

Sistema Alerta Rio – GEO-Rio – Prefeitura do Rio de Janeiro

Relatório de Climatologia Anual (1997-2024)

Presidente da Fundação GEO-Rio

Anderson de Andrade Marins

Coordenadora de Geologia e Monitoramento da Fundação GEO-Rio

Geól. Raquel Batista Medeiros da Fonseca

Gerente de Monitoramento da Fundação GEO-Rio

Engº Marcelo Aldaher Magalhães

Equipe Técnica/Meteorologistas

Bruno Pires Dumas

Giselle Petrunaro Torres

Juliana Hermsdorff Vellozo de Freitas

Mayara Villela de Oliveira

Raquel Mac-Cormick Franco

Ricardo Henrique Souza

CLIMATOLOGIA ANUAL – 1997 A 2024 – DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Ao longo do ano, a distribuição de chuva e temperatura na cidade do Rio de Janeiro é afetada pela variação da incidência de radiação solar, que varia a cada estação do ano, além de fatores locais, como diferenças de altitude, cobertura do solo e proximidade com o oceano. O clima é do tipo tropical, quente e úmido.

1. Metodologia

Foram levantadas informações das 33 estações pluviométricas atualmente disponíveis, cabe aqui ressaltar que o período de dados das estações é ligeiramente diferente, pois as estações Alto da Boa Vista, Av. Brasil/Mendanha e Estr. Grajaú/Jacarepaguá foram instaladas em 2010. Além disso, a estação Barra/Barrinha só possui dados a partir do ano de 2013. Todas essas estações substituíram estações que foram desativadas. Tijuca/Muda foi instalada em 2011. Além disso, os dados de temperatura das 7 estações (São Cristóvão, Guaratiba, Jardim Botânico, Irajá, Barra/Riocentro, Santa Cruz e Alto da Boa Vista) só passaram a coexistir a partir de 2014.

2. Resultados

A seguir são apresentadas análises dos dados de precipitação (1997-2024) e de temperatura (2014-2024) da rede de estações do Sistema Alerta Rio. Além disso, são apresentados os principais sistemas meteorológicos que influenciam o tempo na cidade em cada época do ano (2016-2024).

2.1 Precipitação

A Figura 1 mostra a precipitação média mensal nas estações pluviométricas do Sistema Alerta Rio ao longo do ano, entre 1997 e 2024.

Observa-se que a cidade tem um **período chuvoso**, bem marcado **entre novembro e abril, com média superior a 100mm**. Porém, em alguns anos o período chuvoso já pode começar em outubro ou terminar em março. Os meses de maio e setembro são de transição entre o período seco e úmido, e o período de maior estiagem é entre junho e agosto.

Na média, janeiro é o mês com maior índice pluviométrico (169,2mm), seguido de dezembro e março. Fevereiro, apesar de estar em pleno período chuvoso, apresenta média inferior aos meses citados anteriormente. Isso pode ser explicado pelo número menor de dias do mês, e não necessariamente a uma mudança nos padrões climáticos. Novembro, apesar de

não concentrar um número grande de eventos extremos, possui uma média alta de dias com registro de chuva, com precipitação média maior de que abril e fevereiro. Já abril, varia bastante de ano para ano, na média com menos dias chuvosos que novembro, porém concentra um número maior de eventos de chuva extrema.

Na estiagem, **agosto é, na média, o mês mais seco (56,3mm)**, seguido de julho e junho.

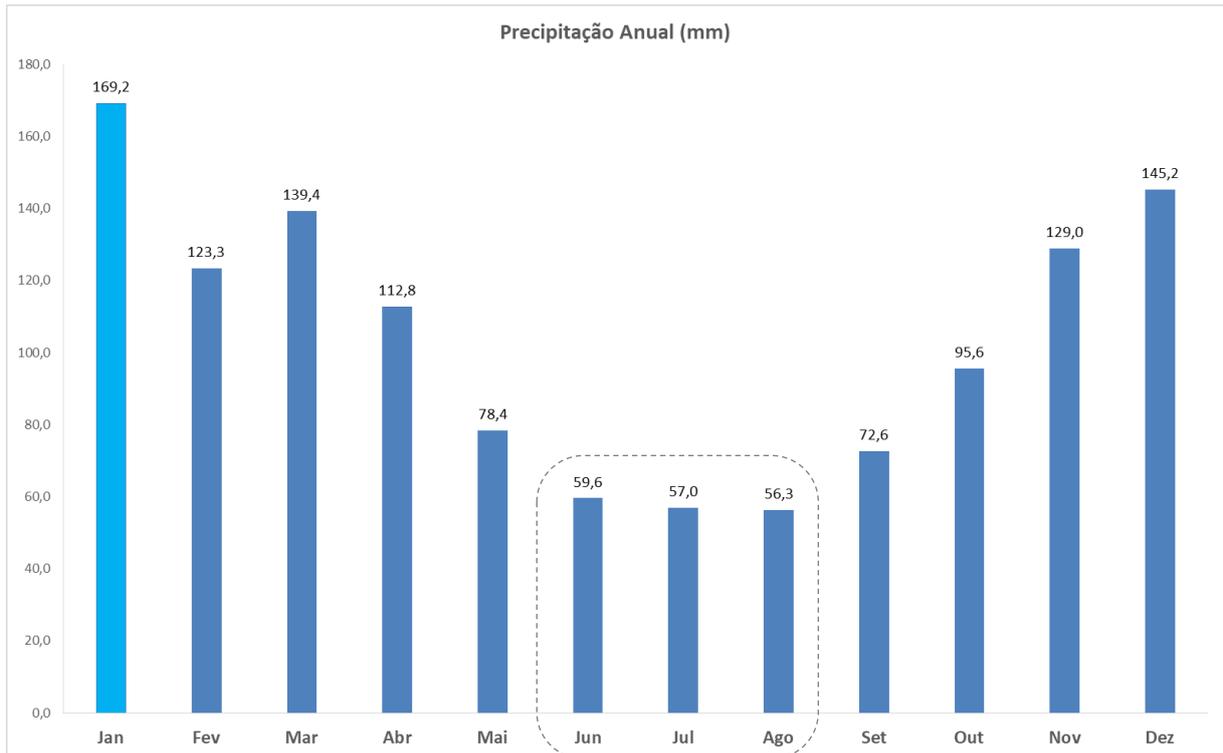


Figura 1: Precipitação média mensal (barras em azul) do período de 1997 a 2024 com destaque para o mês mais chuvoso (em azul claro) e os meses mais secos (tracejado).

A Figura 2 mostra a distribuição dos acumulados médios mensais das estações do Alerta Rio entre 1997 e 2024. A partir dos diagramas de caixa (boxplots), é possível visualizar a distribuição dos acumulados mensais e identificar que, de fato, os meses de novembro a abril apresentam valores médios mais altos, representando o período mais chuvoso da cidade do Rio de Janeiro. Porém, **os meses com valores mais extremos de acumulados de chuva ocorreram de dezembro a abril.**

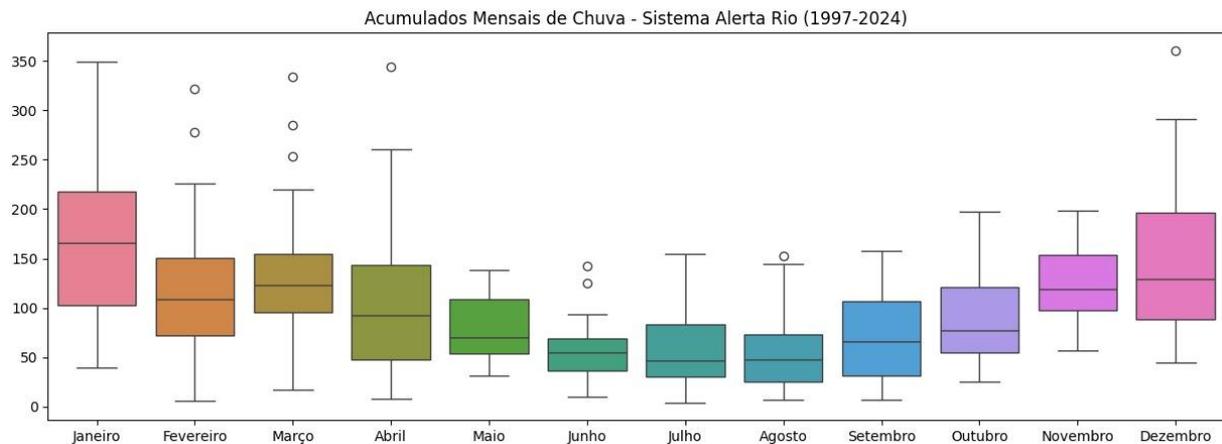


Figura 2: Distribuição dos acumulados médios mensais das estações do Sistema Alerta Rio entre 1997 e 2024 em boxplot. Nas caixas coloridas, a linha do meio é a mediana. A mediana é o valor central de um conjunto de dados, quando esse conjunto está organizado de forma crescente. A mediana divide o conjunto em duas partes: 50% dos valores serão iguais ou inferiores a ela, e os outros 50% serão iguais ou superiores. Os valores fora os limites (bola), são potenciais *outliers*, ou seja, dados que podem estar discrepantes com o conjunto de dados (valores que ficam muito distantes da mediana).

Nota-se uma distribuição mais desigual (meses com precipitação muito acima ou muito abaixo da mediana) no período mais chuvoso. Ou seja, é mais provável, dentro do período chuvoso, um mês apresentar chuva muito abaixo ou muito acima da mediana num determinado ano, do que um mês dentro do período de estiagem apresentar chuva muito distante da mediana. **As flutuações em torno da mediana são menores no período mais seco, principalmente no mês de maio.**

Essas flutuações em torno da mediana também são significativas em outubro e principalmente em abril, mostrando que o início ou o término do período chuvoso varia de ano para ano. **Abril se destaca como o mês com valores mais extremos de média de chuva, com diferença maior entre o mês mais seco e o mais chuvoso.**

Nas Figura 3 e 4, a distribuição sazonal de chuva pelo território da cidade, indica que a estação do ano com média maior de chuva é o verão, com uma distribuição mais uniforme pelo município e a grande maioria das estações passando dos 400mm.

No verão, os valores mais elevados encontram-se mais ao norte (regiões mais quentes), em estações como Anchieta, Piedade, Irajá e Bangu, passando dos 500mm e principalmente no entorno do Maciço da Tijuca, passando dos 600mm. Já no inverno, a redução dos acumulados é significativa em relação ao verão, com grande parte da cidade com chuva média abaixo de 200mm. Os maiores acumulados se concentram no litoral e apenas o Alto da Boa Vista passa de 400mm (Figura 3).

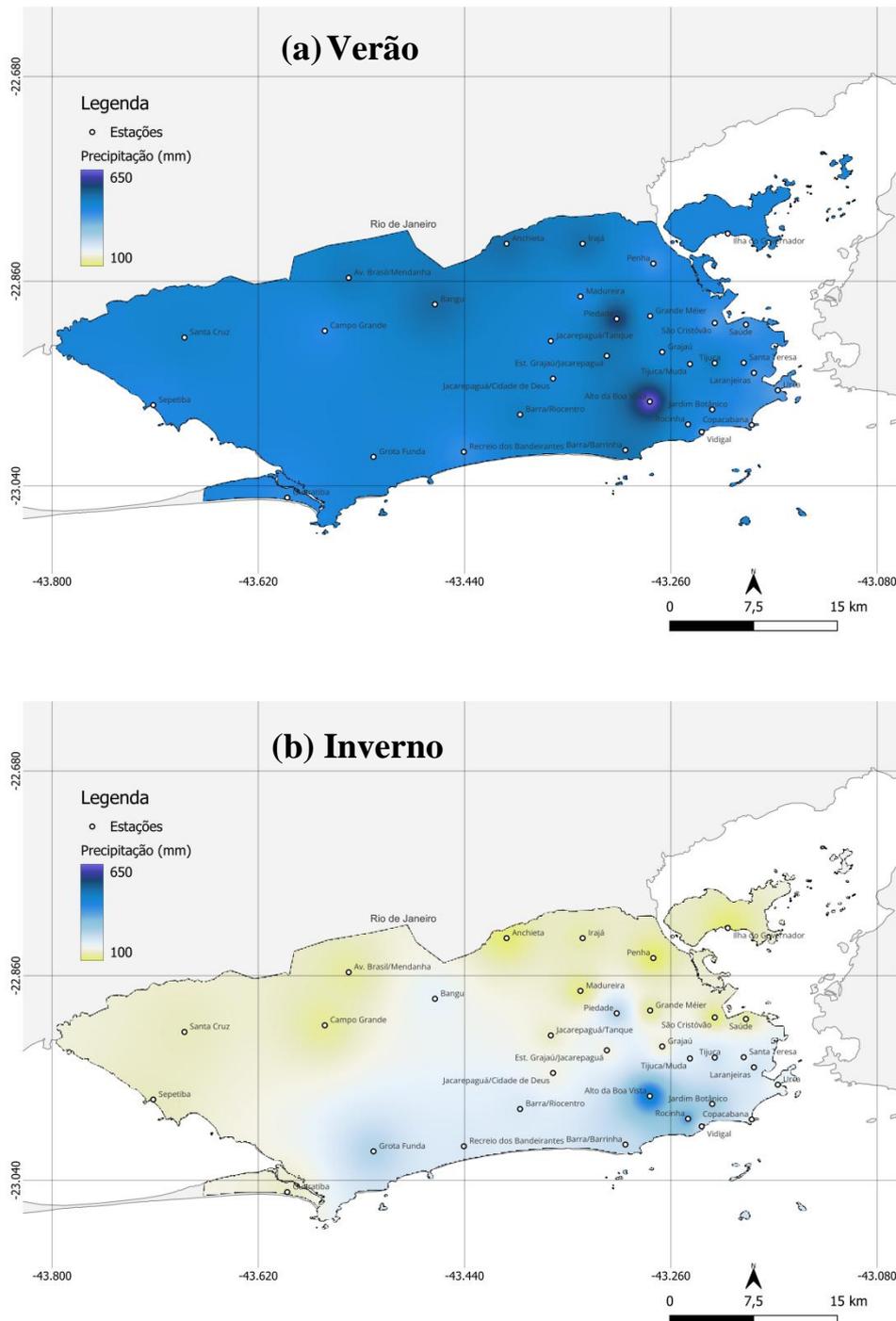


Figura 3: Distribuição sazonal de chuva pelo território da cidade. Estações: Verão (a) e Inverno (b).

No outono, a média de chuva reduz em relação ao verão, sendo abaixo dos 400mm na maioria das estações, abaixo de 300mm em grande parte da Zona Norte (Irajá, Penha, Madureira, etc...) e passando de 500mm apenas no Alto da Boa Vista. Por último a primavera, onde a distribuição de chuva é semelhante ao outono (maior parte da cidade abaixo de 400mm), porem com acumulados maiores em alguns pontos, incluindo Zona Norte, Oeste,

Centro e principalmente o entorno do Maciço da Tijuca, passando de 600mm na estação do Alto da Boa Vista (Figura 4).

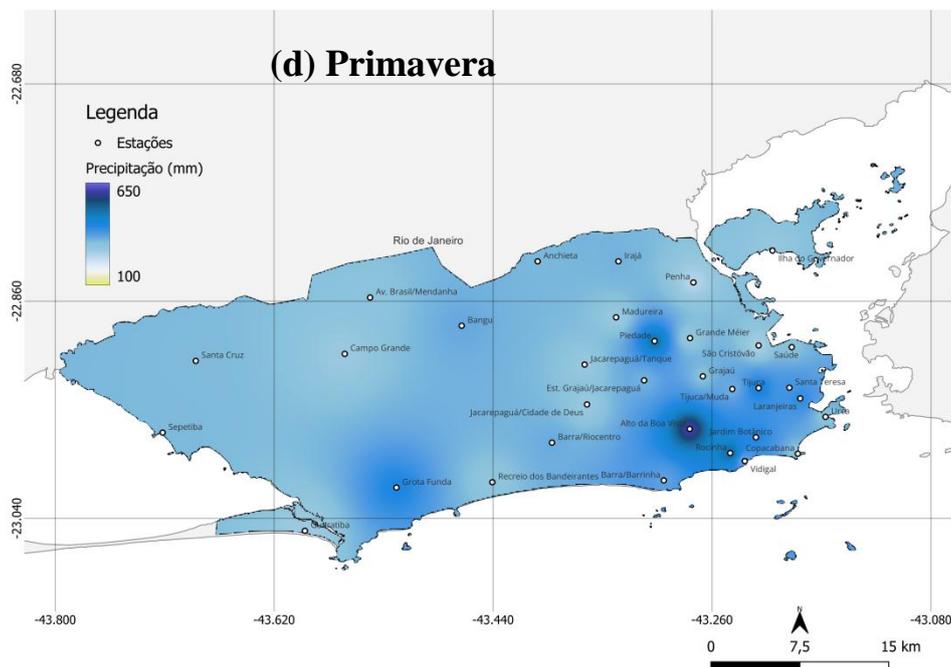
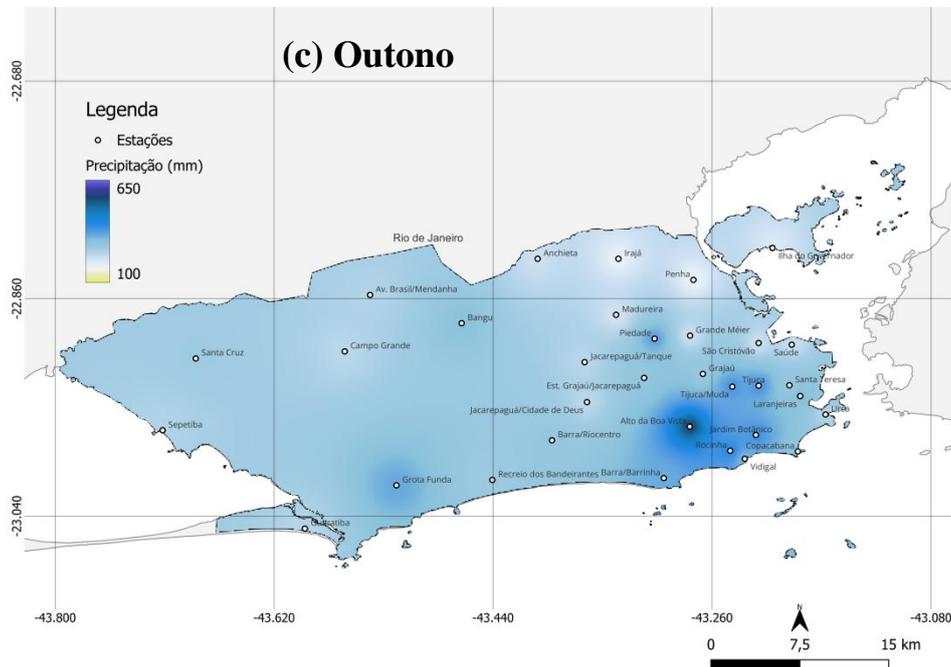


Figura 4: Distribuição sazonal de chuva pelo território da cidade. Estações: Outono (c) e Primavera (d).

Apesar da distribuição desigual, o mais comum entre todas as estações do ano é que os maiores acumulados ficam em regiões mais altas (Maciço da Tijuca principalmente).

2.2 Temperatura

Quanto à temperatura, a Figura 5 mostra a média das temperaturas máximas e mínimas absolutas mensais da cidade do Rio de Janeiro. Essas médias são absolutas, ou seja, não consideram todas as estações, apenas a máxima ou mínima registrada na cidade, pela rede de estações do Alerta Rio, a cada dia.

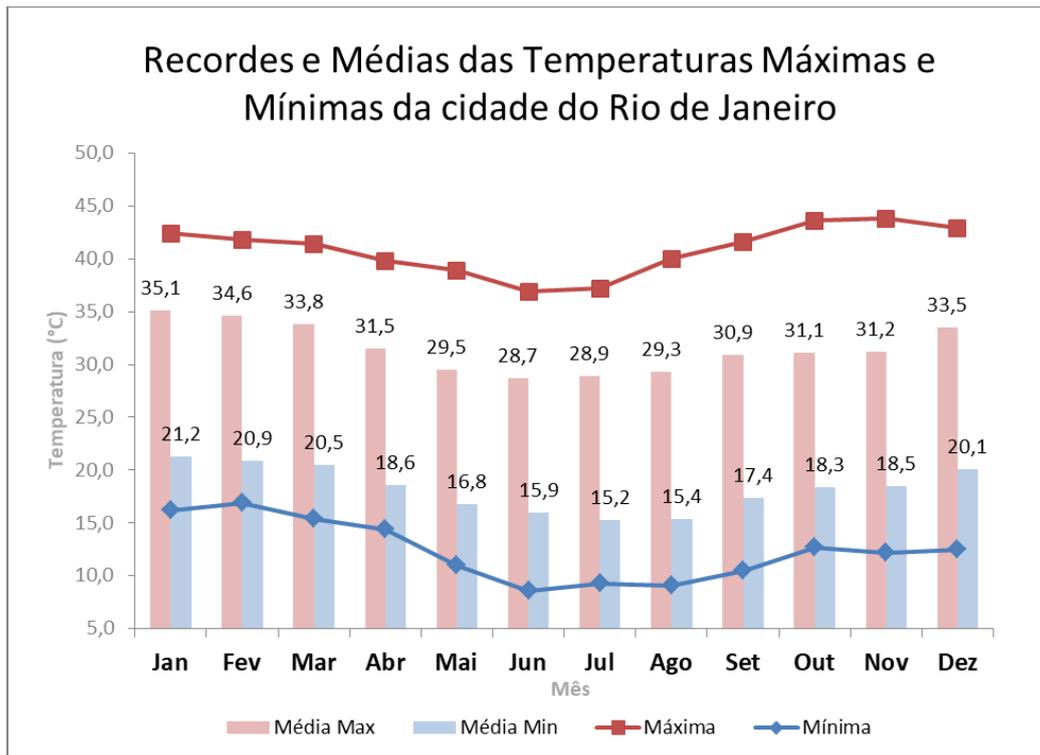


Figura 5: Média das temperaturas máximas e mínimas (absolutas) mensais das estações do Sistema Alerta Rio entre 2014 e 2024.

Na média das temperaturas máximas, **o mês mais quente é janeiro (35,1°C)**, seguido de fevereiro, março e dezembro. As menores temperaturas máximas ocorrem em junho e julho, com médias abaixo dos 29°C. Quanto às temperaturas mínimas, em média **julho é o mês mais frio (15,2°C)**, seguido de agosto e junho, todos três com médias abaixo dos 16°C. Janeiro, fevereiro, março e dezembro apresentam as maiores médias de temperatura mínima, com valores acima de 20°C.

Analisando os recordes das temperaturas, o cenário muda um pouco. O gráfico indica as **maiores temperaturas máximas (acima de 43°C) ocorrendo em outubro e novembro, meses de primavera**, indicando que há dias com ocorrência mútua de ar seco e muita radiação solar. Ou seja, a maior parte da radiação que chega é convertida em calor sensível, aumentando a temperatura. No verão, apesar da maior radiação, a umidade também é elevada

(maior sensação térmica), com parte dessa radiação sendo convertida em calor latente (mudança de fase do vapor para água), deixando as temperaturas mais elevadas na média, mas não com recordes tão altos isoladamente. Já os meses com menores máximas seguem um padrão mais parecido com a média, sendo maio, junho e julho.

Já nas temperaturas mínimas, o gráfico indica as maiores temperaturas mínimas em janeiro, fevereiro e março. Enquanto que as **menores temperaturas mínimas ocorreram em junho e julho, abaixo dos 10°C**. Nesse caso, os meses de outubro e novembro, apesar de recordes de temperatura máxima, também apresentam temperaturas mínimas menores quando comparadas com os meses de verão (janeiro e fevereiro, por exemplo). Isso mostra que durante a primavera ainda há forte influência dos sistemas frontais quando comparado ao verão, além também do ar mais seco favorecer a queda maior da temperatura mínima durante a madrugada. Isso indica que a **primavera tem a maior amplitude térmica das estações do ano na cidade do Rio**, com uma diferença maior entre valores extremos de máximas e mínimas.

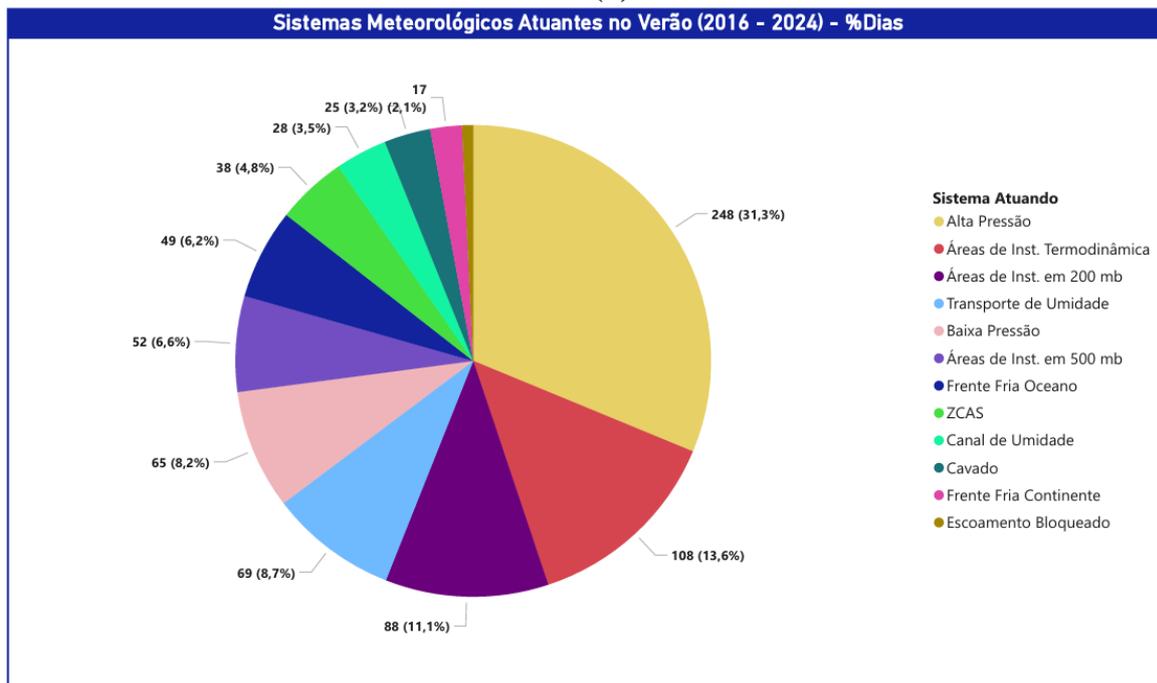
2.3 Sistemas Meteorológicos

No que se refere à distribuição de sistemas meteorológicos por estação do ano, podemos observar que alguns sistemas atuam ao longo de todo o ano, com frequência diferente, como exemplos os **Sistemas de Alta e Baixa Pressão**. Outros só aparecem em determinado período ou estação, como exemplo a **ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul**, que ocorre principalmente no verão (Figuras 6 e 7).

Pela Figura 6 (a) observamos a distribuição de sistemas durante o **verão**. Nota-se que os **Sistemas de Alta Pressão**, principais responsáveis por tempo estável e sem chuva, atuam em aproximadamente 31% dos dias. O sistema que causa mais chuva na estação são **Áreas de Instabilidade Termodinâmica (provocadas por calor e umidade)**, juntamente com outros sistemas meteorológicos. Observa-se que as frentes frias não são frequentes nessa época do ano, principalmente as mais continentais.

Já no **inverno**, Figura 6 (b), os Sistemas de Alta Pressão são aproximadamente 55% dos dias da estação, mostrando que é uma estação mais seca. Os sistemas que mais provocam chuva são as **Frentes Frias (oceânicas e continentais)** e o **Transporte de Umidade** do oceano para o continente. O que explica a maior concentração de chuva pelo litoral – Seção 2.1 - Figura 3 (b).

(a)



(b)

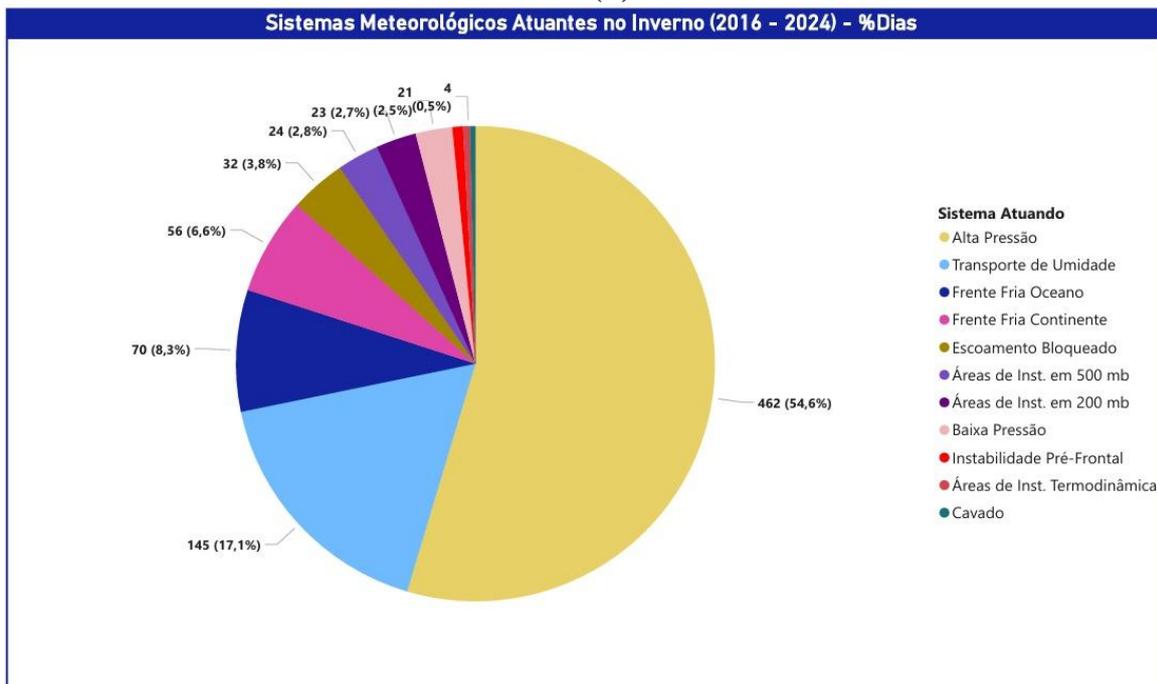
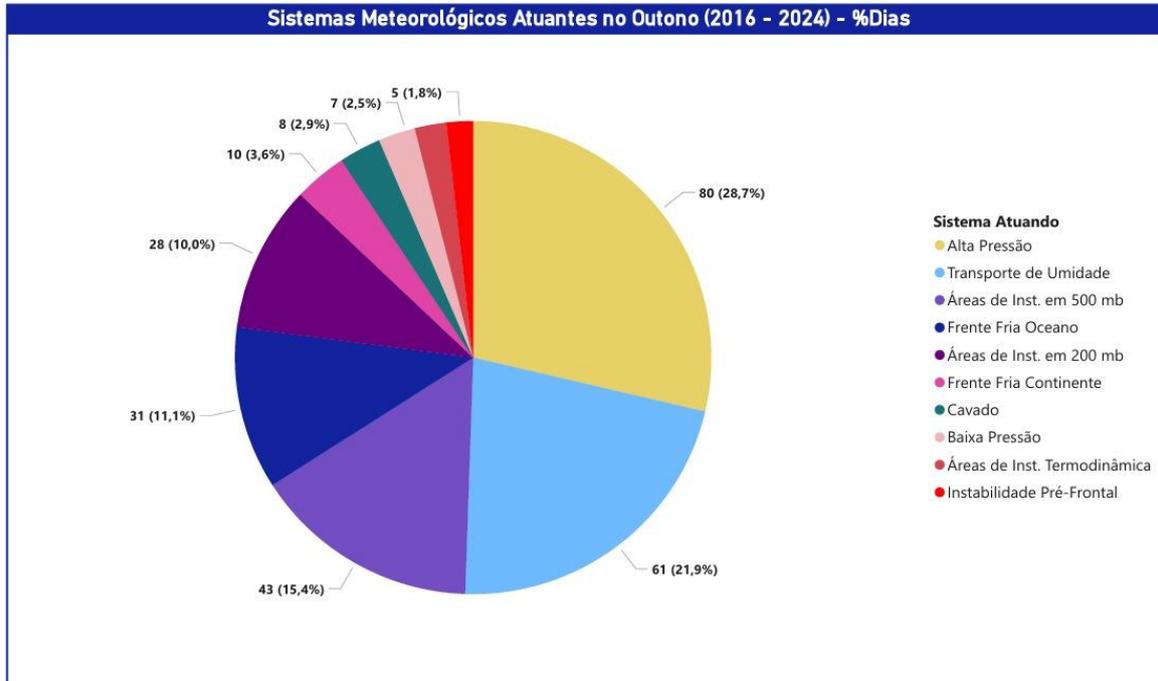


Figura 6: Distribuição de Sistemas Meteorológicos que atuam na cidade do Rio de Janeiro por estações do ano - Verão (a) e Inverno (b), no período entre 2016 e 2024.

Já nas estações de transição, **outono** e **primavera** (Figura 7), a distribuição é semelhante entre si. Ambos com Sistemas de Alta Pressão em torno de 30% dos dias e **Transporte de Umidade** em aproximadamente 22% dos dias. O outono apresenta um número um pouco maior de **Frentes Frias** e a primavera um número maior de **Sistemas de Baixa**

Pressão. Ambas as estações também apresentam um grande número de dias com atuação de áreas de **Instabilidade em Médios e Altos Níveis** da atmosfera.

(c)



(d)

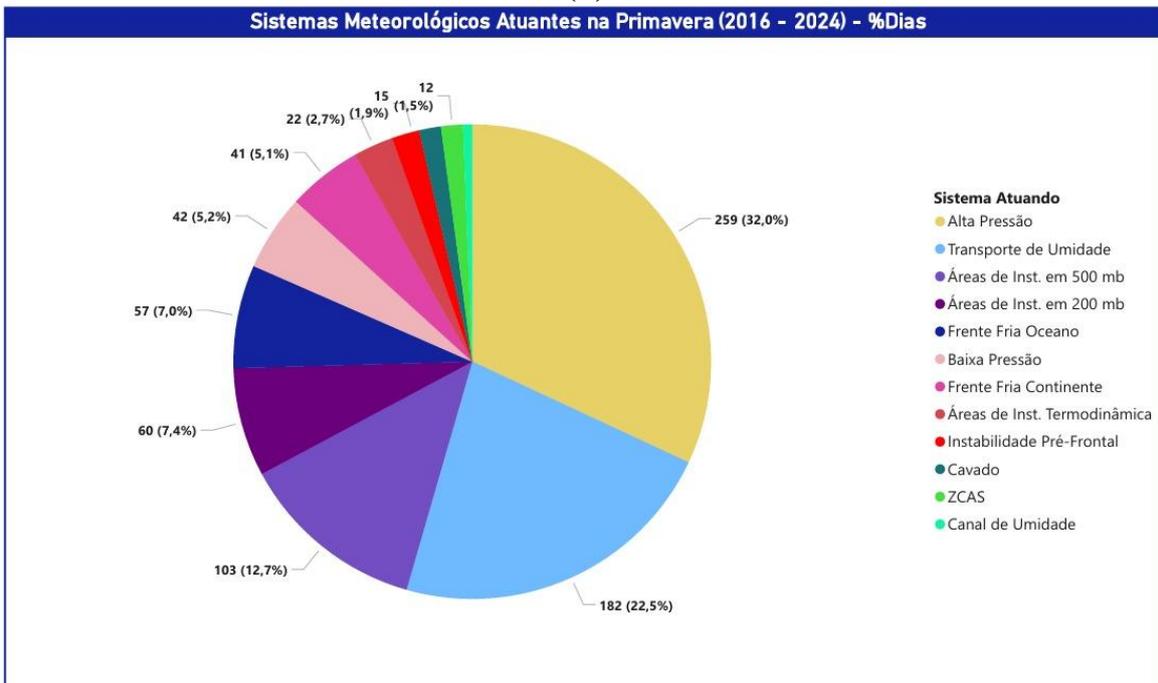


Figura 7: Distribuição de Sistemas Meteorológicos que atuaram na cidade do Rio de Janeiro por estações do ano - Outono (c) e Primavera (d), no período entre 2016 e 2024.

3. Considerações Finais

A cidade do Rio de Janeiro tem **um período chuvoso bem definido, abrangendo o final da primavera, toda a estação do verão e início do outono.**

Os meses de junho, julho e agosto são, em média, os mais secos. Maio e Setembro estão na transição, mas ainda se encontram dentro do período de maior estiagem no município.

Já outubro e abril são, no geral, início e fim de período chuvoso, respectivamente. Sendo assim, tem uma variabilidade grande de ano para ano.

Apesar de **novembro** ter muitos dias com registro de chuva (**frequência**), mais do que **abril**, este último tem anos com valores de precipitação mais elevados (**extremos**).

Quanto à temperatura, o verão é na média a estação com as maiores temperaturas (máximas e mínimas). Apesar disso, a primavera pode ter alguns dias com valores de temperatura máxima bem elevados (dias muito quentes e secos). Os meses de junho, julho e agosto são em média os mais frios.

Quanto à distribuição de chuva e sistemas meteorológicos, a chuva é maior em pontos mais altos da cidade, ao longo de todo o ano, principalmente no entorno do Maciço da Tijuca.

No verão, a chuva é mais volumosa na cidade como um todo, e em pontos mais ao norte (áreas mais quentes – maior instabilidade termodinâmica). Já no inverno a chuva se concentra mais no litoral, devido à atuação de frentes frias e sistemas mais oceânicos. A primavera e o outono são estações de transição, com distribuição média de chuva semelhante entre si.