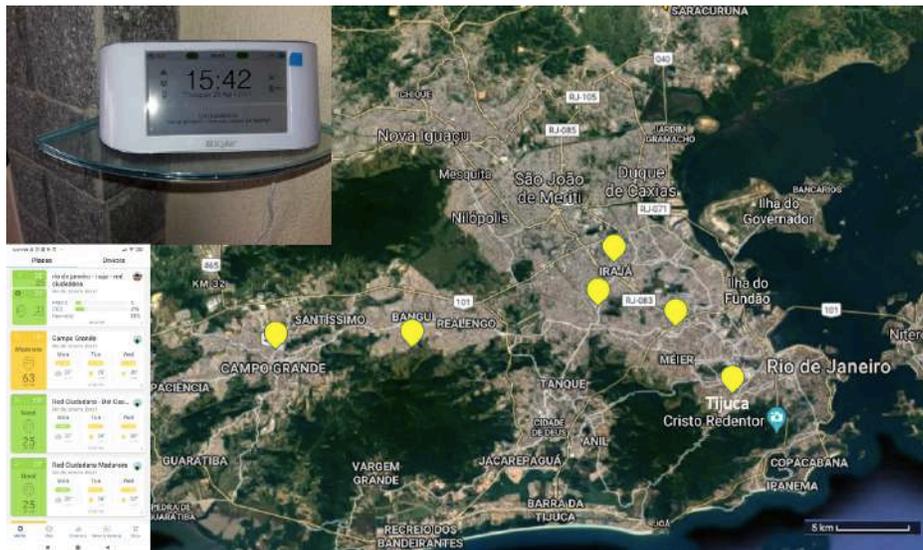


Laboratório de Química Atmosférica e Poluição  
Instituto de Química  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## PROJETO ARES NOVOS PARA A PRIMEIRA INFÂNCIA

### Relatório Janeiro-Novembro 2021



Responsáveis:

Dra. Graciela Arbilla de Klachquin

Professora Titular da UFRJ e Pesquisadora do CNPq

Dr. Cleyton Martins da Silva

Professor da Universidade Veiga de Almeida e Coordenador do Mestrado  
Profissional em Ciências do Meio Ambiente

Novembro 2021

---

**Equipe:**

**Graciela Arbilla de Klachquin**

(Professora e Pesquisadora Instituto de Química/CCMN/Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ)

**Cleyton Martins da Silva**

(Professor e Pesquisador Universidade Veiga de Almeida, UVA/Mestrado Profissional em Meio Ambiente)

**Danilo Pinto Moreira Júnior**

(Universidade Veiga de Almeida)

**Bruno Siciliano Ramos Barros**

(Instituto de Química/UFRJ)

**João Rogério Borges de Amorim Rodrigues**

(Instituto de Química/UFRJ)

**Colaboração:**

Secretaria Municipal de Meio Ambiente (Prefeitura do Rio de Janeiro)

**Financiamento e apoio:**

Fundación Horizonte Ciudadano/ Aires Nuevos para la Primera Infancia



**UFRJ**

**UVA**



*Red Ciudadana de Calidad del Aire para la Primera*

*Infancia: <https://www.horizonteciudadano.cl/aires-nuevos-para-la-primera-infancia/>*

**Divulgação do projeto:**

-Primeira Mostra Virtual de Projetos para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: <http://agenda2030.ccmn.ufrj.br/wp-content/uploads/2021/06/Ares-novos-para-a-primeira-infancia.pdf>



-Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química 2021: <https://proceedings.science/rasbq-2021/papers/-aires-nuevos-para-la-primeira-infancia---um-programa-internacional-para-o-monitoramento-e-gerenciamento-da-qualidade-do?lang=pt-br>



**Vídeos do projeto:** [https://www.youtube.com/watch?v=aeOueAj\\_Ag&t=10s](https://www.youtube.com/watch?v=aeOueAj_Ag&t=10s)

<https://www.youtube.com/watch?v=FQhMlfavopw>

## CONTEÚDO

Índice de figuras e tabelas	5
1 Introdução	6
2 Legislação brasileira	8
3 Locais de estudo	9
3.1 Bangu	10
3.2 Campo Grande	11
3.3 Del Castilho	12
3.4 Irajá	12
3.5 Madureira	13
3.6 Tijuca	14
4 Intercalibração dos monitores	15
5 Comparação dos valores obtidos por um dos monitores com os valores informados pela estação de monitoramento da qualidade do ar de Irajá	16
6 Resultados: concentrações horárias e médias diárias de MP <sub>2,5</sub> determinadas nos locais de medição	17
7. Trajetória das massas de ar	23
8. Conclusões	27
8.1 Avaliação do desempenho	27
8.8 Resultados e continuidade do projeto	28
9. Referências	30

## FIGURAS

Figura 1: Locais de instalação dos monitores no município de Rio de Janeiro (pontos em amarelo): 1-Campo Grande, 2-Bangu, 3-Irajá, 4-Madureira, 5-Del Castilho e 6-Tijuca	10
Figura 2: Comparação das concentrações de $MP_{2,5}$ ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) determinadas com os cinco monitores IQAir-Air Visual Pro	15
Figura 3: Comparação das medidas de $MP_{2,5}$ ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) obtidas pelo monitor IQAir-Air Visual Pro, instalado em Irajá, com as medidas da estação de monitoramento. Médias diárias entre os dias 19/02/2021 e 30/04/2021	16
Figura 4: Concentrações (médias de 24 horas) determinadas nos locais de estudo	17
Figura 5: Índices diários de qualidade do ar para $MP_{2,5}$ conforme a legislação brasileira: a) Bangu, b) Campo Grande, c) Del Castilho, d) Irajá, e) Madureira, f) Tijuca. Os valores maiores que $15 \mu\text{g m}^{-3}$ são indicados em roxo	19-21
Figura 6: Simulação das massas de ar chegando em Irajá no dia 09 de julho de 2021 às 5:00 h (horário local): a) deslocamento nas últimas cinco horas, b) concentrações c) deslocamento nas últimas 12 horas	24-25
Figura 7: Simulação das massas de ar chegando em Campo Grande no dia 09 de julho de 2021 às 5:00 h (horário local): a) deslocamento nas últimas cinco horas, b) concentrações c) deslocamento nas últimas 12 horas	26-27

## TABELA

Tabela 1. Número relativo (%) de dias com qualidade do ar boa, moderada e ruim e com valores de concentrações $> 15 \mu\text{g m}^{-3}$	22
---	----

## 1. Introdução

Dentre os principais poluentes atmosféricos urbanos destacam-se o ozônio troposférico e o material particulado grosso e fino ( $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$ ). Em 2018, a partir da promulgação da Resolução 491/2018, o Conselho Nacional do Meio Ambiente incluiu o material particulado fino (material com diâmetro até  $2,5 \mu\text{m}$  -  $MP_{2,5}$ ) como um dos parâmetros a serem monitorados para a determinação da qualidade do ar no Brasil (CONAMA, 2018).

Na cidade do Rio de Janeiro (6.740.000 habitantes), entretanto, somente em uma de suas oito estações de monitoramento da qualidade do ar operadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente da cidade do Rio de Janeiro é determinado o  $MP_{2,5}$ . Esses valores são os únicos disponibilizados para a população, através do Boletim Diário da Qualidade do Ar, e das bases de dados Data Rio (Data.Rio, 2021; SMAC, 2021a). A agência estadual, Instituto Estadual do Ambiente (INEA), conta com estações que monitoram, de seis em seis dias, material particulado, usando amostradores de grande volume e determinação gravimétrica. O último relatório de qualidade do ar disponível é relativo ao ano de 2018 (INEA, 2018). Como atualmente o boletim de qualidade do ar não é publicado, a população não consegue saber (em tempo real) quais poluentes estão sendo medidos e quais os níveis e o índice de qualidade do ar. Até o ano de 2021 não existiam monitores da rede IQAir (IQAir, 2021a) na cidade do Rio de Janeiro e Região Metropolitana e os dados disponibilizados no site do projeto eram medidas de satélite.

O objetivo principal deste projeto é obter informações sobre as concentrações de  $MP_{2,5}$  em áreas da cidade do Rio de Janeiro com alta densidade populacional, crianças em idade pré-escolar e escolar e famílias morando em condições desfavoráveis (baixo índice de qualidade de vida e/ou

qualidade do ar regular) utilizando monitores de baixo custo IQAir-Air Visual Pro (IQAir, 2021b). Esses resultados serão compartilhados e discutidos com a Prefeitura da cidade de forma que possam ser utilizados como suporte na procura de soluções para os problemas de qualidade do ar e qualidade de vida da população, especialmente das crianças.

O projeto está integrado ao Projeto *Aires Nuevos para la Primera Infancia* desenvolvido pela Rede Convergência para a Ação, iniciativa que visa a geração de uma rede regional de qualidade do ar com foco na primeira infância, através do monitoramento da qualidade do ar nos entornos onde os meninos e meninas moram e desenvolvem suas atividades de estudo e lazer (Convergencia, 2021).

Este projeto tem a participação de alunos e pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Universidade Veiga de Almeida e os resultados serão discutidos em conjunto com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Será parte também das ações de ambas as universidades para apoiar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Agenda 2030 (ODS, 2021; Agenda 2030, 2021) e das linhas de pesquisa do Mestrado Profissional em Ciências do Meio Ambiente da Universidade Veiga de Almeida (UVA, 2021).

Em particular o projeto está fortemente vinculado aos ODS:

*objetivo 3* (saúde e bem-estar): através do monitoramento, será possível identificar os locais da cidade que apresentam condições críticas de qualidade do ar (no referente ao material particulado) e avaliar o real risco à saúde da população mais vulnerável, especialmente crianças;

*objetivo 11* (cidades e comunidades sustentáveis): a partir da identificação das áreas mais críticas e da análise das fontes de emissão e dos movimentos das massas de ar, será possível propor soluções para melhorar a qualidade do ar;

*objetivo 17* (parcerias e meios de implementação): o projeto contempla parcerias entre uma universidade pública e outra da rede privada, a Prefeitura

da cidade do Rio de Janeiro, a organização Convergencia para la Acción (Chile) e colaborações com outras universidades e instituições de América Latina.

## **2. Legislação brasileira**

Os primeiros Padrões Nacionais de Qualidade do Ar no Brasil foram estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), do Ministério do Meio Ambiente, em 1990 (CONAMA, 1990). Na época esses padrões representaram um grande avanço, mas ficaram desatualizados, especialmente após a publicação das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005 (WHO, 2005). Só em novembro de 2018, o CONAMA publicou a Resolução número 491, com novos valores (CONAMA, 2018). A nova legislação (Resolução 491) está baseada nas Guias de Qualidade do Ar publicadas pela OMS em 2005 (AQGs) e estabelece 3 valores intermediários e um valor final (coincidente com o valor proposto pela OMS). O primeiro valor intermediário (PI-1) entrou em vigor imediatamente, mas não foram estabelecidos prazos para as seguintes atualizações. Os antecedentes e modificações das AQGs e da legislação brasileira foram discutidos detalhadamente por Siciliano et al. (2019), para todos os compostos contemplados na nova Resolução.

Conforme a Resolução 491, os valores vigentes (PI-1) para as médias anuais de  $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$  são 40 e 20  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente. As médias vigentes (PI-1) de 24 horas para  $MP_{10}$  e  $MP_{2,5}$  são 120 e 60  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente.

Em setembro de 2021, após mais de 15 anos, foram publicadas as novas recomendações da OMS (WHO, 2021) nas quais a principal mudança é a redução nos níveis máximos de material particulado. Para o  $MP_{10}$  (material particulado com diâmetro até 10  $\mu\text{m}$ ), os valores foram reduzidos de 20 e 50  $\mu\text{g m}^{-3}$  para 15 e 45  $\mu\text{g m}^{-3}$ , para a média anual e de 24 horas, respectivamente. Já para o  $MP_{2,5}$  (material particulado com diâmetro até 2,5  $\mu\text{m}$ ), os valores foram

reduzidos de 10 e 25  $\mu\text{g m}^{-3}$  para 5 e 15  $\mu\text{g m}^{-3}$ , para a média anual e de 24 horas, respectivamente. Essa atualização das recomendações é uma clara resposta da OMS à real e contínua ameaça da poluição à saúde das pessoas em geral e das crianças em particular. Obviamente, os valores da legislação brasileira são muito altos em comparação com as AQGs de 2005 e ainda maiores em comparação com as recomendações da OMS em 2021.

Para o cálculo do Índice de Qualidade do Ar (IQA) são considerados os valores de 24 horas, sendo Qualidade do ar boa para  $\text{MP}_{10}$  e  $\text{MP}_{2,5}$  para valores até 50 e 25  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente. Mais uma vez, esses valores são maiores que os valores propostos recentemente pela OMS (45 e 15  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente). Essa defasagem da legislação e as evidências, cada vez maiores, dos efeitos da poluição, especialmente das concentrações de  $\text{MP}_{2,5}$  na saúde, indicam a necessidade urgente de maior monitoramento nas cidades brasileiras e o estabelecimento de planos de gerenciamento e melhoria da qualidade do ar (Dantas et al., 2021).

### **3. Locais de estudo**

Inicialmente foram escolhidos cinco locais de estudos nas zonas norte e oeste da cidade (Del Castilho, Madureira, Bangu, Irajá e Campo Grande), com numerosas escolas e creches na vizinhança, e caracterizados por qualidade do ar regular, de acordo com os boletins de qualidade do ar da SMAC. Posteriormente, um dos locais (Madureira) precisou ser substituído porque, apesar de sua grande importância pelos valores relativamente altos de concentrações de material particulado, era um edifício do município que abrigava um projeto que foi desativado pela Prefeitura. O monitor foi, então, instalado no bairro da Tijuca, na zona norte da cidade. Os locais escolhidos são mostrados na Figura 1 e descritos nos itens seguintes.



Figura 1: Locais de instalação dos monitores no município de Rio de Janeiro (pontos em amarelo): 1-Campo Grande, 2-Bangu, 3-Irajá, 4-Madureira, 5-Del Castilho e 6-Tijuca. A área aproximada do município do Rio de Janeiro está marcada pelo retângulo branco. As principais áreas industriais estão indicadas em vermelho (Duque de Caxias, São João de Meriti, Nova Iguaçu, Santa Cruz e Campo Grande). Os grandes maciços montanhosos estão marcados em verde (Tijuca, Pedra Branca e Gericinó-Mendanha). Também estão indicadas as rosas dos ventos das principais áreas estudadas.

### 3.1. Bangu:

Monitor IQ Air: Y6L7V9S

Bangu– Rio de Janeiro - Red Ciudadana Rio de Janeiro, Brazil

Funcionamento: 23/04/2021-continua

Local: Rua Volga 384, Bairro de Bangu, Rio de Janeiro - Brasil

Coordenadas: -22.8889, -43.47812

Descrição: Zona oeste da cidade. Área urbana com índice de desenvolvimento médio e índice de qualidade do ar frequentemente regular. É considerado um dos bairros com maiores temperaturas e piores índices de qualidade do ar.

Cercado pelos Maciços da Pedra Branca e de Gericinó Mendanha, tem baixa circulação do ar e recebe ventos do oeste e do leste da cidade.

Nas proximidades do local de estudo há várias escolas: Creche escola Rei Leão, Escola Municipal Waldir Azevedo, Jardim escola Bonequinho Doce, Centro Educacional Os Cordeirinhos e Escola Municipal Nações Unidas. Há também uma área de recreação para crianças com público infanto-juvenil, dois campos de futebol utilizados pelos moradores do bairro, várias igrejas, mercados e drogarias. O trânsito no local é moderado, sem circulação de ônibus.

### **3.2.Campo Grande:**

*Monitor IQ Air: PAHRTAM*

*Campo Grande – Rio de Janeiro - Red Ciudadana*

*Funcionamento: 27/03/2021-continua*

*Local: Rua Jade 77, Bairro de Campo Grande, Rio de Janeiro - Brasil*

*Coordenadas: -22.888524467103885, -43.58232630914034*

*Descrição: Zona oeste da cidade. Área urbana com índice de desenvolvimento médio e índice de qualidade do ar frequentemente regular. É considerado um dos bairros com maiores concentrações de poluentes atmosféricos, com contribuição de indústrias de aço e outros metais, extração de terra e minerais e agricultura em pequena escala. O local é próximo a várias escolas: 200 m de distância da Escola Municipal Rainha Victória, 380 m da Escola Municipal Embaixador Araújo Castro e várias escolas do ensino privado. A 50 metros de distância há um área de lazer para crianças e adolescentes (Praça Jarici) com frequência de público infanto-juvenil. Nas imediações há um hospital (Clínica da Saúde, CEMERU, com centro pediátrico), vários templos religiosos, mercados e drogarias com muitos frequentadores. O trânsito no local é moderado, sem circulação de ônibus.*

### **3.3. Del Castilho:**

*Monitor IQ Air: HV JPUHU*

*Red Ciudadana - Del Castilho-Rio de Janeiro, Brazil*

*Local: Próximo a Afílio Milano 124, Bairro Del Castilho, Rio de Janeiro*

*Funcionamento: 22/01/2021-continua*

*Coordenadas: -22.879670513644133, -43.26713981958295*

*Descrição: Bairro localizado na zona norte, próximo a Higienópolis e Inhaúma, com índice de desenvolvimento médio. Outros bairros vizinhos como o Complexo do Alemão e Bandeira II, têm baixo índice de desenvolvimento.*

*Próximo ao local há duas creches (creche Plantando o Amanhã e Creche e Centro Educacional Legião da Boa Vontade, que são projetos sociais) e uma Clínica da Família (centro de atendimento público de saúde) com grande frequência de mães com bebês e crianças.*

*O monitor está colocado num condomínio onde atualmente moram aproximadamente 300 famílias, sendo que estão sendo construídos outros quatro prédios na área vizinha. O condomínio tem áreas de lazer internas e externas para as crianças, piscina e uma pequena quadra para esporte.*

### **3.4. Irajá:**

*Monitor IQ Air: CTGM9K7*

*Red Ciudadana – Irajá – Rio de Janeiro-Brazil*

*Funcionamento: 18/02/2021-24/08/2021 (o equipamento parou de funcionar nessa data e não foi possível o conserto).*

*Local: Estação de monitoramento Irajá da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Rio de Janeiro*

*Endereço: Praça Nossa Senhora da Apresentação, Bairro de Irajá, Rio de Janeiro - Brasil*

*Coordenadas: -22.83143, -43.32718*

*Descrição:* O bairro está localizado na zona norte da cidade e possui índice de desenvolvimento médio e qualidade do ar classificada frequentemente como regular. A estação está localizada na Praça Nossa Senhora da Apresentação numa região residencial e comercial, a aproximadamente 100 m de duas vias de trânsito importantes com alto fluxo de veículos leves e pesados. A área tem dois supermercados, com circulação de caminhões, um cemitério, um ponto de taxi e outro de ônibus. Na praça são realizadas atividades culturais e de recreação, com a presença de crianças, adultos e idosos. Nas proximidades está localizada uma escola da rede de ensino privada.

O local foi escolhido por ser a única estação da Prefeitura que possui um monitor de material particulado fino, que será utilizado como referência inicial. O monitor foi instalado na parte externa da estação num lugar protegido da chuva e do sol direto, com energia elétrica e internet.

### **3.5. Madureira:**

*Monitor IQ Air: KKSU4C7*

*Red Ciudadana – Madureira – Rio de Janeiro-Brazil*

*Funcionamento: 18/02/2021-04/08/2021*

*Local: Parque Madureira, Bairros Madureira e Guadalupe, Rio de Janeiro*

*Endereço oficial: Rua Soares Caldeira, 115 - Madureira, Rio de Janeiro - Brasil*

*Coordenadas: -22.864980242752537, -43.34420915709099*

*Descrição:* O parque está localizado em Madureira, na zona norte da cidade. Os bairros próximos são Rocha Miranda, Oswaldo Cruz e Honório Gurgel, áreas urbanas com índice de desenvolvimento médio e baixo.

A construção do atual Parque de Madureira faz parte de um projeto de revitalização do bairro de mesmo nome e outros adjacentes, permitindo a construção de uma área de lazer e prática de esportes destinada à população local.

O monitor foi colocado no edifício onde, no momento da instalação, estava sendo desenvolvido o projeto de educação ambiental da Prefeitura que atende aproximadamente 1000 crianças na idade escolar e pré-escolar. O parque é usado também como áreas de lazer e prática de esportes pelas famílias dos bairros próximos. O parque, construído em 2012, é administrado pela Prefeitura. Infelizmente, no mês de agosto o projeto foi transferido e foi necessário retirar o equipamento.

### **3.6.Tijuca:**

*Monitor IQ Air: KKSU4C7*

*RedCiudadana - Rio de Janeiro, Brazil*

*Local: Rua Barão de Itapagipe, 575 – Tijuca, Rio de Janeiro.*

*Funcionamento: 17/08/2021-continua*

*Coordenadas: 22°55'30.15"S, 43°13'15.86"W*

*Descrição:* Bairro localizado na zona norte da capital fluminense é possuidor de ampla cobertura vegetal, uma vez que boa parte do Parque Nacional da Tijuca encontra-se no bairro. Apesar de ser o bairro residencial mais bem atendido por estações de metrô (com quatro delas), o tráfego veicular é intenso. Sendo considerado um bairro de classe média, muitos de seus moradores possuem veículos próprios, muitas vezes mais de um automóvel por família. A região é ainda atendida por muitas linhas de ônibus, de modo que em certas horas do dia o tráfego é intenso pelas principais vias do bairro.

O aparelho foi instalado em uma rua que segue até o bairro vizinho do Rio Comprido. Uma linha de ônibus circula pela rua à altura do monitor, que também está instalado próximo a um posto de combustível, muito movimentado. A rua é bem arborizada, e tem a sul o morro do Sumaré, a sudeste a Chacrinha – comunidade carente de médio porte, e habitada por muitas famílias com crianças. Esses morros ainda contam com pronunciada cobertura vegetal. Próximo ao local da monitoramento, a nordeste, estão ainda uma

escola popular do nível fundamental, (Casa de Jacira) a 95,87m, e o Hospital Geral da Aeronáutica a 991,64 m. A leste, encontra-se um hospital particular (Casa de Portugal) a 1051,08 m. A sudeste, a 154,41m está a Creche Municipal dos Sonhos e a 46,47 m a noroeste do monitor, está um dojô de karatê (Nihon Karate Kyoka), que atende a muitas crianças.

#### 4. Intercalibração dos monitores

Foram registradas 28 medições em quatro dias diferentes, para valores *indoor* e *outdoor*, sendo comparados os cinco monitores. Os resultados estão mostrados na Figura 2, mostrando uma excelente concordância entre os cinco dispositivos, com valores médios para as 28 medições com cada equipamento que diferem em menos de 17% do valor médio geral.

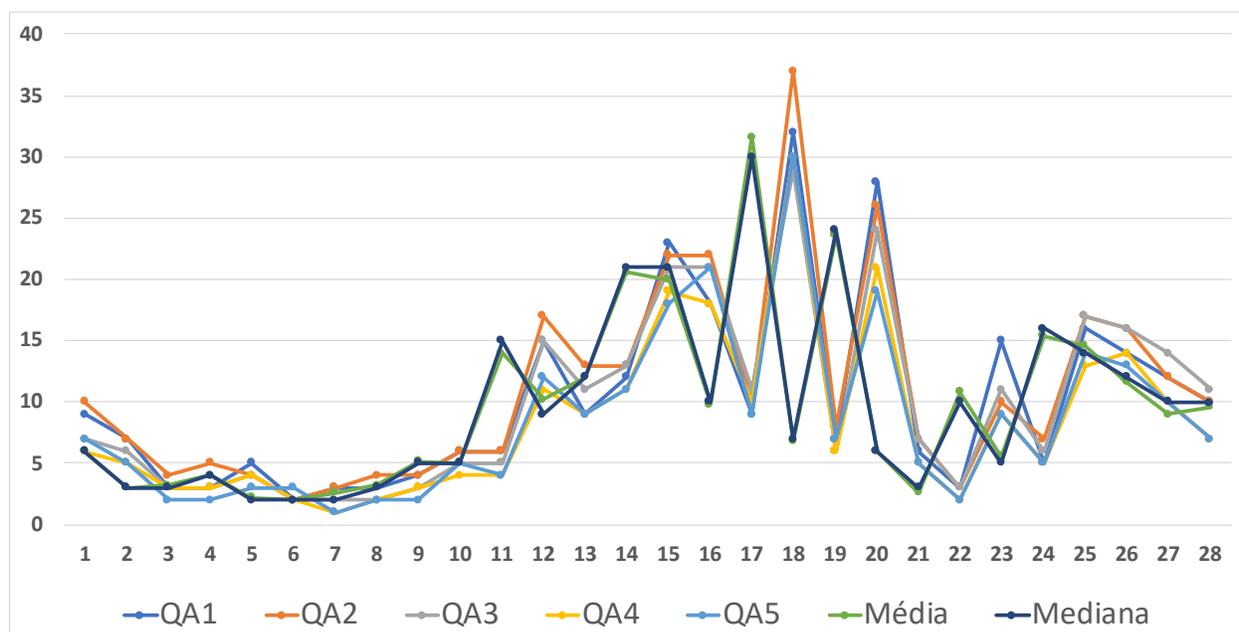


Figura 2: Comparação das concentrações de  $MP_{2,5}$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) determinadas com os cinco monitores IQAir-Air Visual Pro

## 5. Comparação dos valores obtidos por um dos monitores com os valores informados pela estação de monitoramento da qualidade do ar de Irajá

Para comparar os valores obtidos pelo monitor IQAir com dados da estação de monitoramento da SMAC em Irajá, foram calculadas as médias diárias dos valores horários fornecidos pela base de dados IQAir (IQAir, 2021a). Esses valores foram comparados com os informados no boletim de qualidade do ar da SMAC (SMAC, 2021b). Em geral os valores obtidos pela estação de monitoramento são maiores, tendo sido calculada uma diferença média de 24% (Figura 3).

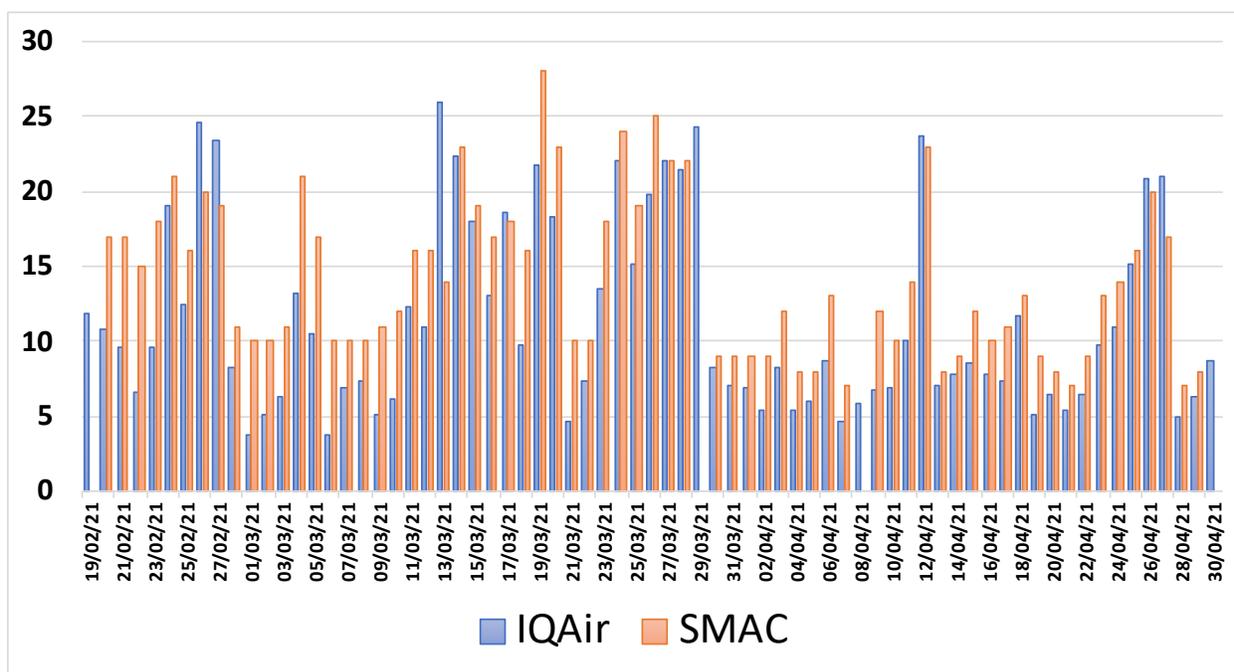


Figura 3: Comparação das medidas de  $MP_{2,5}$  ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) obtidas pelo monitor IQAir-Air Visual Pro, instalado em Irajá, com as medidas da estação de monitoramento. Médias diárias entre os dias 19/02/2021 e 30/04/2021

Essa diferença pode ser atribuída a vários fatores: dados faltantes, erro do medidor IQAir e também ao fato das medições com o monitor IQAir estarem sendo realizadas a aproximadamente 1 metro do chão num local protegido do

sol e a chuva e, portanto, com menor circulação de ar que o local de entrada do ar na estação (pelo teto da mesma). Deve ser notado que não é possível colocar o monitor IQAir no teto da estação porque ficará sujeito às inclemências do tempo e não está preparado para isso.

### 6.Resultados: concentrações horárias e médias diárias de $MP_{2,5}$ determinadas nos locais de medição

Os monitores mostram as concentrações instantâneas, assim como as médias horárias de  $MP_{2,5}$ . Já no aplicativo do celular é possível observar, na forma de figuras, os últimos valores das médias horárias e diárias, e o último valor instantâneo reportado. Finalmente na base de dados são informados os valores instantâneos e as médias horárias transmitidas através da rede IQAir. As médias horárias para cada local foram obtidas na forma de planilha e posteriormente foram calculadas as médias diárias e apresentadas na forma de *boxplots* utilizando um *script* em linguagem R, tal como mostrado na Figura 4.

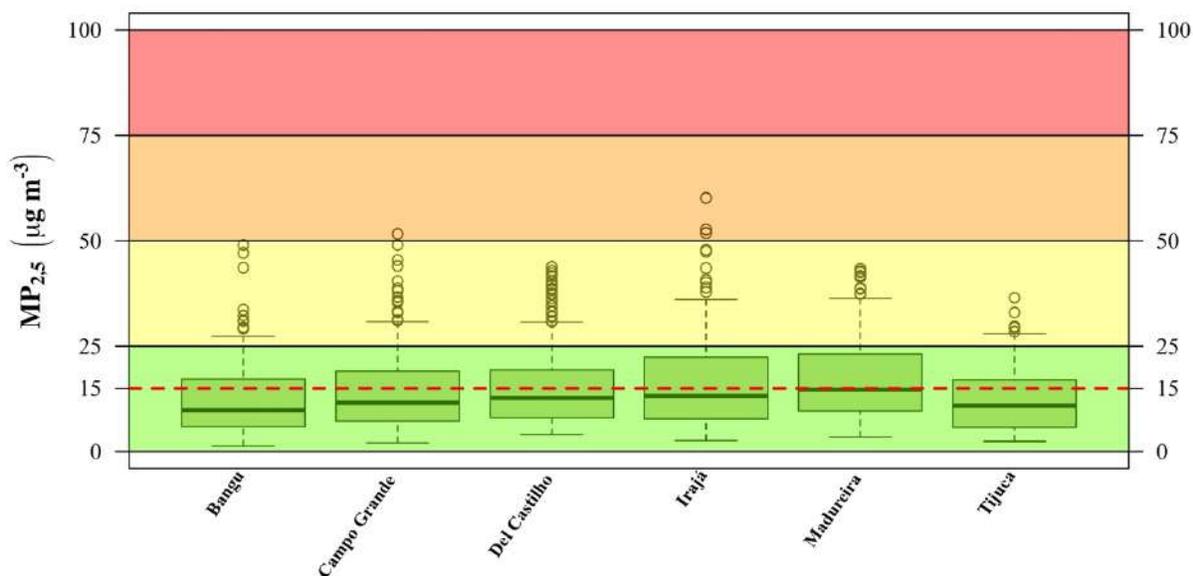


Figura 4: Concentrações (médias de 24 horas) determinadas nos locais de estudo. Conforme a legislação brasileira, valores na faixa 0-25  $\mu\text{g m}^{-3}$

correspondem à qualidade do ar boa, já os valores  $>25-50 \mu\text{g m}^{-3}$  e  $>50-75 \mu\text{g m}^{-3}$  e, correspondem à qualidade do ar moderada e ruim, respectivamente. Na figura é indicado, também, o valor  $15 \mu\text{g m}^{-3}$  estabelecido recentemente pela OMS.

Observa-se que as medianas correspondem, em todos os casos, à qualidade do ar boa (conforme a legislação brasileira), porém muitos valores correspondem à qualidade do ar moderada e/ou são superiores a  $15 \mu\text{g m}^{-3}$  (valor estabelecido pela OMS em 2021).

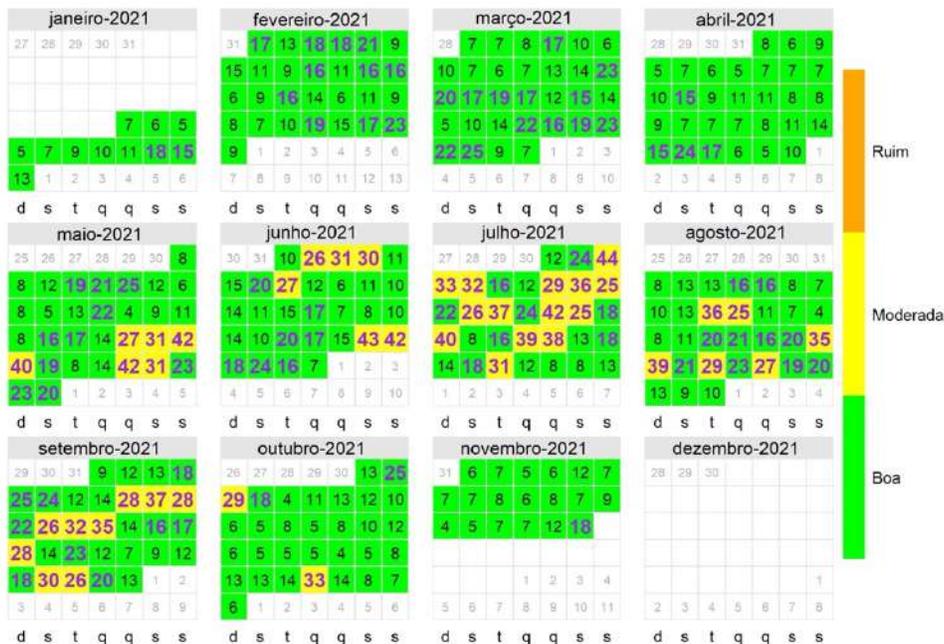
Para uma melhor análise desses resultados, nas Figuras 5a-5f são mostrados os dias com qualidade do ar boa, moderada e ruim, conforme a legislação brasileira para o período estudado em cada local. Os valores de concentração maiores que  $15 \mu\text{g m}^{-3}$  são indicados em roxo. O número relativo (%) de dias em cada faixa é mostrado na Tabela 1.

Pode ser observado que os meses com piores índices de qualidade do ar para material particulado fino são os do outono-inverno, que correspondem ao período de clima seco, com os piores registros para o mês de julho. A partir de outubro, com o aumento das chuvas (o ano de 2021 foi muito chuvoso nesse mês), as concentrações de  $\text{MP}_{2,5}$  diminuem. Como os períodos de registro dos dados não coincidem, é difícil fazer uma comparação entre os locais, porém ao ser observado o mês de julho (Campo Grande, Bangu, Madureira, Irajá e Del Castilho) os piores índices foram observados em Irajá (3 ultrapassagens do valor de  $50 \mu\text{g m}^{-3}$ ) e Campo Grande (1 ultrapassagem desse valor). Nesse mês Irajá, Campo Grande, Del Castilho e Madureira registraram 22 dias com concentrações  $> 15 \mu\text{g m}^{-3}$  (71% dos valores) e Bangu registrou 16 dias (52%).

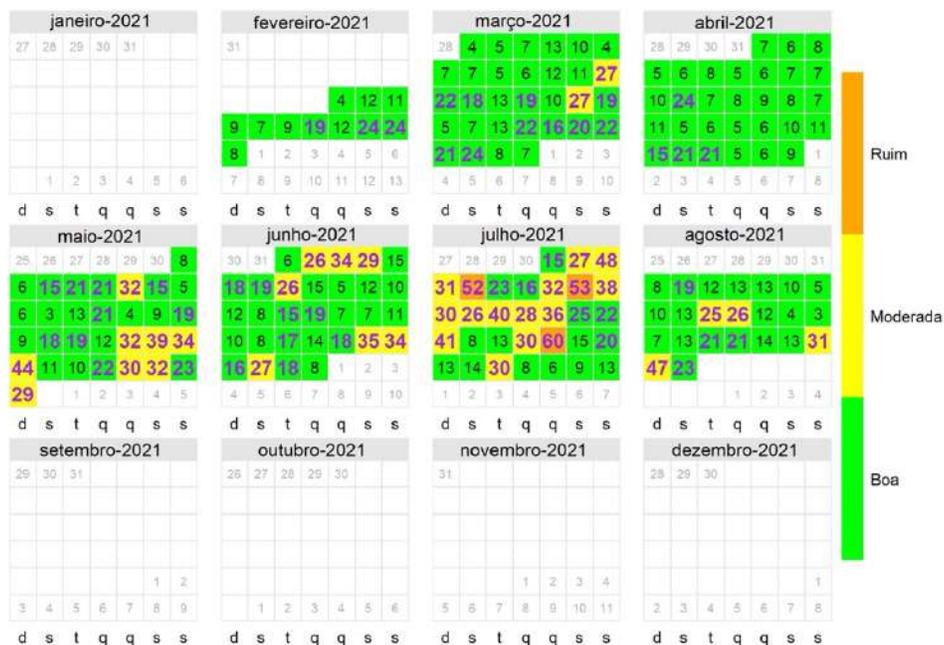
Esses resultados indicam que, mesmo conforme a legislação brasileira  $>80\%$  dos dias apresentam índices considerados bons, ao ser considerada a recomendação da OMS, as ultrapassagens do valor recomendado acontecem aproximadamente num terço dos dias do ano, e no inverno em mais da metade dos dias.



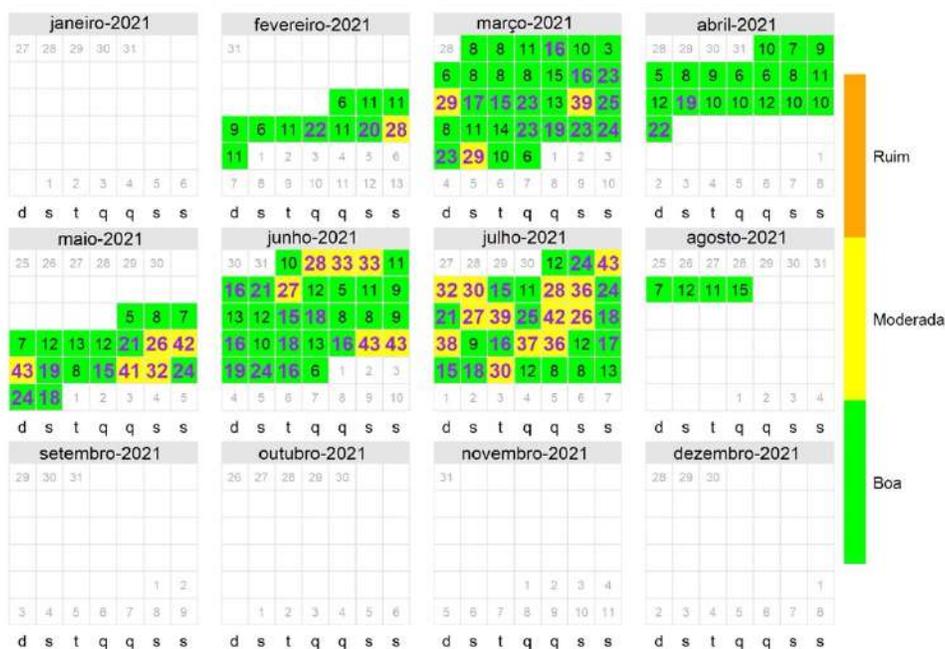
### Del Castilho



### Irajá



### Madureira



### Tijuca

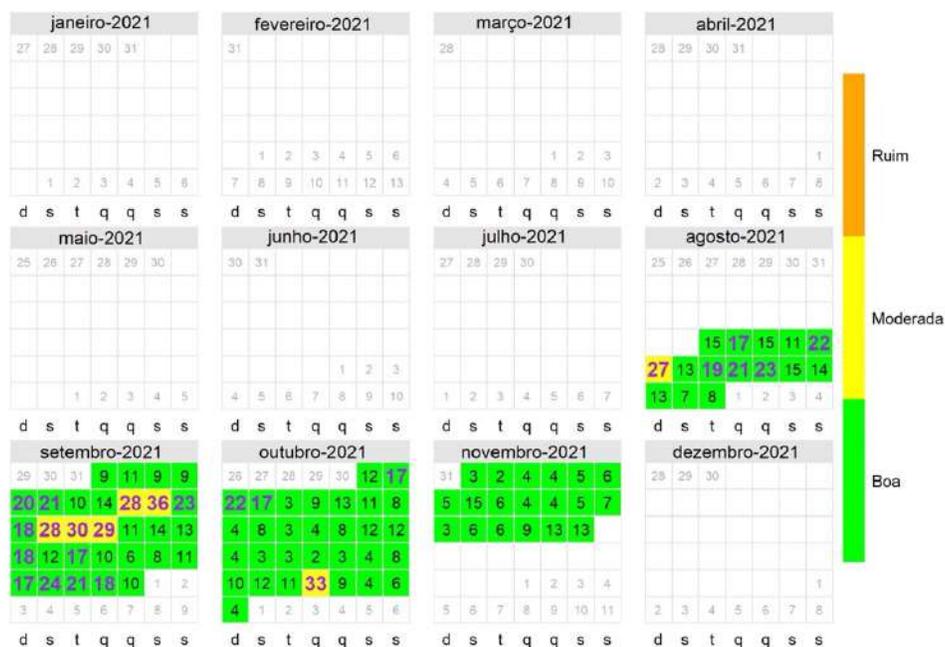


Figura 5: Índices diários de qualidade do ar para MP<sub>2,5</sub> conforme a legislação brasileira: a) Bangu, b) Campo Grande, c) Del Castilho, d) Irajá, e) Madureira, f) Tijuca. Os valores iguais ou maiores que 15  $\mu\text{g m}^{-3}$  são indicados em roxo (os

valores 15 não marcados correspondem a arredondamento de valores > 14,5; os valores marcados iguais ou maiores que 15).

Tabela 1. Número relativo (%) de dias com qualidade do ar boa, moderada e ruim e com valores de concentrações > 15  $\mu\text{g m}^{-3}$

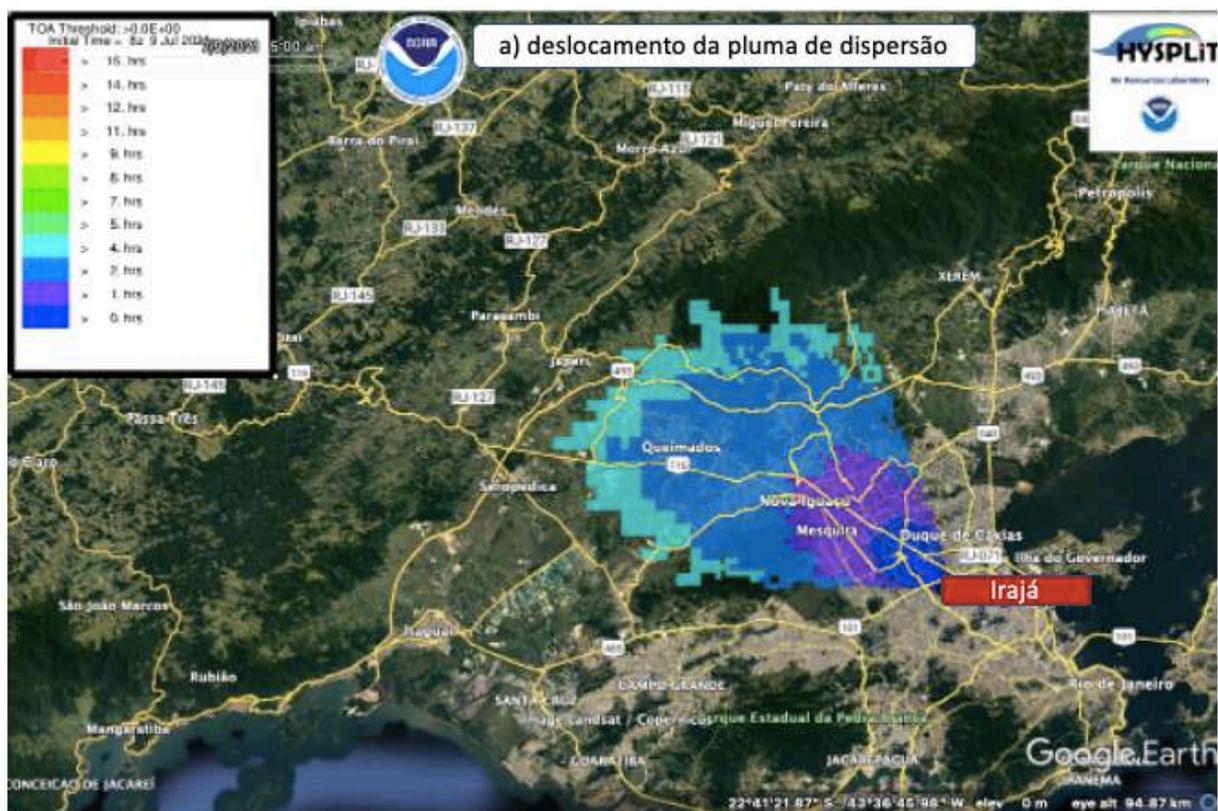
Local	Dias com medições	Qualidade do ar boa 0-25 $\mu\text{g m}^{-3}$	Qualidade do ar moderada >25-50 $\mu\text{g m}^{-3}$	Qualidade do ar ruim >50-75 $\mu\text{g m}^{-3}$	Concentrações > 15 $\mu\text{g m}^{-3}$	Mediana
<b>Bangu</b>	211	89,57%	10,43%	0%	31,75%	8,9
<b>Campo Grande</b>	232	84,48%	15,09%	0,43%	34,00%	11,6
<b>Del Castilho</b>	303	86,14%	13,86%	0%	39,60%	12,7
<b>Irajá</b>	185	80,00%	18,38%	1,62%	43,24%	13,2
<b>Madureira</b>	146	80,82%	19,18%	0%	47,26%	14,7
<b>Tijuca</b>	95	92,63%	7,37%	0%	26,31%	10,9

## 7. Trajetórias das massas de ar

No dia 09 de julho de 2021 foram obtidas as maiores médias de 24 horas, em particular em Irajá e Campo Grande os valores foram 52,7 e 51,6  $\mu\text{g m}^{-3}$ , respectivamente e nos outros locais foram maiores que 30  $\mu\text{g m}^{-3}$ . Usando o modelo HYSPLIT (no modo dispersão) foram simuladas as massas de ar chegando nos locais de estudo em Irajá e Campo Grande (HYSPLIT, 2021). As máximas concentrações horárias foram observadas à 5:00 h (hora local) do dia 09 de julho de 2021. Na Figura 6 são mostradas as massas de ar chegando nesse horário

considerando 5 horas de trajetória (ou seja massas de ar correspondentes ao horário entre 0:00 e 5:00 h) e considerando 12 horas de trajetória (ou seja massas de ar correspondentes ao horário entre 17:00 e 5:00 h). Nas Figuras 6a) e 6b), observa-se que as massas de ar chegando durante a noite foram originadas nas regiões industriais do norte e nordeste da Região Metropolitana de Rio de Janeiro (Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Belford Roxo e outras áreas dos polos químico e petroquímico). Já a Figura 6c) mostra que nas últimas horas da tarde do dia anterior (08 de julho de 2021) as massas de ar foram originadas no sud-sudeste, área com emissões predominantemente veiculares. Nos mapas são mostradas, também, as principais vias de trânsito.

Na Figura 7, são mostradas as massas de ar chegando em Campo Grande. O comportamento é, em geral o mesmo, sendo notado que as massas de ar para o período noturno (Figura 7a) foram originadas nas regiões de Seropédica e a área industrial no oeste da Região Metropolitana.



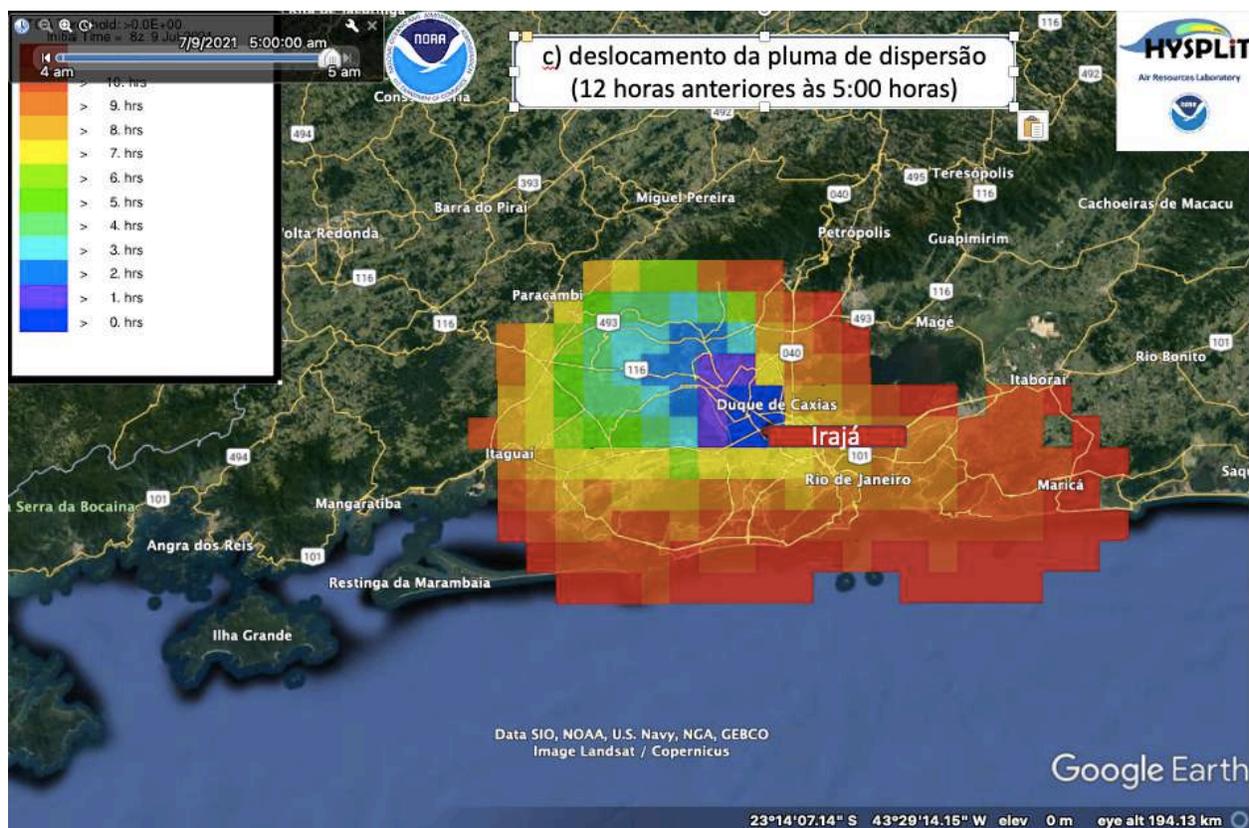
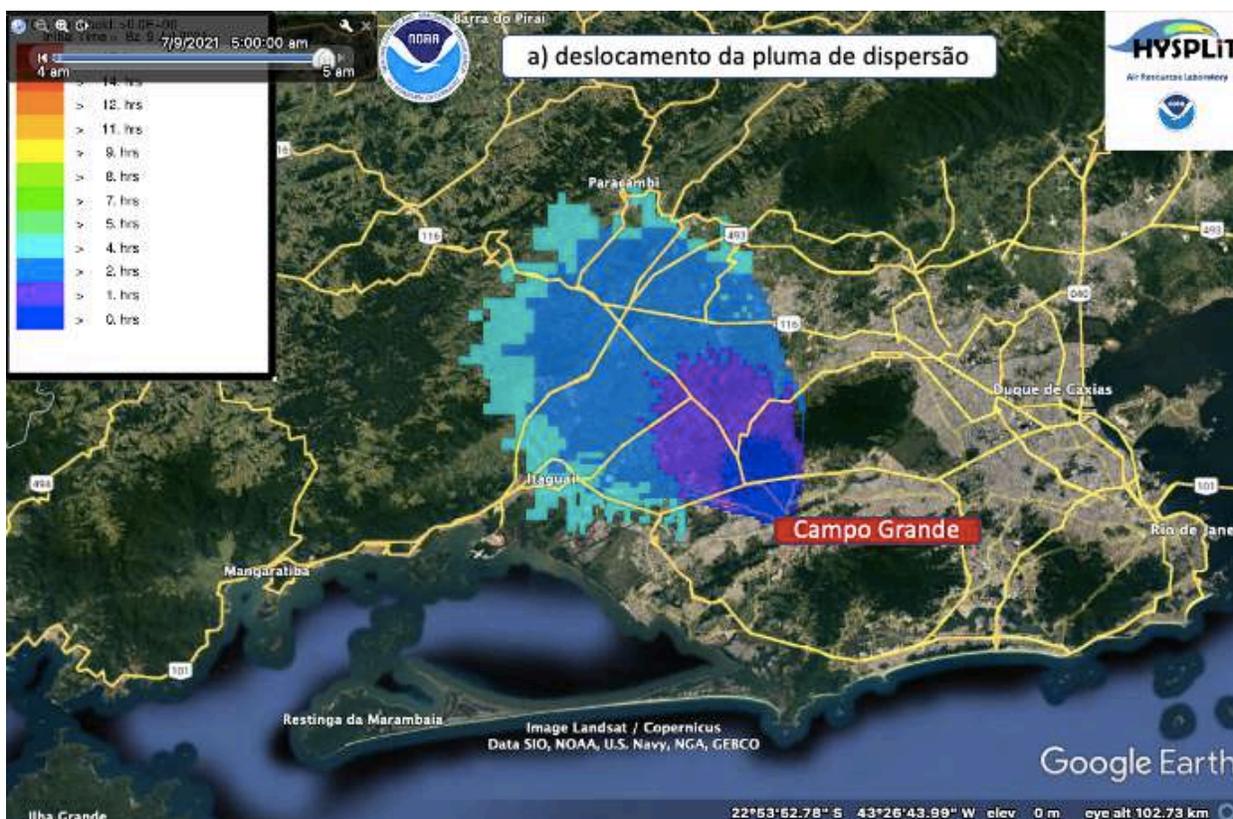


Figura 6: Simulação das massas de ar chegando em Irajá no dia 09 de julho de 2021 às 5:00 h (horário local): a) deslocamento nas últimas cinco horas, b) concentrações c) deslocamento nas últimas 12 horas



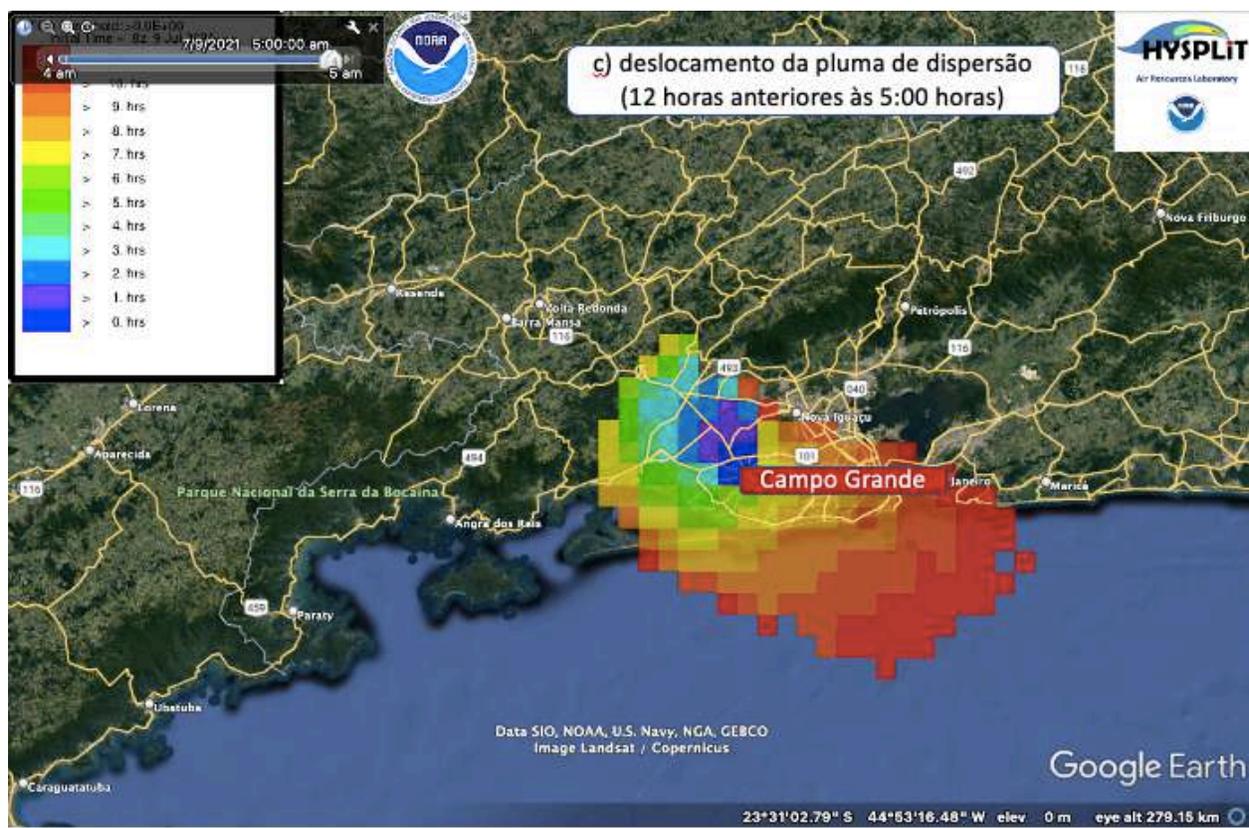


Figura 7: Simulação das massas de ar chegando nos em Campo Grande no dia 09 de julho de 2021 às 5:00 h (horário local): a) deslocamento nas últimas cinco horas, b) concentrações c) deslocamento nas últimas 12 horas

## 8. Conclusões

### 8.1 Avaliação do desempenho

Os resultados apresentados no item 4 mostram a consistência e concordância dos valores determinados pelos cinco monitores, com diferenças nos valores médios determinados < 17%. Isso torna os monitores confiáveis para estudos comparativos entre diferentes locais e para a determinação de áreas mais comprometidas dentro de um centro urbano.

A comparação com os resultados (item 5) de um equipamento de monitoramento operado pela estação de monitoramento de Irajá (SMAC) conforme as normas brasileiras (MMA, 2021) é de aproximadamente 24% (valor

médio determinado comparando 71 valores médios horários). A diferença é menor para valores de concentração de  $MP_{2,5} > 20 \mu\text{g m}^{-3}$ . Em geral essa diferença na medição não levou a determinações errôneas da faixa de índice de qualidade do ar (bom/regular). Além disso, considerando a boa concordância entre os monitores, essa diferença com respeito aos dados da estação de monitoramento não levará a conclusões errôneas sobre os lugares mais críticos com respeito à qualidade do ar (no que se refere ao material particulado fino).

Os monitores utilizados devem ser colocados em lugares protegidos da luz do sol forte e da chuva, o que tem causado algumas dificuldades no Rio de Janeiro, onde as condições climáticas no verão são bastante rigorosas (fortes tormentas e sol intenso durante o dia). Os problemas de falta de energia elétrica ou internet não afetaram a coleta e transmissão dos resultados, com um aproveitamento de 94-100% para os cinco monitores. No caso do monitor instalado em Campo Grande houve uma interrupção de três dias durante o mês de maio (não incluído neste relatório) que só foi resolvida após desligar e religar o equipamento. Esse fato reforça a necessidade de um acompanhamento dos monitores através do aplicativo AirVisual (AirVisual, 2021) no celular ou do site IQAir (IQAir, 2021a). A interrupção no caso do monitor instalado em Madureira foi devida a problemas no prédio e não esteve relacionada ao desempenho do equipamento.

## **8.8 Resultados e continuidade do projeto**

Foram instalados com sucesso os cinco monitores levando em consideração a presença de crianças em idade escolar e pré-escolar nas imediações dos locais. Os resultados do monitoramento são disponibilizados online através do site IQAir (IQAir, 2021a) e do aplicativo AirVisual que pode ser utilizado no celular pelo público em geral para informação dos valores horários e valores diários de concentrações de  $MP_{2,5}$  e Índice de Qualidade do Ar (USA).

Além disso, os usuários cadastrados podem obter no site (IQAir, 2021a) o histórico dos valores medidos e dos valores horários para  $MP_{2,5}$ , concentrações de  $CO_2$ , temperatura, umidade e Índice de Qualidade do Ar, no formato de planilha \*.csv.

Os resultados obtidos até 19 de novembro de 2021 foram analisados. As medianas se encontram no intervalo  $9-15 \mu g m^{-3}$  para os seis locais, porém, como observado, no item 6 foram registrados muitos valores maiores que  $15 \mu g m^{-3}$ , indicado recentemente pela OMS (mais de 25% em todos os locais, chegando a 47% em Madureira).

Os resultados obtidos até o presente são promissores e mostram a viabilidade de utilizar monitores de baixo custo para a identificação de locais que potencialmente apresentem níveis de material particulado elevados e que representem um risco para a saúde da população em geral e das crianças em particular.

Os dados obtidos pelos monitores apresentam ainda um grande potencial já que são registradas, também, as concentrações de  $CO_2$  e os valores de temperatura e umidade, que serão tratados no futuro permitindo analisar correlações entre os parâmetros meteorológicos e as concentrações de material particulado, assim como as variações sazonais e espaciais das concentrações de  $CO_2$  (o principal gás de efeito estufa).

Finalmente, é importante mencionar que este relatório será disponibilizado à Prefeitura do Rio de Janeiro e traduzido ao espanhol para compartilhamento com a *Red Convergencia para la Acción/Proyecto Aires Nuevos para la Primera Infancia*.

## 9. Referências

Agenda 2030, 2021. Mostra Virtual de Projetos ODS. CCMN/UFRJ. <http://agenda2030.ccmn.ufrj.br/>.

CONAMA, 1990. Resolução número 3 (28/06/1990). [https://www.ibram.df.gov.br/images/resol\\_03.pdf](https://www.ibram.df.gov.br/images/resol_03.pdf).

CONAMA, 2018. Resolução número 491 (19/11/2018). [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895).

Convergencia, 2021. Convergencia para la Acción. Aires Nuevos para la Primeira Infancia. <https://convergenciaparalaaccion.org/aire-limpio-para-un-buen-comienzo/>.

Dantas, G.; Siciliano, B.; França, B. B.; Estevam, D. O.; da Silva, C. M.; Arbilla, G., 2021. Using mobility restriction experience for urban air quality management. Atmospheric Pollution Research, 12, 101119.

Data.Rio, 2021. Instituto Pereira Passos. Qualidade do Ar. Dados Horários. <https://www.data.rio/search?groupids=0128241e3e024872a7eb46848eb7a7be&sort=-modified>.

HYSPLIT, 2021. Air Resources Laboratory. <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>.

IQAir, 2021a. IQAir Air visual enterprise. <https://www.iqair.com/dashboard/enterprise/redciudadana/devices>.

IQAir, 2021b. IQAir Guides and Manuais. <https://www.iqair.com/support/guides-manuals/airvisual-pro>.

INEA, 2018. Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro, Ano base 2018. <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2020/11/relatorio-qualidade-ar-2018.pdf>.

ODS, 2021. Nações Unidas Brasil. Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

MMA, 2021. Ministério do Meio Ambiente. Guia técnico para o monitoramento da Qualidade do Ar. <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf>

Siciliano, B.; Dantas, G., da Silva, C. M.; Arbilla, G., 2019. The Updated Brazilian National Air quality Standards: A Critical Review. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 31, 523-535.

SMAC, 2021a. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Monitor-Ar Rio. <https://www.rio.rj.gov.br/web/smac/exibeconteudo?id=4448505>.

SMAC, 2021b. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Boletim de Qualidade do Ar. <http://jeap.rio.rj.gov.br/je-metinfosmac/boletim>.

UVA, 2021. Universidade Veiga de Almeida. Mestrado Profissional em Ciências do Meio Ambiente. <https://www.uva.br/content/mestrado-profissional-em-ciencias-do-meio-ambiente#:~:text=O%20Mestrado%20Profissional%20em%20Ci%C3%A4ncias,ambientais%20se%20demonstram%20como%20essenciais>.

WHO, 2005. World Health Organization. Air quality guidelines. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>.

WHO, 2021. World Health Organization. What are the WHO air quality guidelines? <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>

## Agradecimentos

Os autores do relatório agradecem a colaboração da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e o apoio da *Fundación Horizonte Ciudadano/Proyecto Aires Nuevos para la Primera Infancia*. Agradecem, também o apoio da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Universidade Veiga de Almeida.

