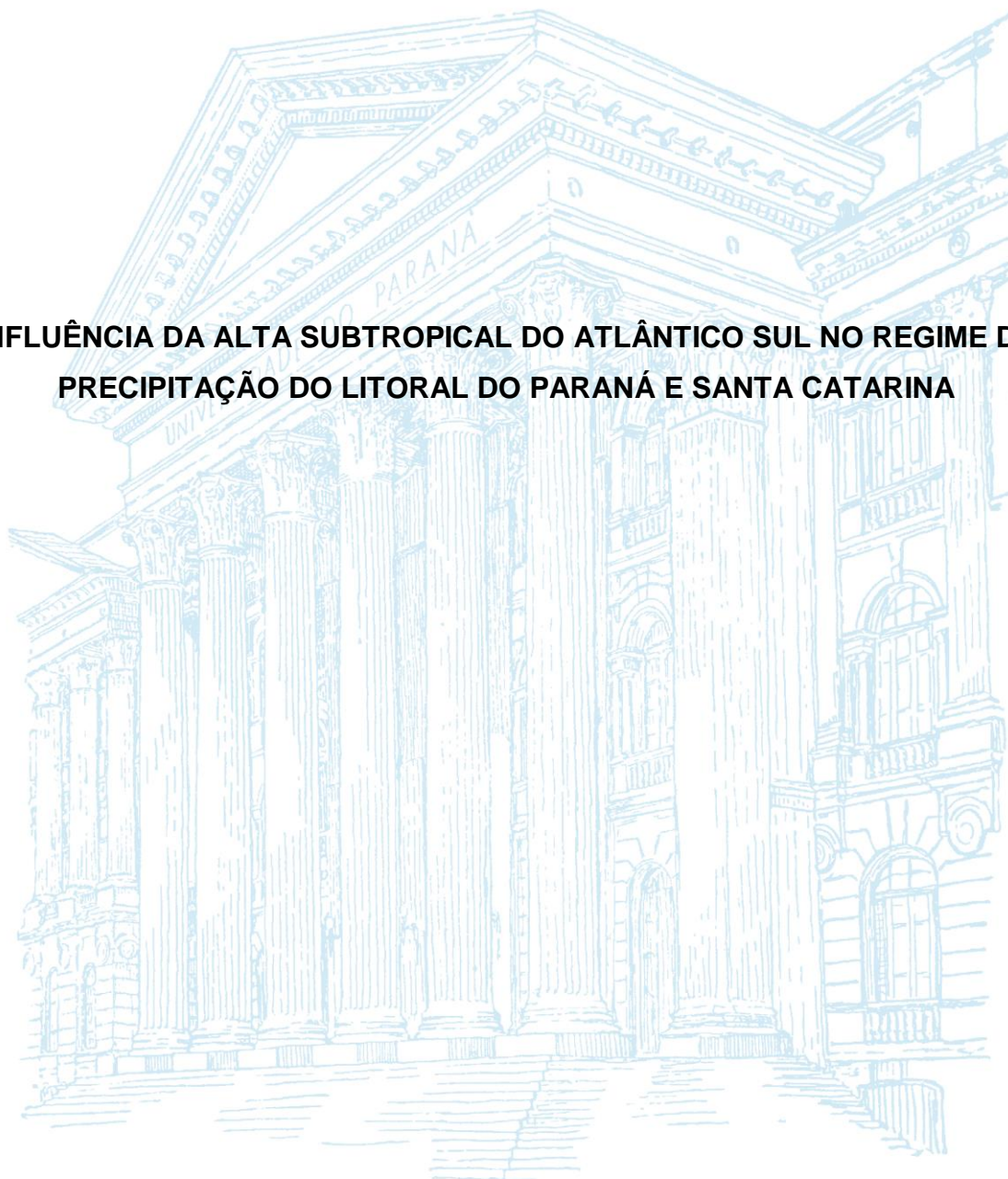


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIA MIOLA DE CASTRO

**INFLUÊNCIA DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO REGIME DE  
PRECIPITAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA**



PONTAL DO PARANÁ

2018

JULIA MIOLA DE CASTRO

**INFLUÊNCIA DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO REGIME DE  
PRECIPITAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia, no Centro de Estudos do Mar, Campus Avançado de Pontal do Paraná, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Morgana Vaz da Silva

PONTAL DO PARANÁ  
2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE:  
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar  
Fernanda Pigozzi – CRB 9/1151

C355i Castro, Julia Miola de  
Influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul no regime de precipitação do litoral do Paraná e Santa Catarina. / Julia Miola de Castro. – Pontal do Paraná, 2018.  
44 f.: il., 29 cm.

Orientadora: Profª. Dra. Morgana Vaz da Silva.

Monografia (Graduação) – Curso de Oceanografia, Centro de Estudos do Mar, Setor Reitoria, Universidade Federal do Paraná.

1. Climatologia. 2. Brasil - clima subtropical. I. Título. II. Silva, Morgana Vaz. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 551.6981

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Julia Miola de Castro

**“INFLUÊNCIA DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL  
NO REGIME DE PRECIPITAÇÃO DO LITORAL DO PARANÁ E  
SANTA CATARINA”**

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de  
Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela  
Comissão formada pelos membros:

Prof. MSc. Fernando Augusto Silveira Armani - CEM/UFPR



Prof. Dr. Virnei Silva Moreira - CEM/UFPR



Prof. Dra. Morgana Vaz da Silva  
Presidente



Pontal do Paraná, 07 de dezembro de 2018.

À Jademir e Claudete, meu alicerce.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Claudete e Jademir, que sempre me apoiaram e fizeram de tudo para que eu pudesse trilhar meu caminho longe de casa, e ao meu irmão, Guilherme, por todas as conversas e experiências repassadas. Agradeço por serem sempre minha base, seja ela emocional ou intelectual e por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos, dividindo comigo as angústias e conquistas da vida acadêmica.

À Morgana, minha orientadora, pelos direcionamentos e confiança no meu trabalho e ao Bacalhau, que me auxiliou em todos os momentos necessários.

Ao Ítalo que vivenciei comigo os melhores e piores momentos em Pontal, por ter me dado todo o suporte emocional que eu precisei durante quatro anos e por ter me apoiado sempre em qualquer decisão tomada.

Ao Luiz Henrique, famigerado Orelha, que me acompanha lado a lado via mídias sociais desde 2014 e que me ajudou sempre que necessário.

À Giulianna, que foi minha vizinha durante um ano e meio em Pontal e se tornou a pessoa mais parceira que eu já conheci.

Aos que vivenciaram comigo momentos inesquecíveis na Vila desde 2015: Ana Emília, Bruna Canal, Carol Feber, Carol Gusmão, Fabíola, Júlia Bilibiu e Marina Sutili. Vocês tornaram todos esses anos mais alegres e divertidos, obrigada.

À Aika e Rapha, duas pessoas indescritíveis e ao mesmo tempo tão essenciais em minha vida. Não foi à toa que o universo nos uniu.

Aos companheiros de sala e de vida Caio, Brendo, Isabelle, Janayne e Ligia, meu muito obrigado por tudo vivido nesses 5 anos de vida acadêmica.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para que esta etapa fosse concluída com êxito.

*"Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer. "*

Amyr Klink

## RESUMO

O presente estudo refere-se a uma análise climatológica do comportamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), buscando relacionar o posicionamento da mesma com o regime de precipitação do litoral do Paraná (PR) e Santa Catarina (SC) de modo a entender a influência direta que o sistema de alta pressão exerce sobre a região Sul do Brasil. A metodologia utilizada foi o desenvolvimento de um algoritmo de rastreamento da ASAS a partir de valores máximos mensais de pressão, que correspondem ao centro do anticiclone, de todos os anos de estudo (1985-2015), e na obtenção de acumulados mensais e anuais de precipitação pluviométrica. Com essas determinações quantitativas, foi possível compreender a variabilidade anual, interanual e sazonal da ASAS e da precipitação para o PR e SC. A partir dos resultados obtidos pode-se observar que, nos meses de inverno (JJA) a ASAS manteve-se mais ao norte (em torno de 29°S), com os máximos valores de intensidade de pressão (acima de 1024 hPa), que corresponderam aos menores volumes precipitados no litoral de SC e PR. No verão (DJF), as duas variáveis estudadas apresentaram um comportamento oposto ao do inverno, tendo um deslocamento da ASAS com tendência mais ao sul (em torno de 31°S) e com registro das menores intensidades (próximas a 1021 hPa), enquanto que a precipitação para o período de verão apresentou os maiores acumulados de precipitação em ambas as regiões. Foi possível concluir que a ASAS influenciou de forma direta no comportamento do regime de precipitação do litoral paranaense e catarinense.

**Palavras-chave:** Climatologia. Alta Subtropical do Atlântico Sul. Precipitação na região Sul do Brasil.

## ABSTRACT

The study below refers to a South Atlantic Subtropical High (SASH) climatological behavior analysis, intending to relate its position to the precipitation regime in Parana (PR) and Santa Catarina's (SC) coast to understand how directly the high influences Brazil South region. The methodology used was the development of an algorithm to track the SASH from maximum pressure month values, which corresponds to the center of the Anticyclone, of all the years of the study (1985-2015), and obtaining monthly and yearly cumulative rainfall data. Using these quantitative determinations, it was possible to comprehend the annual, interannual and seasonal SASH variability and precipitation for PR and SC. The results show, throughout winter months (JJA), SASH keep itself Northwards (about 29°S), with maximum values of pressure intensity (above 1024 hPa), which related to the lowest precipitate volumes in PR and SC coast. During summertime (DJF), both variables exhibit the opposite wintertime behavior, moving Southwards (about 31°S), recording the lowest intensity values (close to 1021 hPa), while precipitation during summertime showed the highest precipitation cumulative for both regions. It is possible to conclude the SASH influenced directly the precipitation regime behavior in Parana and Santa Catarina's coast.

**Key-words:** Climatology. South Atlantic Subtropical High. Rainfall in Brazil South region.

## LISTA DE SIGLAS

°C – Temperatura em Graus Celsius

ÁGUASPARANÁ – Instituto das Águas do Paraná

ANA – Agência Nacional de Águas

ASAS – Alta Subtropical do Atlântico Sul

Cfa – Clima Subtropical Úmido – Mesotérmico

Cfb – Clima Temperado

DJF – Dezembro, Janeiro e Fevereiro

E – Leste

ECMWF – European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

ENOS – El Niño – Oscilação Sul

EPAGRI-SC – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

HN – Hemisfério Norte

hPa – Hecto-Pascal

HS – Hemisfério Sul

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná

INMET – Instituto Nacional Meteorologia

JJA – Junho, Julho e Agosto

Km – Quilômetros

m/s – Metros por segundo

MAM – Março, Abril e Maio

mm – Milímetro

mTA – Massa Tropical Atlântica

N – Norte

S - Sul

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SON – Setembro, Outubro e Novembro

W – Oeste

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos específicos .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
<b>3 DADOS E METODOLOGIA</b> .....	18
3.1 ÁREA DE ESTUDO .....	18
3.1.1 Caracterização climática da Região Sul do Brasil.....	18
3.1.2 Litoral do Paraná.....	19
3.1.2 Litoral de Santa Catarina .....	20
3.2 DADOS .....	22
3.3 METODOLOGIA.....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	25
4.1 CLIMATOLOGIA DA VARIABILIDADE ANUAL E INTERANUAL .....	25
4.1.1 Alta Subtropical do Atlântico Sul .....	25
4.1.2 Precipitação pluvial .....	29
4.2 VARIABILIDADE SAZONAL .....	31
4.3 ANÁLISE DO POSICIONAMENTO DA ASAS E PRECIPITAÇÃO PARA ANOS NEUTROS .....	34
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	42
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

O anticiclone do Atlântico Sul, também conhecido como Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), consiste em um sistema de alta pressão localizado em torno de 30° de latitude no Oceano Atlântico Sul. O sistema possui seu giro com sentido anticiclônico (anti-horário no HS) e sua formação está diretamente ligada à circulação média meridional da atmosfera (BASTOS; FERREIRA, 2000). Fatores como o intenso recebimento de radiação solar tropical, altas temperaturas e elevada umidade específica sobre o oceano fazem desse sistema uma extensa área de ar composto por ar seco subsidente e quente (DEGOLA, 2013, NIMER, 1989).

A elevada umidade do sistema pode ser explicada pela proximidade do anticiclone com o oceano, de modo que a ASAS esteja diretamente associada à Massa Tropical do Atlântico (mTa) (NIMER, 1989). Mesmo com essa associação direta, o sistema acaba se tornando incapaz de promover precipitações significativas devido à restrição dessa umidade à uma pequena faixa da atmosfera que se aproxima da superfície marítima (MOREIRA, 2002 apud FRANCA, 2009; DEGOLA, 2013).

Em decorrência dessas características, o anticiclone atua como um dos principais reguladores do clima na América do Sul, principalmente no Brasil, apresentando padrões mais significativos no verão (estação chuvosa) e inverno (estação seca) devido ao seu deslocamento longitudinal (zonal) ao longo do ano (BASTOS; FERREIRA, 2000; DEGOLA, 2013).

De acordo com Ito e Ambrizzi (2000), a posição dos anticiclones subtropicais influencia diretamente nas mudanças ocorrentes na precipitação uma vez que os mesmos impedem a progressão normal dos sistemas frontais, atuando como bloqueios atmosféricos. Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, esses bloqueios são causadores de períodos consideravelmente longos de seca ou chuva, sendo o outono a estação com maior frequência de bloqueios na região Sul e o inverno e a primavera com o mínimo de bloqueios (BARBIERI, 2007).

Tendo em vista que o posicionamento do Anticiclone do Atlântico Sul influencia diretamente no regime de precipitação da região Sul do Brasil, este estudo visa analisar o comportamento do deslocamento anual e sazonal da ASAS, a fim de contribuir para o melhor entendimento do sistema climático regional.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar a influência do deslocamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul no regime de precipitação do litoral do Paraná e Santa Catarina.

### 1.1.2 Objetivos específicos

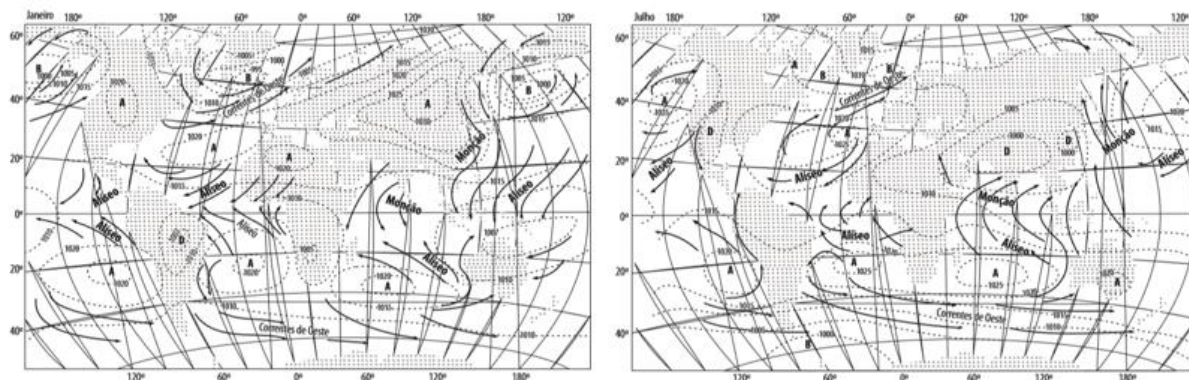
- Desenvolver um algoritmo para rastrear e analisar a climatologia do posicionamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul através dos dados de pressão, para o período de 1985 a 2015;
- Relacionar o posicionamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul com o regime de precipitação do litoral do Paraná e Santa Catarina.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os anticiclones consistem em centros de alta pressão atmosférica que correspondem a núcleos fechados onde a pressão é mais alta que em seu entorno. No Hemisfério Norte (Hemisfério Sul), os anticiclones giram no sentido horário (anti-horário) podendo ser caracterizados como móveis ou semipermanentes (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Os anticiclones semipermanentes, também conhecidos como altas subtropicais, são restritos aos oceanos e surgem em decorrência da ascensão de ar na região equatorial, que sofre subsidência em torno dos 30° de latitude nos principais oceanos do Planeta (BASTOS; FERREIRA, 2000). Os anticiclones do Pacífico e Atlântico Sul atuam diretamente na América do Sul (AS), sendo constituídos por massa de ar quente (FIGURA 1) (BASTOS; FERREIRA, 2000; FRANCA, 2009).

FIGURA 1 - ANTICLONES SEMIPERMANENTES QUE ATUAM NA AMÉRICA DO SUL. COMPORTAMENTO DOS ANTICLONES EM JANEIRO E JULHO.



FONTE: Estiene e Godard (1970 citado por MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), localizada entre os continentes sul-americano e africano em torno de 30° de latitude, está associada à Massa Tropical Atlântico (mTa) (NIMER, 1989). A formação desse anticiclone se dá a partir de uma massa de ar quente descendente que, ao realizar seu movimento, aquece a atmosfera diminuindo a umidade relativa e condicionando a evaporação das gotículas de água, ocasionando estabilidade na atmosfera (DEGOLA, 2013).

Sua influência no clima da AS se dá de acordo com seu deslocamento longitudinal (zonal), influenciando significativamente o verão (estação chuvosa) e o inverno (estação seca) da região. Ao longo da estação chuvosa, a instabilidade da

atmosfera promovida pelo aquecimento continental e alta disponibilidade de umidade resulta em consideráveis volumes de chuva. Nessas condições, a ASAS está reduzida ao Oceano Atlântico e sobre o continente há predominância de um sistema de baixa pressão (NIMER, 1989). Mesmo com seu centro reduzido ao oceano nessa época, a ASAS tende a se deslocar em direção ao Brasil Central durante a estação chuvosa, reduzindo a precipitação e elevando a temperatura (FRANCA, 2009).

Durante o inverno, as condições de instabilidade atmosférica e chuva são reduzidas pelo resfriamento continental, fazendo com que o anticiclone persista sobre o interior da América do Sul, provocando diminuição na umidade e forte subsidência atmosférica. Essa subsidência é responsável pela estabilidade atmosférica continental, promovendo dias de céu limpo e ausência de chuva, resultando na inversão térmica e concentração de poluentes como consequência da inibição da entrada de frentes (BASTOS; FERREIRA, 2000; FRANCA, 2009).

Segundo Castella et al. (2006), a região Sul do Brasil recebe influência de correntes perturbadas de noroeste e de sul, também chamadas de sistemas frontais ou frentes polares. A região é caracterizada por uma distribuição anual de precipitação relativamente uniforme, onde os três estados pertencentes a região (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) apresentam distintos períodos de estação chuvosa, estando sujeitos a influência de bloqueios no escoamento atmosférico (BARBIERI, 2007). Na porção norte da região (Paraná) a estação chuvosa inicia-se na primavera e tem término no início de outubro, configurando as grandes diferenças de precipitação entre as estações de verão e inverno, enquanto que na porção sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul), a distribuição de precipitação ao longo do ano se dá de maneira mais uniforme, onde as chuvas mais intensas são registradas no inverno (CAVALCANTI et al, 2009).

O primeiro a identificar e relatar os grandes centros de pressão atmosférica foi Teisserenc de Bort (1883), citado em Davis et al (1997), por meio da confecção de mapas mensais de pressão média mensal ao nível do mar. A partir daí trabalhos destinados a caracterização do processo dinâmico desse sistema foram publicados com certa ênfase sobre o Atlântico Norte, possibilitados pela disponibilidade de dados.

Hastenrath (1985), investigou a fundo todas as altas subtropicais semipermanentes localizadas nos dois hemisférios do planeta, a partir de um

trabalho descritivo sobre análises de variação mensal da posição dos centros de alta pressão (latitude e longitude) e suas intensidades. O autor realizou ainda um estudo do ciclo anual e do gradiente meridional de pressão, apresentando características específicas das altas subtropicais estudadas.

Outro trabalho que deu sequência aos estudos sobre o assunto foi o de Machel et al. (1998) em que mostraram o comportamento da Baixa da Islândia, Alta dos Açores, ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e ASAS, todos centros de pressão reduzidos ao Oceano Atlântico. Neste trabalho, os autores procuraram definir a intensidade desses centros de pressão por meio dos valores centrais de pressão relacionados com suas localizações longitudinais e latitudinais. De acordo com esse estudo, a ASAS possui uma variação longitudinal (oscilação leste-oeste) ao longo do ano, tendo sua posição mais a leste nos meses de outubro e abril e, sua posição a oeste, nos meses de julho, agosto e janeiro a março. Ainda os autores relatam que o fortalecimento (enfraquecimento) da ASAS está relacionado à sua migração para o sul (norte).

Os resultados obtidos pelo autor anteriormente citado foram confirmados no ano seguinte por Ito (1999 citado em DEGOLA, 2013) que descreveu detalhadamente o deslocamento do ASAS em situações de atuação de sistemas frontais. Nesse estudo foi observado que há um deslocamento meridional da ASAS em direção a leste quando há passagem de frente fria.

Para o ano seguinte, Bastos e Ferreira (2000) fizeram uma análise climatológica do ASAS para o período de 1978 a 1997 e obtiveram resultados descritivos sobre o comportamento sazonal do anticiclone a partir de linhas de corrente (vento) para o período.

Padilha (2008) estudou as principais causas da ocorrência de eventos de estagnação de massa de ar quente e seco (EMAQS) sobre aspectos estatísticos, sinóticos e termodinâmicos na região central do Brasil para o período de 1985 a 2003. O autor encontrou associação direta entre o avanço da ASAS sobre o continente e casos de EMAQS na região, encontrando dois casos específicos do evento ocorrido em junho de 2002.

Franca (2009) estudou a influência do ASAS sobre o comportamento climatológico da umidade relativa do ar para a cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, para o período de 1986 a 2005. O estudo mostrou que há uma correlação

inversa entre a pressão e umidade relativa para a região, ficando confirmadas essas tendências com as análises de estiagem ocorridas na estação seca.

Degola (2013) realizou um trabalho a fim de entender melhor a atuação do ASAS sobre o Brasil, relatando a influência no clima para o período de 1972 a 2012 (atualidade) e cenários futuros, para o período de 2000 até 2100. O autor mostrou que o centro da ASAS apresentou um comportamento zonal bem definido, onde atingiu sua posição mais a norte (latitudinalmente) nos meses de inverno, que também foi o período em que foram registrados os maiores valores de pressão, enquanto que os meses do verão corresponderam as latitudes mais a sul e os menores valores de pressão. Para os dados futuros, o autor mostrou uma tendência de deslocamento a oeste para o posicionamento do centro da ASAS.

### 3 DADOS E METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Caracterização climática da Região Sul do Brasil

O clima da região Sul do Brasil dispõe de grandes contrastes de regimes de precipitação e temperatura devido a situação geográfica da região e a presença de relevo acidentado. Além disso, a proximidade com o oceano faz da costa sul do Brasil uma região caracterizada por oscilações na temperatura, na amplitude térmica (diária e anual), na umidade relativa e por fim, na precipitação (CASTELLA et al., 2006; GRIMM; FERRAZ; GOMES, 1998).

A configuração do tempo na região é influenciada por fenômenos de escala sinótica como massas de ar, sistemas frontais, ciclones extratropicais, anticiclones e bloqueios atmosféricos, além da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (BARBIERI, 2007). Os dois sistemas que atuam diretamente na região são a Alta Subtropical do Atlântico Sul e o Anticiclone Migratório Polar.

Entre esses dois sistemas há uma zona de depressão caracterizada como uma descontinuidade na qual os ventos das duas massas de ar convergem. Esses fenômenos geram “correntes de circulação perturbada” conhecidas assim devido aos seus deslocamentos. (IAPAR 1978 citado por ANGULO et al., 2006), que influenciam diretamente a região sul do país, passando a ser conhecidas como sistemas frontais ou frentes polares (ANGULO et al., 2006). Essa convergência faz com que as frentes frias sejam configuradas na direção noroeste-sudeste e passem a adotar uma trajetória sudoeste para nordeste (RODRIGUES et al., 2004).

De acordo com Cavalcanti et al. (2009), a maior ou menor penetração de ventos em baixos níveis na costa da região Sul é promovido pelos movimentos sazonais da Alta Subtropical do Atlântico Sul ocasionando, conseqüentemente, maior ou menor precipitação orográfica próxima a Serra do Mar. Essa predominância de ventos cresce na região Sul durante o semestre quente, enquanto que para o semestre frio, a penetração cresce na região Nordeste do Brasil.

De modo geral, os totais pluviométricos da região Sul são elevados em comparação ao restante do Brasil, em torno de 1050-1750 mm/ano (REBOITA et al., 2010). Os ventos que predominam a região são provenientes do sentido leste

(17,4%) e sul (20,4%), onde os ventos mais fortes (superior a 12 m/s) ocorrem com maior frequência na primavera (72,7 %) e menor no verão (22,7 %). A umidade relativa é consideravelmente alta para a região (85%) estando diretamente ligada aos altos índices de precipitação anual (CASTELLA et al., 2006).

Além das variações espaciais e sazonais conhecidas para o clima do sul do Brasil, ainda há a ocorrência de uma variabilidade anual que é condicionada principalmente pelos episódios de El Niño e La Niña. A atuação desses episódios promove significativas oscilações de chuva e temperatura, uma vez que a região Sul do Brasil possui uma tendência de ser mais quente e chuvosa nos anos de atuação do El Niño e o oposto ocorre com a atuação da La Niña, onde a região passa a ser mais fria e com menos chuva (GRIMM, 2009).

Ainda, Cera e Ferraz (2015) relatam que a Oscilação Decenal do Pacífico (ODP), mesmo que em baixa frequência, apresenta relevantes teleconexões climáticas, configurando o clima de acordo com suas fases quente e fria associadas aos eventos de La Niña e El Niño. Essas teleconexões podem alterar a variabilidade do centro dos anticiclones subtropicais, considerando que a superfície terrestre é ocupada boa parte pelo Oceano Pacífico, sendo a temperatura da superfície do mar (TSM) uma considerável condição para a atmosfera (MOLION et al., 2004).

### 3.1.2 Litoral do Paraná

Localizada entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico, a região litorânea do Estado do Paraná localiza-se entre as latitudes de 24°30' S e 26°00' S e longitudes 48°00' W e 49°00' W e possui como limite geográfico o litoral do Estado de São Paulo ao norte e de Santa Catarina, ao sul. A Planície Litorânea paranaense compreende a área desde o sopé da Serra do Mar (1.500 metros de decaimento geográfico) até o Oceano Atlântico, tendo comprimento de aproximadamente 90 km e largura máxima de 55 km na região de Paranaguá e é recortada pelos complexos estuarinos das Baías de Paranaguá, Laranjeiras, Pinheiros e Guaratuba, configurando a região com diversas ilhas. Sobre o nível do mar, a planície se localiza a 20 metros de altura, aumentando na direção costa-continente, apresentando suas maiores altitudes próximo ao sopé da serra (ANGULO et al., 2006).

A população é distribuída ao longo de sete municípios, sendo eles Guaraqueçaba, Antonina, Morretes, Paranaguá, Pontal do Paraná, Matinhos e Guaratuba (ANGULO et al. 2006).

Segundo Lapardes (1990) a planície costeira paranaense tem seu clima classificado de acordo com Köppen, sendo do tipo Cfa (subtropical úmido mesotérmico) que é caracterizado por um verão fresco, com temperatura média anual de 20,8° C e 22° C. A porção da Serra do Mar apresenta o mesmo tipo climático até a altitude de 700 m, passando a adotar o tipo climático Cfb (clima temperado) com verão fresco com temperatura similar a da planície costeira, porém reduzindo até 13,1° C. Esse clima segue um padrão para as estações do ano em relação aos volumes de precipitação, sendo o verão a estação mais chuvosa e o inverno a estação seca, tendo o outono e primavera como estações de transição. A distribuição anual da precipitação varia entre 1250 e 2000 mm (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; FOMIN, 2013).

Grimm (2009) ressalta que, por se encontrar em uma região entre a planície litorânea e a Serra do Mar, os ventos de superfície ocorrentes nessa região tendem a divergir do anticiclone do Atlântico Sul e se deslocar em direção perpendicular a costa. Esse deslocamento passa a se intensificar em decorrência da presença da Serra do Mar. Labraga, Frumento e López (2000 citado por FOMIN, 2013) relatam que o litoral paranaense é a região com a precipitação mais intensa em comparação com todo o litoral sul e isso se deve pela significativa convergência vertical de umidade ocorrente na região.

### 3.1.2 Litoral de Santa Catarina

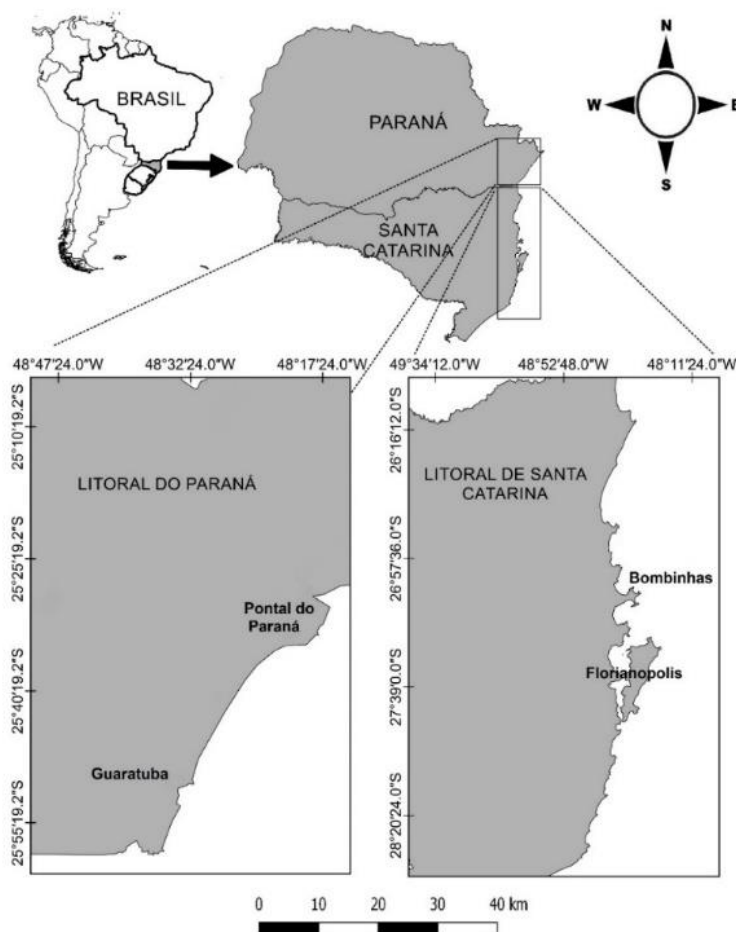
O litoral do Estado de Santa Catarina, localizado entre as latitudes de 25°57'41''S e 29°23'55''S, compreende 561,4 km em sua extensão. A Planície Costeira é banhada pelo Oceano Atlântico e próxima as encostas da Serra, com relevo plano e altitudes inferiores a 200 metros. A Serra do Mar se restringe apenas a região norte de Santa Catarina, apresentando altitudes que variam desde os 600 metros até 800 metros, com picos de 1.000 metros, sendo o relevo fortemente acidentado (RODRIGUES, 2015).

Localizada no Vale do Itajaí (15.000 km<sup>2</sup>), a bacia hidrográfica do rio Itajaí é uma das áreas mais vulneráveis quando ocorrem eventos de enchente no Estado.

A porção sul do litoral catarinense é composta pelas encostas da Serra Geral, onde se encontram montanhas e vales profundos com altitude média de 1.000 m e máximo de 1800 m nos picos (RODRIGUES, 2015).

De acordo com Ometo (1981 citado por PANDOLFO et al., 2002), o clima de Santa Catarina é classificado como mesotérmico úmido, sem estação seca, incluindo os subtipos Cfa (subtropical mesotérmico úmido) com temperatura média inferior a 18°C no mês mais frio e média acima de 22°C para o mês mais quente (verões quentes, chuvas concentradas no verão) e o Cfb (clima temperado) com a média de temperatura para o mês mais frio abaixo de 18°C e para o mês mais quente de 22°C (verões frescos).

FIGURA 2 – ÁREA DE ESTUDO: MAPA APRESENTANDO O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA CORRESPONDENTE A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS.



FONTE: O autor (2018).

### 3.2 DADOS

Para este estudo foram utilizados dados de pressão média ao nível do mar baseados em reanálise do ERA-Interim do European Centre for Medium Range Weather Forecats (ECMWF). Esses dados correspondem a médias mensais resultantes de médias diárias, ou seja, as médias utilizadas para a confecção da reanálise são provenientes da variação média de cada dia compreendido dentro do período de Janeiro de 1985 a Dezembro de 2015. Para a extração desses dados foi definida uma área específica compreendida entre 10°- 40°S e 20°W - 60°W, com uma resolução de 0.25° x 0.25.

Os dados de precipitação utilizados foram provenientes do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) ligada a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) da Agência Nacional de Águas (ANA). Os órgãos responsáveis pela operação das estações são o Instituto das Águas Paraná (AGUASPARANÁ), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI-SC). Foram obtidos dados de oito estações meteorológicas distribuídas ao longo do litoral paranaense e catarinense para o período de 1985-2015, sendo a quantidade de estações escolhidas a partir das estações que possuíam a maior série completa de dados (TABELA 1).

TABELA 1 – ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS NO ESTUDO.

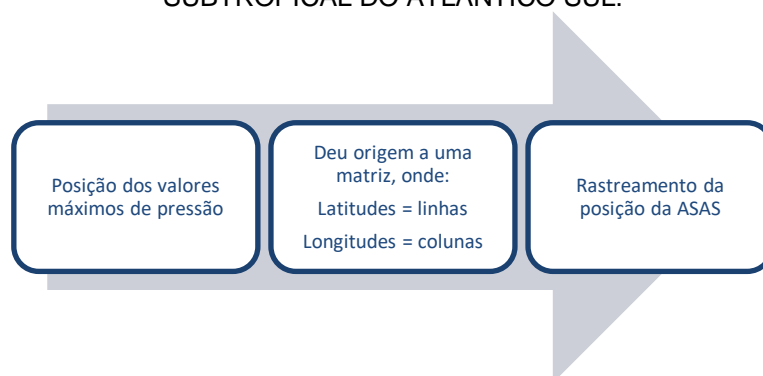
Código	Estação	Município	Estado	Lat.	Long.	Órgão
2548049	COLÔNIA SANTA CRUZ	PARANAGUÁ	PR	-25,596667	-48,624722	ÁGUASPARANÁ
2548039	GUARAQUEÇABA	GUARAQUEÇABA	PR	-25,300000	-48,333333	IAPAR
2548053	GUARATUBA	GUARATUBA	PR	-25,883333	-48,583333	AGUASPARANÁ
2548068	ANTONINA	ANTONINA	PR	-25,433333	-48,766667	AGUASPARANÁ
2648020	ITAPOCU	ARAQUARI	SC	-26,561667	-48,719167	ANA/EPAGRI-SC
2848007	IMBITUBA	IMBITUBA	SC	-28,276667	-48,700278	ANA/EPAGRI-SC
2748017	PAULO LOPES	PAULO LOPES	SC	-27,962222	-48,669167	ANA/EPAGRI-SC
2748019	GOVERNADOR CELSO RAMOS	GOVERNADOR CELSO RAMOS	SC	-27,319444	-48,563611	ANA/EPAGRI-SC

FONTE: O autor (2018).

### 3.3 METODOLOGIA

Os dados de pressão média ao nível do mar foram separados por mês, estação e ano e foram analisados a partir de um algoritmo elaborado no software MATLAB. O algoritmo desenvolvido para o rastreamento da ASAS teve como foco principal encontrar todos os valores mínimos e máximos de pressão ao nível médio do mar, sendo que os máximos corresponderiam ao centro da ASAS. Com esses valores máximos conhecidos, foi possível encontrar qual linha e coluna esses valores estavam dentro de uma matriz e a partir disso, obter o posicionamento (latitude e longitude) desses valores. Com o valor de intensidade do centro da ASAS e seu posicionamento conhecidos para cada mês ao longo dos 31 anos de estudo (1985-2015), foi possível rastrear o deslocamento da ASAS para esse período, como ilustrado resumidamente da Figura 3.

FIGURA 3 – RESUMO DO ALGORITMO DESENVOLVIDO PARA O RASTREAMENTO DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL.



FONTE: O autor (2018).

Para analisar os dados de precipitação, os mesmos foram separados por meses e anos, sendo determinados os somatórios mensais a partir dos acumulados diários para se obter a precipitação acumulada mensal.

As estações do ano para análise da sazonalidade dos dados se basearam em Nimer (1989), onde o autor ressalta que o padrão sazonal para o litoral do Paraná e Santa Catarina possui um regime com ritmo regular, sendo assim classificadas as estações chuvosas (verão) e secas (inverno) e as estações de transição (outono e primavera), conforme apresentado na Tabela 2:

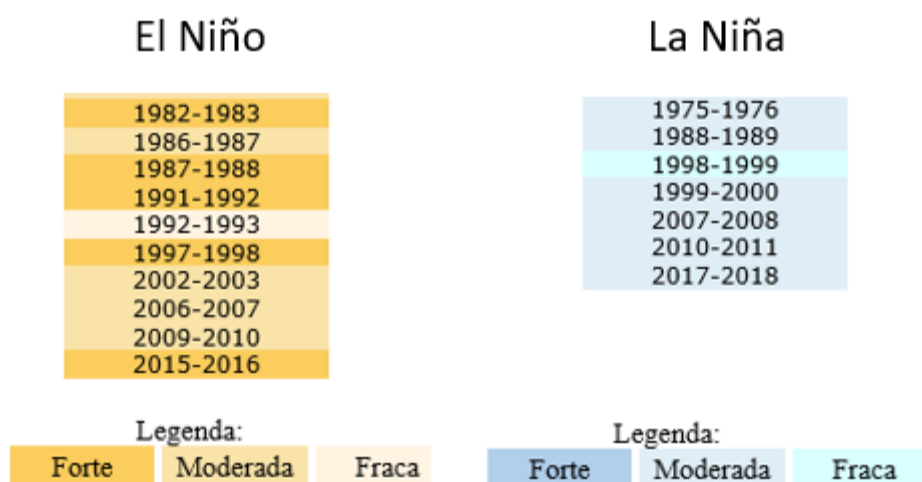
TABELA 2 – MESES QUE COMPÕEM AS ESTAÇÕES SECA, CHUVOSA E TRANSITÓRIAS PARA A REGIÃO DE ESTUDO.

Estação	CHUVOSA (Verão)	TRANSIÇÃO (Outono)	SECA (Inverno)	TRANSIÇÃO (Primavera)
Mês	Dezembro (D) Janeiro (J) Fevereiro (F)	Março (M) Abril (A) Maio (M)	Junho (J) Julho (J) Agosto (A)	Setembro (S) Outubro (O) Novembro (N)

FONTE: O autor (2018).

Para complementar o estudo e possibilitar o entendimento da relação entre o posicionamento da ASAS e a precipitação, foram observados os anos de ocorrência dos fenômenos ENOS (El Niño – Oscilação Sul) dentro do período de estudo (1985-2015), mostrados na Figura 4. Conhecendo-se a frequência e intensidade da ocorrência desses fenômenos, foram escolhidos para uma análise mais detalhada os anos de moderada/fraca intensidade ou então sem registro de ocorrência. Esses anos nós chamamos de “anos neutros” neste estudo e correspondem aos anos de 1986, 1988, 2003, 2005 e 2014. Com isso definido, foi possível plotar gráficos comparativos para a análise da relação entre a posição da ASAS e os totais de precipitação.

FIGURA 4 – ANOS DE OCORRÊNCIA DE EL NIÑO E LA NIÑA PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



FONTE: CPTEC/INPE (2018).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

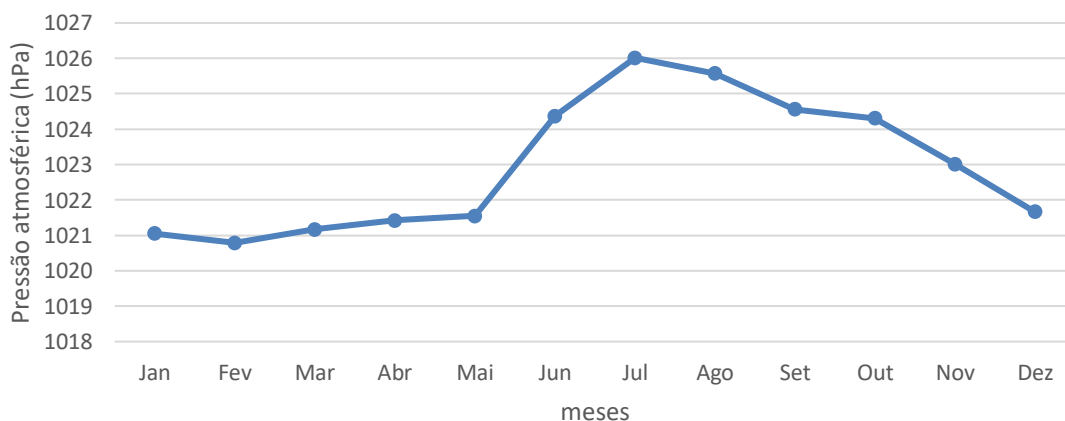
### 4.1 CLIMATOLOGIA DA VARIABILIDADE ANUAL E INTERANUAL

#### 4.1.1 Alta Subtropical do Atlântico Sul

O centro da ASAS apresentou um ciclo anual bem definido quanto sua intensidade, onde as máximas de pressão atingiram os menores e maiores valores em fevereiro (1020,7 hPa) e julho (1026 hPa), respectivamente (GRÁFICO 1). Esses valores médios de intensidade se assemelham aos encontrados por Degola (2013), que obteve os maiores valores de pressão máxima da ASAS nos meses de julho e agosto, ultrapassando 1025 hPa, e os menores valores ocorridos de janeiro a maio, com médias próximas a 1021 hPa.

Apesar da metodologia utilizada por Degola (2013) e a usada neste estudo serem relativamente semelhantes, foi encontrada uma diferença quanto aos meses pontuais de menor e maior pressão máxima e isso pode ser explicado em decorrência da diferença do período de dados utilizados. O autor citado encontrou os meses de fevereiro (1021 hPa) e abril (1021 hPa) como valores mínimos e agosto (1026 hPa) como máximo, enquanto que neste trabalho foram encontrados os meses de fevereiro (1021 hPa) como mínimo e de julho (1026 hPa) como máximo.

GRÁFICO 1 – PRESSÃO MÉDIA PARA OS MÁXIMOS DE PRESSÃO PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



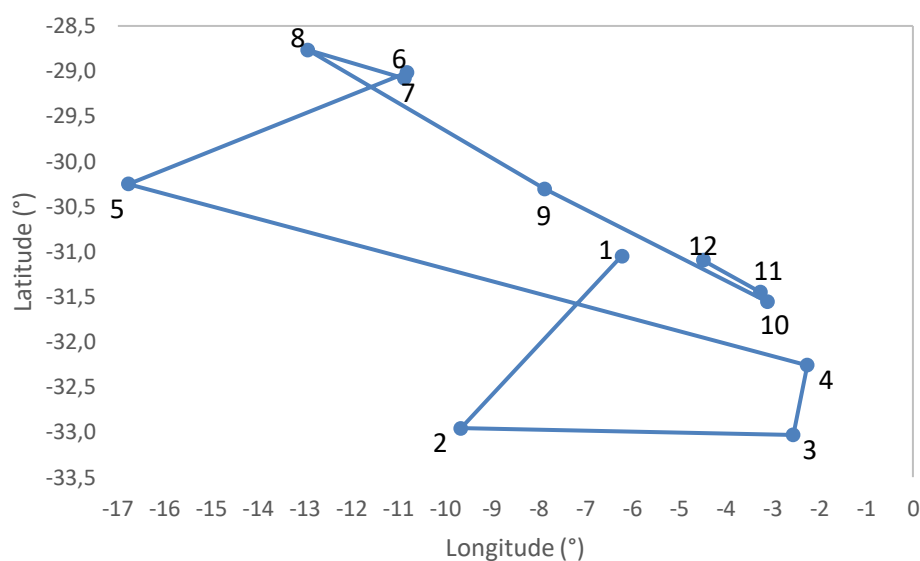
FONTE: O autor (2018).

Quanto ao posicionamento médio encontrado para a ASAS no período de estudo, foi possível observar que os meses de junho, julho e agosto apresentaram os posicionamentos mais ao norte, em torno de  $29^{\circ}\text{S}$ , e mais ao sul nos meses de fevereiro e março, próximo a latitude média de  $33^{\circ}\text{W}$ . Os meses de março, abril e outubro apresentaram as posições mais a leste do estudo, em torno de  $3^{\circ}\text{W}$ , enquanto que os meses de maio e agosto foram os posicionamentos mais a oeste encontrados, em torno de  $13^{\circ}\text{W}$  e  $17^{\circ}\text{W}$  respectivamente (GRÁFICO 2).

Os resultados encontrados neste estudo para o posicionamento médio da ASAS concordam com os resultados encontrados por Machel et al. (1998) e Degola (2013) quanto aos deslocamentos latitudinais (norte/sul), porém se diferem quanto ao deslocamento longitudinal (leste/oeste), onde esse trabalho mostra o mês de maio com a posição extrema a oeste, enquanto que os demais trabalhos comparados apresentam o mês de agosto como extremo oeste do posicionamento médio da ASAS. O posicionamento mais próximo a costa no mês de maio também foi registrado por Molion et al. (2004), os quais avaliaram o posicionamento da ASAS utilizando dados provenientes de reanálise do NCEP/NCAR (resolução  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ ) para o período de 1948-1990.

A amplitude latitudinal para o ciclo anual do deslocamento da ASAS foi de aproximadamente  $4^{\circ}$  ( $29^{\circ}\text{S}$ - $33^{\circ}\text{S}$ ) enquanto que o longitudinal foi de  $15^{\circ}$  aproximadamente ( $2^{\circ}\text{W}$ - $17^{\circ}\text{W}$ ). Esses resultados concordam com os obtidos por Molion et al. (2004) para variação latitudinal e se diferem para a longitudinal, onde o autor citado encontrou uma amplitude de  $9^{\circ}$ .

GRÁFICO 2 – REPRESENTAÇÃO DO CICLO ANUAL DO ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL BASEADO NA MÉDIA DAS POSIÇÕES PARA (1) JANEIRO, (2) FEVEREIRO, (3), MARÇO, (4) ABRIL, (5) MAIO, (6) JUNHO, (7) JULHO, (8) AGOSTO, (9) SETEMBRO, (10) OUTUBRO, (11) NOVEMBRO E (12) DEZEMBRO.



FONTE: O autor (2018)

De modo geral para os dados de pressão, pode-se dizer que os resultados da posição média deste trabalho estiveram mais próximos aos padrões encontrados por Machel et al. (1998) do que em comparação com Hastenrath (1985), Ito e Ambrizzi (2000) e Degola (2013). Uma tabela comparativa foi elaborada para que pudesse facilitar a visualização das informações (TABELA 3).

TABELA 3 – TABELA COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS NESTE ESTUDO E OS OBTIDOS POR HASTENRATH (1985), MACHEL ET AL. (1998), ITO E AMBRIZZI (2000) E DEGOLA (2013).

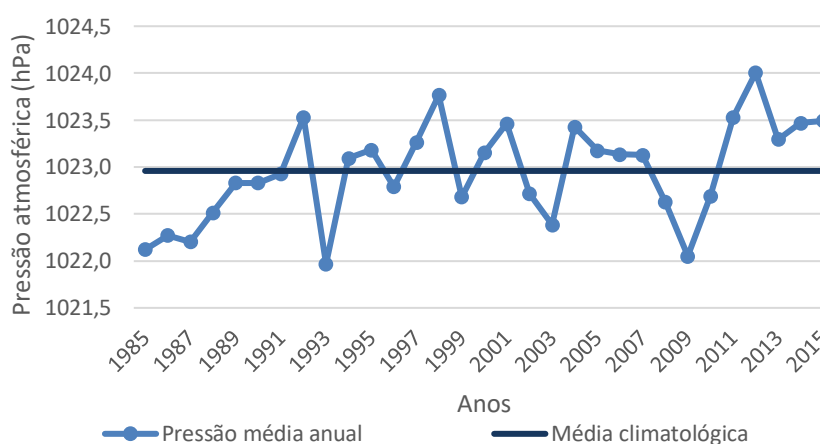
Mês	Resultados deste trabalho	Hastenrath (1985)	Machel et al. (1998)	Ito e Ambrizzi (2000)	Degola (2013)
Janeiro	31°S 6,5°W	31°S 7°W	31°S 10°W		31°S 8°W
Fevereiro	33°S 10,5°W	33°S 0°W	32°S 10,5°W		32,5°S 12°W
Março	33°S 3,7°W	29,5°S 4W	33°S 10°W		32,5°S 2°W
Abril	32°S 3,5°W	30°S 2°W	31,5°S 6,5°W		31°S 3°W
Maio	30°S 18,8°W	29°S 1°W	29°S 12,5°W		28°S 5°W
Junho	29°S 11,6°W	27,5°S 12°W	29°S 9°W	28°S 5°W	27°S 10°W
Julho	29°S 11,8°W	28°S 12°W	29°S 12,3°W	28°S 10°W	29°S 9°W
Agosto	29°S 13°W	27°S 14°W	28,7°S 12°W	29°S 4°W	28°S 18°W

Setembro	30°S 8,7°W	29°S 7,5°W	29°S 9,5°W		28,5°S 12,5°W
Outubro	31,5°S 4°W	28,5°S 3,5°W	30°S 4°W		32°S 3°W
Novembro	31,5°S 4,3°W	29°S 4,2°W	31°S 6,5°W		30,5°S 6°W
Dezembro	31°S 5,3°W	30°S 4°W	30°S 8°W		31°S 6°W

FONTE: O autor (2018, adaptado de DEGOLA, 2013).

Considerando a intensidade dos máximos de pressão (centro da ASAS), o ano de 1993 apresentou-se como o ano de menor pressão média, de 1022 hPa, enquanto que o ano de 2012 foi o ano com maior pressão média, de 1024 hPa (GRÁFICO 3).

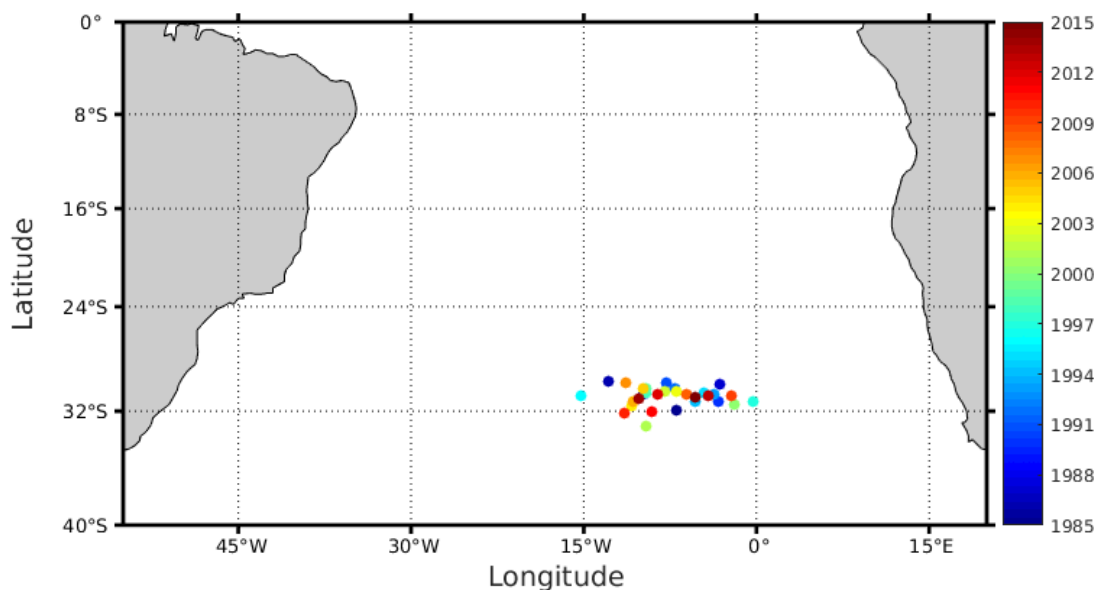
GRÁFICO 3 – VARIACÃO DOS MÁXIMOS DE PRESSÃO PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



Fonte: O autor (2018)

Para a variabilidade interanual do deslocamento da ASAS, o ano de 1996 foi o ano com o posicionamento médio mais a oeste, em 15°W e o ano de 1997 apresentou a média mais a leste, em 0°. O posicionamento mais ao norte ocorreu no ano de 1986, em 30°S e o oposto, ocorreu no ano de 2001, em 33°S (FIGURA 5).

FIGURA 5 – POSICIONAMENTO MÉDIO ANUAL DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.2 Precipitação pluvial

As médias climatológicas de precipitação para o litoral do Paraná e Santa Catarina neste estudo apresentaram um comportamento anual bem definido, os valores mínimos e máximos ocorreram nos meses de inverno e verão, respectivamente.

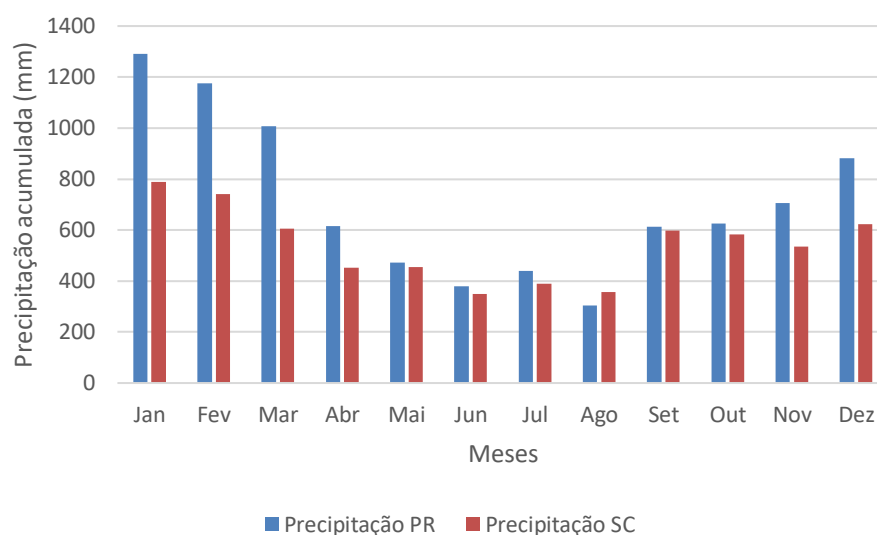
Os meses que apresentaram os maiores acúmulos de precipitação para os dois litorais foram dezembro (882,5 mm e 622,5 mm), janeiro (1290,5 mm e 788,1 mm), fevereiro (1176,5 mm e 741,3 mm) e março (1007,5 e 604,4 mm). Essa ocorrência pode ser explicada devido ao deslocamento da ASAS estar para sudeste durante esse período, de modo que boa parte do Paraná e Santa Catarina passam a ter predominância de um regime de monções de verão. Esse regime possui um padrão de ocorrência nos trimestres de dezembro, janeiro e fevereiro ou janeiro, fevereiro e março, como apresentado no Gráfico 4 (GRIMM; FERRAZ; GOMES, 1998).

Os altos valores encontrados para o litoral do Paraná corroboram os dados encontrados por Vanhoni e Mendonça (2009), que afirmam que os maiores valores de médias encontradas para toda a fachada Atlântica Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) se concentraram no litoral do Paraná.

Os menores valores de precipitação acumulada ocorreram nos meses de junho (379,6 mm e 349 mm), julho (440,8 mm e 390,3 mm) e agosto (305,3 mm e 357,6 mm) também para os dois litorais, período esse em que a ASAS possui seu deslocamento para noroeste (GRÁFICO 4) (CAVALCANTI et al., 2009).

Silva et al. (2014) confirmam os resultados obtidos nesse estudo quanto a amplitude de precipitação ser mais significativa nos meses de janeiro e julho (máximo e mínimo de precipitação).

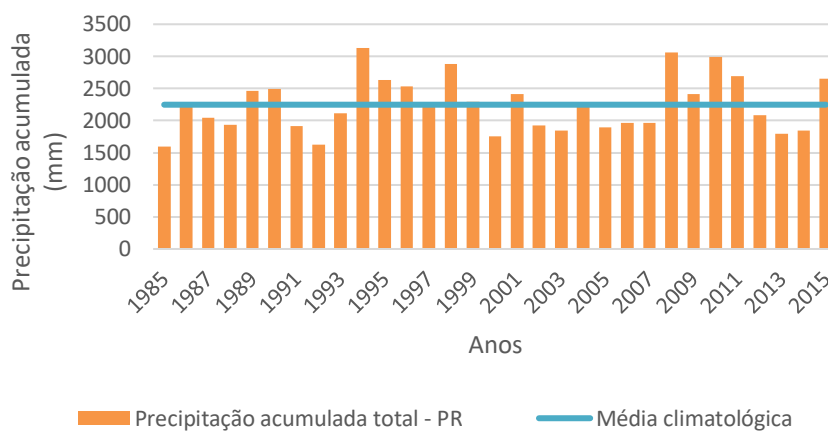
GRÁFICO 4 – MÉDIAS CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO PARA O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA NO PERÍODO DE 1985-2015.



FONTE: O autor (2018).

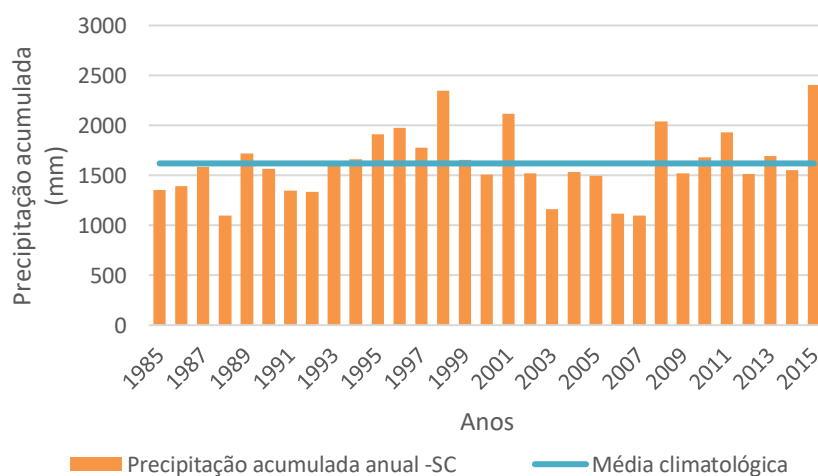
A variação interanual para os dados de precipitação mostrou que, para o litoral do Paraná, o ano de 2008 revelou-se como o mais chuvoso, com 3063,7 mm, enquanto que o ano de 1985 correspondeu ao oposto, com 1599 mm (GRÁFICO 5). Para o litoral catarinense, o ano mais chuvoso correspondeu a 2015, com 2405 mm, enquanto que o ano de 1988 representou o ano com o menor acumulado da série, com 1095,5 mm (GRÁFICO 6).

GRÁFICO 5 – VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO PARA O LITORAL DO PARANÁ PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



FONTE: O autor (2018).

GRÁFICO 6 – VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO PARA O LITORAL DE SANTA CATARINA PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



FONTE: O autor (2018).

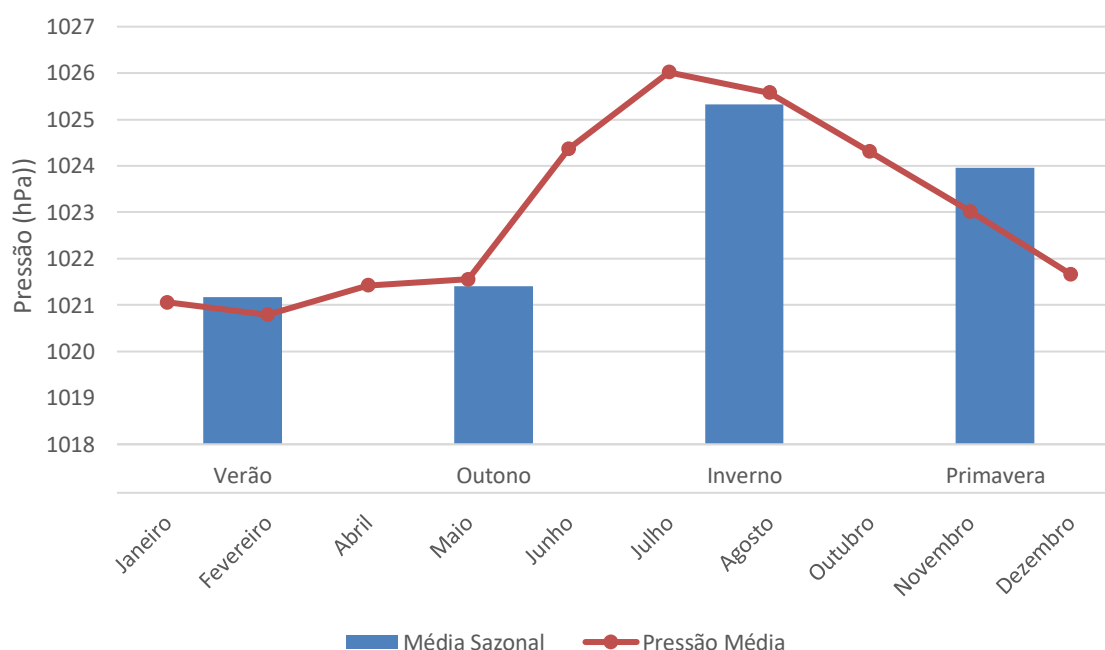
## 4.2 VARIABILIDADE SAZONAL

A intensidade média de pressão atmosférica para o verão (DJF) apresentou o menor valor que as demais estações do ano, sendo o mês de fevereiro com a menor média de intensidade, de 1020,8 hPa aproximadamente e o mês de dezembro com a maior média, de aproximadamente 1021,6 hPa. Para o outono (MAM), a menor média encontrada foi no mês de março, com média de 1021 hPa,

e a maior, no mês de maio, com média de 1021,5 hPa. O inverno (JJA) apresentou o maior valor médio de todas as estações, sendo o mês de julho com a maior média de intensidade, de 1026 hPa e o mês de junho, com a menor média para a estação, com valor de 1024 hPa. A primavera (SON) teve sua maior média registrada no mês de setembro com intensidade de 1024, 5 hPa, enquanto que a menor média foi encontrada no mês de novembro, com 1023 h Pa de intensidade (GRÁFICO 7).

Esses resultados concordam com os encontrados por Degola (2013), onde relata que a ASAS encontra-se enfraquecida nos meses de verão, não conseguindo adentrar no continente, enquanto que nos meses de inverno, ela se intensifica com o resfriamento do continente, apresentando além da sua intensificação, uma considerável expansão no período.

GRÁFICO 7 – MÉDIA SAZONAL PARA OS MÁXIMOS DE PRESSÃO EM RELAÇÃO A PRESSÃO MÉDIA PARA O PERÍODO DE 1985-2015.

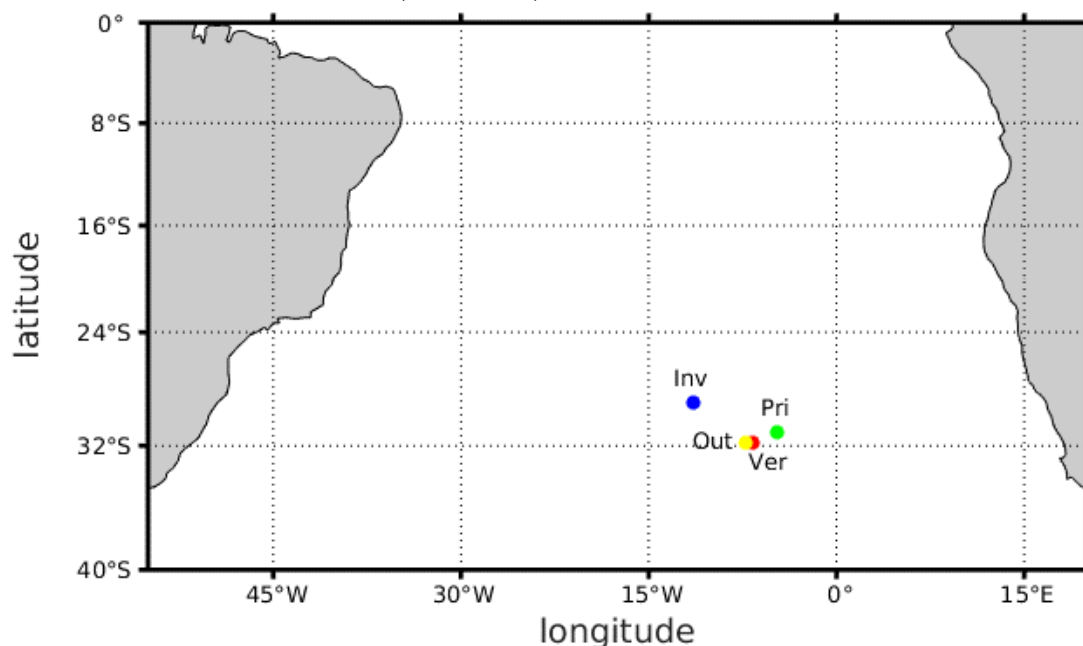


FONTE: O autor (2018).

A posição média do centro da ASAS foi encontrado para o verão (DJF) em 31,6°S e 6,9°W, enquanto que para a estação seguinte, outono (MAM), a posição média esteve em 31,8°S e 7°W aproximadamente. O centro do ASAS teve seu posicionamento médio em 28,9°S e 11,5°W no inverno (JJA), e na primavera, esteve em 31,1°S e 4,6°W (FIGURA 6). Os resultados encontrados neste trabalho

se assemelham aos resultados encontrados por Machel et al. (1998) para o verão (31°S e 8,1°W), outono (31,1°S e 8°W), inverno (29°S e 11,5°W) e para a primavera (30°S e 6,6°W).

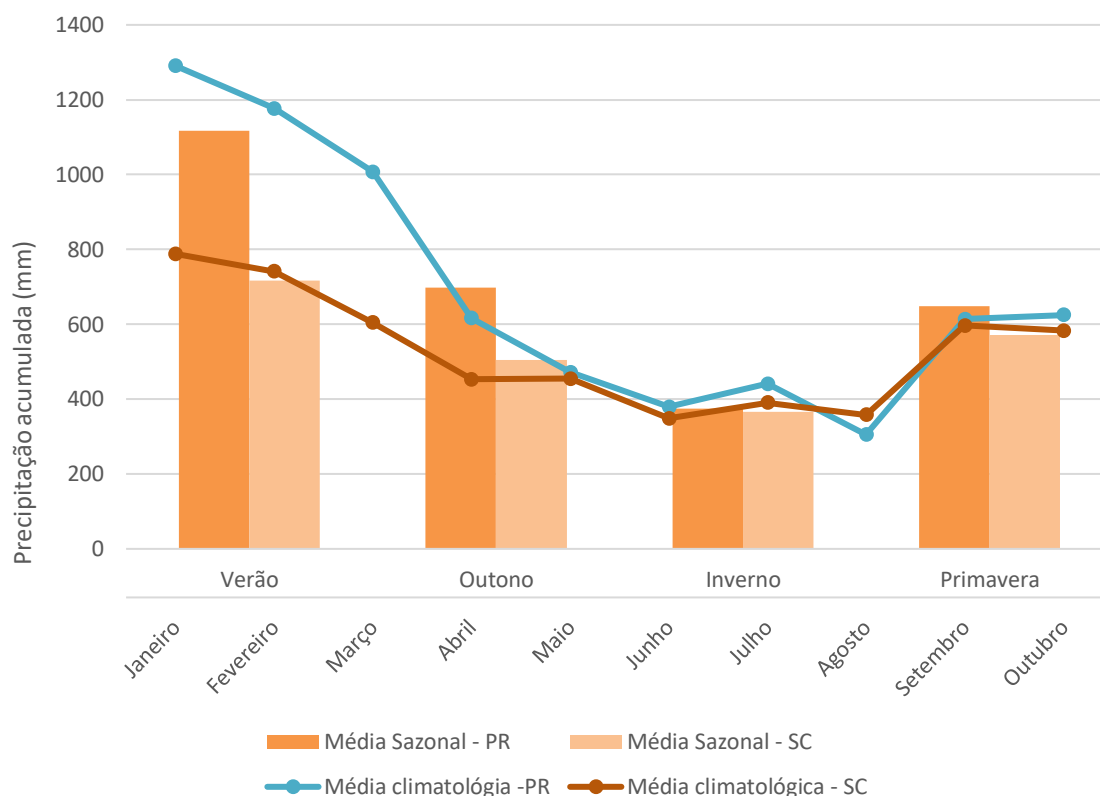
FIGURA 6 – VARIÇÃO MÉDIA DO POSICIONAMENTO DO CENTRO DO ASAS PARA O VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA.



FONTE: O autor (2018).

A média de precipitação para o litoral paranaense teve seu maior valor no verão (DJF) com 1116,5 mm enquanto que a menor média ocorreu no inverno (JJA) com 375,2 mm. O outono (MAM) e a primavera (SON) apresentaram médias relativamente próximas, sendo de aproximadamente 698,4 mm e 648,3 mm respectivamente. Para o litoral catarinense, a média do verão também foi o valor mais alto encontrado, de 717,3 mm e a menor média ocorreu no inverno, com 365,6 mm. A primavera apresentou valores médios maiores que no outono, sendo de 178,3 mm e 127,4 mm respectivamente (GRÁFICO 8).

GRÁFICO 8 – MÉDIA SAZONAL PARA O LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ E SANTA CATARINA EM RELAÇÃO A MÉDIA CLIMATOLÓGICA PARA O PERÍODO DE 1985-2015.



FONTE: O autor (2018).

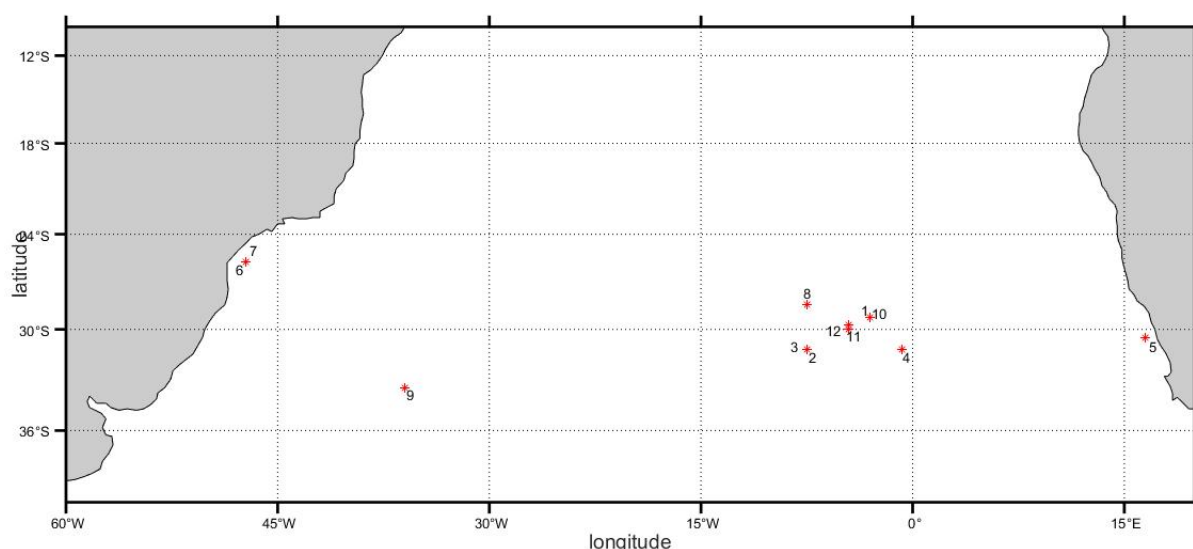
#### 4.3 ANÁLISE DO POSICIONAMENTO DA ASAS E PRECIPITAÇÃO PARA ANOS NEUTROS

Os anos de 1986, 1988, 2003, 2005 e 2014 que representam os anos neutros (atuação moderada/fraca de El Niño/La Niña ou sem atuação) compatibilizaram com os acumulados de precipitação do litoral do Paraná e Santa Catarina. Desse modo foi possível realizar um estudo mais detalhado relacionando os acumulados de precipitação desses anos neutros com o posicionamento da ASAS.

O ano de 1986 apresentou os posicionamentos da ASAS mais próximos a costa brasileira nos meses de junho e julho, estando em aproximadamente 25,8°S e 47,3°W (FIGURA 7). Quanto a intensidade da ASAS, sua maior e menor intensidade ocorreram no mês de outubro e abril respectivamente, com 1026,5 hPa e 1019,6 hPa. Para o mesmo ano, o litoral paranaense teve seus maiores e menores acumulados de precipitação nos meses de fevereiro e junho,

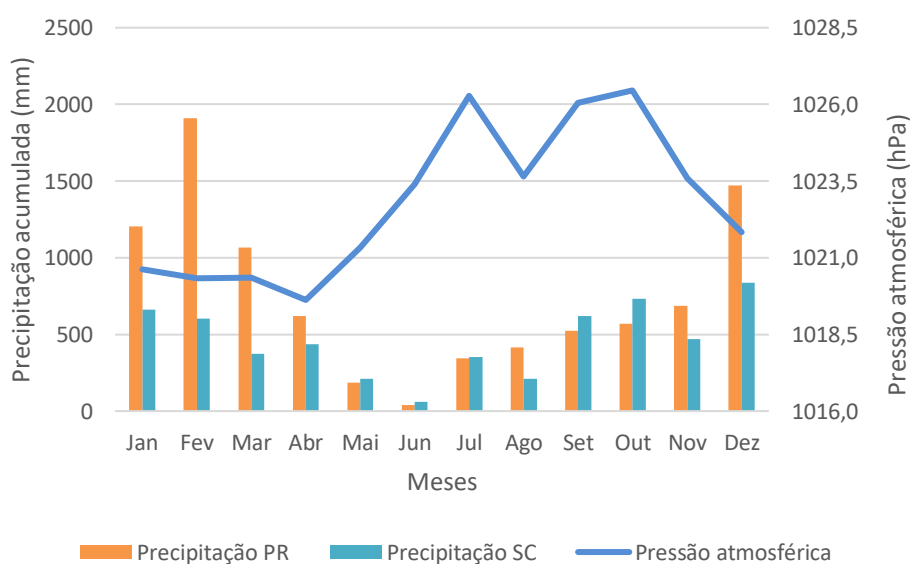
respectivamente, com 1907,8 mm e 40,7 mm. Já o litoral catarinense, apresentou o mês de dezembro e junho como os maiores e menores meses de acúmulo de precipitação respectivamente, com 836,4 mm e 60,9 mm (GRÁFICO 9).

FIGURA 7 – POSICIONAMENTO MENSAL DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO ANO DE 1986.



longitude  
FONTE: O autor (2018).

GRÁFICO 9 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA E A INTENSIDADE DA ALTA SUBTROPICAL NO ANO DE 1986 REPRESENTADA PELOS VALORES MÁXIMOS DE PRESSÃO (CENTRO DA ASAS).

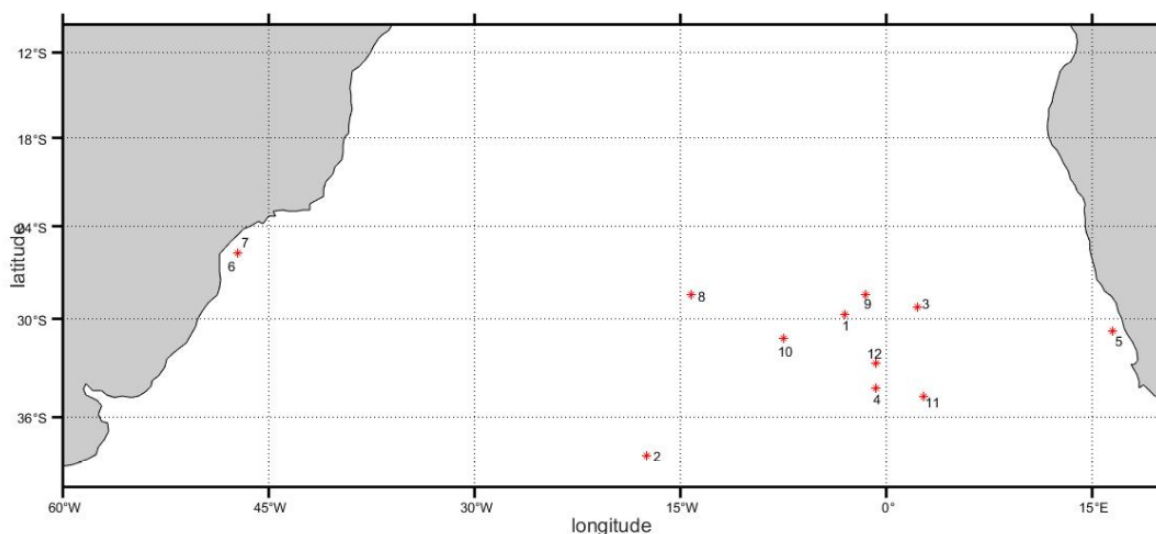


FONTE: O autor (2018).

Em 1988, a ASAS teve seu posicionamento mais próxima a costa brasileira nos meses de junho e julho, estando em 25,8°S e 47,3°W em ambos os meses (FIGURA 8). Quanto a sua intensidade, a ASAS atingiu sua maior e menor

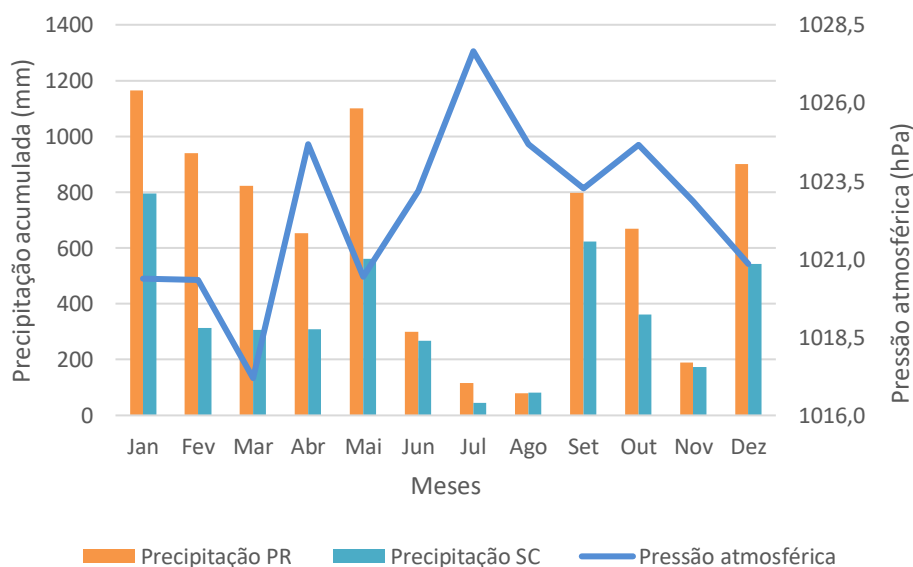
intensidade nos meses de julho e março, respectivamente, com 1027,7 hPa e 1017,2 hPa. Para o litoral paranaense, os maiores e menores acumulados mensal ocorreram no mês de janeiro e agosto, respectivamente, com 1165,6 mm e 78,3 mm. Já o litoral catarinense apresentou seus maiores e menores acumulados de precipitação nos meses de janeiro e julho, respectivamente, com 794,9 mm e 44,5 mm (GRÁFICO 10).

FIGURA 8 – POSICIONAMENTO MENSAL DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO ANO DE 1988.



FONTE: O autor (2018).

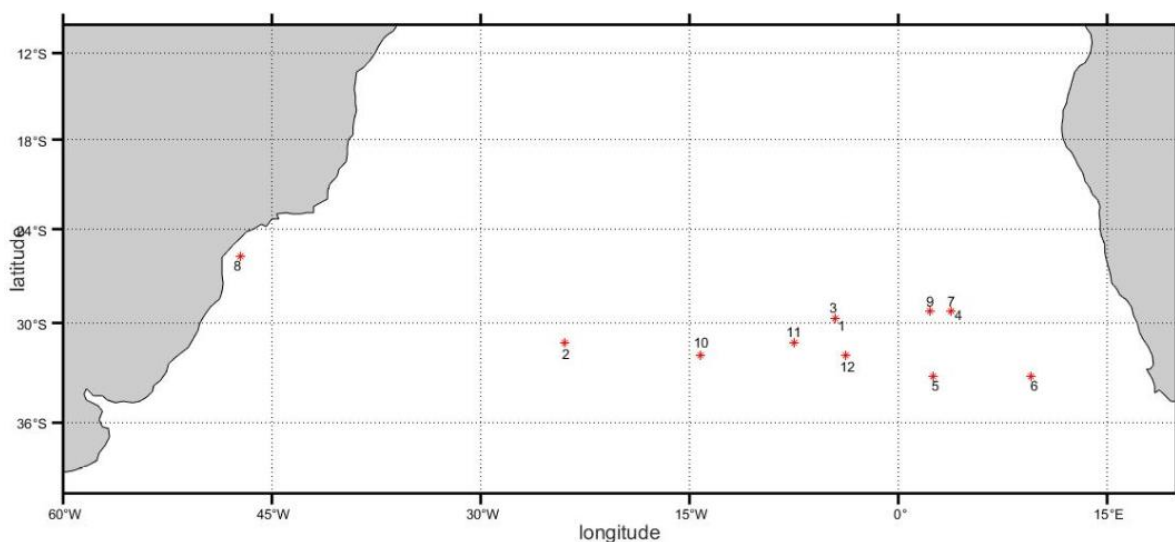
GRÁFICO 10 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA E A INTENSIDADE DA ALTA SUBTROPICAL NO ANO DE 1988 REPRESENTADA PELOS VALORES MÁXIMOS DE PRESSÃO (CENTRO DA ASAS).



FONTE: O autor (2018).

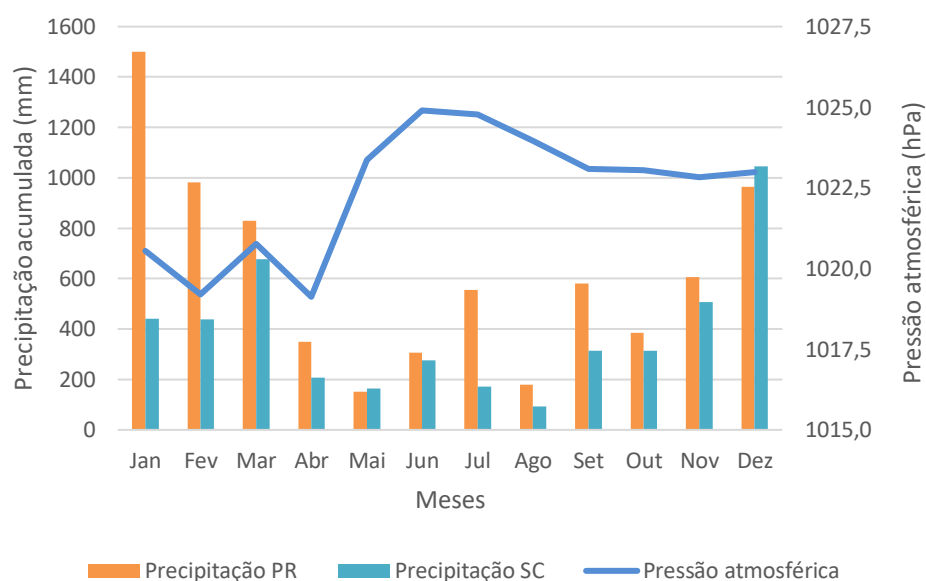
No ano de 2003, a ASAS esteve próxima a costa brasileira no mês de agosto, localizada em 52,8°S e 47,3°W. Seu centro esteve com sua intensificação mais forte e mais fraca nos meses de junho e abril, respectivamente, com 1024,9 hPa e 1019,1 hPa (FIGURA 9). Para o litoral paranaense, os meses com maior e menor precipitação acumulada do ano ocorreram em janeiro e maio respectivamente, com 1499 mm e 151,5 mm. No litoral catarinense, os meses de dezembro e agosto registraram as maiores e menores precipitações acumuladas para a região, com 1044,3 mm e 94 mm, respectivamente (GRÁFICO 11).

FIGURA 9 – POSICIONAMENTO MENSAL DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO ANO DE 2003.



FONTE: O autor (2018).

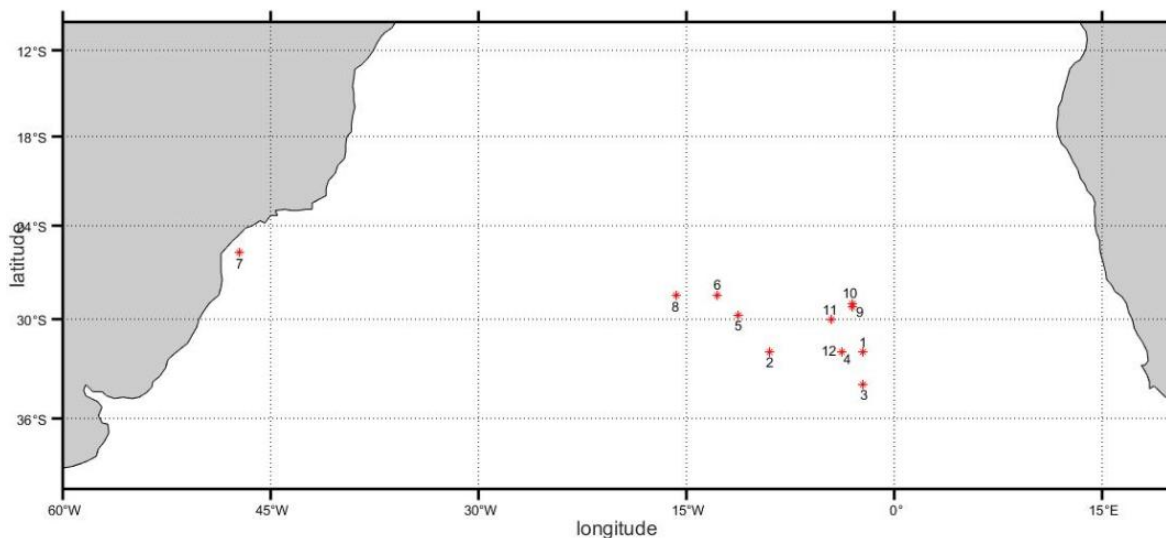
GRÁFICO 11 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA E A INTENSIDADE DA ALTA SUBTROPICAL NO ANO DE 2003 REPRESENTADA PELOS VALORES MÁXIMOS DE PRESSÃO (CENTRO DA ASAS).



FONTE: O autor (2018).

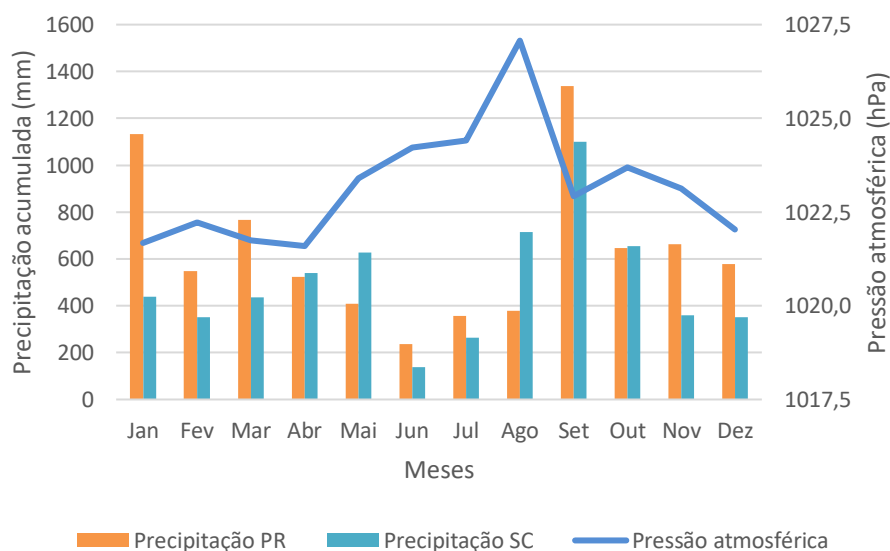
Em 2005, a ASAS esteve mais próxima a costa brasileira no mês de julho, estando localizada em 25,8°S e 47,3°W, aproximadamente (FIGURA 10). Quanto a sua intensidade, os meses com maior e menor intensidade foram agosto e abril respectivamente, com 1027,1 hPa e 1021,6 hPa. Quanto aos acumulados de precipitação, o litoral do Paraná apresentou os maiores e menores registros em setembro e junho, respectivamente, com 1338,8 mm e 235,5 mm. Para o litoral catarinense, os maiores e menores acumulados de precipitação foram registrados nos meses de setembro e junho respectivamente, com 1098,9 mm e 137,5 mm (GRÁFICO 12).

FIGURA 10 – POSICIONAMENTO MENSAL DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO ANO DE 2005.



FONTE: O autor (2018)

GRÁFICO 12 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA E A INTENSIDADE DA ALTA SUBTROPICAL NO ANO DE 2005 REPRESENTADA PELOS VALORES MÁXIMOS DE PRESSÃO (CENTRO DA ASAS).



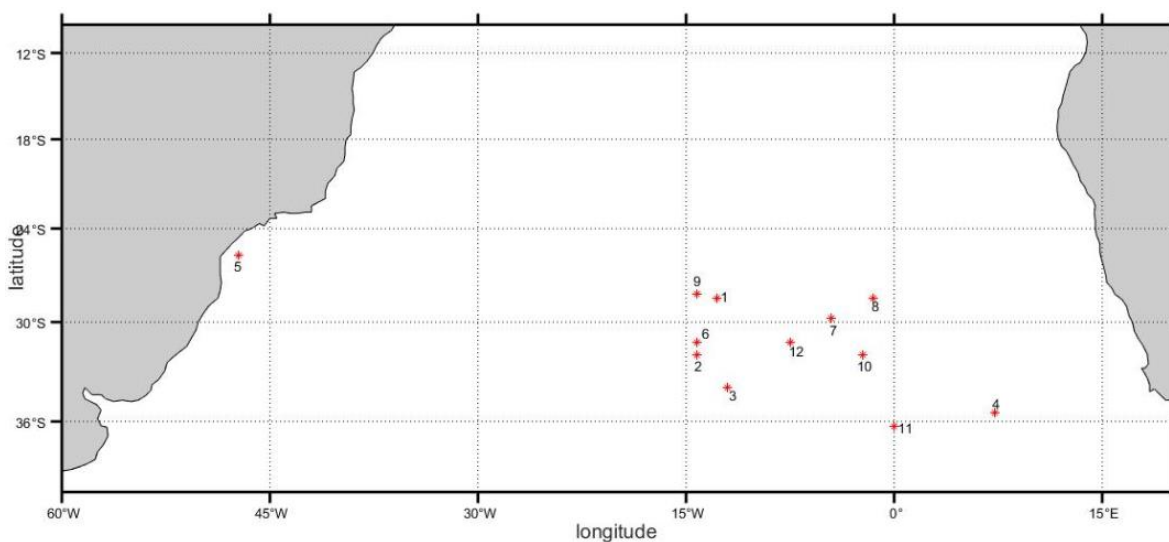
FONTE: O autor (2018).

No ano de 2014, a proximidade da ASAS com a costa brasileira ocorreu no mês de maio, com seu centro localizado em 25,8°S e 47,3°W, aproximadamente (FIGURA 11). A intensidade da ASAS para este ano atingiu seu máximo e mínimo nos meses de julho e fevereiro, respectivamente, com 1027,6 hPa e 1019,8 hPa. Os acumulados de precipitação para o litoral paranaense atingiram seus maiores e

menores registros em dezembro e julho respectivamente, com 1133,3 mm e 217,2 mm. Já para o litoral catarinense, os maiores e menores registros de precipitação ocorrem em junho e novembro, respectivamente, com 1103 mm e 253,7 mm (GRÁFICO 13).

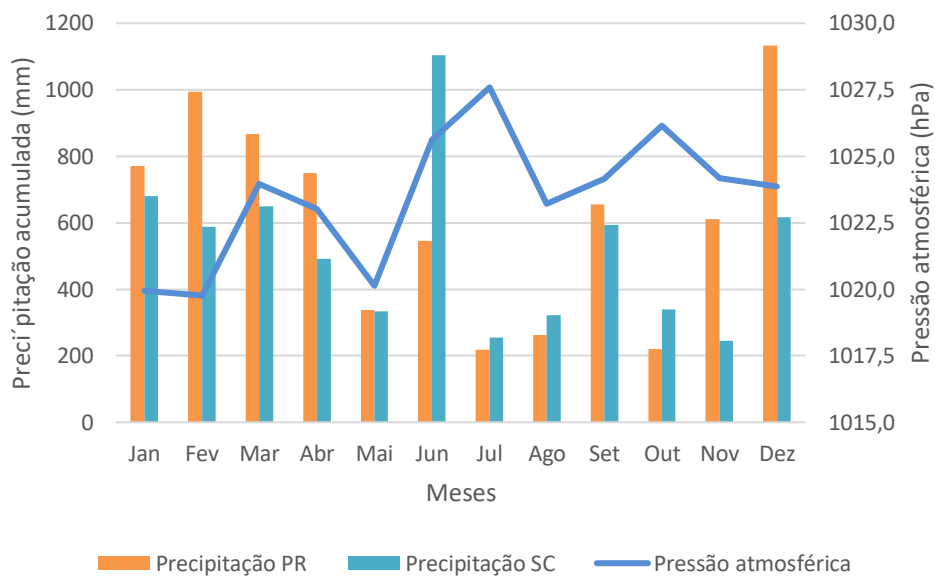
De acordo com esses resultados, nota-se que os menores valores de precipitação estão relacionados com a ASAS mais próxima do continente, tanto no litoral do PR quanto no litoral de SC, pois a subsidência do ar no centro da alta pressão inibe a formação de nuvens e, conseqüentemente de precipitação. Além disso, este posicionamento contribui para a formação de um bloqueio atmosférico impedindo o avanço de sistemas frontais.

FIGURA 11 – POSICIONAMENTO MENSAL DA ALTA SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL NO ANO DE 2014.



FONTE: O autor (2018)

GRÁFICO 13 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA O LITORAL DO PARANÁ E SANTA CATARINA E A INTENSIDADE DA ALTA SUBTROPICAL NO ANO DE 2014 REPRESENTADA PELOS VALORES MÁXIMOS DE PRESSÃO (CENTRO DA ASAS).



FONTE: O autor (2018).

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o algoritmo desenvolvido foi capaz de rastrear a trajetória da ASAS, mostrando que seu deslocamento esteve dentro do padrão encontrado em outros estudos. Adicionalmente, foi possível confirmar que existiu uma relação qualitativa entre o posicionamento da ASAS e a distribuição sazonal da precipitação pluviométrica.

Em relação aos totais precipitados, os maiores volumes foram encontrados no verão, seguido da primavera, sendo que os totais precipitados foram superiores no litoral do Paraná quando comparados com o litoral de Santa Catarina. Este fato associa-se a presença da Serra do Mar no litoral paranaense, que somado ao posicionamento da ASAS, contribuiu para o maior acúmulo de precipitação.

Os menores volumes de precipitação ocorreram, de um modo geral, nos meses de inverno (JJA) para ambas as regiões analisadas. Qualitativamente, associou-se este comportamento com a localização da ASAS, que se aproximou da costa brasileira em decorrência do resfriamento continental – enfraquecimento da baixa continental.

## REFERÊNCIAS

- ANGULO, R. J.; SOARES, R.S; MARONE, E; SOUZA, M. C.; ODRESKI, L. L. R.; NOERNBERG, M.A. PARANÁ. In: MUEHE, D. C. E. H. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 348–396, 2006.
- BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da Estação Chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil Associado com a Circulação Atmosférica**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.
- BASTOS, C. C.; FERREIRA, N. J. **Análise climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul**. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000. Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: SBMET, 2000, p. 612-615.
- CASTELLA, R. M. B.; CASTELLA, P. R.; FIGUEIREDO, D. C. S.; QUEIROZ, S. M. P. **Paraná: Mar e Costa**. Curitiba: SEMA, 2006.
- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.30, n.1, 81-88, 2015.
- DAVIS, R. E.; HAYDEN, B. P.; GAY, D. A.; PHILLIPS, W. L.; JONES, G. V. The North Atlantic Subtropical Anticyclone. **Journal of Climate**, v. 10, p. 728–744, 1997.
- DEGOLA, T. S. D. **Impactos e variabilidade do Anticiclone subtropical do Atlântico Sul sobre o Brasil no clima presente e em cenários futuros**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2013.
- EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM RANGE WEATHER FORECASTS (ECMWF). Disponível em: <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-moda/levtype=sfc/> .
- FOMIN, I. M. **Estudo do estado médio e da variabilidade da atmosfera do Litoral Paranaense, utilizando dados da Estação Meteorológica de Pontal do Paraná**. 51 f. Monografia (graduação) - Setor Ciências da Terra, Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2013.
- FRANCA, R. R. DA. **Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- GRIMM, A. M. Clima da Região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F.(org). **Tempo e Clima no Brasil**, p. 135-147, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2863–2880, nov. 1998.

- HASTENRATH, S. **Climate and circulation of the tropics**. Atmospheric Science Library, D. Reidel Pub. Co., Boston, p. 455, 1985.
- IPARDES. **Macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba**. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – Fundação Edson Vieira, IPARDES/IBAMA, Curitiba, 1990.
- ITO, E. R. K.; AMBRIZZI, T. **Climatologia da posição da Alta Subtropical do Atlântico Sul para os meses de inverno**. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA, 11, 2000. Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: SBMET, 2000, p. 860-865.
- MÄCHEL, H.; KAPALA, A.; FLOHN, H. Behaviour of the centres of action above the atlantic since 1881. Part I: characteristics of seasonal and interannual variability. **International Journal of Climatology**, v. 18, n. 1, p. 1–22, 1998.
- MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MOLION, L. C. B., BERNARDO, S. O., OLIVEIRA, C. P. **Variabilidade da Circulação de grande escala sobre o Atlântico Subtropical**. In: ANAIS DO XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza: CBMET, 2004.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- PADILHA, C. K. **Estagnação de massa de ar quente e seco sobre a região central do Brasil**. [s.l.] 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P.; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes De Precipitação Na América Do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185 - 204, 2010.
- RODRIGUES, M. L. G. **Eventos de chuva orográfica em Santa Catarina: climatologia e simulações numéricas**. [s.l.] 2015. 113 f. Dissertação/Tese (Mestrado/Doutorado) - Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.
- RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, n. 2, p. 135–151, 2004.
- SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 181–194, 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH). Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf). Acesso em:

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. D. A. O clima da Fachada Atlântica Sul do Brasil: uma atualização introdutória. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2009.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. 2. ed. Recife: UFPE, 2006.