



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA**

MONOGRAFIA

**OCORRÊNCIAS DE REMOÇÃO DE ÁRVORES NO MUNICÍPIO DO
RIO DE JANEIRO**

NICELLE MENDES OLIVEIRA

Seropédica, RJ
Maio, 2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA**

**OCORRÊNCIAS DE REMOÇÃO DE ÁRVORES NO MUNICÍPIO DO
RIO DE JANEIRO**

NICELLE MENDES OLIVEIRA

Sob orientação do professor

Henderson Silva Wanderley

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Especialista em Arborização Urbana**, no Curso de Pós Graduação *Lato Sensu* em Arborização Urbana.

Seropédica, RJ
Maio, 2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada com
os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira, Nicelle Mendes, 1987-

Ocorrências de remoção de árvores no município do
Rio de Janeiro / Nicelle Mendes Oliveira. - Elói Mendes,
2024.

39 f.: il.

Orientador: Henderson Silva Wanderley.

Monografia (Especialização). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós Graduação em Arborização
Urbana, 2024.

1. Quedas de árvores. 2. Rajadas de Vento. 3. Precipitação.

I. Wanderley, Henderson Silva, 1981-, orient. II Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós Graduação em
Arborização Urbana III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS UFRRJ



TERMO N^o 520 / 2024 - DeptCAmb (12.28.01.OO.OO.OO.OO.29)
N^o do Protocolo: 23083.033327/2024-76

Seropédica-RJ, 11 de julho de 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE
JANEIRO INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA (Lato sensu)

Termo de aprovação da defesa de Monografia de NICELLE MENDES OLIVEIRA.

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Arborização Urbana, no Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana (Lato sensu) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MONOGRAFIA APROVADA EM 14/05/2024

(Assinado digitalmente em 11/07/2024 19:49)
ALEXANDRE MONTEIRO DE CARVALHO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptPF (12.28.01.00.00.00.00.30)
Matrícula: 1486653

(Assinado digitalmente em 11/07/2024 09:09)
HENDERSON SILVA WANDERLEY
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCAmb (12.28.01.00.00.00.00.29)
Matrícula: 2086234

(Assinado digitalmente em 12/07/2024 14:05)
IRIS CRISTIANE MAGISTRALI
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 047.523.459-60

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: 520, ano: 2024, tipo: TERMO, data de emissão: 11/07/2024 e o
código de verificação: 8feOce9f02

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por estar sempre guiando os meus caminhos.

Aos meus pais, Tadeu e Marilda, pelo incentivo e amor em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Elias e Suelen, por estarem sempre comigo, não importa o que aconteça.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial ao Curso de Pós Graduação em Arborização Urbana, pela oportunidade de fazer a Pós-graduação.

Ao Professor Dr. Henderson Silva Wanderley, pela orientação e ensinamentos que muito contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Aos colegas e professores da II turma PGAU/UFRRJ, pela amizade, apoio, conhecimentos trocados, carinho e atenção;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

RESUMO

OLIVEIRA, Nicelle Mendes. **Ocorrências de remoção de árvores no município do Rio de Janeiro**. 2024. 39p. Monografia (Especialização em Arborização Urbana). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2024.

Por mais benefícios que a arborização urbana apresente, para a população, o avanço de sua execução encontra-se muitas vezes comprometido, por interferências de ordem antrópica ou natural, tendo como principais fatores o aumento de conflitos e pedidos de remoção de árvores, muitas vezes agravados por eventos climáticos extremos. Desta forma, a pesquisa teve por objetivo quantificar as ocorrências de remoção de árvores em logradouros no município do Rio de Janeiro (MRJ). O número de ocorrências de remoção de árvores foi obtido no sistema da Data.Rio, entre os anos de 2020 a 2022. Foi realizada uma análise anual, com dados mensais das ocorrências, e dados meteorológicos de chuva e vento, para as Áreas de Planejamento (AP's) existentes no MRJ. Os dados meteorológicos utilizados foram rajada de vento máximo (Km/h) observadas de três estações do INMET e os dados da precipitação (mm) foram obtidos utilizando dados das 33 estações pluviométricas disponibilizadas pelo Alerta Rio. Através do portal Data Rio, foram identificadas 12.473 ocorrências atendidas com uma frequência de 33,2% no ano de 2020 e 33,4% nos anos de 2021 e 2022. Ao realizar a análise separadamente de acordo com as regiões geográficas, a região norte (AP3) foi a que apresentou maior número de ocorrências com 35,2%, seguido, respectivamente, por AP4 com 21,95% e AP5 com 20,32%, regiões estas marcadas pela presença de uma forte malha rodoviária, ocupação densa e por abertura de novos loteamentos. Na análise conjunta de pedido de remoção de árvores com os dados meteorológicos, observou-se que a Zona Norte (AP3) e a Zona Oeste (AP4 e AP5) são as que apresentaram menores registros de precipitação em contrapartida ao maior número de ocorrências, concluindo-se não ser este o fator predominante para os pedidos de remoção das árvores. No geral os registros de rajadas de ventos mostraram-se potenciais para causar quedas com uma variação de 41,0 a 82,5 Km/h, porém devido ao baixo número de estações não se pode concluir se houve uma interferência espacial. Estes resultados mostraram ser necessários mais levantamentos sobre as ameaças extrínsecas e antrópicas e como os eventos climáticos podem contribuir para as solicitações de remoção na arborização do município do Rio de Janeiro.

Palavras chaves: Queda de Árvores, Rajadas de ventos, Precipitação.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Nicelle Mendes. **Occurrence of the tree removal in the city of Rio de Janeiro.** 2024. 39p. Monography (Postgraduate of Urban Forestry). Department of Forestry Products, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2024.

Despite the benefits that urban afforestation presents for the population, the progress of its implementation is often compromised due to human or natural interference. The main factors being the increase in conflicts and requests for the removal of trees, which are often aggravated by extreme weather events. In this way, the research aimed to quantify the occurrences of tree removal in public spaces in the city of Rio de Janeiro (MRJ). The number of tree removal occurrences was obtained from the Data Rio system, between the years 2020 and 2022. An annual analysis was carried out, with monthly data on occurrences, and meteorological data on rain and wind for the Planning Areas (AP's) existing in MRJ. The meteorological data used were maximum wind gusts (Km/h) observed from three INMET station and the occurrence data (mm) were obtained using data from the 33 rainfall stations made available by Alerta Rio. Through the Data Rio portal, 12,473 were identified occurrences attended to with a frequency of 33.2% in 2020 and 33.4% in 2021 and 2022. When carrying out an analysis separately according to geographic regions, the Northern region (AP3) was the one with the highest number of occurrences with 35.2%, followed, respectively, by AP4 with 21.95% and AP5 with 20.32%, regions marked by the presence of a strong road network, dense occupation and the opening of new subdivisions. In the joint analysis of tree removal requests with meteorological data, we observed that the North Zone (AP3) and the West Zone (AP4 and AP5) are those with the lowest records of occurrences in contrast to the highest number of occurrences. Wind gust records showed potential to cause falls with a variation of 41.0 to 82.5 Km/h, however due to the low number of seasons it cannot be concluded whether there was spatial interference. These results showed that more research is needed on extrinsic and anthropogenic threats and how climate events may be contributing to the disadvantages of removal in afforestation in the city of Rio de Janeiro.

Key words: Falling trees, Gusts of wind, Precipitation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Área de Planejamento
ASAS	Alta subtropical do Atlântico Sul
BA	Bloqueios atmosféricos
COMLURB	Companhia Ambiental de Limpeza Urbana
FPJ	Fundação Parques e Jardins
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MRJ	Município do Rio de Janeiro
MRL	Modelo de Regressão Linear Múltipla
PDAU	Plano Diretor de Arborização Urbana
RA	Regiões administrativas
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SCM	Sistemas convectivos de Mesoescala
Sedec-RJ	Secretaria de Estado de Defesa Civil
SF	Sistemas Frontais
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade
SMFP	Secretaria Municipal de Fazenda e Planejamento
UFF	Universidade Federal Fluminense
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de áreas prioritárias para plantio no município do Rio de Janeiro -RJ. Fonte: DATA RIO (2024a).....	16
Figura 2: Localização do município do Rio de Janeiro – RJ. Fonte: Elaboração própria com apoio do software QGIS.	22
Figura 3: Mapa de localização das áreas de planejamento (AP) do município do Rio de Janeiro. Fonte: DATA RIO (2024c).	22
Figura 4 : Total de ocorrências de remoção de árvores em logradouros por AP no município do Rio de Janeiro - RJ de 2020 a 2022.	26
Figura 5: Quantidade de ocorrências no município do Rio de Janeiro - RJ por Área de planejamento (AP).	26
Figura 6 : Ocorrência de remoção de árvore no município do Rio de Janeiro – RJ. a) Quantificação do número de ocorrências por Área de Planejamento; b) Distribuição espacial das ocorrências por AP's: AP-1- magenta, AP-2 – verde, AP-3 – amarelo, AP-4 – vermelho e AP-5 – azul.	27
Figura 7: Distribuição espacial anual de precipitação no município do Rio de Janeiro - RJ. .	29
Figura 8: Velocidade de rajada de vento mensal para o município do Rio de Janeiro – RJ....	30
Figura 9: Mapa das áreas de planejamento (AP), regiões administrativas (RA) e bairros do município do Rio de Janeiro-RJ. Fonte: DATA RIO (2024d).	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de Beaufort para classificação da força em função da velocidade do vento e os efeitos em terra..... 18

Tabela 2: Ocorrências de remoção de árvores em logradouros registrados nos anos 2020-2022 no município do Rio de Janeiro/RJ..... 25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Importância da arborização urbana	12
2.2. Arborização no município do Rio de Janeiro	14
2.3. Risco de queda de árvores no meio urbano	16
2.4. Caracterização do clima no município do Rio de Janeiro	19
3.MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Caracterização da área de estudo	21
3.2. Coleta de dados	23
3.3. Análise de dados	24
3.4. Modelo de Regressão Linear Múltipla (MRLM)	24
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.CONCLUSÕES	31
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
8.ANEXO	39

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são um dos grandes desafios da sociedade atual e as áreas urbanas não são exceção, visto que tem um impacto significativo no bem estar social. Isso porque cerca de 55% da população vive hoje nas cidades e estima-se que esse número deve crescer para 68% até 2050 (ONU, 2022). Este desenvolvimento em áreas urbanas gera significativas transformações no clima local por meio de intervenções no ambiente natural, como a intensa verticalização, a compactação e a impermeabilização do solo, a supressão de vegetação e dos cursos d'água (NOBRE et al., 2010). Consequentemente, alterações como a disponibilidade de irradiância solar, temperatura e umidade do ar e solo, precipitação e a circulação do ar, entre outros fatores, são afetadas pelas condições de artificialidade do meio urbano, alterando a sensação de conforto ou desconforto das pessoas (CEMIG, 2022).

Em resposta a estes fatores, os impactos ambientais nestes locais estão se agravando, tornando evidente a necessidade de um planejamento urbano como ferramenta importante na construção de cidades mais resilientes e sustentáveis. Nesse contexto, uma das formas de contribuir para mitigação destes impactos, é através da arborização urbana, que proporcionam inúmeros benefícios positivos contribuindo significativamente para a melhoria da qualidade de vida. Dentre elas, podemos citar estabilização e melhoria microclimática, remoção de partículas e gases poluentes da atmosfera, redução da propagação de ruídos, fornecimento de alimento e abrigo para a fauna, embelezamento paisagístico e bem estar psicológico (MILANO & DALCIN, 2000).

Por mais benefícios que a arborização urbana apresente, para a população, o avanço de sua execução encontra-se muitas vezes comprometidos, tendo como principais fatores que aumentam os conflitos e pedidos de poda e remoção a grande variedade de espécies, tipos de solo, obstáculos e deficiências existentes no meio urbano, bem como as interferências de ordem antrópica ou natural durante o desenvolvimento do elemento arbóreo. Estas últimas geram casos de má formação e de incompatibilidade ao espaço disponível (PDAU, 2015).

No entanto, podem também ser a causa de danos materiais e humanos devido principalmente a este manejo inadequado aliado ao mal planejamento, agravados por eventos de vendavais, chuvas intensas, corte de raízes, uso incorreto de espécies, compactação do solo e podas drásticas (OLIVEIRA & LOPES, 2007; MOSER et al., 2010; RIBEIRO & LOPES, 2011; EMERICK & MARTINI, 2020, DE SOUZA et al., 2020; CAVALARI et al., 2024). Outros fatores que influenciam a queda de árvores foram citados por Manfra et al. (2022) no município de São Paulo entre 2013-2021. Os pesquisadores registraram a queda de 26.616 árvores nos 96 distritos da capital - excluindo parques públicos e áreas de proteção ambiental - correspondendo a 4% das 652 mil árvores existentes. Entre os principais fatores associados ao problema estão à altura dos prédios no entorno, a idade do bairro, a largura das calçadas e a altura da árvore. Outro estudo recentemente publicado baseado nos dados de 456 árvores caídas no mesmo município em oito bairros, os pesquisadores identificaram que podem ser usados como principais causadores o estado da madeira, o estrangulamento das raízes pelas calçadas e as podas drásticas (CAVALARI et al. 2024).

Em relação aos danos causados pelas condições meteorológicas, as árvores dependem de diversos fatores, como as condições físicas e fitossanitárias influenciadas pelo ambiente urbano, a severidade das situações meteorológicas e as características das árvores como idade, dimensão, densidade da folhagem, largura do fuste, densidade da madeira, entre outros fatores, influenciando a resistência das árvores às doenças e aos ventos fortes (OLIVEIRA & LOPES, 2007).

O número de eventos extremos tem sido observado com maior frequência nas últimas décadas, e no Brasil não tem sido diferente. De acordo com Moser et al. (2010), as regiões Sul e Sudeste são as mais afetadas com tempestades e fortes rajadas de vento, tornados e ciclones, que ocorrem principalmente durante o verão. Em consequência disso são relatados constantemente neste período transtornos provocados pelas ocorrências de quedas de galhos e árvores que afetam o comprometimento no sistema de transporte, problemas na circulação de pedestres, acidentes no trânsito, paralização no fornecimento de energia elétrica, queda de postes, avarias na sinalização, prejuízos materiais e perdas humanas. Isso faz com que haja a mobilização de diversas equipes responsáveis pelo serviço público no atendimento das ocorrências em vários pontos da cidade para recuperação das áreas afetadas, levando muitas vezes alguns dias para voltar à normalidade.

No que concerne a cidade do Rio de Janeiro, foram detectadas tendências de elevação da temperatura do ar nos últimos anos (WANDERLEY et al., 2019). Os dias quentes estão mais frequentes, com a temperatura máxima média anual aumentando em torno de 0,05 °C/ano; os dias frios menos frequentes e as ondas de calor cada vez mais comuns. Para a precipitação, foi verificada um aumento na frequência e magnitude das chuvas fortes, especialmente nas partes mais altas da cidade, que pode estar ligado a alterações nos padrões de ventos, na circulação da brisa do mar e terrestre e no transporte de umidade do oceano para o interior (LA ROVERE & SILVA, 2016; REGUEIRA & WANDERLEY, 2022). Nessas condições, de aumento de queda de árvores em situações de precipitação e ventos fortes, foram observadas em estudo realizado por OLIVEIRA & LOPES, 2007; MOSER et al., 2010; EMERICK & MARTINI, 2020).

Nessa perspectiva, o objetivo deste estudo foi quantificar as ocorrências de remoção de árvores em logradouros no município do Rio de Janeiro (MRJ).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da arborização urbana

A arborização é um dos elementos fundamentais no planejamento da infraestrutura verde. Ela contribui diretamente para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, e é definida como o conjunto de áreas públicas e privadas com vegetação arbórea ou em estado natural, onde se incluem as árvores de ruas, parques públicos e demais áreas verdes (MILANO & DALCIN, 2000).

O conhecimento e a análise das estruturas das áreas urbanas e suas funções, através das óticas ambiental, social e econômica são pré-requisitos básicos para seu planejamento e administração, e nesse contexto, e pelos seus próprios objetivos, assumem importância particular (ROCHA et al., 2004).

Uma das principais funções das áreas verdes nas cidades está relacionada ao fato de que as mesmas promovem equilíbrio na temperatura e na umidade do ar e sombreamento nos dias ensolarados, garantindo ambientes urbanos saudáveis (PEREIRA et al., 2021) devido à redução das amplitudes térmicas, ampliação das taxas de transpiração, redução da insolação direta, dentre outros benefícios (MILANO & DALCIN, 2000).

Outra consequência destas alterações é a formação da ilha de calor caracterizada por uma condição microclimática em que a temperatura do ar está mais elevada, a umidade relativa do ar está mais baixa e com alterações na velocidade dos ventos, regime de chuvas, entre outros (ROMERO et al., 2019). Um exemplo deste fenômeno foi estudado por Mendes et al. (2022)

no município do Rio de Janeiro utilizando dados de temperatura média diária de sete estações entre 2015 e 2019. Eles observaram que os bairros de Irajá e São Cristóvão, tanto no verão quanto no inverno, constituíam verdadeiros arquipélagos de calor. Já o Alto da Boa Vista e o bairro do Jardim Botânico apresentaram as menores temperaturas superficiais no verão e no inverno, configurando-se ilhas de frescor. Isso porque as porções com maior densidade de vegetação arbórea (maciços costeiros) apresentaram temperaturas superficiais menores comparativamente às áreas densamente construídas.

Ainda dentro deste contexto, a arborização urbana passa a ser vista nas cidades como um importante aliado para mitigar os efeitos das mudanças climáticas (LOBO MARCHIONI et al., 2022). Isso porque as árvores são capazes de reduzir as emissões de carbono pelo potencial de armazenar e sequestrar anualmente quantidades substanciais de carbono na biomassa (BRIANEZI, et al., 2013).

A presença de árvores nas cidades também tem a considerável função de remover partículas e gases poluentes da atmosfera, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar. Isso porque as árvores podem capturar e remover partículas contaminantes suspensas no ar por meio de seus órgãos, principalmente pelas folhas (ZEA-CAMAÑO et al.; 2017).

Somando-se a esses benefícios, as árvores funcionam como amortecedoras de ruídos, principalmente nas áreas centrais, onde diariamente circulam um grande número de pessoas e de veículos numa desagradável sinfonia auditiva nociva à saúde pública. Além disso, através de suas copas densas, elas também funcionam como barreiras reduzindo a velocidade dos ventos (PINHEIRO & SOUZA, 2017). De acordo com Rossetti et al. (2010), a presença de vegetação em um dado local cria zonas protegidas e podem reduzir a velocidade do vento em até 85% do inicial, quando comparada a áreas sem árvores.

Outro benefício dado a arborização urbana é atuar na redução do volume de escoamento superficial de água pluvial, na infiltração da água do solo e na contenção da erosão do solo. Segundo Nicodemo & Primavesi (2009), as folhas, os galhos superficiais e a casca das árvores interceptam e armazenam algum tempo a água das chuvas, reduzindo o escoamento superficial atrasando o início do pico de enchente. A eficácia do controle do escoamento depende de alguns fatores como o tipo de solo, a quantidade de matéria orgânica existente, topografia, o tipo e intensidade de precipitação e a composição da cobertura florestal (ROSSETTI et al., 2010).

Segundo Martelli (2013), estudos mostram que as espécies arbóreas protegem os solos da erosão. A copa das árvores retarda a velocidade das gotas de chuva, os restos vegetais que caem protegem o solo do impacto direto da água e as raízes além de servir como uma contenção mecânica, tornam o solo mais poroso e permeável.

Brun et al. (2007) realizando uma revisão de diversos trabalhos que apontam as funções da arborização em centros urbanos, concluíram que esta reflete-se também diretamente na manutenção de abrigos e na diversificação de fontes de alimento para a fauna urbana, principalmente para espécies de hábitos generalistas, mais beneficiadas, mas, também, para espécies de hábitos mais específicos, que habitam áreas de florestas que circundam as cidades.

Outro fator associado ao uso sustentável da arborização fundamenta-se no emprego de espécies com potencial florístico, propiciando beleza natural e bem-estar à população. Algumas espécies apresentam floração aparente e de grande destaque na paisagem urbana que aprimoram aspectos visuais e possibilitam maior interação homem-natureza (LOCASTRO et al., 2017)

Ribeiro (2009) retrata que a arborização exerce função importante nos centros urbanos, sendo responsável por uma série de benefícios ambientais e sociais que melhoram a qualidade de vida nas cidades e a saúde física e mental da população. Alguns efeitos positivos foram

observados em estudo de Amato Lourenço et al. (2016) em relação a longevidade, doenças cardiovasculares, obesidade, saúde mental, qualidade do sono e recuperação de doenças.

A presença de árvores também traz benefícios econômicos indiretos. Zorzi & Grigoletti (2016) citam que espécies de porte arbóreo podem reduzir o consumo de energia elétrica vinculado ao uso de ventiladores e ar condicionados, levando a uma economia de energia. Destaca-se ainda, a valorização de imóveis próximos a áreas arborizadas, aumentando o valor estético dos imóveis com reflexos no seu valor econômico (MILANO & DALCIN, 2000; AMATO LOURENÇO et al., 2016).

2.2. Arborização no município do Rio de Janeiro

Nos primeiros séculos do desenvolvimento da cidade do Rio de Janeiro, pouco aconteceu em termos de arborização urbana. As árvores eram consideradas suficientes devido sua abundância em chácaras, fazendolas, engenhos, jardins, quintais e nas florestas (PDAU, 2015). Com a consolidação da cidade como centro comercial, já no século XVIII, as estradas começam a ficar movimentadas, proporcionando a conquista de novos espaços, multiplicando-se as habitações, capelas e pequenos povoados. No final deste século, foi criado o Jardim do Passeio Público, obra encomendada a Valentim da Fonseca e Silva, mais conhecido como Mestre Valentim, com a finalidade de proporcionar um "jardim de prazer" à população, em substituição a uma lagoa ali existente (MILANO & DALCIN, 2000).

Com a vinda de D. João VI para o Brasil, que tinha interesse no cultivo de plantas e especiarias, foi criado o Real Horto em 1808. O atual Jardim Botânico do Rio de Janeiro tinha como finalidade a aclimação e cultivo das plantas e sementes trazidas por naturalistas, navegantes e militares, das quais muitas dessas espécies passaram então a compor os quintais e jardins por todo o Brasil (PDAU, 2015).

A arborização pública foi incentivada, porém, com a chegada do arquiteto francês Auguste Marie Glazou em 1860, contratado por D. Pedro II para reformar o Passeio Público e responsável pelos projetos da Quinta da Boa Vista e do Campo de Santana. Na segunda metade do século XIX, outros plantios foram realizados de forma isolada, quando a importância da arborização se relacionava ao embelezamento da cidade e preocupações de salubridade (MILANO & DALCIN, 2000).

A partir do século XX, no Rio de Janeiro, capital da República, é iniciada uma grande transformação urbana com a intenção de transformar a cidade colonial em cidade moderna. O prefeito engenheiro Francisco Pereira Passos inicia em 1903 a implantação de grandes avenidas, com áreas de praças, jardins públicos, chafarizes e monumentos com considerável arborização (PDAU, 2015).

Nas décadas de 1930 - 1970 a cidade sofreu grandes transformações. Devido a crescente industrialização, aumento da classe média e êxodo rural, houve um expressivo aumento demográfico, contribuindo para a verticalização da orla marítima e o crescimento da cidade em direção ao subúrbio acompanhando os ramais ferroviários. Muitos espaços de lazer e grandes avenidas surgiram neste processo de urbanização da cidade e sua expansão para a periferia. O solo foi sendo impermeabilizado gradativamente pelo crescimento desordenado e a ocupação das encostas. A implantação da infraestrutura urbana e a construção de loteamentos suprimiram expressiva vegetação existente, tanto nas áreas públicas quanto nas privadas. A presença do automóvel foi progressiva, ocupando cada vez mais espaços da cidade para estacionamento e ampliação de ruas e avenidas (MILANO & DALCIN, 2000).

A partir de 1980, os profissionais da prefeitura envolvidos no tema buscavam conhecimento técnico-científico, atraídos pela necessidade de ampliação e qualificação da arborização urbana e atender as demandas da população, cada vez mais consciente sobre o meio ambiente. Desde então, muitos projetos de plantios de árvores vêm sendo realizados principalmente em calçadas, canteiros centrais, praças e parques urbanos resultado das exigências de licenciamentos referentes à impermeabilização do solo, construções e supressão de vegetação, uma vez que a legislação municipal estabelece parâmetros para a mitigação dos impactos causados por essas ações, através de medidas compensatórias (PDAU, 2015).

Desta forma, algumas legislações que se destacam no contexto da arborização urbana para atender estas demandas são:

- Lei nº 613 de 1984 - Dispõe sobre a obrigatoriedade de plantio de mudas de árvores nas áreas de edificação e loteamento do Município do Rio de Janeiro.
- Decreto nº 27.758 de 2007 - Dispõe sobre plantio em área pública por "Habite-se".
- Decreto nº 28.328 de 2007 - Estabelece a necessidade de credenciamento para a execução dos serviços de plantio, poda e remoção de espécies arbóreas em áreas públicas.
- Decreto nº 28.981 de 2008 - Define a Fundação Parques (FPJ) responsável pelo planejamento, paisagismo, projetos, arborização, reflorestamento pela administração dos parques, assim como pelas normativas relativas às praças, parques e podas. E também a Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB como responsável pela conservação, manutenção e reforma de todos os canteiros, praças e parques e pela poda de árvores.
- Lei complementar n.º 111 de 2011 - Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Foi previsto nesta lei o Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU), objetivando o planejamento e o manejo adequado do arboreto urbano.
- Resolução SMAC nº 587 DE 2015 - Dispõe sobre os procedimentos a serem adotados nos casos de autorização para remoção de vegetação e dá outras providências.

Em 2015, a cidade do Rio de Janeiro iniciou o PDAU, tornando um principal mecanismo de planejamento municipal, em relação às diretrizes para uma política da arborização urbana, promovendo conhecimentos desde a conservação, implantação, monitoramento e avaliação, até o crescimento de plantios urbanos pelo município, sem anular a colaboração comunitária de qualquer cidadão no processo de gestão (NASCIMENTO, 2019). O PDAU incentiva o plantio de árvores pelo poder público e divide a cidade considerando a incidência arbórea. A maior ou menor incidência de arborização comparada à concentração de área construída e índices registrados de elevação de temperatura são tidas como prioritárias no planejamento da arborização urbana. (LEITÃO, 2016).

Desta forma, no ano de 2021 foi elaborado um mapa de Plantio de Árvores Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro sob a coordenação da FPJ, com a participação de técnicos da Secretaria Municipal de Fazenda e Planejamento (SMFP), da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica da Universidade Federal Fluminense (UFF), e da Diretoria de Serviços Urbanos da COMLURB (Figura 1).

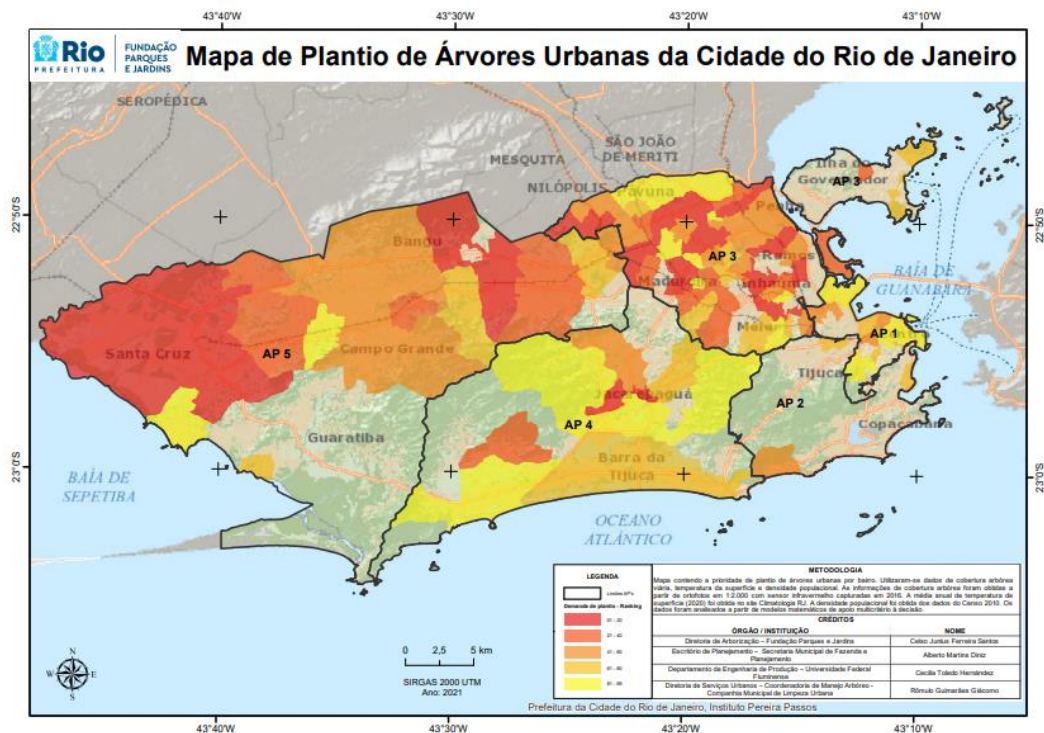


Figura 1: Mapa de áreas prioritárias para plantio no município do Rio de Janeiro -RJ. Fonte: DATA RIO (2024a).

Previsto no PDAU, é considerada uma importante ferramenta para levar o verde às Zonas Norte e Oeste da cidade. Baseados em dados de cobertura arbórea viária, temperatura da superfície e densidade populacional, os 100 bairros do Rio com índice de arborização abaixo da média foram classificados em ordem de prioridade para ações voltadas ao plantio e manutenção de árvores. Entre os dez bairros prioritários, estão: Cordovil, Santa Cruz, Cachambi, Bangu, Honório Gurgel, Acari, Vila da Penha, Osvaldo Cruz, Cidade de Deus e Marechal Hermes (DATA RIO, 2024a).

2.3. Risco de queda de árvores no meio urbano

Apesar da reconhecida importância das árvores para a qualidade de vida das pessoas e para sustentabilidade do ambiente urbano, o planejamento e a gestão realizados de forma inadequada podem vir a gerar vítimas ou causar danos ao patrimônio público/privado. Isso significa dizer que o risco de queda de árvores é concreto. No entanto, nem sempre é possível diminuir a frequência e a magnitude destes riscos, mas pode-se realizar o monitoramento de ameaças intrínsecas e extrínsecas (DA SILVA, 2023).

Segundo os pesquisadores do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), os fatores relacionados à queda das árvores estão divididas em 3 grupos: Primeiro, os fatores intrínsecos a própria árvore como por exemplo: as propriedades físicas e mecânicas do lenho; o tamanho da árvore; a arquitetura da copa; a resistência ou suscetibilidade natural do tronco à biodeterioração; as tensões de crescimento que podem ocasionar rachaduras em seu tronco; o próprio peso devido ao aumento da área de copa e maior retenção de água das chuvas.

O segundo refere-se aos fatores extrínsecos - que são aqueles relacionados ao ambiente - podem-se citar: tipo de solo e seu estado de compactação ou de umidade excessiva; infestação de patógenos e pragas; ataque de organismos xilófagos como fungos apodrecedores, cupins e

brocas de madeira; os ventos; e as condições de entorno, que podem restringir o crescimento do sistema radicular, tronco e copa das árvores, tornando-as mais suscetíveis à ação do vento. Por fim, a ação antrópica, que atinge a árvore de modo direto ou indireto, tais como: plantio de espécies em locais inadequados; falta de conhecimento para o preparo da cova e plantio; podas inadequadas; seleção de mudas de baixa qualidade entre outros (IPT, 2022).

Desta forma são muitas as possíveis causas para a queda das árvores, podendo ocorrer sozinhos ou ser resultado da combinação de vários fatores, tornando-as mais vulneráveis aos efeitos de condições climáticas extremas (LOCOSSELI et al., 2021). Ao mesmo tempo, observa-se uma tendência a um aumento da ocorrência de tempestades com fortes ventos, principalmente em países de clima tropical, os quais constituem um dos maiores esforços a que as árvores estão sujeitas (EMERICK & MARTINI, 2020). Em resposta a estes ventos que incidem horizontalmente nas árvores, elas geram uma combinação de torques por torção e flexão em sua base, podendo ocorrer a derrubada em situações onde o torque seja maior que a resistência do sistema de enraizamento da árvore (ATAÍDE et al., 2015).

A classificação da intensidade dos ventos é baseada pela escala Beaufort, a qual foi descrita por Francis Beaufort (hidrógrafo da Marinha Real Britânica). A importância desta escala é classificar de maneira descritiva a velocidade do vento em 12 categorias e seus efeitos visíveis sobre as superfícies da Terra e do Mar (ZANIVAN et al., 2020; INMET, 2023), cujo intervalos de intensidade e seus efeitos estão descritos na Tabela 1.

Por isso a importância da escala de Beaufort para quantificar os ventos e contribuir para o planejamento das ações de proteção da defesa civil e seus possíveis efeitos resultantes. Em agosto de 2022, por exemplo, o Centro de Operações da Prefeitura do Rio informou que a cidade ficou a madrugada em mobilização pelas condições do mau tempo. Na ocasião, a estação do Forte de Copacabana registrou rajadas de ventos que chegaram a 93,6 km/h, ocorrendo a queda de 20 árvores nas últimas 12 horas. Dentre as recomendações de segurança elaboradas pela Defesa Civil do Estado (Sedec-RJ) e pelo Corpo de Bombeiros estavam não se abrigar debaixo de árvores ou de coberturas metálicas e evitar a prática de esportes ao ar livre (RIO DE JANEIRO, 2022). Consequentemente, estes eventos podem ocasionar acidentes, promover um colapso de serviços de infraestrutura ou até mesmo causar perdas de vidas humanas.

Tabela 1: Escala de Beaufort para classificação da força em função da velocidade do vento e os efeitos em terra.

Grau	Designação	Km/h	m/s	Efeitos em terra
0	Calmo	<1	<0,2	Fumaça sobe na vertical
1	Ar leve	1 a 5	0,3 a 1,5	Fumaça indica direção do vento
2	Brisa leve	6 a 11	1,6 a 3,3	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar; sente o vento no rosto
3	Brisa Fraca	12 a 19	3,4 a 5,4	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	Brisa Moderada	20 a 28	5,5 a 7,9	Poeira e pequenos papéis levantados, movem-se os galhos das árvores
5	Brisa Forte	29 a 38	8 a 10,7	Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas
6	Vento Fresco	39 a 49	10,8 a 13,8	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda-chuva aberto
7	Vento Forte	50 a 61	13,9 a 17,1	Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento
8	Ventania	62 a 74	17,2 a 20,7	Quebram-se os galhos de árvore
9	Ventania Forte	75 a 88	20,8 a 24,4	Danos em árvores e pequenas construções, impossível andar contra o vento; ligeiro dano estrutural
10	Tempestade	89 a 102	24,5 a 28,4	Árvores arrancadas; danos estruturais consideráveis
11	Tempestade violenta	103 a 117	28,5 a 32,6	Estragos generalizados em construções
12	Furacão	>118	>32,7	Estragos graves e generalizados em construções

Fonte: Adaptado: <https://meteorologia.unifei.edu.br/pag/escalas/beaufort.php>

A precipitação também é considerada outro fator que contribui para o risco de queda de árvores (LOCOSSELI et al., 2021). A presença de chuva prolongada pode ser um agravante adicional, visto que modifica as condições de umidade do solo e acrescenta peso à árvore devido a maior retenção de água, diminuindo assim sua estabilidade (BRAZOLIN et al., 2010).

Um recente caso ocorrido em Campinas em fevereiro de 2023, terminou na morte de uma criança devido à queda de um eucalipto enquanto fazia um piquenique em um parque da cidade. O laudo dos técnicos concluiu que a árvore estava em uma área instável depois de chuvas em dias anteriores. Além disso, os documentos apontaram o solo encharcado como provável causa do tombamento, mas também indicaram que a idade, as raízes pouco desenvolvidas e o solo pobre podem ter contribuído para o fato (G1, 2023).

Um outro acidente registrado no campus da Unicamp no mesmo município em 2007, apontou que a queda de um guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) foi decorrente de suas raízes expostas agravados por uma tempestade em que a velocidade do vento chegou a 115 km/h (G1, 2007). Este caso motivou um estudo realizado por Belli et al. (2009) em que os autores avaliaram o comportamento do vento entre os anos de 1994 a 2008 em Campinas-SP e observaram um aumento significativo na velocidade dos ventos na primavera e no verão com o decorrer dos anos.

Mendes (2016) realizando um estudo sobre o efeito dos ventos nas quedas de árvores na cidade de Piracicaba, relataram comportamento semelhante em que a maioria das quedas de

árvores ocorreram em estações do ano relacionadas com ventos e chuva mais intensas, sugerindo que se deve ter um alerta quanto ao manejo nesses períodos. Outras conclusões que os autores chegaram foram que houve diferença na quantidade de quedas em relação as diferentes regiões geográficas da cidade, atribuindo o fator “urbanização” como o maior responsável pelo aumento do número de quedas na região central e que existem espécies consideradas mais suscetíveis somados ao ambiente a qual ela está inserida, como por exemplo o tamanho do canteiro.

Outros estudos na literatura têm se destacado com o objetivo de identificar possíveis motivos para a queda de árvores urbanas após condições climáticas extremas. Os fatores que mais contribuíram para a queda de indivíduos arbóreos após estes eventos foram: problemas fitossanitários no fuste e nas raízes (ZANGALLI et al., 2021); condições de plantio em calçadas com pouca ou nenhuma área de crescimento aliado ao grande porte das árvores (DE SOUZA et al., 2020) baixa resistência mecânica das espécies, problemas fitossanitários e pouco espaço disponível para o desenvolvimento de raízes (EMERICK & MARTINI, 2020); utilização de espécies inadequadas ao espaço urbano com espécies suscetíveis ao ventos (MOSER et al., 2010).

Ribeiro (2011) em estudo realizado na cidade de Lisboa, observaram que o vento forte é uma das causas que contribuem para a queda de árvores, sugerindo que mesmo que não ocorra a queda durante estes eventos, nos períodos posteriores poderá haver este aumento e estar relacionados a fragilidade das árvores ocasionadas pelos eventos de ventos fortes anteriores. Esta observação está de acordo com os resultados constatados por Locosseli et al. (2021). Estes autores avaliaram a queda de cerca de 7 mil árvores de município de São Paulo entre 2013-2016 e concluíram que as quedas são motivadas por precipitação e rajadas de vento e que a derrubada das espécies pode acontecer algum tempo depois do registro do evento climático.

2.4. Caracterização do clima no município do Rio de Janeiro

O município do Rio de Janeiro é um espaço de muitos contrastes em sua geografia física e humana que reflete de forma distinta em anomalias do clima (LUCENA et al., 2020) influenciadas principalmente pela heterogeneidade do seu relevo e pela maritimidade (SOUZA et al. 2021).

Constituído por um relevo variado, o município assenta-se sobre três grandes maciços - da Pedra Branca, Gericinó-Mendanha e da Tijuca - caracterizando diferenças de altitude integradas à paisagem urbana (SICILIANO et al., 2018). O Maciço da Tijuca divide as zonas Norte e Sul; o Maciço Gericinó-Mendanha delimita a cidade na Zona Norte e o Maciço da Pedra Branca localiza-se a oeste. Além disso, a Baía de Guanabara delimita o município na porção leste, a Baía de Sepetiba delimita a porção oeste e ao sul tem o Oceano Atlântico. A planície representa 64% do território municipal possuindo uma variação de altitude que não ultrapassa os 20 m acima do nível médio do mar (DERECZYNSKI et al., 2009).

O município apresenta amplitudes térmicas relativamente baixas, com verões quentes e úmidos, sobretudo por se situar em região litorânea (SICILIANO et al., 2018) com encostas originalmente cobertas por florestas da Mata Atlântica. Os maciços da Tijuca e da Pedra Branca localizados perto da orla marítima, dificultam a penetração das brisas do mar e sistemas transitórios para a cidade, tornando as regiões Norte e Oeste da cidade mais quentes e secas que a região Sul e o Centro da cidade (DERECZYNSKI et al., 2013).

Segundo Siciliano et al. (2018) por todas estas características de relevo acidentado, áreas de Mata Atlântica e fatores climáticos variados, o município também apresenta diversidade no

seu regime de chuvas, especialmente pela influência de fatores atmosféricos e oceânicos, de modo a favorecer alterações na precipitação de forma concentrada em períodos característicos do ano.

Os sistemas meteorológicos que produzem e modulam a precipitação, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (SF), os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e os sistemas de brisas (vale/montanha, lacustre e marítima/terrestre) impactam a sociedade e a economia da região. Em alguns casos, os acumulados pluviométricos (diários, mensais, sazonais e anuais) são muito mais intensos do que suas médias climatológicas, caracterizando em eventos de precipitação intensas (SOUZA et al., 2021). Além destes, outros sistemas foram citados por Dereczynski et al. (2009): a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), os Bloqueios Atmosféricos (BA) e a precipitação orográfica. Oliveira Júnior et al. (2017) analisando o regime de chuvas na cidade do Rio de Janeiro verificaram que 77% dos casos estão associadas por SF, seguidos por ZCAS, SCM e pelos efeitos das circulações das brisas marítima/terrestre e baías.

Estes efeitos das chuvas sobre o município e na região metropolitana foram objeto de outros estudos, como os observados por Dereczynski et al. (2009), Siciliano et al. (2018), Prito et al. (2018), Lucena et al. (2020), Lima & Armond (2022), e outros. Os dados meteorológicos são disponibilizados principalmente pela Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Alerta Rio gerenciado pela Fundação GEO-RIO.

Siciliano et al. (2018) estudando o regime de chuvas a partir de dados observados de 30 estações pluviométricas entre os anos de 1997 a 2014 verificaram que a precipitação mensal média de todas as estações analisadas oscila de forma sazonal durante os anos analisados, com volume precipitado acentuado próximo ou acima da média entre os meses de outubro e abril, correspondente as estações de primavera e verão, e os demais meses entre maio e setembro com precipitações entre 40 e 80 mm.

Dereczynski et al. (2009) avaliando a precipitação no município utilizando 10 anos de dados observados em 30 postos pluviométricos distribuídos nos diferentes espaços físicos observaram que os máximos de chuvas se concentraram próximo aos três maciços costeiros existentes (Tijuca, Pedra Branca e Gericinó-Mendanha) e reduziram em direção às planícies, especialmente a Zona Norte.

As mesmas características geográficas regionais afetam o regime de ventos. Uma análise de artigos disponíveis na literatura evidencia uma carência de estudos que caracterizem os ventos na região, como os realizados por Jourdan et al. (2006), Oliveira-Júnior et al. (2013), Pimentel et al. (2014), Oliveira-Júnior et al. (2017), Pereira et al. (2022).

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) possui topografia acidentada, presença de corpos d'água e regimes de ventos diferenciados. Este recorte espacial é influenciado por diversos aspectos meteorológicos que variam desde a escala sinótica a local, que por sua vez interferem no regime de escoamento da região, particularmente na circulação das brisas marítimas e terrestres (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2017). Para Vendramini (1986), citados por Oliveira Junior et al. (2013) a direção do vento é bastante variável no tempo e no espaço, principalmente quando os ventos são fracos em função da geografia do local, da rugosidade superficial, do relevo, da vegetação e da época do ano.

Jourdan (2007) citado por Dereczynski et al. (2009), estudando ventos na RMRJ utilizando 7 estações entre os anos 2000 e 2006, observaram resultados distintos no regime dos ventos nos períodos do dia - madrugada, manhã, tarde e noite. No geral, predominam ventos de

quadrante norte, que ocorrem na madrugada e na manhã e de quadrante sul, que ocorrem nos períodos da tarde e noite, considerados mais intensos do que os ventos nas demais direções.

Outras conclusões deste estudo foram em relação as alterações sazonais do vento no mesmo local. Na primavera e verão, a intensidade e a frequência dos ventos de quadrante sul aumentam em relação ao padrão anual. O que pode contribuir para o resultado segundo os autores seria a intensificação do gradiente horizontal de temperatura resultante do aumento do aquecimento diferenciado entre continente e oceano, induzindo uma intensificação da circulação da brisa marítima, enquanto no outono e inverno diminui a frequência dos registros da direção sul e aumenta a frequência dos ventos de norte.

Pimentel et al. (2014) estudando a caracterização do regime de vento em diversos setores da RMRJ verificaram que a estação localizada rodeada pelos três maciços da Tijuca, Pedra Branca e Mendanha na zona oeste do município destacaram-se pela ocorrência de um número elevado de percentuais de calmaria, que caracteriza a região como de estagnação de ventos, influenciada pela topografia local. Porém algumas diferenças na intensidade e no percentual de frequência da direção dos ventos foram observadas, indicando a importância do ângulo de incidência da radiação solar em relação à orientação e cobertura da superfície.

Além de todos esses aspectos, Pimentel et al. (2014) citam outros fatores como a própria estrutura urbana com alta ocupação populacional e industrial como um importante fator na caracterização do regime de vento, identificação da direção predominante e ocorrência de calmaria.

3.MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O município do Rio de Janeiro está localizado entre as latitudes 22° 45' e 23° 50'S, e longitudes 43° 05' e 43° 50'W, no estado do Rio de Janeiro – região Sudeste do Brasil (Figura 2). Segundo a classificação climática de Koppen o clima da região é Aw, caracterizada por verões quentes e chuvosos e invernos secos e amenos. As temperaturas do ar médias mensais variam entre 21,1 °C (julho) a 27,3 °C (janeiro). A temperatura do ar média anual é de 23,9 °C enquanto a precipitação total média anual é de 1.258 mm (ZERI et al., 2011).



Figura 2: Localização do município do Rio de Janeiro – RJ. Fonte: Elaboração própria com apoio do software QGIS.

O município é considerado o segundo mais populoso do país, contando com 6.211.423 habitantes e 1.200,329 km² de área (IBGE, 2022). Para efeitos administrativos, a prefeitura dividiu o município em 33 regiões administrativas (RA), 164 bairros e 5 áreas de planejamentos (AP's) (DATA RIO, 2024b), representadas por: AP-1 que engloba a Área Central da Cidade; a AP-2 representa a Zona Sul e a Tijuca; a AP-3, a Zona Norte; AP-4 as regiões administrativas da Barra da Tijuca, Jacarepaguá e Cidade de Deus; e a AP-5 abrange os demais bairros da Zona Oeste (Figura 3). Para melhor visualização, o mapa subdividido em regiões administrativas e bairros encontra-se detalhado em Anexo.

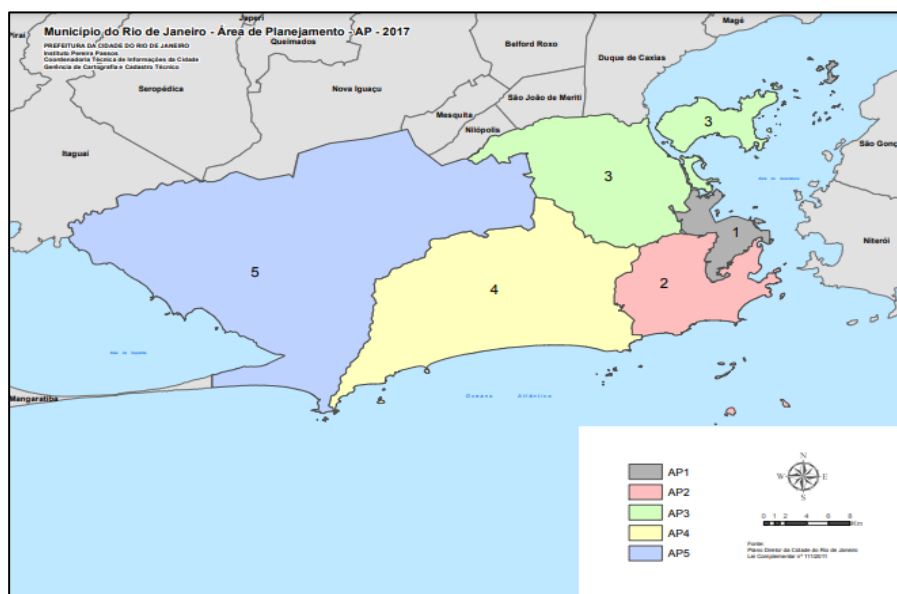


Figura 3: Mapa de localização das áreas de planejamento (AP) do município do Rio de Janeiro. Fonte: DATA RIO (2024c).

A topografia é acidentada, com os maciços de Gericinó-Mendanha ao norte, da Pedra Branca ao sul e o maciço da Tijuca a leste e as suas baixadas principais, Guanabara, Bangu, Guaratiba e Jacarepaguá. Somam-se a influência do mar exercida pelo Oceano Atlântico, as Baías de Sepetiba e da Guanabara e de suas lagunas costeiras, como a Lagoa Rodrigo de Freitas e as lagoas da Barra (LUCENA et al., 2020). Os maciços florestais influenciam o comportamento regional da temperatura, ventos, evaporação e nebulosidade, mas, sobretudo, a precipitação (LA ROVERE & SILVA, 2016).

A vegetação está inserida no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2022) que se integra ao ambiente construído juntamente com áreas verdes e espaços livres. Atualmente, os principais gestores públicos da arborização na cidade são a Fundação Parques e Jardins (FPJ) e a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB). Os serviços realizados pela COMLURB são as podas e remoções de árvores em áreas públicas (calçadas, praças e parques), os quais visam prioritariamente o atendimento das solicitações feitas pela população através de chamadas telefônicas do número 1746 e via internet.

Os dados atualizados e gerados pela COMLURB são levados à população através do portal Data.Rio, que fornece informações de estatísticas, mapas, estudos e pesquisas dentro do município em diversas áreas como transporte, mobilidade urbana, entretenimento, educação, urbanismo, esporte, turismo, meio ambiente, saúde e outros.

3.2. Coleta de dados

Para o estudo da relação de ocorrências de remoção de árvores com os dados meteorológicos foram obtidos dados mensais do período de 2020 a 2022.

Nesse sentido, o primeiro passo foi a obtenção dos dados referentes às estações meteorológicas. Essa etapa foi conduzida mediante acesso ao Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET - portal.inmet.gov.br) para os dados de rajada de vento máximo (Km/h) observadas de três estações automáticas sendo elas: Jacarepaguá, Vila Militar e Forte de Copacabana. Os dados da precipitação foram obtidos utilizando dados das 33 estações pluviométricas automáticas disponibilizadas pelo Alerta Rio, operado pelo Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro – GEORIO (georio.prefeitura.rio).

Os dados da precipitação foram obtidos pelo somatório do total diário da precipitação (mm) de cada mês, para obtenção da média mensal para cada ano em análise. A análise dos dados de vento foi realizada por meio da maior velocidade do vento mensal, ou seja, o valor máximo da velocidade do vento mensal.

Os dados referentes a remoção de árvores foram obtidos através do site Data.Rio das ocorrências realizadas pelo canal de atendimento 1746 referentes ao tipo manejo arbóreo e subtipo remoção de árvore em logradouro, que consiste na avaliação causada por algum dano ou morte do vegetal ou por conflitos, que não sejam passíveis de solução através do manejo de poda. Foram selecionados os dados que apresentaram apenas como situação de atendida. A COMLURB realiza a remoção de árvores secas, em risco de queda ou aquelas indicadas pela Defesa Civil pelo risco de acidentes ou danos estruturais à imóveis e a populares. As remoções realizadas são informadas à FPJ para o eventual replantio.

3.3. Análise de dados

Utilizou-se para a análise dos dados do número de ocorrências de remoção de árvores e as variáveis meteorológicas o software Microsoft Excel 2013. Os mapas de precipitação anual foram gerados com base nos modelos digitais de distribuição espacial das chuvas pelo processo de Regressão Linear Múltipla utilizando o software R.

Para análise de número de remoção de árvores por área de planejamento (AP), os dados foram compilados em uma tabela no formato Excel, e posteriormente para colaborar com a visualização das informações foram transformados em mapas de geolocalização e gráficos utilizando-se o aplicativo Power Bi. Alguns casos não foram possíveis plotar a localização visto que estavam ausentes os dados georreferenciados.

3.4. Modelo de Regressão Linear Múltipla (MRLM)

Para esse estudo utilizou-se o MRLM para averiguar a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes. A variável dependente utilizou-se a chuva anual e, as variáveis independentes utilizaram-se as coordenadas geográficas das estações: latitude, longitude e altitude (Equação-1).

$$Prec = \beta_0 + \beta_1.Lat + \beta_2.Log + \beta_3.Alt + \epsilon_i \quad (1)$$

em que,

Prec - precipitação anual, em mm;

Lat – Latitude (°);

Log – Longitude (°);

Alt – Altitude (m);

ϵ_i - erro aleatório, suposto independente e com distribuição normal da média, e variância constante β_0 , β_1 , e β_2 são coeficientes do modelo adotado.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados um total de 12.473 registros de ocorrências de remoção de árvores em logradouros atendidas no município, ao longo dos três anos em análise. Os resultados mostraram que a maior frequência foi observada no ano de 2022 e 2021, com 4.170 e 4.160 solicitações atendidas (33,43 e 33,35%), seguidas do ano de 2020, com 4.143 solicitações (33,21%) (Tabela 2). Embora seja uma análise de poucos anos, é notório a crescente solicitação da remoção de árvores no MRJ.

Tabela 2: Ocorrências de remoção de árvores em logradouros registrados nos anos 2020-2022 no município do Rio de Janeiro/RJ.

Mês/Ano	2020	2021	2022
Janeiro	468	430	412
Fevereiro	480	306	365
Março	317	403	395
Abril	117	364	406
Maio	185	384	415
Junho	264	354	300
Julho	424	310	370
Agosto	348	347	416
Setembro	414	409	294
Outubro	370	300	267
Novembro	351	247	281
Dezembro	405	306	249
Total geral	4143	4160	4170

Essa comprovação pode ser ratificada pelos números de solicitações de remoção de árvores no período compreendido entre 23/03/2011 a 30/04/2014, os quais mostram 11.435 solicitação (PDAU, 2015). Para os autores, a população interfere na arborização urbana através destes pedidos de acordo com os diversos padrões de demanda para manejo. Estas solicitações possuem razões culturais, emocionais e até mesmo referente à segurança pública na cidade.

Segundo o PDAU (2015), os principais motivos para as solicitações de remoções de árvores no MRJ podem estar ligados a conflitos com a iluminação pública e privada, redes aéreas, de dados, de telefonia, de televisão a cabo, subterrâneas, ligações irregulares, sistemas de sinalização e engenhos publicitários; conflitos com a construção de equipamentos urbanos em distância que gerem ou venham gerar danos à arborização, bem como com as edificações existentes, obras novas, reformas e ampliações edilícias, e ainda com obras e serviços de pavimentação, calçadas, paredes, muros, portões e acessos de veículos. Outros se referem à implantação de projetos de melhoria de pavimentação e drenagem urbanas, alargamento de logradouros, projetos viários e de mobilidade urbana, de acessibilidade, de segurança e iluminação.

Além disso, interferências de ordem natural ou antrópica durante o desenvolvimento do elemento arbóreo geram casos de má formação e de incompatibilidade ao espaço disponível. Algumas das ações que mais prejudicam a arborização são: as intervenções diretas no sistema radicular, fuste e copa, bem como escavações muito próximas ao sistema radicular; alterações do nível do terreno, expondo ou soterrando o colo da árvore; a compactação do solo próximo e/ou em parte do sistema radicular causada pelo trânsito de veículos, bem como aquela provocada por obras e serviços. A intervenção direta em troncos e raízes causam ferimentos graves, às vezes irreversíveis, gerando riscos e diminuição da qualidade da arborização.

Oliveira & Lopes (2007) analisando a queda de árvores na cidade de Lisboa entre 1990 e 2006 concluíram que 70,5% do total ocorreram nos últimos 7 anos. Os autores atribuíram como possíveis causas deste aumento a idade mais avançada das árvores, o maior número de automóveis que emitem poluentes afetando as condições fitossanitárias das árvores e diminuindo a resistência aos ventos, mudanças na metodologia de registros e por fim as condições meteorológicas mais adversas, ocorridas frequentemente nos últimos anos.

Ao realizar a análise separadamente de acordo com as cinco regiões geográficas da cidade, a região norte (AP-3) foi a que apresentou o maior número de ocorrências, 35,2%, seguido, respectivamente, por AP-4 (21,95%), AP-5 (20,32%), AP-2 (19,5%) e AP-1(3,04%) (Figura 4). A Figura 5 mostra o quantitativo de ocorrências a cada ano e a Figura 6 sua distribuição por Área de Planejamento (A) e sua distribuição espacial (B).

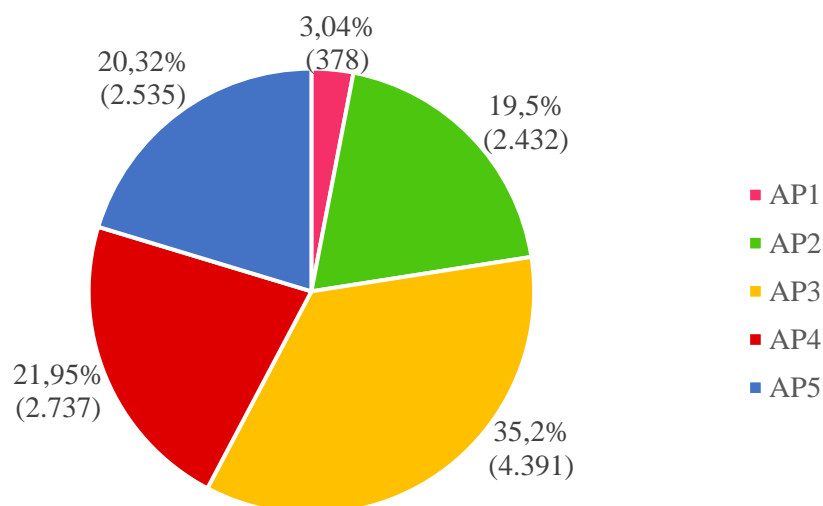


Figura 4 : Total de ocorrências de remoção de árvores em logradouros por AP no município do Rio de Janeiro - RJ de 2020 a 2022.

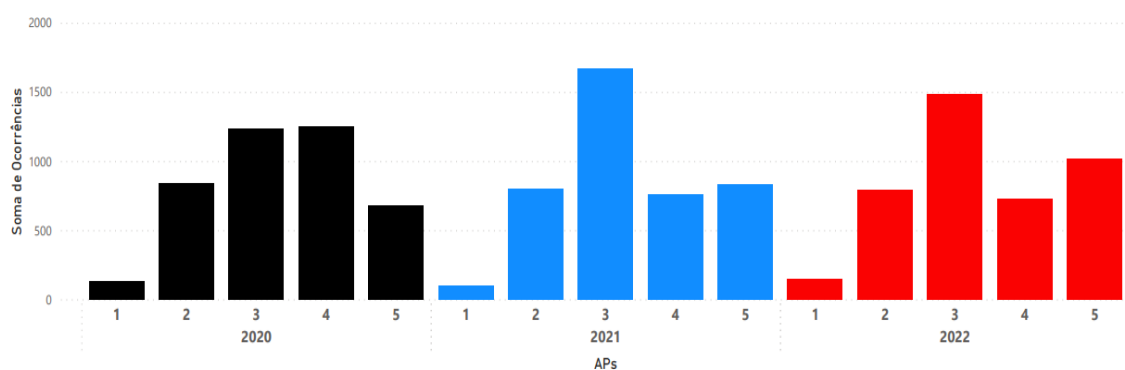


Figura 5: Quantidade de ocorrências no município do Rio de Janeiro - RJ por ano nas Áreas de planejamento (AP's).

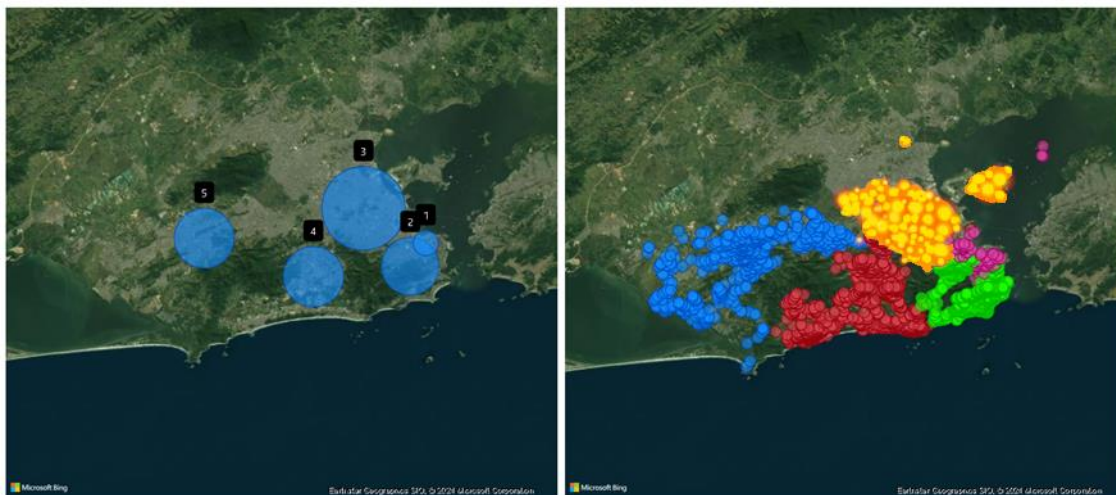


Figura 6 : Ocorrência de remoção de árvore no município do Rio de Janeiro – RJ. a) Quantificação do número de ocorrências por Área de Planejamento; b) Distribuição espacial das ocorrências por AP's: AP-1- magenta, AP-2 – verde, AP-3 – amarelo, AP-4 – vermelho e AP-5 – azul.

Foi identificada no presente estudo que as áreas AP-3, AP-4 e AP-5 são as que apresentaram o maior número de solicitações. Resultado semelhante aos obtidos por PDAU (2015), que identificou o AP-5 com o maior número de ocorrências, 26,28 %, seguido, respectivamente, por AP-3 (21,31 %), AP-4 (19,52%), AP-1(18,34%) e AP-2(14,87%)

Uma das possíveis causas para estas áreas terem o maior número de ocorrências é o fato de que de acordo com o Inventário da Cobertura Arbórea da Cidade do Rio de Janeiro, elaborado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC, 2015), foi citado que a COMLURB realizou um levantamento arbóreo preliminar objetivando estimar a quantidade de árvores da cidade. Neste levantamento, foram contabilizadas aproximadamente 600 mil árvores, distribuídas respectivamente por AP-1 (16.601), AP-2 (73.125), AP-3(137.001), AP-4 (141.503), AP-5 (223.609), sendo as áreas que apresentaram o maior número de árvores as que apresentaram o maior número de solicitações.

Outra explicação seria que ao final da década de 90, grandes empreendimentos, como a construção da Linha Amarela, ligando as Zonas Norte (AP-3) e Oeste da cidade (AP-4e AP-5), contribuíram ainda mais para a remoção de diversas árvores nessas regiões (NADAL & PARAISO, 2020). Ao mesmo tempo, a implementação de medidas compensatórias se deu por um processo desigual, em que alguns bairros possuíram pouco ou nenhum planejamento de arborização urbana, resultando em um modelo aleatório de seleção de espécies que não considera os problemas subsequentes para o espaço urbano, como conflitos com a iluminação pública, as redes de fiação aérea e condução subterrânea ou as próprias calçadas. Essa falta de planejamento é sentida na elevada demanda pelos serviços públicos de manejo e remoção de indivíduos arbóreos nesses bairros (NADAL & PARAISO, 2020).

A autora ainda cita que a AP-3 é uma zona com elevada densidade demográfica e marcada pela presença de uma forte malha rodoviária com intensa movimentação de veículos, ocasionando alta emissão de poluentes atmosféricos. Essa forte malha rodoviária, em conjunto com a deficiente cobertura vegetal, ocasiona também na formação de uma ilha de calor sobre esta região (NADAL & PARAISO, 2020).

Em contrapartida, segundo levantamento realizado por Pinto (2023), a zona oeste e a zona norte, foram as que obtiveram a maior quantidade de plantios nos respectivos anos, 2021, 2022 e 2023. Nos anos de 2021 e 2022, a área AP-5 seguida das áreas AP-3 e AP-4 apresentaram

o maior número de plantio, em comparação às demais áreas. Já no ano de 2023, a área AP-3 apresentou o maior número de plantio, seguida de AP-5 e AP-4. As áreas de planejamento da zona oeste, AP-4 e AP-5, devido ao crescimento da cidade, pertencente a construção de novas edificações e loteamentos, estimula uma predisposição do aumento de plantio dessas áreas, seguida da AP-3 que possui carência de arborização. Estes plantios estão de acordo ao que foi previsto no Mapa de Plantio de Árvores Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro para levar o verde às Zonas Norte e Oeste da cidade.

O estudo realizado por Mendes et al. (2016) para o entendimento de quedas de árvores no município de Piracicaba/SP, concluiu que o fator “urbanização” é um dos principais responsáveis, visto que 36,7% das quedas concentraram-se na região do centro, enquanto que 48,4%, em solo classificado como urbanizado. Isso se deve em função de condições estressantes para as plantas, como por exemplo o solo compactado, canteiros estreitos e danificações no sistema radicular que são capazes de comprometer a sustentação das árvores.

Manfra et al. (2022), estudando o número de falhas de árvores em São Paulo, durante oito anos, verificaram que a proporção de quebra das 26.616 árvores apresentou uma variação substancial nos seus distritos, variando de 0,59% no extremo sul do município a 16,99% no centro da cidade, provavelmente relacionada a idade do bairro e a má gestão por parte das autoridades competentes, cujas atividades muitas vezes são limitadas por questões políticas, técnicas e econômicas.

Considerando que o grande número de pedido de remoção das árvores pode estar ligado a questões ambientais, foi feito uma análise da precipitação anual das chuvas no período estudado. Os dados da distribuição espacial da pluviometria no MRJ podem ser observados na Figura 7.

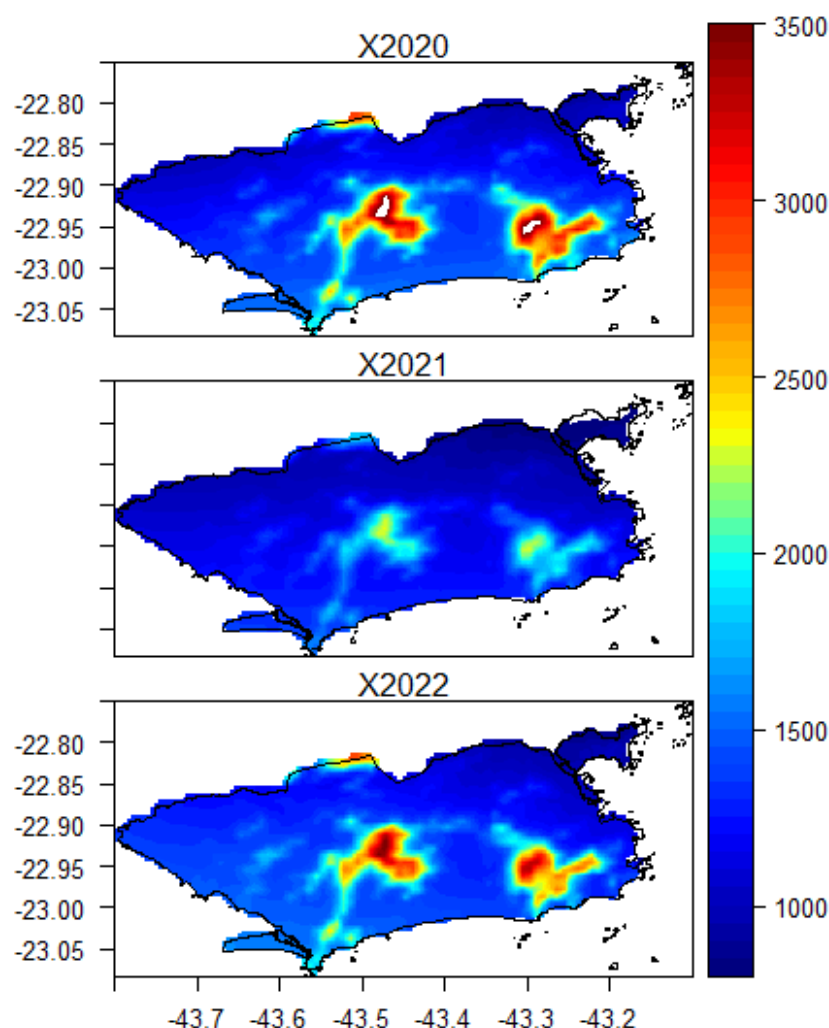


Figura 7: Distribuição espacial anual de precipitação no município do Rio de Janeiro - RJ.

A distribuição espacial média anual no MRJ mostrou o ano de 2020 como sendo o de maior total, sendo contabilizado 1.459,5 mm no ano de 2020, seguidos de 1.176,1 e 1.384,2 mm para os anos de 2021 e 2022, respectivamente. O total pluviométrico anual mostra que os máximos se concentraram junto aos três maciços existentes na cidade: Tijuca, Gericinó e Pedra Branca, com precipitação acima de 3.000 mm, reduzindo-se em direção às planícies do município, com precipitação inferior a 1.000 mm.

O mesmo comportamento foi descrito por Dereczynski et al. (2009), que avaliando a precipitação no município utilizando 10 anos de dados observados em 30 postos pluviométricos distribuídos nos diferentes espaços físicos observaram que os máximos de chuvas se concentraram próximo aos três maciços costeiros existentes. Assim, os maciços impedem que a disponibilidade de umidade cheguem em partes da Zona Norte (AP-3) e Zona Oeste (AP-5), usualmente as mais quentes e secas, em contrapartida à Zona Sul (AP-2), onde a brisa marinha atua como forte elemento de arrefecimento do ar (LA ROVERE & SILVA, 2016).

Este resultado mostra que a Zona Norte (AP-3) e a Zona Oeste (AP-4 e AP-5) apesar de apresentarem os menores registros de precipitação, são as que tiveram o maior número de

ocorrências, mostrando que a ocorrência de remoção de árvores apresentam uma maior densidade populacional da cidade do Rio de Janeiro.

Mendes et al. (2016) concluíram que o encharcamento do solo e a consequente queda da árvore não devem ser desprezadas visto que 65,5% dos casos de quedas registrados no município de Piracicaba-SP foram em períodos de chuva nas últimas 24 horas sendo que 47,6% tiveram quedas em períodos com pelo menos 5 mm de chuva até 1 dia antes. De acordo com Regueira & Wanderley (2022) houve prevalência de tendências positivas nos totais de precipitação pluviométrica diária (Rx1dia) e na precipitação total de cinco dias consecutivos (Rx5dia) no MRJ, o que pode contribuir significativamente para a solicitação de remoção de árvores na cidade.

De acordo com Brazolin (2009), a presença de chuva prolongada pode ser um agravante adicional, uma vez que modifica as condições de umidade do solo e acrescenta um aumento do peso da árvore.

Nas Figuras 8 está apresentado o resultado do processamento dos dados para as rajadas de vento máximo ao longo dos anos.

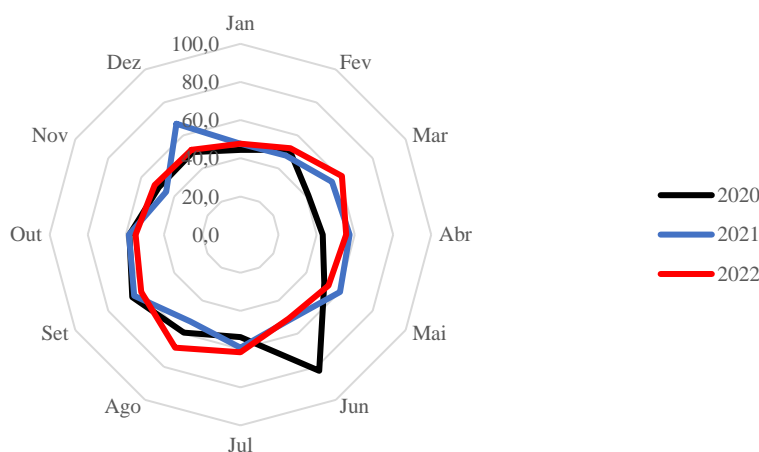


Figura 8: Velocidade de rajada de vento mensal para o município do Rio de Janeiro – RJ.

Nota-se que a rajada de vento apresentou uma variação ao longo dos anos de 41,0 a 82,5 Km/h. Segundo a escala de Beaufort que quantifica a velocidade máxima dos ventos (rajadas) e indica suas consequências, mostra que ventos de 50 a 61 km/h considerados fortes já são capazes de mover grandes árvores, enquanto ventos de 89 a 102 km/h seu arranquio.

No estudo realizado por Oliveira & Lopes (2007), os quais analisaram 17 anos de dados meteorológicos na cidade de Lisboa, os pesquisadores concluíram que foram registradas várias tempestades com ventos fortes de rajadas máximas na ordem dos 22 a 33 m/s (80 a 120 km/h), mas que a maioria das quedas de árvores ocorreu quando a velocidade do vento tinha atingido pelo menos 7 m/s (25,2 km/h). Para o MRJ em todos os meses analisados a velocidade máxima mensal foi maior do que esse valor.

Mendes et al. (2016) ao estudarem o comportamento das quedas de árvores no município de Piracicaba/SP, verificaram que os ventos mais frequentes enquadraram na faixa de 20 a 39 km/h, ou seja, de 5,5 a 10,8 m/s. De Souza et al. (2020) analisando a queda de árvores urbanas em Belo Horizonte/MG, verificaram que a velocidade do vento média nos dias de queda foi de aproximadamente 1,12 m/s, sendo o registro máximo de 2,40 m/s. Além disso os pesquisadores concluíram que 78,6% de queda ocorreram em dias que apresentaram vento forte e que apenas 12,9% da amostragem foi em dias sem incidência de precipitação e ventos composta

principalmente por ataque de *Euchroma gigantea* em munguba (metade dos casos), ataque de cupins no sistema radicular e desequilíbrio da copa atrelado a inclinação do tronco.

Segundo o PDAU (2015), no período de 2012 a março de 2014 ocorreram 513 eventos de queda de árvores por causas naturais conforme a COMLURB. A principal causa de quedas é a ocorrência de vento forte associado à chuva, que corresponde a 88% dos casos. Depoimentos de técnicos da FPJ indicam que, no período de verão, há uma forte ocorrência de quedas de árvores e galhos em toda a cidade, em especial nos dias de vento e chuva associados.

5.CONCLUSÕES

A quantificação das ocorrências de remoção de árvores em logradouros no município do Rio de Janeiro apresentou tendência de aumento dos números de solicitações. No entanto, a diferença entre os anos foi pequena.

Os resultados mostraram que a Zona Norte (AP-3) e a Zona Oeste (AP-4 e AP-5) são as que tiveram o maior número de ocorrências seguidas, respectivamente pelas AP-2 e AP-1.

Os totais pluviométricos anuais mostraram relação direta com a altitude do MRJ. As regiões de maiores altitude na cidade são porque, como o da Tijuca e o da Pedra Branca, onde nos dados analisados não ocorre a solicitação de remoção de árvores a prefeitura do Rio. Entretanto, os eventos extremos de precipitação podem explicar parte das solicitações de remoção, mas essa análise não foi realizada.

A velocidade do vento observada no MRJ tem potenciais para causar quedas de árvores segundo a escala de Beaufort. No entanto, devido ao baixo número de estações meteorológicas não foi possível demonstrar se houve relação com o número de ocorrências de remoção por área de planejamento.

6.CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diagnóstico sobre a queda de árvores urbanas somados ao conhecimento das condições meteorológicas mostra-se como uma atividade fundamental para direcionar e corrigir as ações de planejamento e gestão da arborização, já que tanto os totais de chuvas quanto a velocidade do vento podem ocasionar a queda e a solicitação de remoção de árvores na cidade.

Vale ressaltar que o presente estudo considerou apenas as solicitações de remoção de árvores, o que limita a generalização dos resultados, de forma que serão necessárias avaliações futuras, sobre as quais são necessárias maiores informações dos motivos que levaram o pedido destas solicitações das remoções.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALERTA RIO. Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>. Acesso em: 03/01/2024.

AMATO-LOURENÇO, L. F.; MOREIRA, T. C. L.; ARANTES, B. L. D.; SILVA FILHO, D. F. D.; MAUAD, T. Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Estudos avançados**, v. 30, p.113-130, 2016.

ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O.; CORREIA, A. C. G.; REIS, G. G.; REIS, M G. F.; ROSADO, A. M. Interação árvores e ventos: aspectos ecofisiológicos e silviculturais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 523- 535, 2015.

BELLI, A. A.; DO SIM, H. A. B.; DA SILVA, J. F.; BAYÃO, U. V. Estudo dos riscos de acidentes causados pela arborização do campus agravados pela velocidade dos ventos. **Revista Ciências do Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 1- 4, 2009.

BRAZOLIN, S. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. Piracicaba, 2009. 265f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. ESALQ/USP, 2009.

BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 37, p.1073-1081, 2013.

BRUN, F. G. K.; LINK, D.; BRUN, E. J. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, 2, p. 117-127, 2007.

CAVALARI, A. A.; VELASCO, GIULIANA. D. N.; SILVA-LUZ, C. L.; ROSA, A. S.; WAETGE, A. A. N.; BARBOSA, E. S.; BIAZZO, F. C. M.; KAVAMURA, H. E.; FILHO, C. A. S.; SILVA, E. B. F. B.; LOCOSSELLI, G. M. Predicting tree failure to define roles and guidelines in risk management, a case study in São Paulo / Brazil. **Urban Forestry & Urban Greening**. v. 91, 2024.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Arborização Urbana: Considerações sobre planejamento, implantação, manejo e gestão., 2022. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2023/09/arborizacao-urbana-2022.pdf>. Acesso em jan. 2024.

DA SILVA, D. C. Mapeamento e gestão de risco de queda de árvores em uma unidade de conservação na Amazônia. Editora Dialética, 2023.

DATA RIO. Mapa de Plantação de Árvores Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro (Junho/2021). Disponível em: <https://www.data.rio/documents/PCRJ::mapa-de-plantio-de-%C3%A1rvores-urbanas-da-cidade-do-rio-de-janeiro-junho-2021/about>. Acesso em: 15 de fev. 2024a.

DATA RIO. Administrativo. Disponível em: <https://www.data.rio/pages/rio-em-sntese>. Acesso em: 10 de fev. 2024b.

DATA RIO. Mapa das áreas de planejamento (AP) do município do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.data.rio/documents/7a609089e2254154a1c154c198671782/explore>. Acesso em: 01 de mar. 2024c.

DATA RIO Mapa das áreas de planejamento (AP), regiões administrativas (RA) e bairros do município do Rio de Janeiro- RJ. Disponível em: <https://www.data.rio/documents/PCRJ::regi%C3%B5es-de-planejamento-rp-regi%C3%B5es-administrativas-ra-e-bairros-do-munic%C3%ADpio-do-rio-de-janeiro/explore> . Acesso em: 01 de mai. 2024d.

DERECZYNSKI, C. P.; LUIZ SILVA, W.; MARENGO, J. A. Detection and Projections of Climate Change in Rio de Janeiro, Brazil. **American Journal of Climate Change**, v. 2, p. 25-33, 2013.

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. Climatologia da Precipitação no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009.

DE SOUZA, M. M., BITTENCOURT, A. R., & MARTINI, A. Diagnóstico sobre a queda de árvores urbanas em Belo Horizonte-MG. *Advances in Forestry. Science*, v. 7, n. 1, p. 867-875, 2020.

EMERICK, T. G.; MARTINI, A. Diagnóstico da arborização após a ocorrência de evento climático extremo. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 1, p. 77-85, 2020.

G1. Eucalipto que caiu e matou criança em Campinas estava em área instável após chuvas, diz laudo Unicamp. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2023/09/05/eucalipto-que-caiu-e-matou-crianca-em-campinas-estava-em-area-instavel-apos-chuvas-diz-laudo-da-unicamp.ghtml>. Acesso em: 12 de fev. 2024.

G1. Identificada vítima de vendaval em Campinas. 2007. Disponível em: <https://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/0,,MUL167037-5605,00-identificada+vítima+de+vendaval+em+campinas.html>. Acesso em: 12 de fev. 2024.

JOURDAN, P.; PIMENTES, L. C. G.; MARTON, E. Caracterização do Regime de Vento próximo a Superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro no Período 2002-2006. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006. v. 1. p. 1- 6.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em: 05/12/2024

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 30/01/2024.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/glossario/glossario>. Acesso em: 17 de dez. 2023.

IPT. Por que as árvores caem... Texto de Raquel Amaral e Reinaldo Araújo de Lima. Saense. <https://saense.com.br/2022/03/por-que-as-arvores-caem/>. Publicado em 29 de março (2022). Acesso em: 30/01/2024

LA ROVERE, E. L. & SILVA, S. D. (2016). Estratégia de adaptação às mudanças climáticas da cidade do Rio de Janeiro. Prefeitura do Rio Meio Ambiente, Rio de Janeiro.

LEITÃO, F. S. **Atuação Pública na arborização urbana da cidade do Rio de Janeiro**. 2016. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

LIMA, S. S.; ARMOND, N. B. Chuva na região metropolitana do Rio de Janeiro: caracterização, eventos extremos e tendências. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. 1-19, 2022.

LOBO MARCHIONI, M.; RAIMONDI, A.; DA SILVA, J. C. D. A.; DE LIMA YAZAKI, L. F. O.; VELASCO, G. D. N.; SÉRGIO, B.; BECCIU, G. Soluções Baseadas na Natureza como instrumento de melhoria da arborização urbana, auxiliando na construção de cidades sensíveis à água e resilientes às mudanças climáticas. **Revista LabVerde**, v. 12, n.1, p.12-44, 2022.

LOCASTRO, J. K.; MIOTTO, J. L.; ANGELIS, B. L. D. D.; CAXAMBU, M. G. Avaliação do uso sustentável da arborização urbana no município de Cafeara, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 549-556, 2017.

LOCOSSELLI, G. M.; MIYAHARA, A. A. L.; CERQUEIRA, P.; BUCKERIDGE, M. S. Climate drivers of tree fall on the streets of São Paulo, Brazil. **Trees: Structure & Function**, v. 35, n. 6, p. 1807-1815, 2021.

LUCENA, A. J.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; MIRANDA, V. V. V. Eventos de El Niño e a sua influência nas chuvas da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro/RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 93-121, 2020.

MANFRA, R.; MASSOCA, M. S.; URAS, P. M. C.; CAVALARI, A. A.; LOCOSSELLI, G. M. Average height of surrounding buildings and district age are the main predictors of tree failure on the streets of São Paulo/Brazil. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 74, p.127665, 2022.

MARTELLI, A. Educação ambiental aliada ao método de recuperação por plantio em uma nascente localizada na área urbana do município de Itapira –SP. **REGET**, v. 17, n. 17. p. 3357-3365, 2013.

MENDES, F. H.; POLIZEL, J. L.; SILVA FILHO, D. F. O efeito do vento nas quedas de árvores em Piracicaba/SP. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, 2016.

MENDES, J. V., ARMOND, N. B., & DA SILVA, L. C. B. Ilhas de calor urbanas de superfície, ondas de calor e de frio no município do Rio de Janeiro–RJ (2015-2019). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p.133-155, 2022.

MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro, Light, 2000. 226 p.

MOSER, P.; DA SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; DOS SANTOS, E. M.; SCHMITZ, V. Avaliação pós-tempestade da Arborização do Campus da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages- SC. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. v. 5, n. 2, p. 40-51, 2010.

NADAL, Fernanda Helena F.; PARAÍSO, Eduardo B. Prisco. A injustiça ambiental na arborização urbana do município do Rio de Janeiro – RJ. **Dignidade Re-Vista**, v. 6, n. 10, p. 24-36, 2020.

NASCIMENTO, R. C. S. **Avaliação do crescimento de 100 exemplares da arborização urbana do município do Rio de Janeiro**. 2019. 33 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

NICODEMO, M. L. F. & PRIMAVESI, O. Por que manter árvores na área urbana? São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A.D.; J, S. A.; SILVA, G. C. M.; LOMBARDO, M. Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Sumário executivo. 2010. http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidades.pdf

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; TERASSI, P. M. B.; GOIS, G. Estudo da Circulação dos Ventos na Baía de Guanabara/RJ, entre 2003 e 2013. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 59-80, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; SOUZA, J.C.S.; DIAS, F.O.;GOIS, G.;GONCALVES, I. F. S.;SILVA, M.S. Caracterização do Regime de Vento no Município de Seropédica, Rio de Janeiro (2001-2010). **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 447-459, 2013.

OLIVEIRA, S.& LOPES, A. Metodologia de avaliação do risco de queda de árvores devido a ventos fortes. O caso de Lisboa. In: CONGRESSO DE GEOGRAFIA PORTUGUESA6., 2006, Lisboa. Anais... Lisboa, 2007. 21 p.

ONU –. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. ONU-Habitat, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf Acesso em: 20 de Jan. 2024.

PDAU. Plano diretor de arborização urbana da cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FPJ, 2015. 416p.

PEREIRA, D. S.; JUNIOR, P. J. V.; SANTOS, P. G. T.; FORTES, I. B.; SANTOS, S. S.; SOARES, A. R. N.; SOARES, R. M.; FREITAS, F. B. V. Análise sazonal dos ventos de superfície do estado do Rio de Janeiro com base em dados do período 2007-2015. **Brasiliian Journal of Development**, v. 8, n. 8, p. 58366-58386, 2022.

PEREIRA, J. D. S., DE VASCONCELOS BRANDÃO, L. K., & BARBOSA, R. V. R. Análise da distribuição espacial de áreas verdes urbanas na qualidade térmica em região de clima semiárido. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v.7, n.1, 12019-01, 2021.

PINHEIRO, C. R., & DE SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n.1, p. 67-82, 2017.

PIMENTEL, L. C. G.; MARTON, E.; SILVA, M. S.; JOURDAN, P. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 2, p.121-132, 2014.

PINTO, T. B. **Avaliações das ações de plantio e de remoção de indivíduos arbóreos no município do Rio de Janeiro**. 2023. 45 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.

PRISTO, M. V. J.; DERECHYNSKI, C. P.; SOUZA, P. R.; MENEZES, W. F. Climatologia de chuvas intensas no Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, v. 4, p. 615 630, 2018.

REGUEIRA; A. D. O. & WANDERLEY; H. S. Changes in rainfall rates and increased number of extreme rainfall events in Rio de Janeiro city. **Natural Hazards**, v. 114, n.3, p.3833-3847, 2022.

RIBEIRO, F. A. B. S. Arborização Urbana em Uberlândia: Percepção da População. **Revista da Católica**, v. 1, n. 1, p. 224-237, 2009.

RIBEIRO, P; LOPES, A. Modelação do risco de queda de árvores sobre as viaturas devido a ventos fortes em Lisboa. In: CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA, 8., 2011. Lisboa. Anais... Lisboa: CGP, 2011. p. 1-6.

RIO DE JANEIRO. Madrugada foi marcada por ventos muito fortes. Rajadas chegaram a 93.6 km/h em Copacabana. 2022. Disponível em: <https://cor.rio/madrugada-foi-marcada-por-ventos-muito-fortes-rajadas-chegaram-a-93-6-km-h-em-copacabana/> Acesso em: 20 de jan. 2024.

ROCHA, R. T. D., LELES, P. S. D. S., & OLIVEIRA NETO, S. N. D. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. **Revista árvore**, v. 28, p. 599-607, 2004.

ROMERO, Marta Adriana Bustos et al. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; ETB, 2019.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.

SICILIANO, W. C.; BASTOS, G. P.; OLIVEIRA, I. T.; SILVA, G. N.; OBRACZKA, M.; OHNUMA JR, A. A. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no município do Rio de Janeiro. **Revista Internacional de Ciências**, v. 08, n. 02, p. 221-233, 2018.

SOUZA, P. H.M. **Tendências observadas de eventos de precipitação intensa na região metropolitana do Rio de Janeiro e áreas adjacentes**. 2021. 120f. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE – São José dos Campos, SP, 2021.

SMAC. 2015. Inventário da Cobertura Arbórea da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PCRJ/SMAC, 232p.

ZANIVAN, J.; POLLON, R.; MURARA, P. G. Análise de possível tornado na cidade de Tapejara, Rio Grande do Sul: **Revista Geonorte**, v. 11, n. 37, p. 22-38, 2020.

ZANGALLI, C., DA SILVA, G. M. A., FOCKINK, G. D., SANTOS, L. L. C., DE AQUINO, M. G. C., & KANIESKI, M. R. Condições fitossanitárias e danos em árvores caídas após passagem de ciclone bomba no campus da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC. **Acta Biológica Catarinense**, v. 8, n. 2, p. 62-68, 2021.

ZERI, M.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; LYRA, G. B. Spatiotemporal analysis of particulate matter, sulfur dioxide and carbon monoxide concentrations over the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v.113, p.1-14. 2011.

ZEA-CAMAÑO, J. D.; SOUTO, P. C.; DE OLIVEIRA FREIRE, A. L.; SOUTO, J. S.; CORTEZ COSTA, R. M.; RAMOS, T. M. Acúmulo de particulados atmosféricos e sua influência nos pigmentos fotossintéticos de duas espécies arbóreas na cidade de Patos, PB, Brasil. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 365-74, 2017.

ZORZI, L. M.; GRIGOLETTI, G. C. Contribuições da arborização para o conforto ambiental e a eficiência energética urbana. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 2, p. 75-84, 2016.

WANDERLEY, H. S.; FERNADES, R. C.; CARVALHO, A. L. Aumento das temperaturas extremas na cidade do Rio de Janeiro e o desvio ocasionado durante um evento de El Niño intenso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n. 4, p. 1291-1301, 2019.

8.ANEXO

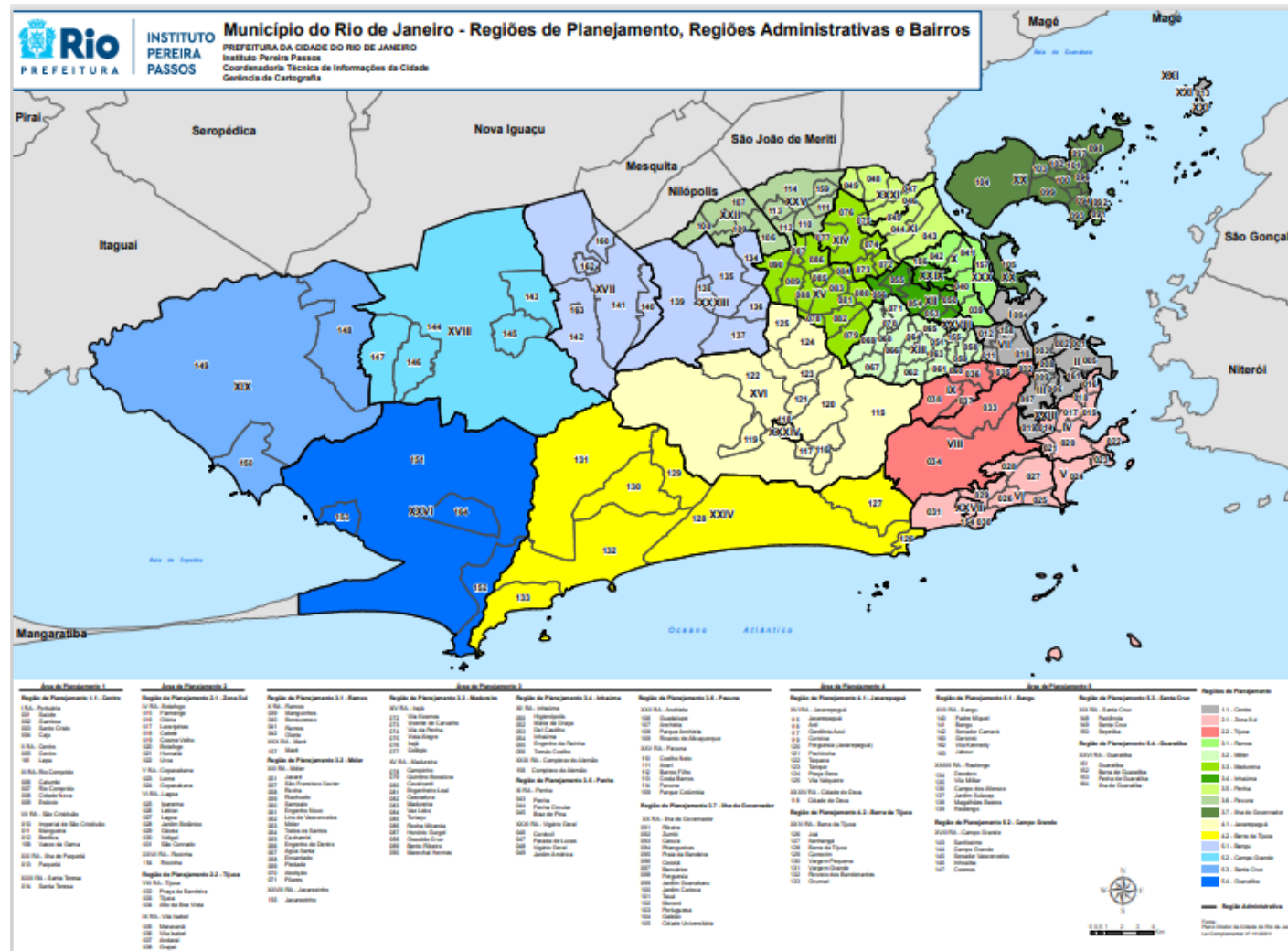


Figura 9: Mapa das áreas de planejamento (AP), regiões administrativas (RA) e bairros do município do Rio de Janeiro-RJ. Fonte: DATA RIO (2024d).