

3.1.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E METEOROLÓGICA NA ÁREA DE ESTUDO

Neste item são apresentadas as características climáticas e meteorológicas da área de estudo. Inicialmente são descritas as características de clima da região, juntamente com a descrição dos fenômenos de grande escala mais importantes para o entendimento meteorológico regional. Na sequência são apresentadas as características meteorológicas da área de estudo. Ao final é apresentada uma síntese da caracterização realizada, juntamente com as principais características relevantes para tomadas de decisão e gestão da APAMLN.

3.1.1.1 O CLIMA NA ÁREA DE ESTUDO

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias em uma certa região. Ele influencia diretamente a maioria das atividades humanas, em especial a agricultura e abastecimento urbano, condicionados principalmente pela disponibilidade hídrica regional.

Uma das maneiras de se classificar o clima de uma região é através dos sistemas de classificações climáticas (SCC), que levam em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos.

Um dos SCC mais abrangentes é o de Köppen (KÖPPEN & GEIGER, 1928) que, partindo do pressuposto que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região, desenvolveu um SCC ainda hoje largamente utilizado, em sua forma original, ou com modificações. As modificações propostas estão relacionadas aos limites térmicos/hídricos dos tipos de climas determinados para diferentes regiões e, no Brasil, Setzer (1966) simplificou o método de Trewartha (1954) para determinar os tipos climáticos que ocorrem no Estado de São Paulo. Para este autor, a classificação dos municípios que compõem a APAMLN é **Am**. Já para o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - CEPAGRI (2016), que classifica o clima pelo método de Köppen dos municípios do estado de São Paulo com o uso de estações meteorológicas, as classificações climáticas propostas são:

- São Sebastião: **Am**
- Ilhabela: **Am**
- Caraguatatuba: **Af**
- Ubatuba: **Af**

O **Quadro 3.1.1.1-1** mostra as principais características de classificação dos climas **Am** e **Af**. A principal diferença entre eles é o fato do clima **Af** não apresentar estação seca, diferentemente do clima **Am**, que possui inverno seco (com mês mais seco com pluviosidade média inferior a 60 mm). Ou seja, de acordo com CEPAGRI (2016) os municípios de Caraguatatuba e Ubatuba possuem clima tropical, sem estação seca, enquanto que São Sebastião e Ilhabela apresentam clima tropical com chuvas excessivas e inverno seco.

Quadro 3.1.1.1-1 – Características das classificações climáticas propostas para os municípios da APAMLN.
Fonte: modificado de Rolim et al. (2007).

Temperaturas médias		Pluviosidades médias		Descrição do clima	Classificação Climática
Mês mais quente	Mês mais frio	Mês mais seco	Anual		
>22 °C	>=18 °C	>= 60 mm	-	Tropical, sem estação seca	Af
		< 60 mm	>=2500 mm	Tropical com chuvas excessivas e inverno seco	Am

Estas variações de pluviosidade e temperaturas que compõem as classificações para o clima da área de estudo são resultantes da dinâmica atmosférica de grande escala sobre a América do Sul, destacando-se a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e sistemas transientes, como sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Como o próprio nome indica, a ASAS se localiza sobre o oceano Atlântico Sul e tem sua circulação caracterizada, nos baixos níveis da atmosfera, pelo giro anti-horário do vento em torno do seu núcleo de alta pressão. Desta forma, o vento que atinge o litoral de São Paulo possui direções predominantes de quadrante nordeste, por situar-se a sudoeste do centro deste sistema -Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-1.** A sazonalidade da ASAS é acoplada à da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com um deslocamento levemente para norte no verão e para sul no inverno. Além disso, durante o verão o centro da ASAS se aproxima mais próximo ao continente sul-americano, conforme pode-se observar naErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-1.**

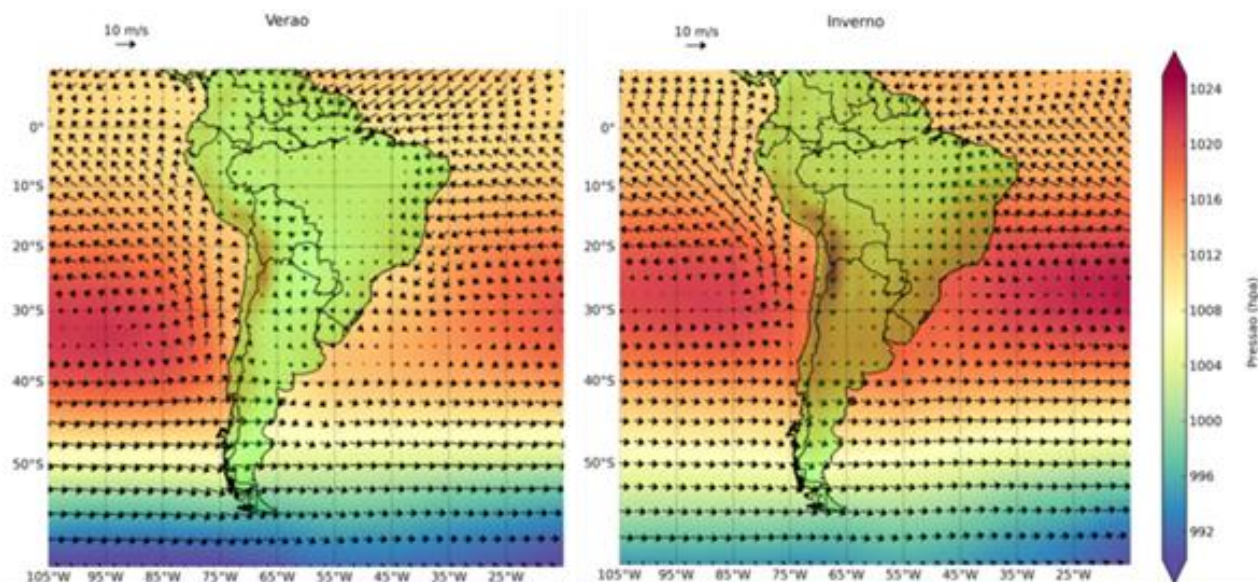


Figura 3.1.1.1-1 - Padrões climatológicos da circulação dos ventos (vetores) e da pressão atmosférica (cores) na América do Sul nos meses de verão (dez-jan-fev, painel da esquerda) e de inverno (jun-jul-ago, painel da direita).
Fonte de dados: NCEP DOE/AMIP II - 1983-2010.

Segundo Castro (1996), sobre a região oceânica sudeste do Brasil os sistemas frontais (frentes frias) caracterizam-se como sendo a principal perturbação meteorológica que alteram este vento médio de grande escala. O deslocamento de sistemas frontais está associado ao escoamento de grande escala na atmosfera, transportando massas de ar polares¹ em direção aos trópicos. Na América do Sul, a região localizada entre os dois anticiclones subtropicais² (região centro-sul do continente) é altamente frontogenética³. Já as regiões Nordeste do Brasil e Norte do Chile são favoráveis à frontólise⁴ (REBOITE *et al.*, 2009). Ou seja, na América do Sul existe uma tendência de se formarem frentes frias na porção centro sul do continental, e estas se dissiparem na porção norte, tanto na costa Brasileira quanto na costa Chilena.

Destacando as frentes frias que passam pelo litoral brasileiro, estas são, tipicamente, configuradas na direção noroeste-sudeste e apresentam trajetória de sudoeste para nordeste (RODRIGUES *et al.*, 2004). Uma vez que nesta região o vento em baixos níveis da atmosfera tem direção predominante de nordeste (devido à influência da ASAS), em situação pré-frontal⁵ este torna-se tipicamente de noroeste e à medida que a frente se desloca ele gira de sudoeste e sudeste (CAVALCANTI *et al.*, 2009). A sazonalidade na ocorrência de passagens de frentes frias aponta maior frequência de sistemas entre maio a setembro e menor frequência durante o verão (CAVALCANTI *et al.*, 2009). Gregório (2014) fez um extenso estudo sobre as frentes frias que passam sobre a Plataforma Continental Sudeste (PCSE) e verificou que nos meses de inverno ocorre, em média, a passagem de três frentes frias por mês, enquanto que para os meses de verão este valor é de uma frente fria por mês.

As alterações dos ventos e da pressão atmosférica durante a passagem de uma frente fria sobre a área de estudo podem ser exemplificadas pelo evento que atingiu a região sul-sudeste do Brasil entre os dias 24 e 27 de setembro de 2005. Na Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-2** pode-se observar a evolução temporal e espacial da frente fria (de 23 de setembro a 27 de setembro de 2005) por meio de imagens de satélite. Já a perturbação no campo de ventos e de pressão pode ser vista na Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-3**.

A imagem de satélite na Erro! Fonte de referência não encontrada. **a** (23 de setembro), juntamente com os campos de pressão e de vento apresentados na Erro! Fonte de referência não encontrada. **a**, mostram o deslocamento de um sistema frontal ao sul da América do Sul (região de alta nebulosidade e baixa pressão), nas proximidades do Uruguai. Com o deslocamento do sistema frontal pela costa sul do Brasil nos dias 24 e 25 de setembro (Erro! Fonte de referência não encontrada. **b,c** e Erro! Fonte de referência não encontrada. **b,c**) é possível identificar que, na região sudeste do Brasil, o vento diminui sua magnitude, conjuntamente com a pressão atmosférica. No dia 26 de setembro (Erro! Fonte de referência não encontrada. **d** e Erro! Fonte de referência não encontrada. **d**) é possível identificar a banda de nebulosidade, associada a frente fria, sobre a região sudeste do Brasil. No dia 27 de setembro o sistema frontal se desloca para o oceano (Erro! Fonte de referência não encontrada. **e** e Erro! Fonte de referência não encontrada. **e**). Neste momento, a pressão local volta a subir, os ventos são intensos e apresentam direção sul. Nos dias subsequentes, os parâmetros tendem a voltar a níveis similares aos observados antes da passagem da frente fria. Ou seja, para a região sudeste do Brasil a evolução do campo de ventos

1 Massas de ar polares: massas de ar que são formadas na região dos polos.

2 Anticiclones subtropicais: sistemas atmosféricos de grande escala, localizado em posições subtropicais, onde os ventos giram no sentido anti-horário.

3 Região frontogenética: região propícia para a formação de frentes frias

4 Regiões de frontólise: regiões favoráveis ao desaparecimento de frentes frias

5 Situação pré-frontal: momentos anteriores a passagem de uma frente fria por uma região

e pressão mostra que antes da passagem da frente fria o vento é de origem nordeste – característico da ASAS. Em situação pré-frontal o vento diminui de intensidade juntamente com a pressão. Quando a pressão atinge o mínimo, os ventos mudam de direção, agora vindos de sul – este momento indica que a frente fria está passando sobre a região. O vento de sul permanece na região por alguns dias e gradativamente a pressão atmosférica volta a subir e os ventos voltam para o seu sentido original – de nordeste.

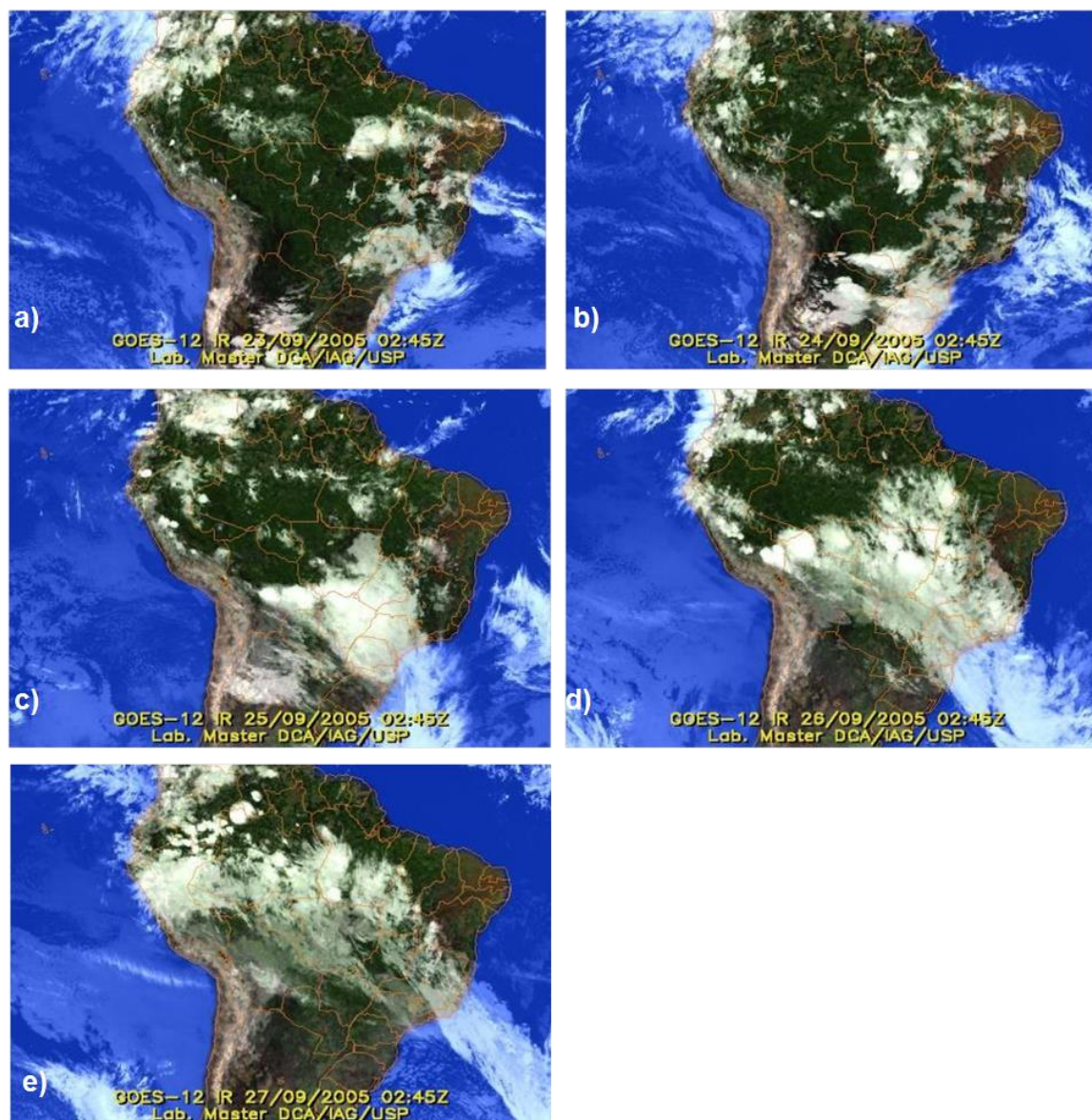


Figura 3.1.1.1-2 - Evolução temporal e espacial da passagem de uma frente fria pelo sudeste brasileiro, incidindo sobre a área da APAMLN. Imagens do Satélite Goes-12. (a) referente ao dia 23/09/2005 02:45z, (b) 24/09/2005 02:45z, (c) 25/09/2005 02:45z, (d) 26/09/2005 02:45z; (e) 27/09/2005 02:45z. Fonte de imagens: <http://www.master.iag.usp.br>.

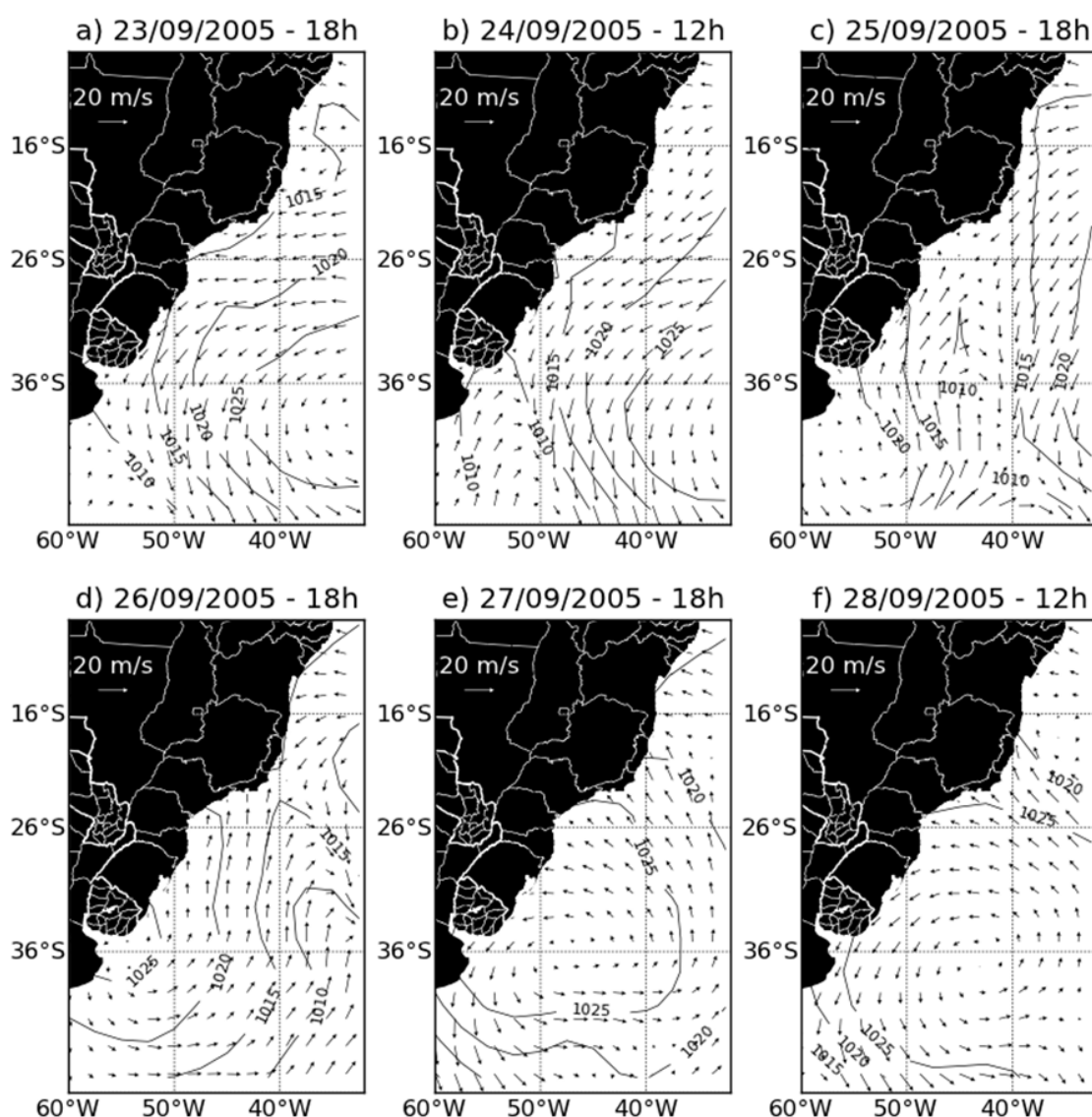


Figura 3.1.1.1-3 - Campo de ventos (vetores) e pressão (isóbaras - hPa) no mês de setembro de 2005. O painel a) é referente ao dia 23/09/2005 18h, b) 24/09/2005 12h, c) 25/09/2005 18h, d) 26/09/2005 12h; e) 27/09/2005 18h. Fonte de dados: NCEP DOE/AMIP II.

Já a ZCAS é um sistema típico do período de verão, definida como sendo uma persistente faixa de nebulosidade por vários dias - em média mais de 4 - orientada no sentido noroeste-sudeste que se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul (SILVA DIAS, 1997) -Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-4.** A principal consequência da presença da ZCAS é a alteração no regime de chuvas das regiões afetadas (SILVA DIAS, 1991). Alguns autores, como Quadro (1994) por exemplo, mostram que a região sudeste do Brasil é a mais afetada pela presença da ZCAS, em termos de forte e persistente precipitação. Carvalho *et al.* (2004) também mostraram que a ocorrência de alguns eventos de

precipitação extrema (eventos com chuva diária maior que 16% do esperado para o mês) no estado de São Paulo estão relacionados à ZCAS. Em anos chuvosos (anomalias positivas⁶) ou em anos de seca (anomalias negativas⁷), algumas regiões são afetadas ocasionando transtornos à população, afetando a estrutura física, política e econômica dessas regiões (PARMEZANI *et al.* 1998). Alguns destes casos de anomalias de precipitação, podem estar associados a ocorrências de EL Niño (CASARIN & KOUSKY, 1986) e La Niña. Parmezani *et al.* (1998) mostraram que entre os meses de outubro-março, com a presença de El-Niño, observam-se anomalias positivas de precipitação sobre o sudeste do estado de São Paulo e sudoeste do Oceano Atlântico Sul, provavelmente em função de um deslocamento para sul da posição média da ZCAS. Durante o período abril-setembro e na presença de El-Niño ocorre um pequeno aumento na precipitação sobre a região das ZCAS, estando a maior parte desta região praticamente sobre o regime normal de precipitação. Durante o período outubro-março, na presença de La-Niña, sobre a região da ZCAS não se apresentam desvios consideráveis em relação à média, mas são observadas anomalias negativas de precipitação em outras regiões, como o sul do Brasil.

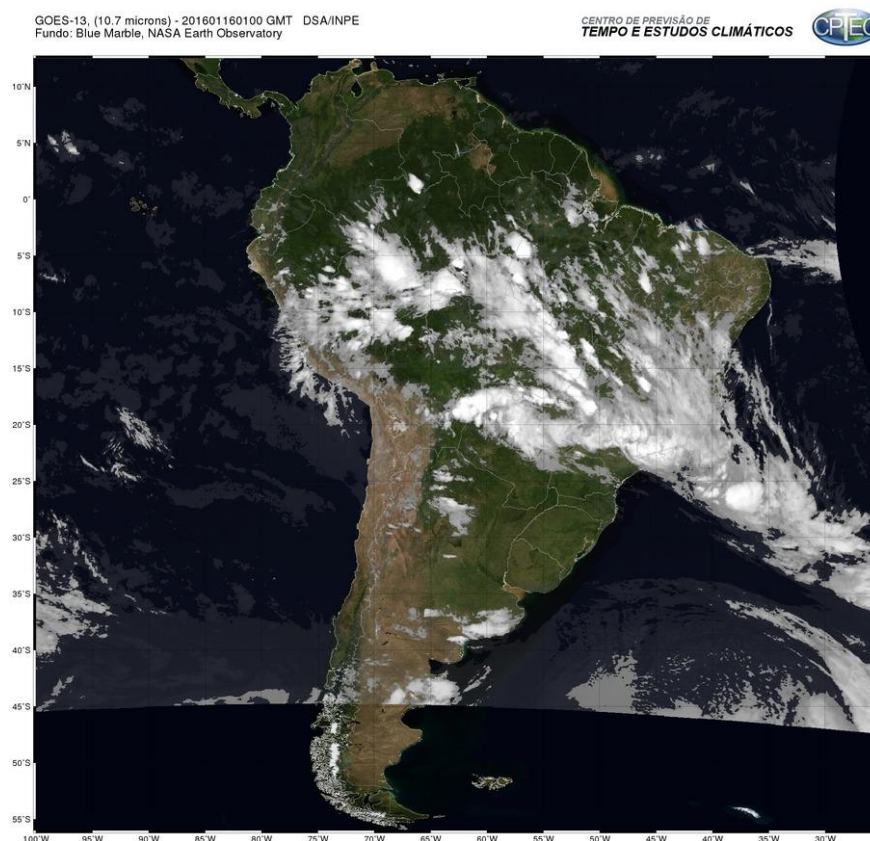


Figura 3.1.1.1-4 – Imagem de satélite mostrando a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS desde a Amazônia até o Oceano Atlântico Sul, na direção noroeste-sudeste, ocupando a área da APAMLN. Fonte: Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC - <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo>

6 Anomalias positivas: valores superiores à média histórica

7 Anomalias negativas: valores inferiores à média histórica

No ponto de vista da mesoescala⁸, destaca-se sobre a área de estudo as brisas marítima e terrestre. Estes fenômenos são gerados pelo aquecimento diferencial entre o oceano e o continente – que ocorre principalmente em dias de pouca nebulosidade. Durante o dia, o continente se aquece de forma mais rápida que a água do oceano (seta 1 do painel da esquerda naErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-5**), provocando uma diferença de pressão atmosférica entre ambos (seta 6 do painel da esquerda naErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-5**). Esta diferença de pressão provoca o deslocamento do ar da maior pressão para a menor pressão, fazendo que sobre o oceano ocorra deslocamento em direção ao continente, a chamada brisa marítima (seta 7 do painel da esquerda naErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-5**). À noite, a terra se resfria mais rapidamente que o oceano, provocando uma circulação atmosférica em sentido oposto, a chamada brisa terrestre (painel da direita daErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.1-5**). Nesse contexto quanto maior o contraste entre as temperaturas do ar sobre a terra e do ar sobre o oceano, mais intensos são os ventos. À noite, o contraste de temperatura é geralmente menor do que durante o dia; assim, a brisa terrestre é mais fraca do que a brisa marítima. Pelo mesmo motivo, a brisa marítima tende a ser mais intensa durante o verão do que durante o inverno. Tais brisas garantem às áreas litorâneas o aumento da umidade relativa do ar e redução da oscilação térmica.

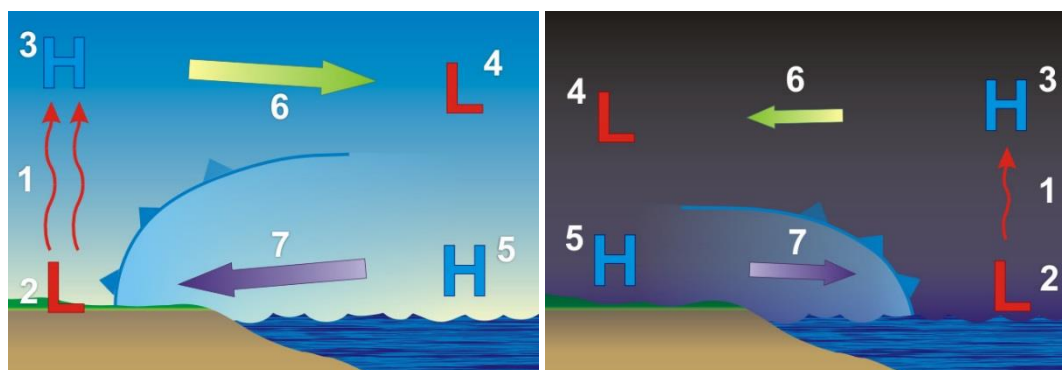


Figura 3.1.1.1-5 – Brisa marítima (esquerda) e brisa terrestre (direita). A letra L indica regiões de baixa pressão atmosférica e, H, alta pressão atmosférica. Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (2016).

Outro fenômeno de mesoescala que ocorre nas regiões continentais e costeiras são os Complexos Convectivos de Mesoescala, denominados pela sigla CCM. Segundo Cavalcanti *et al.* (2009) a sua gênese ocorre no final da tarde e início da noite com a formação de células convectivas⁹, podendo sofrer influência de efeitos locais como topografia e fontes de calor localizadas neste estágio; seu estágio maduro se caracteriza por fortes chuvas localizadas, com a dissipação ocorrendo em seguida.

Em microescala¹⁰ um fenômeno menos conhecido e que tem registros incertos e pouco frequentes na região de estudo são as trombas d'água. A tromba d'água é um fenômeno meteorológico semelhante ao tornado, que se forma sobre uma superfície líquida, captura umidade e tem um curto ciclo de vida da ordem de alguns minutos, e está associada a ventos em média de 30 nós – aproximadamente 55,5 km/h ou 15,4 m/s (GOLDEN, 1974). Consiste na formação de um vórtice intenso, visível sob a forma de uma

⁸ Mesoescala: fenômenos atmosféricos de escala intermediária, da ordem de dezenas de quilômetros

⁹ Células convectivas: movimentos de ar da superfície para a atmosfera, e da atmosfera para a superfície, em forma de célula

¹⁰ Microescala: fenômenos atmosféricos de pequena escala, da ordem de no máximo centenas de metros

nuvem colunar, com forma de funil estreito, que gira rapidamente em volta de si mesma, ligando a superfície da água à base de uma nuvem cumuliforme¹¹. Embora tenha um aspecto de um tornado, os danos causados pelas trombas d'água não costumam ser grandes em virtude dos ventos associados. Do ponto de vista observacional, não há uma estatística oficial da ocorrência das trombas d'água, apenas alguns relatos e fotos da incidência destes fenômenos sobre a área de estudo - **Figura 3.1.1.1-6**.



Figura 3.1.1.1-6 – Tromba d'água ocorrida em Ubatuba em 10/03/2006, fotografada da praia Das Toninhas. Fonte: Apolo11.com - http://www.apolo11.com/fotos.php?foto=dat_20080820-135401.inc

3.1.1.1.1 Elementos climáticos e meteorológicos e regimes de chuvas

A zona costeira paulista é caracterizada por uma área com chuvas anuais abundantes. De acordo com Koga-Vicente (2010), de 1995/1996 a 2001/2002, a precipitação média variou de 3.243 mm a 1.768 mm. Os totais de precipitação oscilaram entre o mínimo de 643 mm registrado no ano de 1996/97 em Ilhabela, a elevados de precipitação pela atuação de La Niña de fraca intensidade.

É uma região com altos montantes pluviais diários, tanto em episódios isolados, quanto eventos com duração de dias, com potencialidade para causar grandes impactos.

Segundo Koga-Vicente e Nunes (2011), as cidades de São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba têm grande amplitude nos totais de precipitação que deflagram impactos, seja por consequência de elevadas altimetria e declividade, ou pela complexidade física do relevo. No período de 1994/95 a 2003/04, o número de vítimas foi notório nos municípios do Litoral Norte, destacando-se Ubatuba, com 828 pessoas afetadas. Tavares *et al.* (2004) também apontam nesse período, em especial em 1996, como um ano de grande ocorrência de eventos de escorregamentos associados com a distribuição de chuvas

¹¹ Nuvem cumuliforme: nuvem de tempestade

acumuladas, indicando a necessidade de integrar o monitoramento de observações de precipitação com ações relacionadas ao Plano Preventivo de Defesa Civil das cidades do Litoral Norte.

Diversos autores têm destacado que o relevo atua como importante fator de intensificação orográfica (MONTEIRO, 1973; CONTI, 1975; NIMER, 1989; NUNES, 1990; SANT'ANNA NETO, 1990; BLANCO, 1999) que aliado à posição geográfica de zona de transição entre sistemas atmosféricos tropicais e subtropicais resulta em uma dinâmica de altos montantes pluviais, que chegam a 4.000 mm anuais. Há também a influência de sistemas de escala regional e local que também contribuem para a elevada pluviosidade, tais como a influência da penetração de sistemas frontais, a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as condições de oscilações de El Niño e La Niña associadas aos eventos pluviais que deflagraram impactos (KAYANO; MOURA, 1986; CONTI; FURLAN, 2003; CAVALCANTI; KOUSKY, 2009; ROCHA; GANDU, 1996; CARVALHO *et al.*, 2004; SOUSA *et al.*, 2007, ROSEGHINI, 2007).

3.1.1.1.2 Mudanças climáticas e eventos climáticos extremos na região costeira

De acordo com Kron (2008), as zonas costeiras são as áreas de maior risco no mundo e serão as porções mais afetadas pelas mudanças climáticas e ambientais.

No que diz respeito às mudanças climáticas, a maior concentração de CO₂ na atmosfera e alterações nos gradientes térmicos espaciais influenciam no aumento no valor médio global da temperatura (ainda que seja mínimo), resultando em mudanças drásticas nos regimes de ventos, de chuvas e de outras trocas de propriedades entre o oceano e a atmosfera. No oceano, o efeito combinado dessas mudanças pode modificar significativamente o sistema de correntes e as propriedades físicas e químicas, impactando significativamente os ecossistemas marinhos. Consequentemente, estes impactos geram alterações nas propriedades das massas de água e na circulação oceânica, causando mudanças duradouras, ou até mesmo permanentes, no sistema climático (CAMPOS, 2014; IPCC, 2014).

Segundo o quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), o CO₂, incluindo o histórico de emissões passadas, poderia ser responsável (1) pelo aquecimento do clima e consequências experimentadas até o momento, e (2) pela acidificação dos oceanos, uma vez que os oceanos exercem importante papel de regulação do clima, absorvendo cerca de 30% do CO₂ antropogênico lançado na atmosfera (SIEGENTHALER & SARMIENTO, 1993; SABINE *et al.*, 2004; FEELY *et al.*, 2004; TURLEY & GATTUSO, 2012), com consequências negativas para o ambiente marinho. Uma das implicações importantes da mudança de acidez nos oceanos se relaciona com o fato de que muitos organismos marinhos fotossintéticos, tais como os corais, formam seu tecido a partir de carbonato de cálcio (CaCO₃), ao qual é extremamente sensível à acidez dos oceanos (ROYAL SOCIETY, 2005; IPCC, 2014).

Todavia, há outros efeitos das mudanças climáticas sobre os oceanos e seus ecossistemas, tais como a influência sobre a salinidade e temperatura, que alteram o ciclo de vida de diversos organismos marinhos (ROYAL SOCIETY, 2005; UNEP, 2010; BOLLA Jr., 2014; IPCC, 2007; 2014; TURLEY & GATTUSO, 2012; CAMPOS, 2014), comprometendo os ecossistemas marinhos e a população que vive direta ou indiretamente dos recursos pesqueiros.

O período entre 2001-2010 tem sido considerado a década dos eventos climáticos extremos, não apenas pelas ondas de calor, mas também pelo aumento de precipitações (COUMOU & RAHMSTORF, 2012;

WMO, 2013), exigindo ações mais rápidas e eficazes para reduzir os problemas associados a essas mudanças climáticas e ambientais.

Entre os diversos efeitos das mudanças climáticas, pode-se destacar aqueles associados ao aumento do nível médio dos oceanos e a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, muitas vezes trazendo como consequência variações dos níveis das marés, riscos de inundações, enchentes, alagamentos e deslizamentos (IPCC, 2007; 2012), além de riscos para os sistemas biológicos e a segurança alimentar (ROSENZWEIG *et al.*, 2008; THORNTON *et al.*, 2014). Além disso, em zonas costeiras de baixa altitude – *Low Elevation Coastal Zones (LECZ)*, áreas contíguas ao longo da costa com menos de dez metros acima do nível do mar - residem cerca de 10% da população mundial e 13% da população urbana mundial (McGRANAHAN *et al.*, 2007).

Embora haja incertezas no contexto de mudanças climáticas (ver GIDDENS, 2010), é importante considerar ações mais urgentes para evitar os efeitos dessas mudanças (HOGAN, 2009; GIDDENS, 2010) que tendem a se acentuar à medida que os impactos associados aos eventos climáticos extremos se tornem mais visíveis e frequentes.

Há uma série de instrumentos de gestão regional e local que podem contribuir para amenizar os efeitos das mudanças climáticas sobre o território da APAMLN, tais como Planos Diretores, Planos Municipais de Redução de Riscos, Zoneamentos Ecológicos-Econômicos. São ações que podem direcionar esforços para garantir que sejam limitadas a descarga de poluentes, expansão urbana, a erosão costeira e a qualidade da água seja monitorada, buscando um equilíbrio para os ecossistemas aquáticos. Todavia, este esforço requer ações locais, regionais em consonância com ações globais, uma vez que as mudanças climáticas e seus possíveis impactos na zona costeira são de magnitude global (TURLEY & GATTUSO, 2012; ONU, 2012; IPCC, 2014).

Destaca-se a necessidade de (a) ampliar estudos sobre acidificação dos oceanos, a fim de obter melhor conhecimento sobre a dinâmica e interação oceano-atmosfera; (b) apesar de existirem diversos modelos climáticos para América do Sul (SOLMAN *et al.*, 2013; CHOU *et al.*, 2014; SÁNCHEZ *et al.*, 2015), ainda é preciso ampliar os estudos sobre modelagens e previsões em nível regional e local com impactos socioeconômicos e ambientais; (c) ampliar estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na pesca e aquicultura, bem como uma melhor compreensão dos impactos nos ecossistemas que servem como importantes locais de reprodução de organismos.

3.1.1.1.3 Processo de ocupação na zona costeira no cenário de mudanças climáticas

Satterthwaite *et al.* (2009), utilizando dados estatísticos das Nações Unidas, observaram um aumento gradual de populações urbanas no mundo, mostrando que 13,5% da população na América Latina e Caribe é urbana (em 2010). No Brasil, dados da Contagem 2007 (IBGE, 2010a) indicam que aproximadamente 43 milhões de habitantes (18% da população total) residem na zona costeira, onde se localizam dezesseis das 28 regiões metropolitanas brasileiras (MMA, 2008). Nos municípios da zona costeira, em 2007, aproximadamente 70% da população residia em municípios com sede em altitudes inferiores a vinte metros; 16,77%, em cidades com altitudes entre zero e dois metros – especialmente no Rio de Janeiro e Santos (CARMO; SILVA, 2009). Em 2010, 45,6% dos municípios costeiros no Brasil apresentaram urbanização maior do que 80% (enquanto em outros municípios foi de 27,2%), e quase um quarto (24,6%) da população brasileira se concentrava em zonas costeiras (IBGE, 2011).

O processo de urbanização no Brasil tem se caracterizado por problemas recorrentes: ocupações irregulares em encostas ou nas margens dos corpos de água; precariedade de abastecimento de água potável e de saneamento básico, desigualdade ao acesso de bens e serviços públicos, entre outros elementos indicativos de inadequação e de má distribuição dos serviços e da infraestrutura no meio urbano (MORAES, 2007; CARMO; SILVA, 2009; CARMO, 2014).

Tais problemas, somados à falta de um controle sobre o uso e a ocupação do solo e menos ainda à oferta (por parte do Estado) de alternativas habitacionais legais, às ocupações irregulares ou favelas (BONDUKI; ROLNIK, 1982; MARICATO, 1996; 2011) e ao cenário de aumento da intensidade e frequência de eventos climáticos extremos, tendem a acentuar as situações de riscos e vulnerabilidade em zonas costeiras (HOGAN, 2001; HUQ *et al.*, 2007; CARMO; SILVA, 2009; CARMO *et al.*, 2012; NEVES; MUEHE, 2008; NICOLODI; PETERMANN, 2010).

A realidade de muitas cidades brasileiras indica situações de pessoas localizadas em áreas de potenciais riscos de escorregamento ou de inundação. Embora esse processo seja algumas vezes independente dos efeitos das alterações climáticas, as mudanças climáticas têm aumentado o nível de risco e o número de pessoas em risco (HUQ *et al.*, 2007; UN-HABITAT, 2011). A mudança climática pode dar ênfase e ampliar os problemas antigos, associados com a vulnerabilidade social, a pobreza, as pessoas que carecem de serviços básicos, e as ações para reduzir os impactos devem ser realizadas.

Analisando em termos de políticas de gestão de riscos de desastre no contexto brasileiro, os resultados do IBGE (2014) sobre o perfil dos municípios brasileiros indicam que 66,9% dos municípios não possuíam nenhuma medida ou instrumento de gerenciamento de risco de desastres decorrentes de enchentes, inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas. E 78,9% não dispunham de qualquer medida ou instrumento de gerenciamento de risco de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamentos de encostas (IBGE, 2014, p. 105).

Todavia, em um olhar mais aprofundado para a região de estudo – zona costeira de São Paulo, em específico a UGRHi-3 (Litoral Norte), observam-se perspectivas positivas na busca de integração e articulação de diferentes instrumentos de gestão nos últimos dez anos, com perspectivas de médio a longo prazo, tais como a Política Nacional de Proteção e de Defesa Civil (PNPDC)¹², Política Nacional de Mudanças Climáticas¹³, Programa Estadual para Prevenção e Redução de Riscos Geológicos (PDN)¹⁴, Política Estadual de Mudanças Climáticas¹⁵, Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE)¹⁶, ou iniciativas de ação em nível municipal, tais como os Planos Preventivos de Defesa Civil e planos de contingência (PPDC), os mapeamentos de riscos geológicos e Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR).

¹² Lei federal (n°. 12608/2012) - Ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação para proteger civis, integrando as políticas públicas de ordenamento do território, a saúde, o ambiente, as alterações climáticas para promover um desenvolvimento sustentável.

¹³ Lei federal (n°. 12187/2009.) - Orientações para a adaptação: iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos para efeitos esperados da mudança do clima

¹⁴ Decreto Estadual (n°. 57512/2011) - Ações para definir áreas prioritárias de deslizamento de terra, inundações, erosão e perigo de aluimento de terras para o mapeamento de áreas de riscos no estado de São Paulo; estratégias de uso da terra e planejamento ambiental para promover a ocupação adequada

¹⁵ Lei estadual (n° 13798/2009) -. Estado de São Paulo, objetivo de proporcionar as condições para as adaptações às mudanças climáticas

¹⁶ Decreto estadual (n°. 49215/2004.) - Instrumento de ordenamento do território. Atualmente em fase de atualização, incluindo abordagem de desastres naturais e riscos geológicos para zoneamento. Atualmente em fase revisão, passando por audiências públicas.

Estes instrumentos, podem e devem dialogar com os assuntos na interface terrestre e marinha, uma vez que é um território construído e marcado por conflitos recorrentes de uso de recursos naturais, ainda que estes conflitos (sobretudo no meio terrestre), estejam para além da governabilidade do território marinho. É conhecido uma série de desafios desta gestão integrada, tais como um nível ainda incipiente da capacidade de mobilização e do envolvimento da sociedade, ou de ações de licenciamento e fiscalização em que predominam a desarticulação e os conflitos de competência, bem como à falta de quadros técnicos capacitados para a realização das tarefas necessárias à gestão nos vários níveis de governo (VIVACQUA *et al.*, 2009; MOURA, 2016)

Entretanto, mesmo com estes desafios, o processo de ocupação no território do Litoral Norte tem influência sobre o território marinho da APAMLN – ainda que seja um processo menos intenso quando comparado à grandes metrópoles, tais como as regiões metropolitanas da Baixada Santista ou do Rio de Janeiro –, e se não for tratado de maneira integrada com outras políticas públicas de gerenciamento costeiro, principalmente em bacias hidrográficas com elevado grau de ocupação, podem acarretar em efeitos como degradação de praias, assoreamento de rios, aumento de focos de poluição com impactos sobre o ambiente marinho. Essa degradação ou tipo de pressão sobre o ambiente marinho pode afetar os ecossistemas e as populações que vivem e sobrevivem de recursos naturais e pesqueiros deste território. Em alguns casos, pode ocorrer o efeito sinérgico de alguns elementos como metais pesados, promovendo o aumento de suas concentrações e tornando a qualidade da água imprópria para os usos previstos.

3.1.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Os itens na sequência apresentam as características meteorológicas de dados obtidos sobre a área de estudo, conforme apresentado no item **2. Metodologia**, deste documento. São apresentadas na sequência as análises de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação e ventos. Para os ventos, além da descrição básica, também foi realizada a análise de eventos extremos.

3.1.1.2.1 Temperatura

A estatística básica para os dados de temperatura obtidos para a área de estudo, está disposta na **Tabela 3.1.1.2.1-1** eErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.2.1-1**. Estes dados mostram a variação da temperatura de acordo com as estações do ano, com maiores valores nos meses de verão e outono, seguidos por primavera e inverno.

Com exceção dos dados coletados sobre a APAMLN no oceano e os coletados no CEBIMAR, em todas os outros pontos o mês mais quente é o de fevereiro. Para estes dois primeiros pontos, o mês com maior temperatura média é o de janeiro. Analisando toda a extensão da APAMLN, nota-se que as duas estações centrais, CEBIMAR e IOUSP, possuem valores médios mensais superiores às estações norte e sul, Picinguaba e Juqueí, sendo a estação do CEBIMAR a que registra o maior valor mensal médio em todos os meses – máximo em janeiro com 28,0 °C.

O mês de junho foi o mês com as menores temperaturas médias para os pontos no oceano (ponto APAMLN) e em Juqueí. Para os demais locais de análise, o menor valor médio de temperatura foi encontrado no mês de julho. A menor temperatura média foi registrada para Juqueí (18,3 °C).

Ao se analisar os valores máximos absolutos, nota-se que, considerando todos os locais e meses do ano, o menor valor máximo foi registrado em Juqueí, no mês de outubro, com 27,0°C, que é superior ao valor

médio do mês mais quente do ano para o local. Ou seja, embora as estações dos anos sejam bem definidas para a temperatura, em todos os meses do ano podem ocorrer eventos de relativas altas temperaturas. Já os valores mínimos extremos ocorrem somente em épocas de inverno (junho, julho, agosto), com valores mínimos registrados em Picinguaba (9,5°C) nos meses de junho e julho.

Devido a esta possibilidade de ocorrência de eventos com temperaturas relativamente elevadas nos meses de inverno, estes são os meses, em média, que também possuem o maior desvio padrão para a temperatura, em todos os pontos analisados.

Conforme descrito na caracterização climática para a região, o inverno é a estação com a maior frequência de passagens de frentes frias. Estes eventos que ocorrem com o deslocamento de massas de ar frias, que viajam do polo em direção aos trópicos, fazem com que as temperaturas caiam durante sua passagem. No verão o menor número de passagem faz com que as temperaturas fiquem mais estáveis por longos períodos. Já no inverno ocorre o inverso, as temperaturas mais altas, típicas de períodos de tempo bom, são frequentemente alteradas, devido a mais constância da passagem de frentes frias.

Tabela 3.1.1.2.1-1 – Estatística básica para a temperatura observada na APAMLN, de acordo com os locais apresentados no item 2. Metodologia.

Temperatura (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
APAMLN												
Média	24,9	25,2	24,5	22,8	20,4	19,0	18,5	19,4	19,9	21,4	22,8	24,2
Mínima	17,6	17,4	14,6	11,3	10,6	10,5	10,5	10,5	10,5	12,8	14,0	16,9
Máxima	33,2	32,7	32,5	31,5	29,1	28,2	29,8	32,4	33,1	32,6	33,0	33,2
Desvio Padrão	2,4	2,3	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,5	3,2	3,1	2,7
CEBIMAR												
Média	28,0	26,5	25,7	24,5	22,8	22,1	21,3	22,0	22,2	22,9	24,2	25,6
Mínima	23,1	23,5	22,4	19,2	19,2	18,0	17,3	18,4	17,3	17,3	19,2	20,4
Máxima	31,4	31,4	29,8	28,6	27,8	30,6	29,4	29,0	29,0	30,2	30,2	31,4
Desvio Padrão	1,8	1,7	1,4	1,5	1,6	2,3	1,9	1,6	2,0	1,8	1,5	2,3
IOUSP												
Média	26,2	26,3	25,1	23,2	21,4	20,8	20,3	20,8	21,3	22,3	23,1	25,5
Mínima	19,8	20,3	19,1	15,7	15,5	14,6	14,1	13,2	12,9	14,9	17,3	18,2
Máxima	33,7	33,6	33,1	31,5	32,9	33,1	29,6	30,9	33,6	33,6	33,7	33,7
Desvio Padrão	3,3	3,0	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,9	3,0	2,8	2,6	3,1
Juqueí												
Média	25,0	25,6	24,2	22,9	20,4	18,3	18,5	20,1	--	20,5	22,0	23,1
Mínima	18,0	16,5	18,5	15,0	14,0	10,5	12,5	12,0	--	13,5	16,5	16,0
Máxima	33,5	33,5	32,0	31,0	33,0	30,5	30,0	33,5	--	27,0	31,0	31,5
Desvio Padrão	3,0	2,9	2,5	2,7	2,8	3,2	2,8	3,6	--	2,6	2,7	2,6
Picinguaba												

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLN

Temperatura (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	24,8	25,1	23,9	22,3	20,1	18,7	18,4	18,7	19,7	21,1	22,2	23,8
Mínima	16,5	17,5	16,5	12,0	12,0	9,5	9,5	10,0	10,0	12,5	13,0	16,0
Máxima	34,0	34,0	33,5	30,5	32,5	32,0	32,0	33,0	32,5	32,5	34,0	34,0
Desvio Padrão	3,5	3,4	3,1	3,1	3,3	3,4	3,4	3,5	3,2	3,0	3,0	3,3

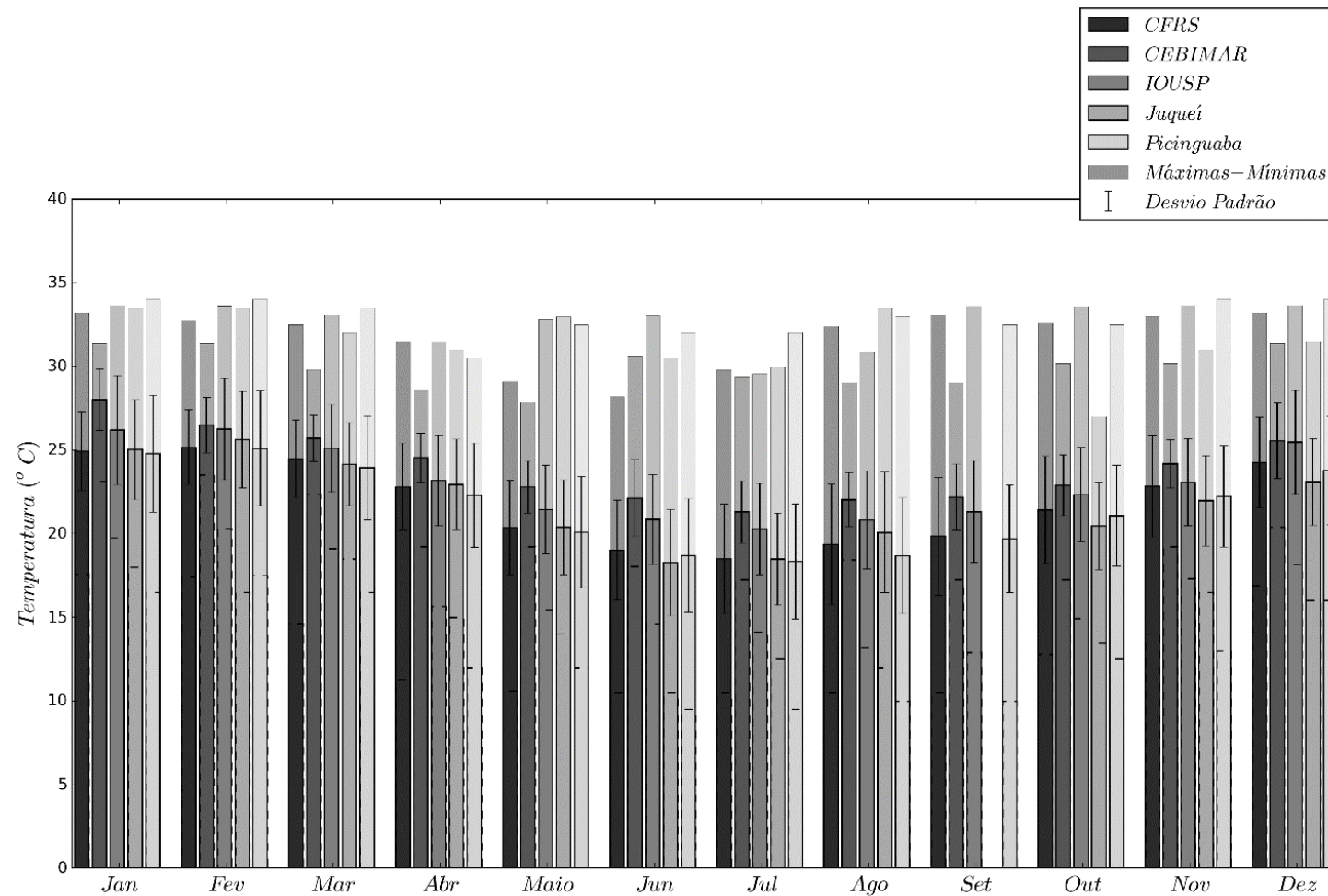


Figura 3.1.1.2.1-1 – Temperaturas médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas, linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais) para a região da APAMLN. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

3.1.1.2.2 Umidade

Diferentemente do observado para a temperatura atmosférica, a umidade relativa não apresenta um padrão sazonal para os valores médios mensais - **Figura 3.1.1.2.2-1** Erro! Fonte de referência não encontrada.e **Tabela 3.1.1.2.2-1**.

Com exceção da estação de coleta CEBIMAR, todos os outros locais apresentavam valores médios de umidade relativa superiores a 80% em todas as estações do ano, característicos de zonas litorâneas. A Estação do CEBIMAR apresentou maiores valores de umidade relativa durante o primeiro semestre, e valores médios inferiores a 70% nos meses de julho a outubro. Esta estação também foi a responsável pelos menores valores absolutos mínimos, chegando a 7,1 no mês de outubro – valor relativamente baixo, que denota certo resguardo por estes dados.

Para os demais pontos de coleta de dados, nota-se que tanto os valores mínimos registrados, quanto os valores de desvio padrão, também não apresentam variações significativas entre os meses do ano. Destaca-se somente que a estação de Picinguaba foi a que apresentou o maior valor mensal médio em todos os meses.

Tabela 3.1.1.2.2-1 – Estatística básica para a umidade observada na APAMLN, de acordo com os locais apresentados no item 2. Metodologia

Umidade relativa (%)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
APAMLN												
Média	84,9	85,8	85,1	84,0	83,7	83,2	82,2	80,0	81,0	82,2	81,4	82,5
Mínima	53,4	53,5	53,4	53,4	53,4	53,4	53,4	53,4	53,4	53,4	53,4	53,4
Máxima	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	8,9	8,2	8,5	8,5	8,4	8,6	9,2	10,2	10,0	9,8	10,3	10,0
CEBIMAR												
Média	79,0	77,5	82,7	77,3	78,3	74,7	69,5	67,0	62,1	61,9	77,7	66,2
Mínima	39,6	53,3	57,3	48,2	54,5	31,8	17,3	25,5	12,9	7,1	9,0	27,1
Máxima	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	10,7	8,8	7,0	9,5	7,6	10,9	11,4	10,0	20,3	29,1	15,8	15,3
IOUSP												
Média	88,5	87,8	89,8	89,2	89,0	90,4	87,9	87,3	88,1	88,9	91,0	88,2
Mínima	58,6	58,9	60,4	58,5	58,5	59,0	58,5	58,5	58,5	58,6	58,6	58,6
Máxima	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	9,8	9,8	8,6	9,2	9,6	8,8	9,4	9,9	9,8	9,4	8,7	9,9
Juqueí												
Média	86,6	85,6	88,3	87,1	87,1	87,3	90,4	88,2	--	85,0	85,3	88,4
Mínima	54,0	52,0	54,0	52,0	52,0	52,0	54,0	52,0	--	52,0	52,0	56,0
Máxima	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	--	100,0	100,0	100,0

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLN

Umidade relativa (%)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Desvio Padrão	11,1	11,1	9,6	11,2	10,7	10,9	9,3	12,8	--	11,6	10,8	9,6
Picinguaba												
Média	94,3	93,8	95,6	95,9	95,5	96,5	96,2	96,0	96,0	96,1	95,4	95,2
Mínima	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0
Máxima	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio Padrão	9,3	9,9	8,4	8,4	9,3	8,4	8,4	8,6	8,8	8,3	8,7	8,9

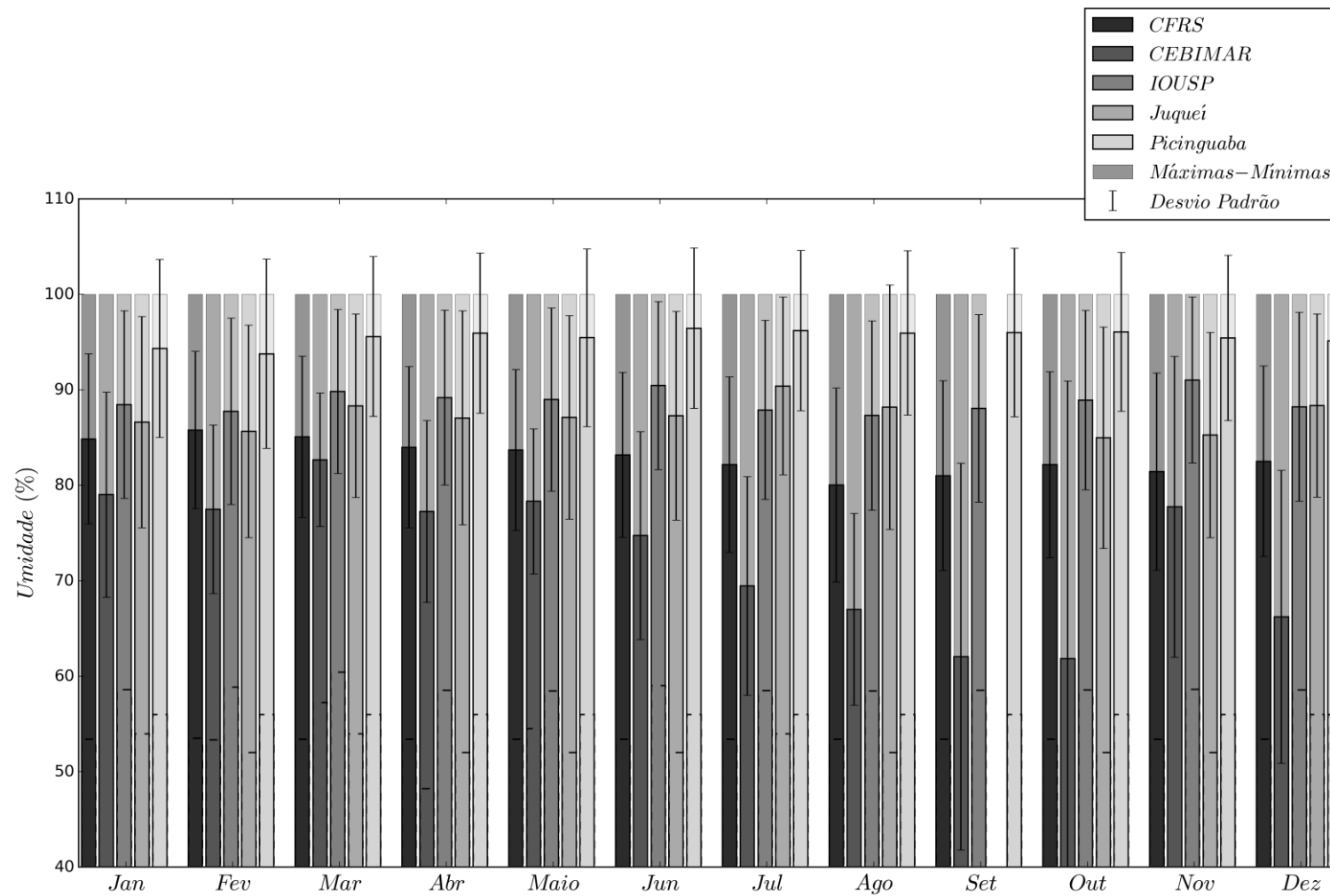


Figura 3.1.1.2.2-1 – Umidades relativas médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas, linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

3.1.1.2.3 Pressão atmosférica

Os valores médios de pressão atmosférica mostram, em todos os locais analisados, maiores valores durante os meses de inverno e menores valores nos meses de verão -Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.2.3-1 e Tabela 3.1.1.2.3-1.**

Tabela 3.1.1.2.3-1 – Estatística básica para a pressão atmosférica observada na APAMLN, de acordo com os locais apresentados no item 2. Metodologia.

Pressão atmosférica (hPa)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
APAMLN												
Média	1012,2	1013,2	1013,8	1015,7	1017,2	1019,5	1020,4	1019,6	1017,9	1015,4	1013,3	1012,1
Mínima	1002,2	1003,5	1002,3	1004,7	1004,2	1005,8	1006,2	1006,5	1002,3	1002,1	1002,1	1002,1
Máxima	1021,0	1023,8	1022,2	1026,0	1027,5	1029,3	1029,7	1029,7	1029,7	1028,1	1026,4	1022,7
Desvio Padrão	2,9	2,8	2,8	3,3	3,6	3,6	4,0	3,9	4,1	3,9	3,7	3,2
CEBIMAR												
Média	1012,7	1013,0	1012,1	1015,1	1018,0	1017,4	1021,0	1020,0	1016,9	1016,1	1014,2	1013,5
Mínima	1004,9	1009,0	1003,9	1003,9	1009,0	1007,0	1011,1	1013,1	1004,9	1006,0	1004,9	1007,0
Máxima	1019,2	1017,2	1019,2	1021,3	1025,3	1024,3	1032,5	1025,3	1024,3	1029,4	1035,5	1018,2
Desvio Padrão	2,9	1,9	2,9	3,3	3,6	3,6	4,9	2,5	4,1	4,3	4,1	3,0
IOUSP												
Média	1013,2	1012,6	1014,4	1015,7	1016,9	1018,4	1019,7	1020,3	1016,9	1016,1	1013,5	1011,9
Mínima	1002,0	1004,0	1006,0	1002,0	1005,0	1005,0	1003,0	1010,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0
Máxima	1020,0	1019,8	1023,0	1027,0	1026,6	1030,4	1030,0	1030,0	1028,0	1030,0	1024,0	1021,4
Desvio Padrão	3,3	3,1	3,3	3,8	4,1	5,1	4,6	3,4	4,5	4,9	4,0	3,6
Juqueí												
Média	1008,8	1006,7	1010,7	1012,9	1014,1	1015,3	1014,3	1013,5	954,4	1011,7	1010,7	1008,7
Mínima	992,5	946,9	947,0	951,0	956,0	982,3	1002,0	1003,0	954,0	989,3	986,8	983,0
Máxima	1042,0	1014,4	1017,2	1027,5	1025,0	1064,7	1023,0	1023,7	954,7	1017,7	1020,2	1063,6
Desvio Padrão	4,2	3,5	4,8	4,1	4,2	5,4	3,9	4,1	0,5	3,4	4,0	4,4
Picinguaba												
Média	1011,2	1011,5	1012,4	1014,2	1016,0	1017,9	1018,5	1018,4	1016,4	1014,4	1012,0	1010,4
Mínima	956,1	1002,7	984,9	977,0	963,5	964,5	957,4	987,6	970,8	998,2	963,2	978,5
Máxima	1037,0	1052,7	1058,1	1024,1	1045,5	1034,5	1042,6	1035,5	1037,1	1039,8	1058,8	1023,8
Desvio Padrão	3,5	2,9	3,5	3,6	4,6	4,9	4,4	4,2	5,1	4,5	4,3	3,5

Esta variação sazonal da pressão atmosférica reflete a influência da ASAS sobre a região, conforme apontado na descrição climática da área de estudo. A ASAS, localizada no oceano Atlântico Sul, apresenta deslocamento meridional ao longo do ano, estando mais próximo à área de estudo durante os meses de inverno, elevando os valores de pressão atmosférica, e mais distante da área de estudo durante os meses de verão, caracterizando os menores valores médios. Devido a essa grande variação de pressão atmosférica entre os meses de verão e inverno, a análise de valores máximos e mínimos absolutos fica atrelada a essa variação, com os valores máximos tendo sido observados no inverno e valores mínimos no verão.

Além desta variação sazonal devido a migração meridional da ASAS, os dados de pressão atmosférica também são afetados pela passagem de frentes frias. Conforme apontado na descrição climática da região, as passagens de frentes frias sobre a área de estudo são acompanhadas de diminuição de temperatura, diminuição de pressão e inversão do sentido dos ventos. Assim, durante o inverno, quando ocorre maior frequência de ocorrência destes fenômenos em média, são observados maiores valores de desvio padrão. Para o ponto no oceano (APAMLN) e em Picinguaba, o mês com maior valor de desvio padrão de pressão atmosférica é o de setembro. Já para os pontos no continente, CEBIMAR teve maior valor em julho e IOUSP e Juqueí em junho.

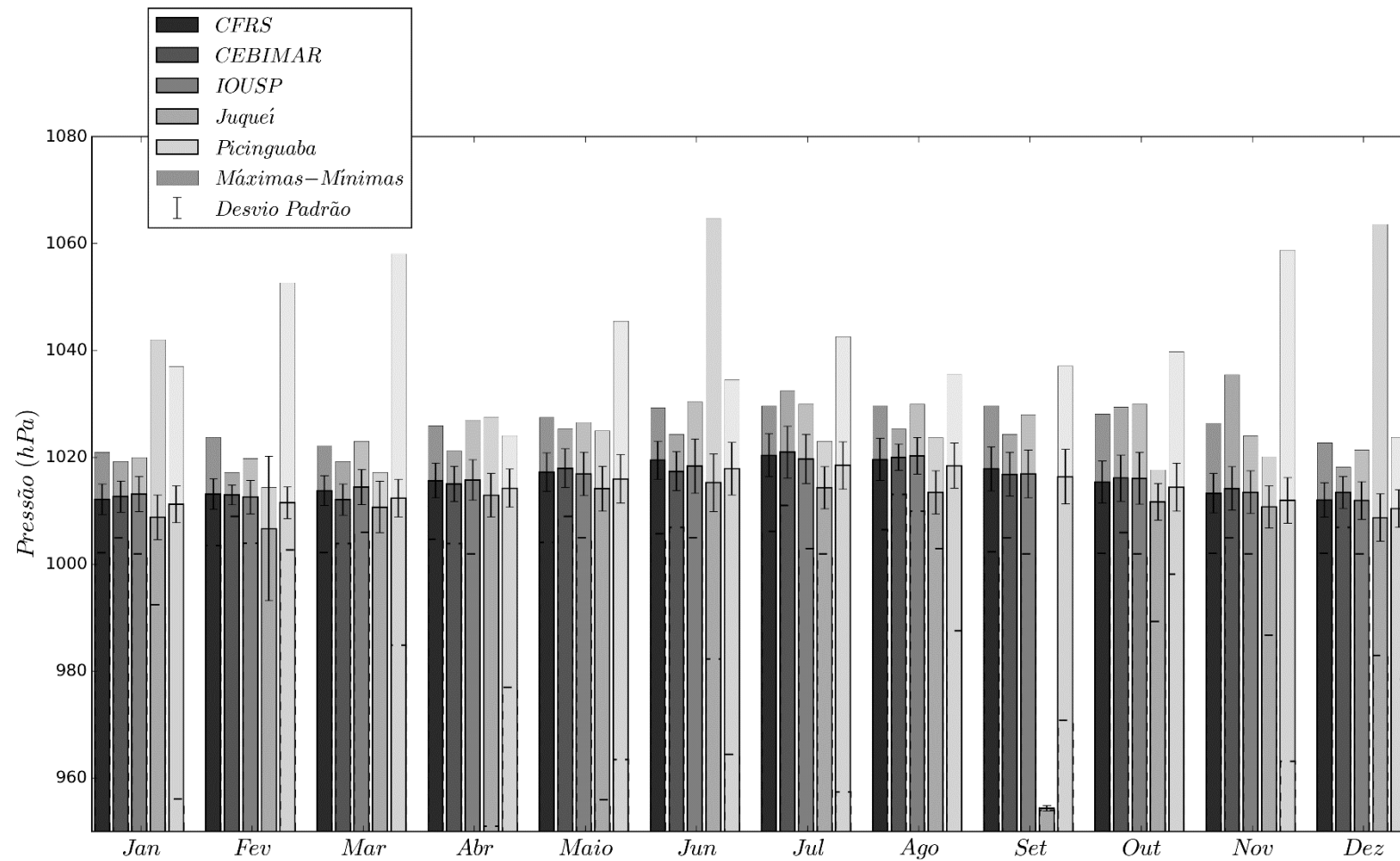


Figura 3.1.1.2.3-1 – Pressão atmosférica médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas, linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais) para a área da APAMLN. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

3.1.1.2.4 Precipitação

A precipitação mensal média na APAMLN também apresenta variabilidade sazonal. Os meses de verão são aqueles que possuem maiores valores médios, enquanto que os meses de inverno são os mais secos - Tabela 3.1.1.2.4-1 e Figura 3.1.1.2.4-1.

Tabela 3.1.1.2.4-1 – Estatística básica para a precipitação observada na APAMLN, de acordo com os locais apresentados no item 2. Metodologia.

Precipitação (mm/mês)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
São Sebastião												
Média	183,0	168,3	158,4	113,8	85,5	49,9	44,6	36,3	59,2	85,3	84,6	147,6
Mínima	8,1	13,2	16,2	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	15,4	44,1
Máxima	364,1	616,4	412,6	308,2	349,2	185,5	199,9	120,5	186,7	258,5	264,6	513,6
Desvio Padrão	83,6	117,4	94,3	71,3	59,8	48,1	36,5	30,5	38,2	54,6	48,8	85,1
Ilhabela												
Média	212,6	192,7	209,7	140,7	101,4	72,6	56,1	50,8	75,4	103,7	111,7	165,1
Mínima	36,6	8,7	47,6	6,6	30,2	0,6	0,0	2,0	4,1	17,2	30,7	5,7
Máxima	621,6	600,6	497,5	351,7	310,1	338,5	185,4	150,7	318,2	318,9	392,5	569,3
Desvio Padrão	105,2	112,3	102,9	78,3	51,8	64,5	41,6	35,4	53,5	60,4	60,1	91,9
Caraguatatuba												
Média	251,0	210,3	210,0	142,7	97,9	66,3	71,8	66,5	115,3	164,0	162,0	206,5
Mínima	37,2	13,1	44,2	10,1	9,4	0,0	12,9	2,1	9,4	31,4	41,0	54,8
Máxima	593,8	536,1	544,2	323,7	282,5	233,5	349,1	226,8	303,4	297,6	535,5	424,0
Desvio Padrão	113,6	106,5	100,2	67,4	60,3	53,1	62,3	40,6	61,0	61,6	77,0	77,9
Ubatuba - Sul												
Média	248,9	238,5	221,2	175,5	115,2	91,8	87,2	77,4	169,5	183,1	196,5	220,4
Mínima	27,8	8,1	34,5	50,9	8,2	0,0	12,7	5,8	24,8	48,0	65,9	48,1
Máxima	486,0	632,6	474,8	418,6	392,6	256,6	508,1	225,2	343,0	403,9	430,9	415,0
Desvio Padrão	99,2	163,8	122,7	93,9	76,2	59,4	92,8	56,8	76,5	81,6	101,9	95,3
Ubatuba - Centro												
Média	283,3	284,4	260,1	183,6	127,5	88,6	96,4	82,4	132,8	170,0	199,8	258,2
Mínima	46,5	10,4	24,1	15,4	12,9	6,2	0,0	0,0	7,7	20,6	71,8	92,6
Máxima	642,6	838,7	736,9	436,0	358,5	249,6	355,8	305,4	261,2	371,8	482,4	601,4
Desvio Padrão	134,1	175,5	138,8	86,0	78,2	64,0	79,9	60,4	60,3	70,8	94,6	121,3
Ubatuba - Norte												
Média	286,8	274,8	308,5	205,3	140,9	111,4	122,5	96,6	162,8	192,8	205,0	259,9

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLN

Precipitação (mm/mês)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima	26,9	11,0	58,1	18,3	16,7	3,9	21,3	5,3	8,6	44,9	63,9	69,8
Máxima	923,4	1021,0	955,6	539,1	457,7	461,7	421,2	263,1	472,5	392,4	452,2	719,8
Desvio Padrão	154,3	212,1	198,4	94,1	92,1	85,8	85,1	61,4	95,2	76,2	92,8	140,0

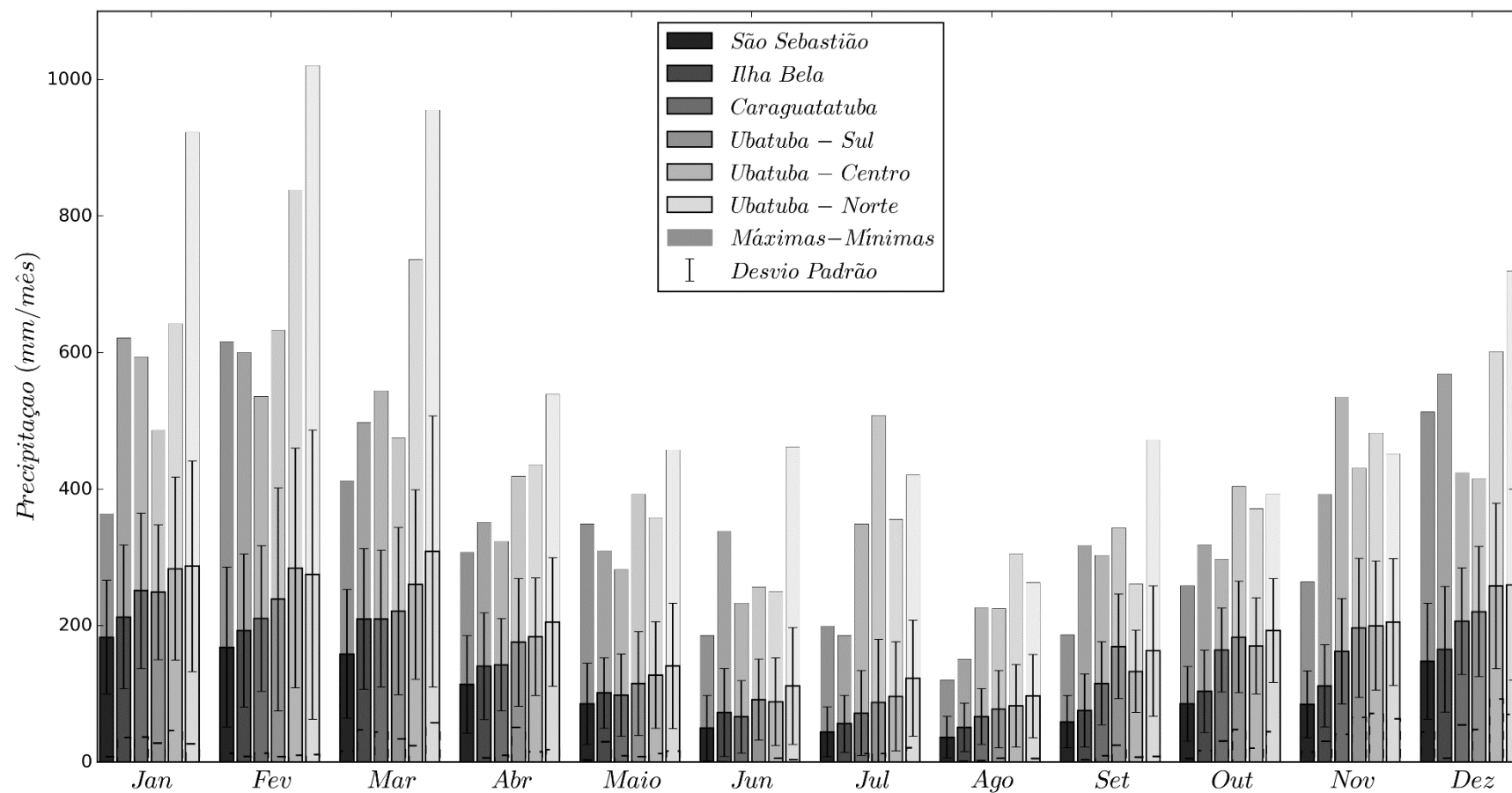


Figura 3.1.1.2.4-1 – Precipitações atmosféricas médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas, linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Confirmando a classificação climática de CEPAGRI (2016), apresentada na descrição climática para a área de estudo, os valores mensais médios de precipitação mostram que os municípios de Ilhabela e São Sebastião apresentam mês mais seco com valores inferiores a 60 mm – São Sebastião com 36,3 mm e Ilhabela com 50,8 mm, ambos em agosto. Já para Caraguatatuba e ao longo de todo o município de Ubatuba, os menores valores médios de precipitação são superiores a 60 mm no mês mais seco – 66,3 mm em junho em Caraguatatuba e 77,4 mm, 82,4 mm e 96,6 mm em Ubatuba, sul, centro e norte, respectivamente também em agosto.

Estes dados mostram que, em média, as regiões ao norte na APAMLN apresentam maior pluviosidade que as regiões ao sul, em todos os meses do ano.

Os valores mínimos mostram que não foram registradas ausência de chuvas mensais durante os meses de verão em nenhuma das localidades analisadas. Já para os meses de inverno, com exceção de Ubatuba, norte – local com maiores valores médios de precipitação, ao menos em um mês foi registrada ausência de chuvas.

Conforme apresentado na caracterização climática para a área de estudo, os principais fatores que influenciam a precipitação na região são:

- Formação da ZCAS: principalmente nos meses de verão com chuvas torrenciais que pode durar diversos dias;
- Complexo Convectivos de Mesoescala: podem ocasionar chuvas principalmente ao final da tarde, com rápida dissipação;
- Passagem de frentes frias: são observadas precipitações no momento de passagem da frente fria e podem permanecer durante alguns dias.

Analisando estes três fenômenos e comparando com os valores de desvio padrão observados para a APAMLN, observa-se que os maiores valores são encontrados em período de verão, justamente onde ocorre maior estabilização da ZCAS. Conforme descrito na caracterização climática, este fenômeno que se estende deste a Amazônia até a região do Atlântico, na direção noroeste-sudoeste, traz grandes volumes de precipitação para a área de estudo.

Na sequência, daErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.2.4-2** aErro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.2.4-5**, são apresentados os valores médios, mínimos e máximos de precipitação observada na APALMN entre os anos de 1944 e 2015, para o verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. As escalas para inverno e primavera estão diferentes das de verão e outono para facilitar a visualização.

Nestas figuras observa-se que não existe uma tendência de aumento ou diminuição da precipitação ao longo dos anos analisados. Em alguns anos e em algumas estações do ano ocorreram anomalias positivas ou negativas. Dentre estes eventos pode-se destacar:

- Anomalias positiva destacadas;
- Verão – 1952, 1959, 1967, 1968, 1975, 1985, 1987, 1988, 1994, 1996, 1998, 2010, 2013
- Outono – 1945, 1958, 1967, 1979, 1991, 2005

- Inverno – 1947, 1969, 1973, 1989
- Primavera – 1969, 1992, 1993
- Anomalias negativas destacadas:
 - Verão – 1983, 1984, 1989, 1990, 1991, 1992, 1995, 1997, 2014
 - Outono – 1979
 - Inverno – 1983, 1985, 2000
 - Primavera – 1978, 1991

Estes eventos de anomalia destacada, tanto positiva quanto negativa, não parecem estar relacionadas a nenhum fenômeno estudado. Estes anos destacados não coincidem com anos de ocorrência, de acordo com registros disponibilizados por CPTEC/INPE (2016).

.

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLN

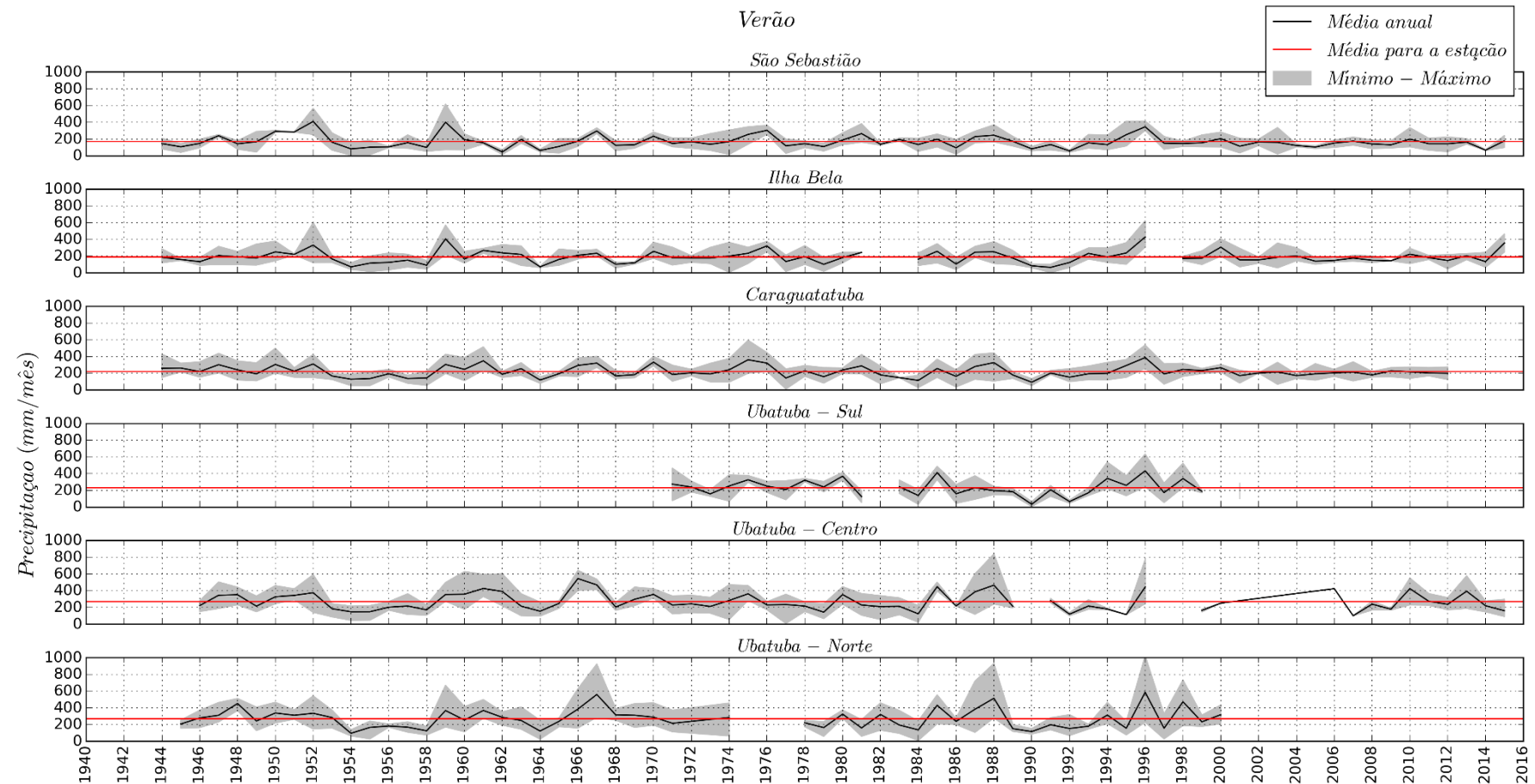


Figura 3.1.1.2.4-2 – Precipitações médias, mínimas e máximas para os verões de 1944 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

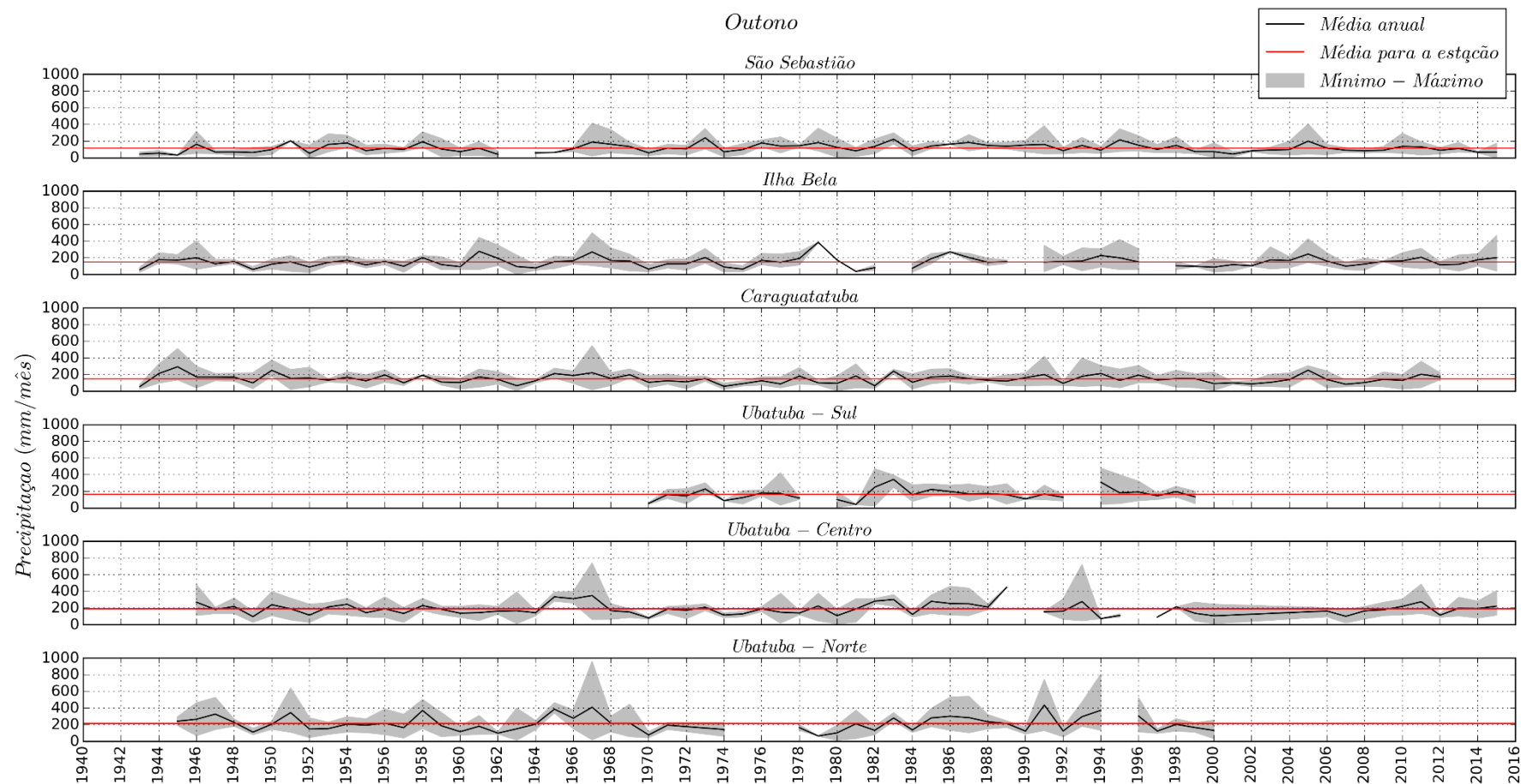


Figura 3.1.1.2.4-3 – Precipitações médias, mínimas e máximas para os outonos de 1944 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLN

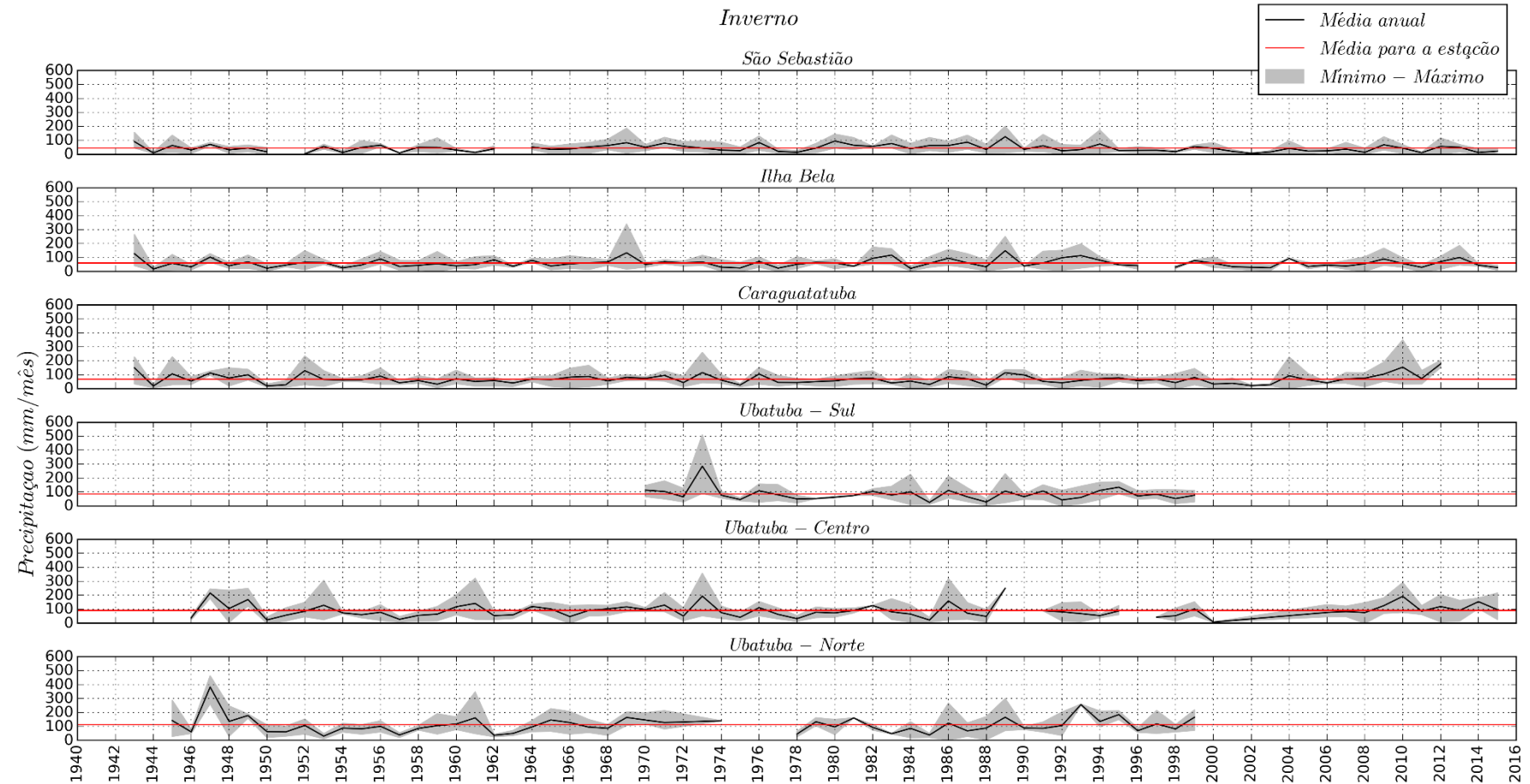


Figura 3.1.1.2.4-4 – Precipitações médias, mínimas e máximas para os invernos de 1944 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Diagnóstico Técnico - Produto 2
Meio Físico - APAMLN

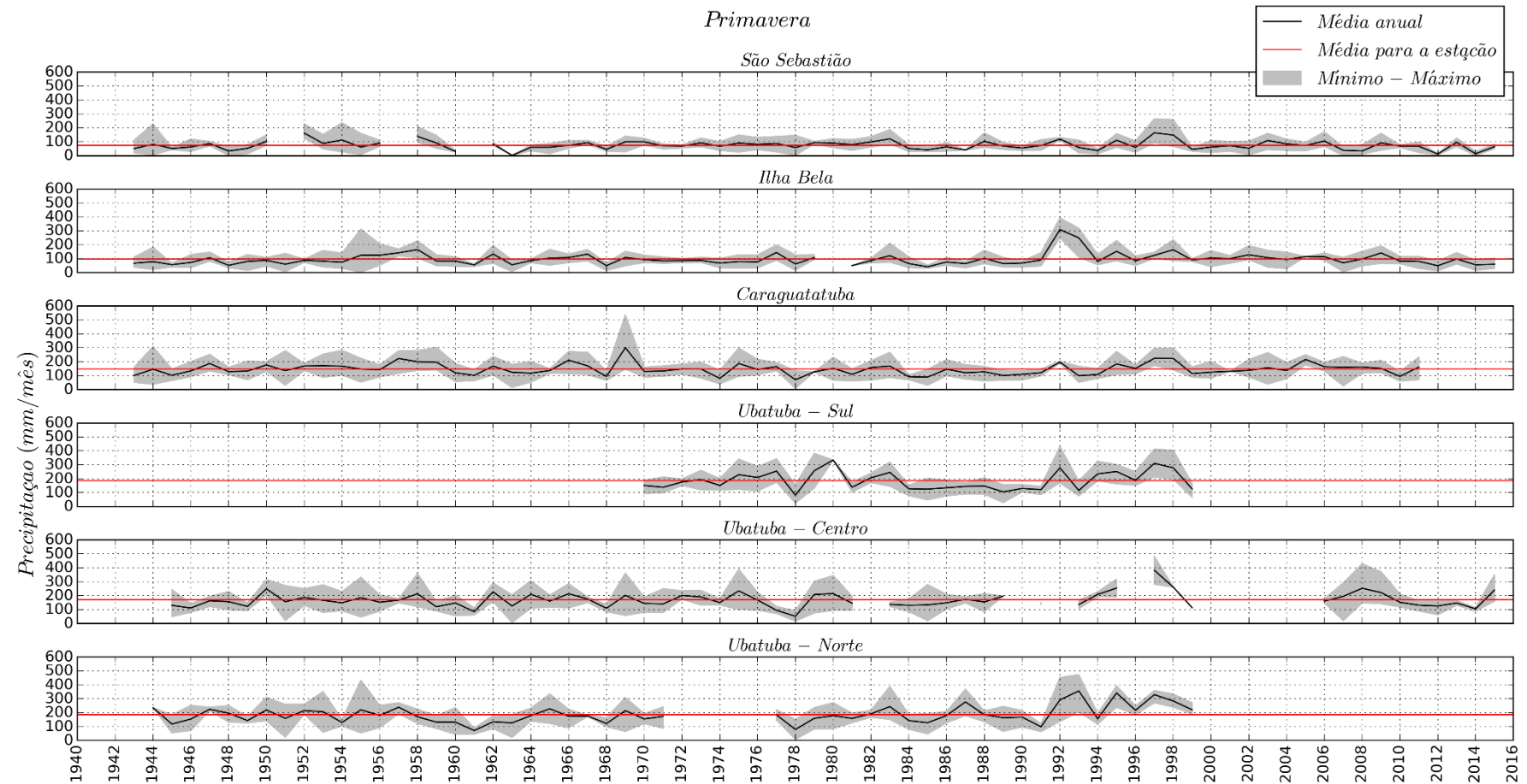


Figura 3.1.1.2.4-5 – Precipitações médias, mínimas e máximas para as primaveras de 1944 a 2016. A linha vermelha indica o valor médio climatológico para a precipitação no local e estação do ano. Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

3.1.1.2.5 Ventos

As estatísticas básicas das intensidades dos ventos coletadas nos pontos descritos no item 2. **Metodologia** estão disponíveis na **Tabela 3.1.1.2.5-1** e na **Figura 3.1.1.2.5-1**.

Estes dados mostram que nos locais IOUSP, Juqueí e Pinguaba, as magnitudes médias dos ventos são aproximadamente metade das magnitudes registradas nos outros pontos: oceano – Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba; CEBIMAR e Caraguatatuba. Esta constatação pode estar relacionada a orografia regional, onde estes locais com menores intensidades médias se caracterizam por serem estarem protegidos pela Serra do Mar. Já os dados de CEBIMAR estão dentro do Canal de São Sebastião que, tanto do lado de Ilhabela, quanto do lado do continente, apresentam pontos com grandes altitudes regionais, o que influencia o direcionamento do vento (“canalizando o vento”). A região oceânica não apresenta limites laterais e, assim foram observadas maiores intensidades. Os dados de Caraguatatuba se localizam nas proximidades da planície litorânea de Caraguatatuba, que também favorece a entrada de ventos provenientes do oceano aberto.

Levando-se estes fatores orográficos em consideração, observa-se que de modo geral as maiores intensidades ocorrem nos meses de primavera, e as menores intensidades nos meses de verão. Já os valores máximos registrados ocorrem tanto em meses de inverno quanto de primavera, preferencialmente.

Quanto aos valores de desvio padrão, constatou-se que os maiores valores estão associados principalmente aos meses de inverno e primavera. Estes meses correspondem a maior quantidade de passagem de frentes frias, conforme destacado anteriormente.

Tabela 3.1.1.2.5-1 – Estatística básica para a magnitude do vento observado na APAMLN, de acordo com os locais apresentados no item 2. Metodologia.

Magnitude do vento (m/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cunhambebe												
Média	3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,5	3,6	3,8	4,2	3,9	3,6	3,4
Mínima	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Máxima	9,1	9,8	9,4	11,3	12,0	12,0	11,6	12,0	10,9	10,7	9,5	9,9
Desvio Padrão	1,6	1,6	1,6	1,6	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,7
Maembipe												
Média	3,5	3,4	3,6	3,8	4,0	3,9	4,1	4,2	4,7	4,4	4,1	3,9
Mínima	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Máxima	10,4	11,8	10,7	14,0	13,4	13,2	12,8	13,3	12,7	12,3	11,5	11,6
Desvio Padrão	1,9	1,8	1,8	1,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,2	2,1	2,1	2,0
Ypautiba												
Média	3,2	3,1	3,3	3,5	3,6	3,5	3,6	3,7	4,2	4,0	3,8	3,7
Mínima	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1

Magnitude do vento (m/s)	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima	9,7	11,3	10,0	14,1	10,9	12,0	13,1	13,0	12,1	10,6	11,7	11,1
Desvio Padrão	1,7	1,6	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,8	2,0	1,9	2,0	1,9
CEBIMAR												
Média	4,0	3,7	3,1	3,4	4,1	4,0	4,3	4,6	4,6	4,7	4,2	4,5
Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máxima	11,4	8,6	8,6	14,5	9,8	10,2	12,2	11,0	14,5	11,8	13,7	12,2
Desvio Padrão	2,3	2,0	1,9	2,4	2,2	2,1	2,4	2,6	2,6	2,6	2,5	2,4
IOUSP												
Média	1,3	1,2	1,2	1,1	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,3	1,2
Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máxima	6,5	7,8	7,4	6,8	7,1	7,7	7,0	7,4	7,8	9,8	8,6	7,0
Desvio Padrão	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,0
Juqueí												
Média	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	--	1,0	1,2	1,0
Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--	0,0	0,0	0,0
Máxima	6,8	5,3	5,1	6,6	6,4	5,7	7,5	4,8	--	5,4	6,7	5,2
Desvio Padrão	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	--	0,9	1,0	0,8
Picinguaba												
Média	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máxima	9,1	4,5	4,5	8,9	7,4	8,2	9,0	10,8	10,2	10,2	9,7	10,3
Desvio Padrão	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7
Caraguatatuba												
Média	4,3	4,3	4,3	4,1	3,9	3,9	3,9	4,0	4,4	4,6	4,8	4,8
Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máxima	16,4	15,1	12,7	12,7	12,7	12,6	12,7	12,7	12,7	17,4	17,7	18,9
Desvio Padrão	3,0	3,0	2,9	2,7	2,4	2,4	2,4	2,6	2,8	3,0	3,1	3,2

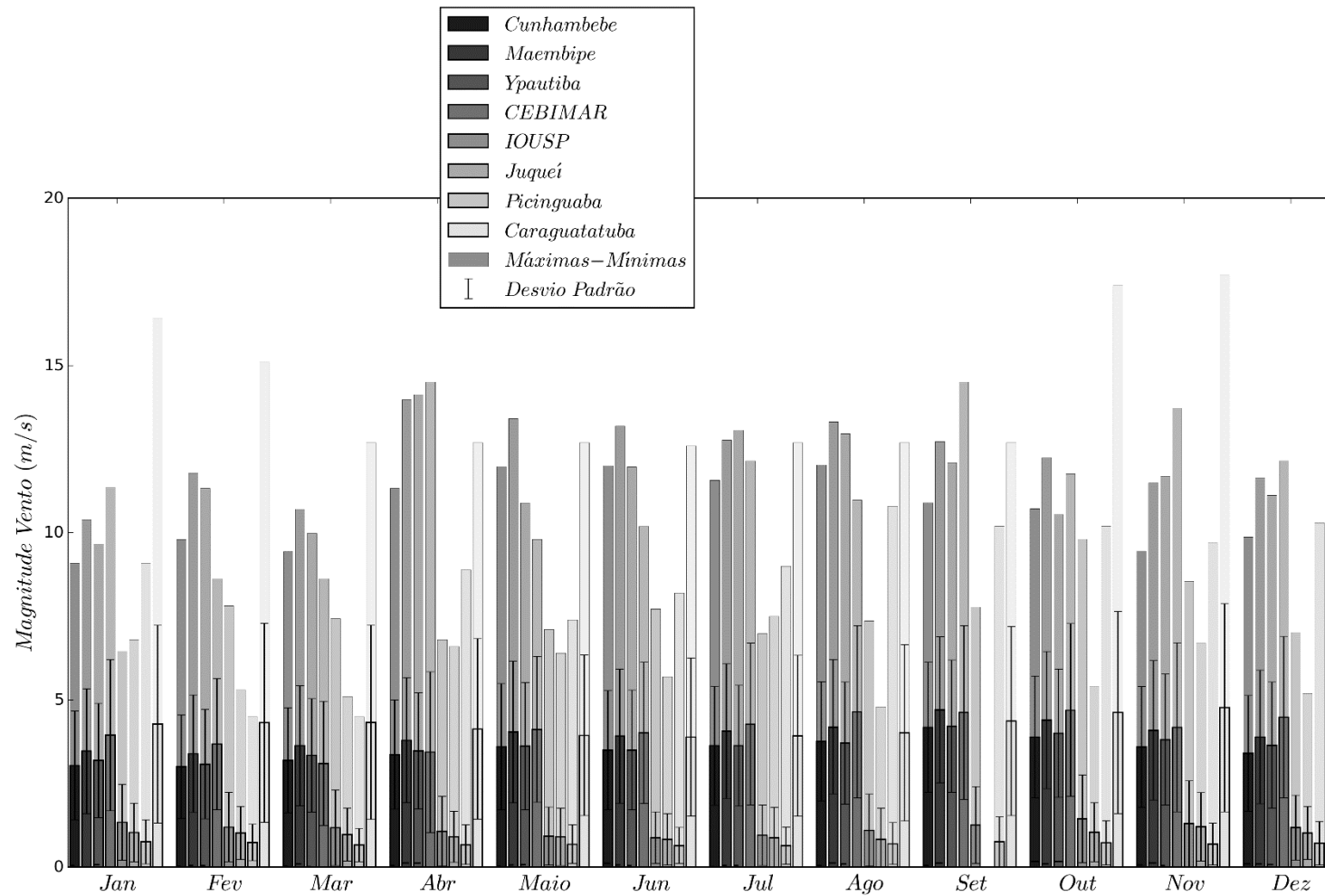


Figura 3.1.1.2.5-1 – Magnitudes do vento médias mensais (barras com bordas sólidas) máximas absolutas (barras com cores mais claras), mínimas, linhas horizontais) e desvios padrão (barras verticais). Origem dos dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Considerando as mais longas séries temporais obtidas – sobre o oceano nas posições Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba, de acordo com o item 2. Metodologia, da Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.2.5-2** a Erro! Fonte de referência não encontrada. **Figura 3.1.1.2.5-4** são apresentadas as rosas dos ventos para estes locais, respectivamente, para as estações de verão, outono, inverno e primavera. As tabelas de correspondência entre direção e intensidade estão disponíveis no **Anexo 3.1-1** deste documento.

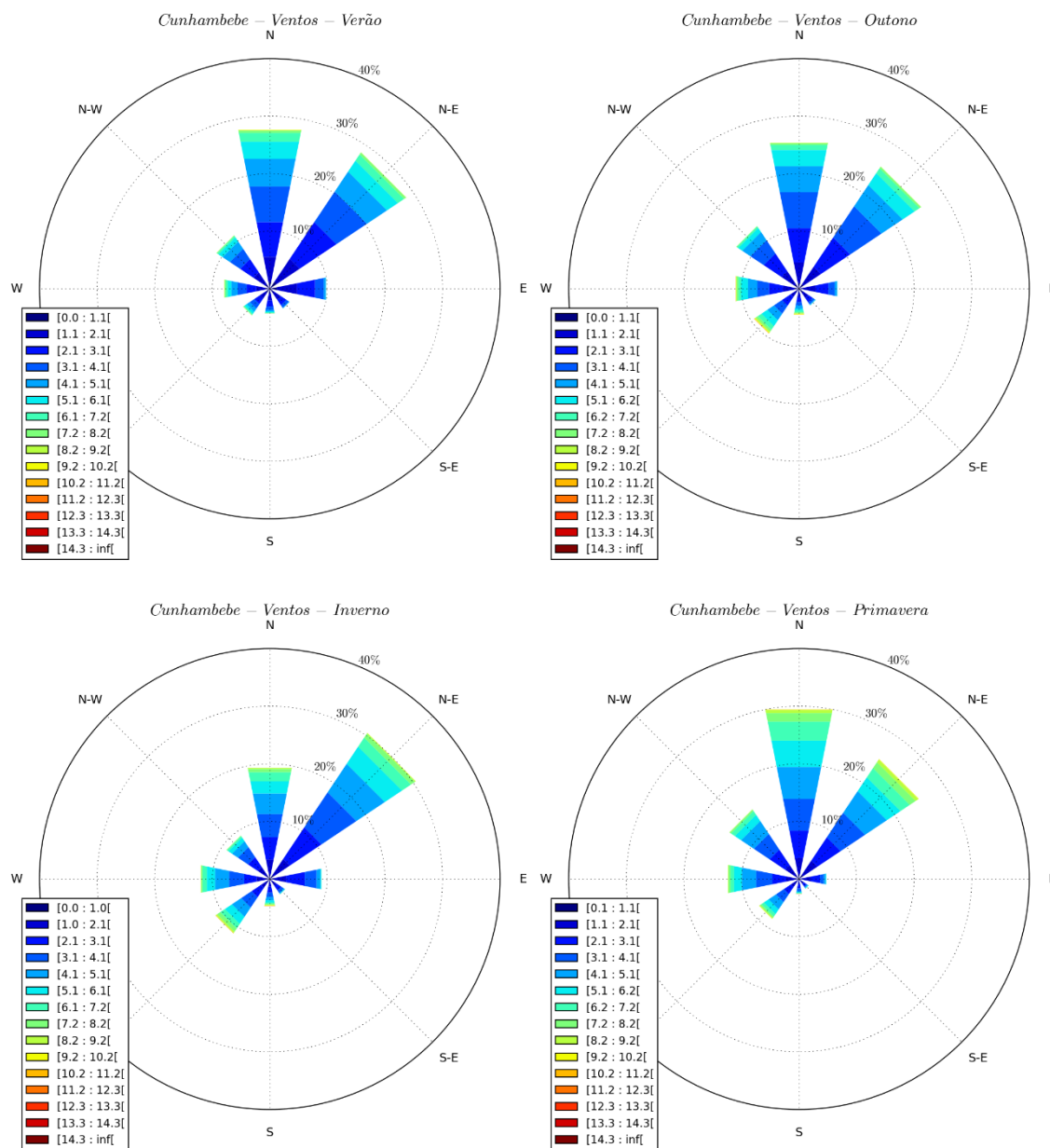


Figura 3.1.1.2.5-2 – Rosa dos ventos para o ponto Cunhambebe. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Para o ponto Cunhambebe, porção norte da APAMLN, no verão o vento mais frequente é o de origem NE, com 28,5%, seguido pela direção N com 28,2%. No inverno o mesmo padrão é observado - NE com 30,5% e N com 19,7%. Esse padrão se inverte na primavera e no outono, onde o vento mais frequente é o de N (30,0% e 25,8%, respectivamente), seguido pelo de NE (25,0% e 25,5%). Estes valores mostram a grande influência que a circulação gerada pela ASAS exerce sobre a região, conforme apresentado no item de caracterização climática da área de estudo, e observada nos dados de pressão atmosférica, por exemplo.

A **Tabela 3.1.1.2.5-2** apresenta as características deste vento mais frequente para este ponto, de acordo com a estação do ano. Nota-se que a intensidade média do vento de NE no inverno é mais elevada que durante o verão, e a maior intensidade média para este vento mais frequente é observada na primavera, para ventos de N. Nesta estação do ano também foi observado o valor máximo absoluto para a direção mais frequente.

Tabela 3.1.1.2.5-2 – Características do vento com maior frequência de ocorrência na APAMLN, setor Cunhambebe. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Direção mais frequente dos ventos - Cunhambebe				
	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
Verão	NE	3,34	1,58	9,23
Outono	N	3,54	1,54	9,44
Inverno	NE	3,84	1,65	9,93
Primavera	N	4,35	1,89	10,63

Este padrão mais frequente é modificado principalmente pela passagem de frentes frias sobre a região, que alteram estes ventos predominantes de N e NE para a setor SE-S-SW. No verão, este setor com ventos de SW a SE representam 14,1% do total. No outono 17,5%, no inverno 19,4 % e na primavera 13,0%. Estes dados corroboram autores que indicam esta época do ano com a maior frequência de passagem de frentes frias, como Castro (1996), Stech & Lorenzetti (1992), Coelho (2007) e Gregório (2014).

A **Tabela 3.1.1.2.5-3** mostra dentre todos as direções aquela que apresenta a maior intensidade média para cada estação do ano para o ponto Cunhambebe. Nota-se que no outono e no inverno, quando os ventos do setor SE-S-SW têm mais importância, os ventos de SW são os que possuem maior intensidade média. Na primavera, o vento com a maior ocorrência é aquele que também tem a maior intensidade média – ventos de N.

Tabela 3.1.1.2.5-3 – Características do vento com a maior intensidade média na APAMLN, setor Cunhambebe. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Direção maior intensidade média - Cunhambebe				
	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
Verão	N	3,58	1,66	9,80
Outono	SW	4,06	2,17	11,96

Inverno	SW	4,15	2,08	12,03
Primavera	N	4,35	1,89	10,63

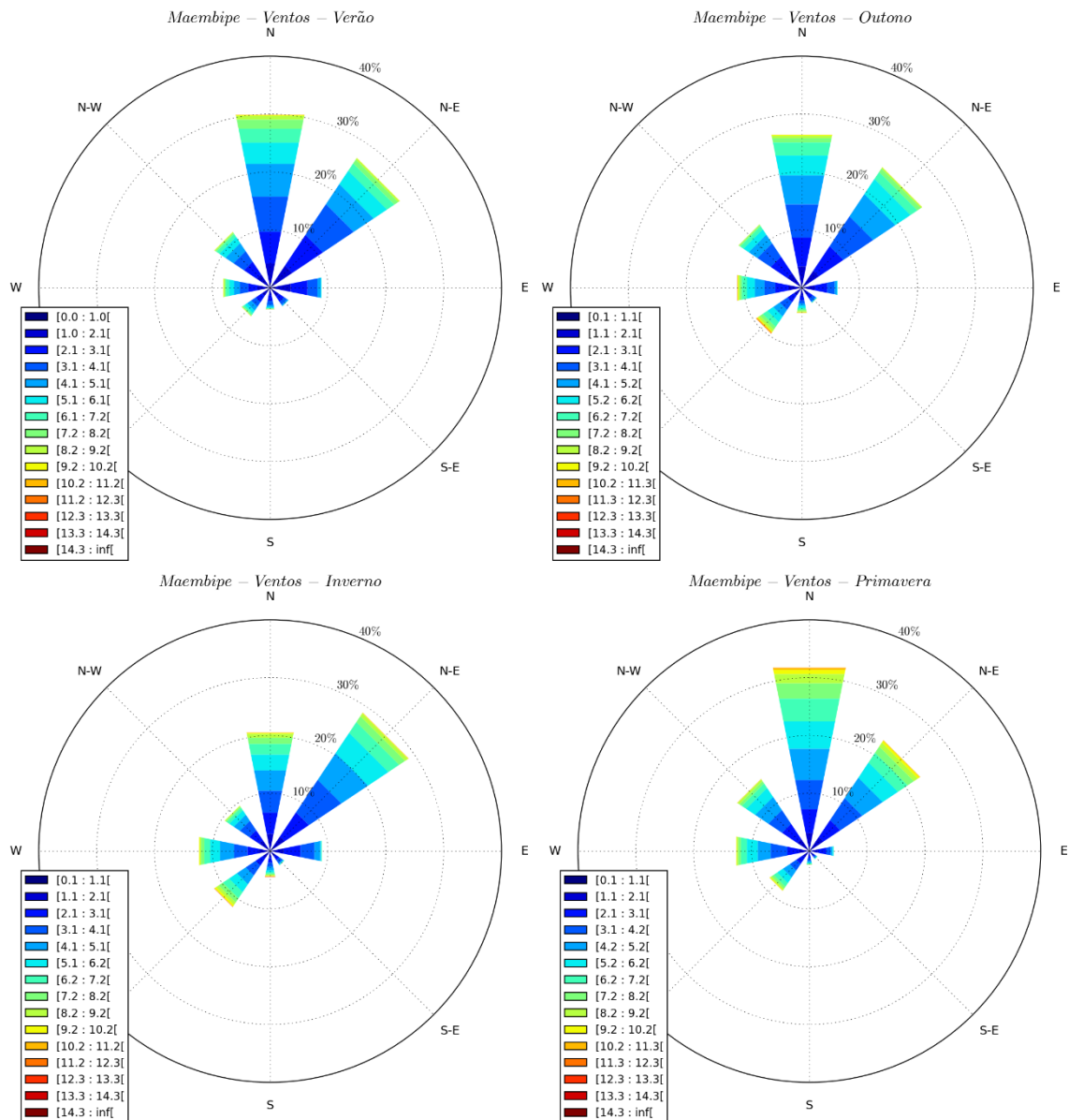


Figura 3.1.1.2.5-3 – Rosa dos ventos para a APAMLN – Maembipe. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Para o ponto Maembipe, porção central da APAMLN, os ventos mais frequentes são similares aos observados para o setor Cunhambebe, com exceção do verão, quando os ventos de N são mais frequentes que os de NE - **Tabela 3.1.1.2.5-4**. As frequências de ocorrência são similares sendo que os ventos de verão têm frequência de ocorrência de 30,5% de origem de N e 27,0% ventos de

NE. No outono, inverno e primavera os ventos de N têm frequência de ocorrência de 26,9%, 20,9% e 32,3%, respectivamente. Já os ventos de NE têm 25,1%, 28,8% e 23,1%, respectivamente, caracterizando novamente a grande influência da ASAS sobre a região.

Na **Tabela 3.1.1.2.5-4**, nota-se novamente que a intensidade média do vento de NE no inverno é mais elevada que os ventos de N no verão, e a maior intensidade média para o vento mais frequente é observada na primavera, para ventos de N. Novamente a primavera é a estação do ano que teve o maior valor de intensidade na direção mais frequente.

Tabela 3.1.1.2.5-4 – Características do vento com maior frequência de ocorrência na APAMLN, setor Maembipe.
Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Direção mais frequente dos ventos - Maembipe				
	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
Verão	N	4,15	1,94	11,79
Outono	N	4,07	1,78	10,71
Inverno	NE	4,25	1,81	11,59
Primavera	N	4,98	2,22	12,72

Para os ventos do setor SE-S-SW a sua representatividade por estação do ano é a seguinte: no verão 13,6%, outono 17,2%, inverno 19,2% e na primavera 12,4%.

A **Tabela 3.1.1.2.5-5** mostra dentre todas as direções aquela que apresenta a maior intensidade média para cada estação do ano. Conforme observado para o setor Cunhambebe, nas estações do ano em que os ventos do setor SE-S-SW têm mais importância, os ventos de SW são os que possuem maior intensidade média – outono e inverno. Na primavera, o vento com a maior ocorrência é aquele que também tem a maior intensidade média – ventos de N.

Tabela 3.1.1.2.5-5 – Características do vento com a maior intensidade média na APAMLN, setor Maembipe. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Direção maior intensidade média - Maembipe				
	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
Verão	N	4,15	1,94	11,79
Outono	SW	4,57	2,48	13,42
Inverno	SW	4,75	2,32	13,32
Primavera	N	4,98	2,22	12,72

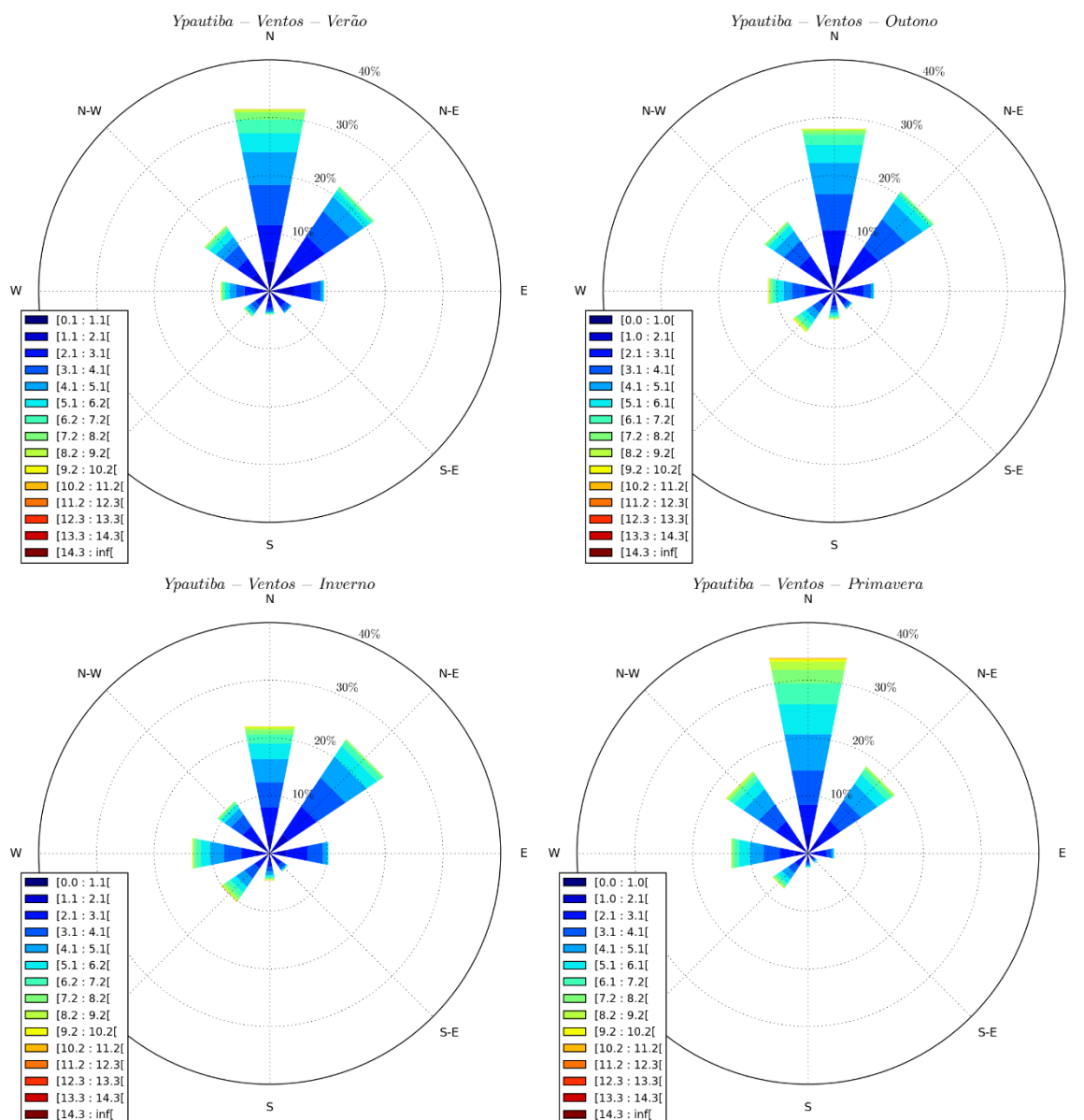


Figura 3.1.1.2.5-4 – Rosa dos ventos para a APAMLN –Ypautiba. O painel superior esquerdo corresponde ao verão, superior direito ao outono, inferior esquerdo ao inverno e inferior direito à primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Para o ponto Ypautiba, porção sul da APAMLN, os ventos apresentam características semelhantes as observadas para o setor Maembipe - o inverno apresenta ventos mais frequentes de NE, enquanto que as outras estações dos anos têm vento mais frequente de N, sendo que na primavera este vento mais frequente é o mais intenso entre todas as direções **Tabela 3.1.1.2.5-6**.

Tabela 3.1.1.2.5-6 – Características do vento com maior frequência de ocorrência na APAMLN, setor Ypautiba.
Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Direção mais frequente dos ventos - Ypautiba				
	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
Verão	N	3,93	1,85	11,13
Outono	N	3,79	1,71	9,70
Inverno	NE	3,57	1,52	10,21
Primavera	N	4,67	2,07	12,10

Para os ventos do setor SE-S-SW, a representatividade é a seguinte: verão 14,2%, outono 17,4%, inverno 18,8% e na primavera 12,0%.

A **Tabela 3.1.1.2.5-7** mostra dentre todas as direções, aquela que apresenta a maior intensidade média para cada estação do ano. Conforme observado para os setores Cunhambebe e Maembipe, nos meses em que os ventos do setor SE-S-SW têm mais importância, os ventos de SW são os que possuem maior intensidade média – durante o outono e inverno. No mês de primavera, o vento com a maior ocorrência é aquele que também tem a maior intensidade média – ventos de N.

Tabela 3.1.1.2.5-7 – Características do vento com a maior intensidade média na APAMLN, setor Ypautiba. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Direção maior intensidade média - Ypautiba				
	Direção	Intensidade média (m/s)	Desvio (m/s)	Máxima (m/s)
Verão	N	3,93	1,85	11,13
Outono	SW	4,16	2,24	10,65
Inverno	SW	4,22	2,12	12,97
Primavera	N	4,67	2,07	12,10

Eventos extremos do regime de ventos

Foram analisados os eventos extremos para o regime de ventos para as localizações com as maiores séries disponíveis – sobre o oceano nos setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba.

A partir das séries disponíveis, e de acordo com a metodologia apresentada no item 2. **Metodologia**, foram calculadas as probabilidades de ocorrências ventos de acordo com faixas de intensidade, que aparecem na **Tabela 3.1.1.2.5-8**.

Tabela 3.1.1.2.5-8 – Probabilidade de ocorrência de ventos nos setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba, de acordo com faixas de intensidade. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

Estação	Cunhambebe							
	Probabilidade de ocorrência de ventos maiores que							
	2,0 m/s	3,0 m/s	4,0 m/s	6,0 m/s	8,0 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s
Verão	97,4	89,6	74,1	29,2	3,5	0,1	0,0	0,0
Outono	97,7	90,9	77,4	35,6	6,3	0,3	0,0	0,0
Inverno	98,5	93,5	82,6	43,4	9,3	0,5	0,0	0,0
Primavera	99,2	96,0	87,8	51,2	11,7	0,5	0,0	0,0
Estação	Maembipe							
	Probabilidade de ocorrência de ventos maiores que							
	2,0 m/s	3,0 m/s	4,0 m/s	6,0 m/s	8,0 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s
Verão	98,2	92,9	82,0	45,2	12,0	1,0	0,0	0,0
Outono	98,3	93,5	83,8	50,1	16,2	2,1	0,1	0,0
Inverno	98,8	95,1	87,2	56,4	20,7	3,2	0,1	0,0
Primavera	99,4	97,2	91,6	65,3	27,0	4,4	0,2	0,0
Estação	Ypautiba							
	Probabilidade de ocorrência de ventos maiores que							
	2,0 m/s	3,0 m/s	4,0 m/s	6,0 m/s	8,0 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s
Verão	97,4	90,4	76,9	36,2	7,1	0,4	0,0	0,0
Outono	97,6	91,0	78,4	39,7	9,3	0,7	0,0	0,0
Inverno	97,9	92,1	80,5	43,1	11,0	1,0	0,0	0,0
Primavera	99,1	95,8	87,8	54,2	16,0	1,4	0,0	0,0

Conforme o apresentado na **Tabela 3.1.1.2.5-8**, o setor Maembipe é o que apresenta a maior probabilidade de ocorrência de ventos com maiores intensidades. Neste setor, em todas as estações do ano, existe a probabilidade de no mínimo 1,0% de ocorrência de ventos superiores a 10 m/s. Para o setor Ypautiba, somente no inverno e na primavera foi calculada probabilidade de no mínimo 1,0% de ocorrência de ventos desta magnitude.

Estes resultados mostram a interferência da orografia sobre a região. O setor Maembipe encontra-se mais afastado do continente, longe de contornos continentais, enquanto que o setor Cunhambebe, ao norte, encontra-se mais protegido.

Este fenômeno orográfico interfere também no registro das intensidades máximas dos ventos, em cada setor e estação do ano - **Tabela 3.1.1.2.5-9**. Nesta tabela observa-se que, com exceção do mês de outono, as maiores intensidades dos ventos foram registradas no setor Maembipe. Nesta época do ano, o vento mais intenso foi registrado no setor Ypautiba. Analisando as estações do ano, observa-se que o vento mais intenso nos setores Maembipe e Ypautiba foram registrados no outono, enquanto que no setor Cunhambebe, durante o inverno. Tanto em Maembipe quanto em Ypautiba o vento mais intenso registrado teve origem W, enquanto que para Cunhambebe foi de SW. Estes ventos estão associados a passagem de frente fria, destacando a virada do vento de NE para S-SE durante o momentos pré-frontais e de passagem da frente.

Foram calculadas as intensidades de retorno para períodos de até 100 anos, que são apresentados na **Figura 3.1.1.2.5-5**.

Tabela 3.1.1.2.5-9 – Probabilidade de ocorrência de ventos nos setores Cunhambebe, Maembipe e Ypautiba, de acordo com faixas de intensidade. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

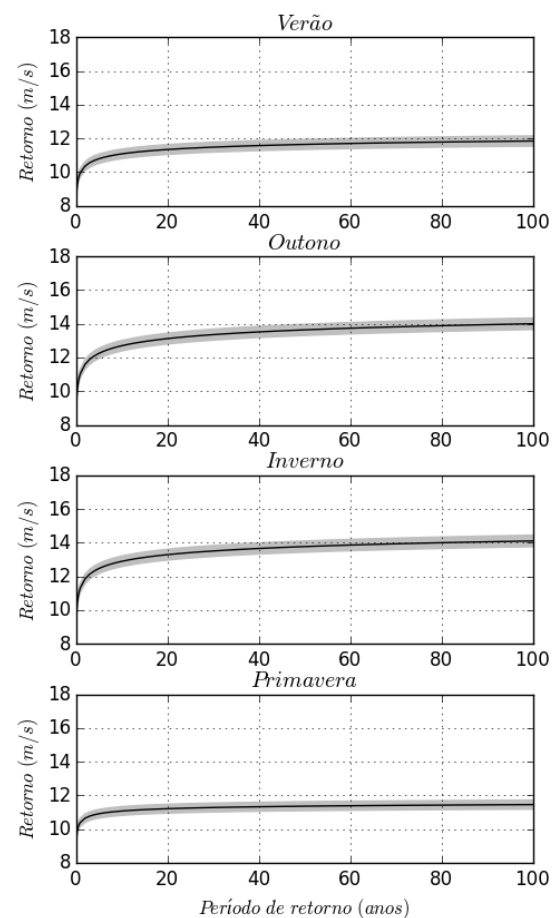
Estação	Intensidade máxima (m/s)	Direção	Data	Período de retorno (anos)
Cunhambebe				
Verão	9,87	W	17-12-2000 06h	0,82
Outono	11,98	S	18-05-2001 18h	3,44
Inverno	12,03	SW	11-08-2009 00h	2,59
Primavera	10,90	S	20-09-2005 18h	4,70
Maembipe				
Verão	11,79	N	11-02-2006 00h	1,28
Outono	13,97	W	06-04-2010 18h	5,78
Inverno	13,32	SW	11-08-2009 00h	1,62
Primavera	12,72	N	14-09-2004 00h	3,49
Ypautiba				
Verão	11,33	NW	25-02-2010 12h	1,04
Outono	14,13	W	06-04-2010 18h	12,31
Inverno	13,07	S	12-07-2009 06h	1,77
Primavera	12,10	N	14-09-2004 00h	3,58

Os resultados para a análise de retorno mostram as seguintes intensidades centenárias:

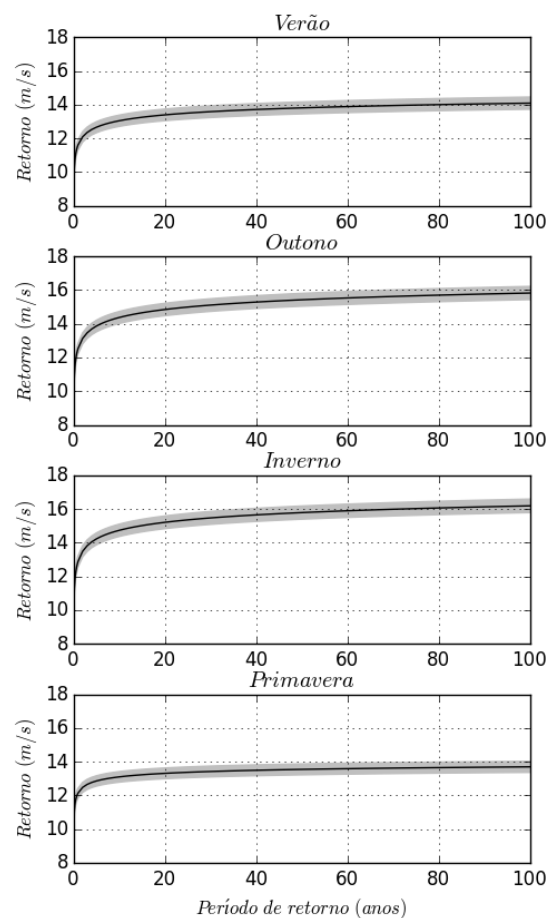
- Cunhambebe: 12 m/s – verão, 14 m/s – outono, 14 m/s – inverno e 12 m/s – primavera;
- Maembipe: 14 m/s – verão; 16 m/s - outono; 16 m/s – inverno; 14 m/s – primavera;
- Ypautiba: 15 m/s – verão; 16 m/s – outono; 17 m/s inverno; 13 m/s primavera.

Associando estes resultados aos valores médios e máximos analisados anteriormente, nota-se que o setor Maembipe é aquele que apresenta a maior intensidade média de ventos e frequência de eventos extremos, porém Alcatrazes é aquele que tem a probabilidade de ocorrência de eventos extremos isolados, principalmente durante o inverno. Durante esta época do ano é que ocorre a maior passagem de frentes frias, e por consequência ventos do setor SW-S-SE, que podem atingir diretamente este setor da APAMLN. Já o setor Cunhambebe é o setor mais protegido, que apresenta a menor intensidade média, menor ocorrência de eventos extremos e a menor probabilidade de eventos isolados.

Cunhambebe – Período de retorno Ventos (m/s)



Maembipe – Período de retorno Ventos (m/s)



Ypautiba – Período de retorno Ventos (m/s)

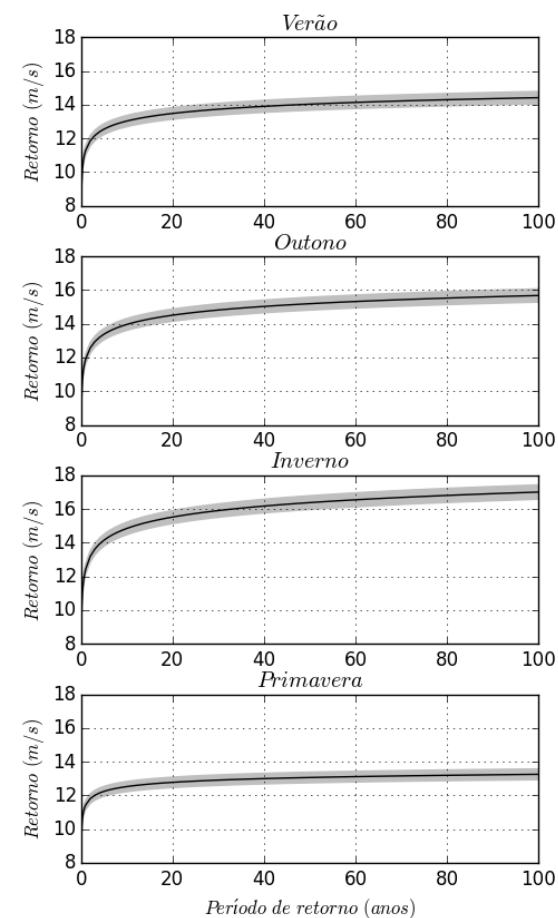


Figura 3.1.1.2.5-5 – Intensidade de retorno dos ventos para o período de até 100 anos. Os painéis da esquerda mostram o setor Cunhambebe, os centrais Maembipe e os da direita Ypautiba. As linhas representam as estações do ano sendo, de cima para baixo: verão, outono, inverno e primavera. Fonte de dados de acordo com o item 2. Metodologia.

3.1.1.3 SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Em termos climáticos, os municípios que fazem parte da APAMLN são classificados como tendo clima tropical. São Sebastião e Ilhabela se diferenciam de Ubatuba e Caraguatatuba relativamente ao mês mais seco do ano. Os dois municípios mais ao sul possuem o mês mais seco do ano com menos de 60 mm de chuva, em média, o que leva estes dois municípios a terem a classificação de clima como tropical com chuvas excessivas e inverno seco. Já Ubatuba e Caraguatatuba são classificados como clima Tropical, sem estação seca.

As principais condicionantes do clima e da meteorologia na região são fenômenos atmosféricos de grande escala. A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) provê os ventos mais frequentes de N-NE na região, maior pressão atmosférica durante o período de inverno e, quando este fenômeno é o dominante na região, ocorrem as características de períodos de tempo bom.

A condição de tempo bom é frequentemente alterada sob duas diferentes situações: passagem de frentes frias e estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). As frentes frias que passam pela APAMLN movem massas de ar frio dos polos em direção ao Equador. Quando estas frentes passam pela APAMLN, alteram os ventos mais frequentes da ASAS, de N-NE, para ventos de SE-S-SW, provocando quedas na temperatura e na pressão atmosférica e também provocando chuvas no momento de sua passagem. As frentes frias são mais frequentes em período de outono e inverno na região. Já o estabelecimento da ZCAS, que é uma faixa de nebulosidade contínua que cruza a América do Sul, desde a Amazônia até o litoral do sudeste do Brasil, pode causar chuvas intensas e duradouras, principalmente em períodos de verão.

Assim, o tempo bom na região pode ser alterado por eventos de passagem de frentes frias, onde toda a meteorologia é alterada de uma forma geral, e pela formação da ZCAS, onde ocorre grande volume de chuvas principalmente no verão.

Com relação à temperatura atmosférica, os dados analisados neste diagnóstico mostram que os meses mais quentes do ano são janeiro e fevereiro (média aproximada de 25°C entre todos os pontos analisados), enquanto que os meses mais frios são os de junho e julho (média aproximada de 20°C entre todos os meses analisados). Entretanto foram observados que eventos com temperaturas superiores a 25 °C podem ocorrer em todas as estações do ano, inclusive em períodos de inverno. Já temperaturas relativamente mais baixas foram observadas somente no inverno. O inverno é também o período quando ocorre a passagem de maior quantidade frentes frias. Portanto, os meses de verão se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas e constantes, enquanto que nos meses de inverno as temperaturas médias são menores, e com uma maior variabilidade.

A umidade relativa na região é típica de regiões costeiras, com valores médios mensais superiores a 80%, não tendo uma sazonalidade definida ao longo do ano.

A pressão atmosférica se altera de acordo com a influência da ASAS sobre a região e é um bom indicativo da passagem de frentes frias. No momento da passagem destas frentes frias ocorre uma queda da pressão atmosférica. Assim, como no inverno ocorre uma maior frequência de passagem destes sistemas, a variabilidade da pressão atmosférica neste período também é mais elevada que nas demais estações.

A precipitação na região apresenta sazonalidade bem marcada, com verões chuvosos e invernos secos. Os municípios de Ubatuba e Caraguatatuba apresentam invernos menos secos que São

Sebastião e Ilhabela e, em Ubatuba, a região norte apresenta maior pluviosidade média que a porção central e sul. No verão, devido à formação da ZCAS, ocorrem eventos de grande precipitação que podem durar diversos dias. Chuvas torrenciais já foram observadas na região durante este período do ano causando problemas sociais e ambientais. Diversos autores correlacionam a posição da ZCAS com fenômenos atmosféricos de grande escala, como o El Niño, que podem estar alterando o regime de chuvas em diversos locais, inclusive na APAMLN, entretanto esta correlação não foi observada nos dados analisados. Além disso, na região também é observada a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala, que também provocam chuvas torrenciais, porém por períodos de tempo mais curtos, principalmente durante o final da tarde.

O regime de ventos na região é fortemente modulado pela presença da ASAS, tempo bom, e pela passagem de frentes frias. Assim, os ventos mais frequentes na região da APAMLN em todo o ano são os de N-NE. Com a passagem de frentes frias este vento é alterado para SW-S-SE e, assim, o outono e inverno são as estações do ano que possuem maior frequência de ocorrência de ventos proveniente destes quadrantes. Foi observado que o setor Cunhambebe, ao norte da APAMLN é o que possui a menor intensidade média dos ventos e está mais protegido a ação dos eventos extremos, principalmente aos associados à passagem de frentes frias. Já os setores Ypautiba e Maembipe estão mais expostos, possuindo valores de intensidades dos ventos. No outono e no inverno os ventos mais intensos são os causados pela passagem de frentes frias. Já durante o verão e a primavera, estes ventos de frentes frias de S-SW não são tão intensos, fazendo com que, o vento mais frequente, de N-NE, sejam também os mais intensos.

Quadro 3.1.1.3-1 - Síntese do clima para a região da APAMLN.

	Meses	Valores médios
Meses mais quentes do ano	Janeiro e fevereiro	Aproximadamente 25 °C
Meses mais frios do ano	Junho e julho	Aproximadamente 18°C
Meses mais chuvosos	Janeiro a março	Máximo de 300 mm norte de Ubatuba e mínimo de 160 mm em São Sebastião
Meses mais secos	Junho e julho	Mínimo de 40 mm em São Sebastião e máximo de 97 mm em Ubatuba
Umidade relativa	Praticamente constante	Acima de 80%
Mês maior pressão atmosférica	Julho	Aproximadamente 1019 hPa
Mês menor pressão atmosférica	Dezembro	Aproximadamente 1011 hPa
Mês com vento mais intenso	Setembro	Aproximadamente 4,0 m/S
Direção do vento mais frequente	Todo o ano	N-NE
Direção do vento mais intenso	Verão e primavera	N
Direção do vento mais intenso	Inverno e Outono	SW

Além da caracterização do clima e da meteorologia regional, é importante destacar a correlação existente entre a manutenção global e regional do clima com relação aos oceanos.

Devido ao intenso intercâmbio de energia e momentum com as camadas inferiores da atmosfera, o oceano realiza a redistribuição da energia térmica dos trópicos para os polos do planeta Terra através de um sistema de correntes inicialmente chamado de Cinturão Condutor Oceânico (CCO, BROECKER, 1987). Segundo o esquema proposto por Broecker, o fluxo global de calor seria realizado por um sistema de corrente em escala global, composto por dois ramos distintos: um ramos superior quente, que absorve calor nos trópicos e devolve para a atmosfera nos polos, e um ramos inferior frio, resultante da formação de águas profundas nas regiões polares (**Figura 3.1.1.2.5-1**).

Uma atualização do CCO apresentada por Schmitz (1996) mostrou que o transporte de calor global resulta da interação de diversas correntes oceânicas em diferentes níveis verticais e com orientação predominantemente meridional, atualmente denominada Célula de Revolvimento Meridional ou Circulação Meridional Oceânica (MOC). Segundo o autor, mais de 85% do calor excedente armazenado pela Terra durante o século XX estão nos oceanos, deixando claro que o oceano é o principal modulador do clima.

Rintoul *et al.* (2012) mostrou a importância da formação de águas profundas ao redor do continente Antártico dentro desse mecanismo, apontando que o Oceano Austral armazena mais calor do que qualquer outra faixa de latitude no planeta. Nesse contexto, Tonelli *et al.* (2012) mostraram a que os impactos das mudanças climáticas já podem ser observadas no Oceano Austral, onde a diminuição da taxa de formação das águas profundas pode levar ao enfraquecimento do transporte de calor pela MOC.

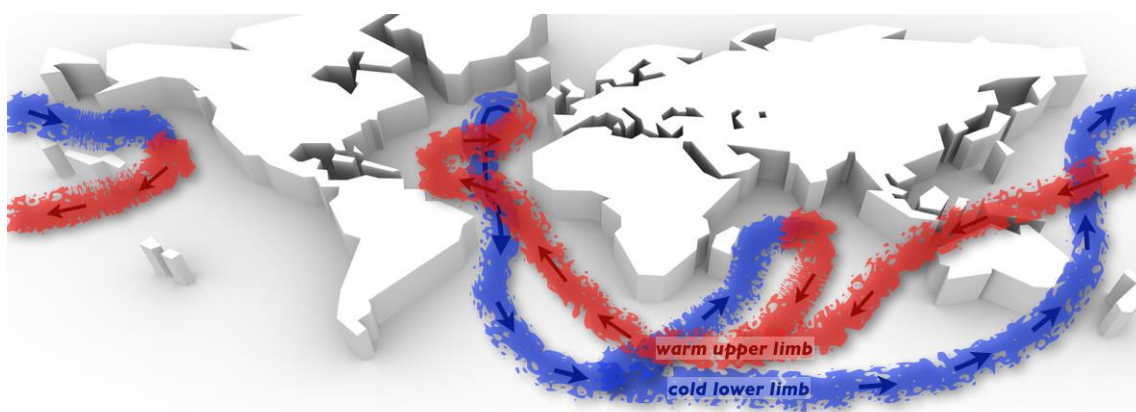


Figura 3.1.1.2.5-1 - Representação do transporte global de calor pelo Cinturão Condutor Oceânico proposto por Broecker (1987). Fonte: Adaptado de Tonelli (2014).

Em uma abordagem em escala regional, os oceanos desempenham um papel fundamental para a manutenção e desenvolvimento da sociedade, de modo que as mudanças climáticas têm impacto direto para as comunidades litorâneas. Atividades ligadas ao mar, em especial nas regiões costeiras, movimentam uma porção considerável da economia de diversos países que apresentam litoral extenso. Essas atividades variam desde o transporte comercial de produtos, exploração de petróleo *offshore* e extração de recursos a atividades em escala local, inerentemente ligadas à região costeira, como aquicultura, recreação e turismo (USGCRP, 2014). Ao mesmo tempo, são regiões com grande biodiversidade, com habitats muito particulares, garantindo benefícios para a sociedade e para o ecossistema natural. Nesse contexto, as mudanças climáticas têm potencial para impactar a os ecossistemas costeiros de diversas maneiras.

Como apontado pelo relatório do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), ambientes costeiros são sensíveis a elevações do nível do mar, variações na intensidade e frequência de eventos extremos (ex. Tempestades e ciclones extratropicais, aumento da precipitação e variações na temperatura da água). Associado a essas alterações, o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera promove a acidificação dos oceanos, o que também impacta os ecossistemas marinhos, particularmente nas regiões costeiras.

Com impacto possivelmente mais sensível do que o advento de novos problemas, as mudanças climáticas podem agravar desequilíbrios já instalados, como erosão costeira, inundações e poluição das águas, aumento a pressão sobre um ambiente já fragilizado. Esse cenário de desenvolve em paralelo ao crescimento populacional e ampliação das estruturas de suporte nas regiões litorâneas, demandando abordagens mais elaboradas para resolver questões relacionadas à gestão do uso do solo, da água, esgotos e dos ecossistemas (CCSP, 2008).

A intensificação do processo de ocupação da costa altera o balanço de sedimentos e impede a migração de ecossistemas responsáveis por amortecer os impactos da subida do nível do mar, aumentando a vulnerabilidade dessas regiões (CCSP, 2008). Além disso, essa subida do nível do mar aumenta a salinidade das águas subterrâneas, que perdem potabilidade e passam a apresentar efeitos deletérios para plantas e animais (USGCRP, 2014).

USGCRP, 2014 e IPCC, 2014 mostraram que as águas costeiras vêm se aquecendo durante as últimas décadas e que essa tendência deve se estender pelo século XXI, na ordem de 4 a 8 graus (USGCRP, 2009), o que também impacta os ecossistemas costeiros. Espécies termo-específicas tanto da flora quanto da fauna tendem a migrar para latitudes mais altas (USGCRP, 2014; IPCC, 2014), alterando habitats de espécies estabelecidas, que passam a sofrer com a competição por recursos com as novas espécies (FEMA, 2008).