

## Análise da qualidade do ar e fatores meteorológicos na cidade de Nova Iguaçu (Rio de Janeiro - Brasil) entre os anos de 2000 a 2016

Paulo Henrique Moura<sup>1</sup>, David William Lima Santos<sup>2</sup>, Adalgiza Mafra Moreno<sup>3</sup>, Paula Guidone Pereira Sobreira<sup>4</sup>, Fabrício Polifke da Silva<sup>5</sup>, Luiz Francisco Pires G. Maia<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Professor de graduação em Fisioterapia Universidade Iguaçu. Mestrando em cardiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Brasil.

<sup>2</sup>Graduando em Fisioterapia pela Universidade Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup>Doutora em Ciências Cardiológicas pela Universidade Federal Fluminense, Professora Universidade Iguaçu, Brasil.

<sup>4</sup>Mestre em Saúde Pública pela Fundação Osvaldo Cruz, Professora Universidade Iguaçu, Brasil.

<sup>5</sup>Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor Universidade Iguaçu, Brasil.

<sup>6</sup>Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 06/11/2019 – Revisado em: 16/12/2019 – Aceito em: 08/01/2020

### RESUMO

A cidade de Nova Iguaçu está entre as que possuem maiores índices de poluição do ar e mortalidade da Região Metropolitana no Rio de Janeiro. Seus níveis de Material Particulado (PM) são duas vezes maiores que os estabelecidos pela World Health Organization (WHO). Essas substâncias podem desencadear ou exacerbar doenças respiratórias, cardiovasculares, diferentes tipos de câncer e diabetes, além de levar a mortalidade prematura. A pesquisa teve como objetivo investigar a variabilidade da qualidade do ar e parâmetros meteorológicos, conforme a presença de partículas inaláveis (PM<sub>10</sub>), na cidade de Nova Iguaçu, no período dos anos de 2000 a 2016. O poluente do ar escolhido foi o Material Particulado (PM<sub>10</sub>) e variáveis meteorológicas que incluem vento, temperatura e umidade do ar. As bases de dados são públicas e fornecidas pelo (INEA), as variáveis meteorológicas foram correlacionadas através do coeficiente de Pearson. O estudo abrangeu um período de 17 anos, o PM<sub>10</sub> manteve valores excedentes para os padrões nacionais com média anual de 88,2 mg/m<sup>3</sup> (IC 74,9-101,5), foram encontrados valores máximos de até 271 mg/m<sup>3</sup> mês, o que corresponde a 5,5 vezes mais do que permitido, a maior correlação anual foi entre o PM<sub>10</sub> e o vento com coeficiente de R= 0,5. A qualidade do ar em Nova Iguaçu esteve em desacordo, especialmente entre os anos de 2000 a 2013 extrapolando os valores de 50 mg/m<sup>3</sup> em todos os anos.

**Palavras-Chaves:** Qualidade do ar, Poluição do ar, Material Particulado (PM<sub>10</sub>), Meteorologia, Nova Iguaçu.

## Analysis of air quality and weather factors in the city of Nova Iguaçu (Rio de Janeiro - Brazil) from 2000 to 2016

### ABSTRACT

The city of Nova Iguaçu is among those with the highest air pollution and mortality rates in the Rio de Janeiro Metropolitan Region. Its Particulate Material (PM) levels are twice as high as those established by World Health Organization (WHO). These substances can trigger or exacerbate respiratory, cardiovascular disease, different types of cancer and diabetes, and lead to premature mortality. The research aimed to investigate the air quality variability and meteorological parameters, according to the presence of inhalable particles (PM<sub>10</sub>), in the city of Nova Iguaçu, from 2000 to 2016. The air pollutant chosen was the Particulate Material (PM<sub>10</sub>) and weather variables that include wind, temperature, and air humidity. The databases are public and provided by (INEA), the meteorological variables were correlated using Pearson's coefficient. The study covered a period of 17 years, the PM<sub>10</sub> maintained excess values for national standards with an annual average of 88.2 mg / m<sup>3</sup> (CI 74.9-101.5), maximum values were found up to 271 mg/m<sup>3</sup> month , which corresponds to 5.5 times more than allowed, the highest annual correlation was between PM<sub>10</sub> and wind with a coefficient of R = 0.5. Air quality in Nova Iguaçu was in non-conformity, especially between 2000 and 2013, exceeding 50 mg/m<sup>3</sup> values every year.

**Keywords:** Air Quality, Air Pollution, Particulate Matter (PM<sub>10</sub>), Meteorology, Nova Iguaçu.

## 1. Introdução

A poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias tóxicas na atmosfera, resultantes das atividades humanas ou processos naturais, em concentrações suficientes para afetar a saúde (Cançado et al., 2006). O Material Particulado (PM) presente no ar ao ser inalado pode causar inflamação pulmonar, liberação de mediadores pró-inflamatórios na circulação sistêmica e alteração dos reflexos dos nervos pulmonares causando instabilidade elétrica miocárdica. Os componentes solúveis de PM podem translocar para a circulação sistêmica e exacerbar doenças respiratórias, cardiovasculares, diferentes tipos de câncer e diabetes, além de levar a mortalidade prematura (Arbex et al., 2012; Nuvolone et al., 2011; Andersen et al., 2010). Em crianças é um fator de risco para asma, internação hospitalar, absenteísmo escolar, baixo peso ao nascer, defeitos congênitos, mortalidade intrauterina e infantil (Nascimento et al., 2005; Kramer et al., 2010).

Uma avaliação Internacional da Carga Global das Doenças (GBD) identificou 79 fatores de riscos, entre os anos de 1990 e 2015, classificando a poluição do ar como o maior deles em países de baixo rendimento (GBD, 2015). A World Health Organization (WHO) afirma que dos 55 milhões de pessoas que morrem anualmente, 5% delas (3 milhões) estão relacionados a poluição do ar por (PM<sub>10</sub>), o que o posiciona como maior fator de risco à saúde ambiental do mundo (WHO, 2006; Park et al., 2018; Jatene, Teixeira & Victoria, 2008).

Nos EUA, para cada 3500 visitas a emergência ocorrem 265 internações por asma, 240 por outras doenças respiratórias e 75 mortes relacionadas à poluição do ar, além de 180 mil visitas emergenciais por exacerbações de asma (Silverman et al., 2010; Nakagawa, Comaru & Trigoso, 2010). Um estudo chinês associou a elevação média de 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> em 2 dias que cresceu em 0,35% na mortalidade total, aumento de 0,44% na mortalidade cardiovascular, e 0,56% na mortalidade respiratória (Liu; et al., 2016).

No estado de São Paulo, associou-se os níveis diários de poluição do ar as mortes em idosos, internações e mortes por doenças respiratórias na infância, e doenças cardiovasculares em adultos, devido à disseminação de 4.500 toneladas métricas por ano de PM, reduzindo a expectativa de vida em um ano e meio comparado a cidades do interior. Com a elevação de 100 µg/m<sup>3</sup> na concentração de PM em 24 horas, ocorreu o aumento de 8 a 17 mortes de adultos por dia, representando um crescimento de 13% na mortalidade diária (Clarice et al., 2004; Meimei et al., 2014).

O Rio de Janeiro (RJ) possui a segunda maior frota veículos do país e estima-se que 75% das emissões atmosféricas são oriundas de fontes veiculares, os restantes provem de fontes fixas e industriais (Santos, Carvalho & Reboita, 2016; Kunzli et al., 2010).

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) distribuiu de forma estratégica, suas estações de monitoramento em áreas críticas para as emissões veiculares, possibilitando assim ações de controle (INEA, 2015). O Instituto de Saúde e Sustentabilidade publicou em 2014 seu estudo sobre a poluição do ar na saúde dos habitantes do RJ, divulgando 36.194 mortes e 65.102 internações na rede pública de saúde devido à poluição, sendo 14 mortes por dia em todo o estado, representando um gasto de R\$ 82 milhões, entre 2006 e 2014 (Instituto de Saúde e Sustentabilidade, 2014).

Nova Iguaçu é uma cidade do estado do RJ localizado na baixada fluminense, com população em 2018 de 818.875 habitantes, sendo o quarto mais populoso do estado e 23º mais populoso do país (IBGE, 2018; PNUD, 2008). Seu clima é tropical com temperatura média anual de 30,2 °C, os meses de janeiro são os mais quentes (Kottek et al., 2006). O relevo da cidade é composto por dois grandes maciços rochosos, o de Tinguá e o de Gericinó-Medanha, com extensão de 15km de largura e altura de 900m, formando a planície da baixada fluminense (Velasco, 2010).

Nova Iguaçu possui um dos maiores índices de poluição do ar e mortalidade da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Seus níveis de material particulado são duas vezes maiores que os estabelecidos pela OMS, sendo possivelmente influenciado pela elevada frota veicular e formação geográfica que colaboram para a baixa dispersão destas partículas (Instituto de Saúde e Sustentabilidade, 2014; Martins et al., 2014).

A frota veicular na cidade aumentou de 2001 a 2016, passando de 81.513 para 181.808 automóveis, o

que corresponde a 123% de aumento em 17 anos, o segundo veículo de maior frota foi às motos, que de 6.869 passaram para 37.582 veículos correspondendo a 447 % de aumento, seguido dos caminhões, com 5.237 para 7.711 veículos, correspondendo a 47% mais veículos desta categoria. De acordo com dados do Departamento de Transito do Estado do Rio de Janeiro (DETRAN) houve um crescimento total de 133.977 novas fontes móveis emissoras de poluição atmosférica que passaram a afetar diretamente a população iguaçuana (Detran, 2019).

O estudo objetivou investigar a variabilidade da qualidade do ar e parâmetros meteorológicos, conforme a presença de partículas inaláveis ( $PM_{10}$ ), através dos bancos de dados das bases meteorológicas, na cidade de Nova Iguaçu, entre os anos de 2000 a 2016.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Delineamento do estudo

Estudo de séries temporais, observacional e retrospectivo, foram analisados banco de dados meteorológicos de  $PM_{10}$ , temperatura, umidade do ar e velocidade do vento entre os anos de 2000 a 2016 na cidade de Nova Iguaçu, sendo também uma pesquisa descritiva sobre as características das variáveis.

### 2.2 Qualidade do Ar – Poluente

Escolheu-se para análise o poluente do ar, conhecido como Material Particulado ( $PM_{10}$ ) devido suas características inaláveis, e as variáveis meteorológicas que incluem temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, que compõe os bancos de dados do INEA, conforme propõe Índice de Qualidade do Ar (IQAr), segundo os padrões CONAMA nº 03 28/06/1990. Os padrões internacionais de qualidade do ar são ajustados pela OMS também para amostragens anuais e diárias, mensuradas por 24 horas conforme Tabela 1 (CONAMA, 1990). O padrão primário adotado internacionalmente utiliza menores índices de tolerância para material particulado tanto em 24 horas quanto para Média Aritmética Anual (MMA).

**Tabela 1-** Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (PNQA)- Resolução CONAMA 03/90.

<b>Poluente</b>	<b>Tempo Amostragem</b>	<b>Padrão Primário (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Partículas Inaláveis ( $PM_{10}$ )	24 horas	150
	MAA	50
Valores propostos pela OMS como referência para os PNQA-2006		
<b>Poluente</b>	<b>Tempo Amostragem</b>	<b>Padrão Primário (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Partículas Inaláveis ( $PM_{10}$ )	24 horas	50
	MAA	20

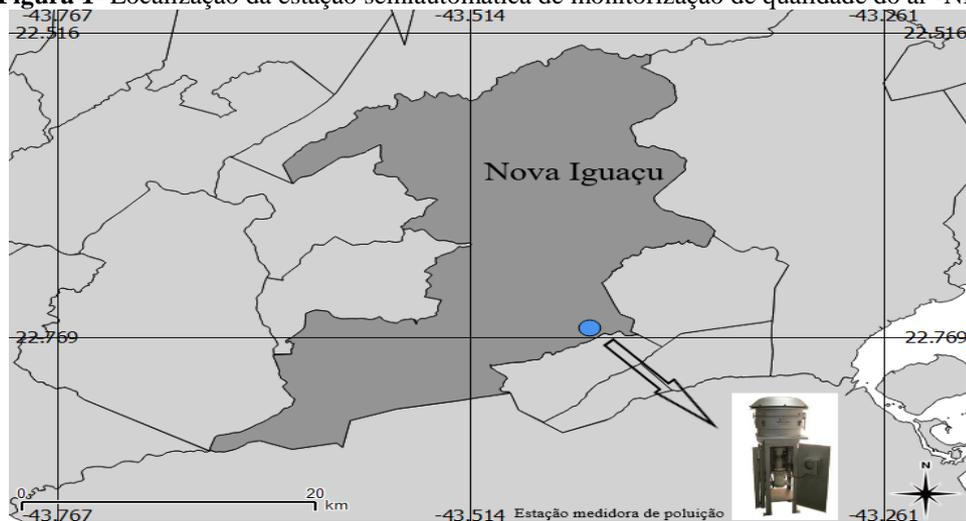
( $PM_{10}$ ) Material Particulado; (MAA) Média Aritmética Anual; ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Micrograma por metro cúbico

Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (PNQA)

Fonte: CONAMA 1990. WHO- 2006

A estação meteorológica medidora escolhida na cidade de Nova Iguaçu foi a semiautomática que monitora a concentração de material particulado em suspensão na atmosfera nas frações de particulado com diâmetro até 10 microns ( $PM_{10}$ ) e variáveis meteorológicas em períodos de 6 em 6 dias por 24 horas, localizado no colégio Municipal Monteiro Lobato- Rua: Professor Paris, esquina com Luís de Lima, CEP: 26.221-080 s/nº, (latitude – 22,762150º/ longitude – 43,441406º) conforme Figura 1.

**Figura 1-** Localização da estação semiautomática de monitorização de qualidade do ar -NI.



Fonte: QGIS- Cidade de Nova Iguaçu- RJ

### 2.3 Coleta e Análise dos dados

As bases de dados meteorológicas e de qualidade do ar são públicas e fornecidas pelo (INEA) através do departamento de meteorologia da UFRJ/ CCMN/ IGEO. As bases de dados analisadas compreenderam o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2016, na cidade de Nova Iguaçu.

Foram utilizados os programas Excel, para organização dos bancos de dados e confecção de gráficos, as análises descritivas das variáveis meteorológicas foram feitas pelo software estatístico SPSS versão 25 IBM, para os cálculos de coeficiente de correlação de Pearson utilizou-se os histogramas compostos através do software estatístico R.

### 3. Resultados

O estudo abrangeu um período de 17 anos de análise de poluição do ar por ( $PM_{10}$ ), e variáveis meteorológicas na cidade de Nova Iguaçu. O  $PM_{10}$  manteve valores excedentes para os padrões nacionais com uma média anual de  $88,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Os valores alcançados anualmente variaram de 52 a  $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , caracterizando assim medidas três vezes maiores do que os permitidos pelos padrões internacionais, em alguns anos essas taxas chegaram a 177% de aumento.

Para as medidas mensais foram computadas o total de 204 mensurações fornecidas pela estação semiautomática de Nova Iguaçu, incluindo as medidas computadas iguais a 0 causadas por alguma falha no sistema ou manutenção do equipamento. As medidas mensais apresentaram diferenças das médias anuais com

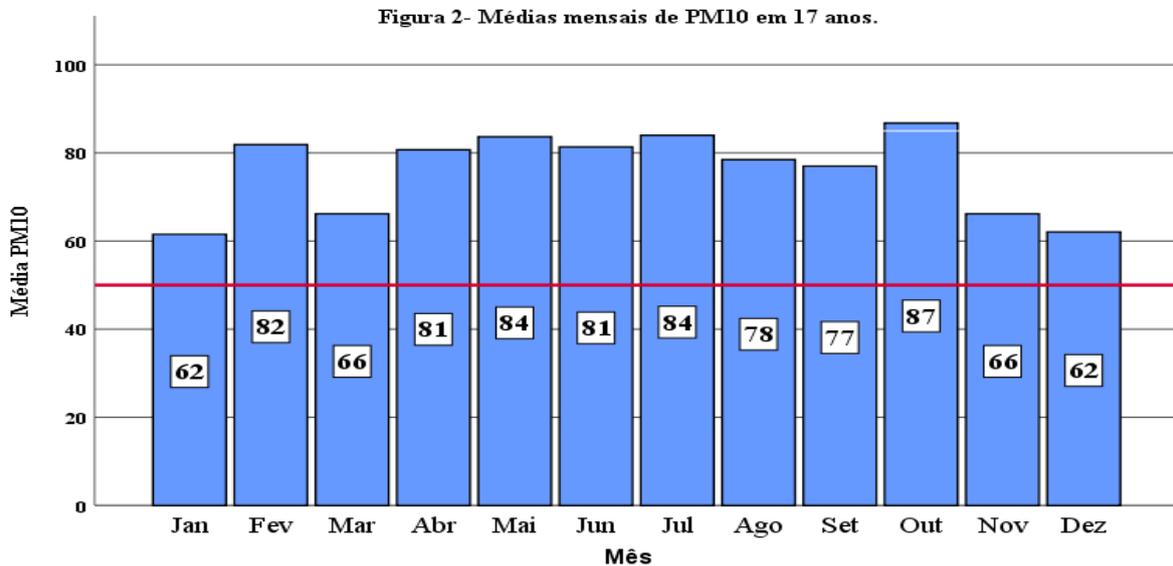
redução para  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , porém com altos picos de poluição em meses específicos, chegando a valores máximos de até  $271 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mês, o que corresponde a aumentos de 5,5 vezes mais do que o permitido pelos padrões da OMS, conforme Tabela 2.

**Tabela 2-** Estatística descritiva das variáveis mensais entre os anos de 2000 a 2016 na cidade de Nova Iguaçu.

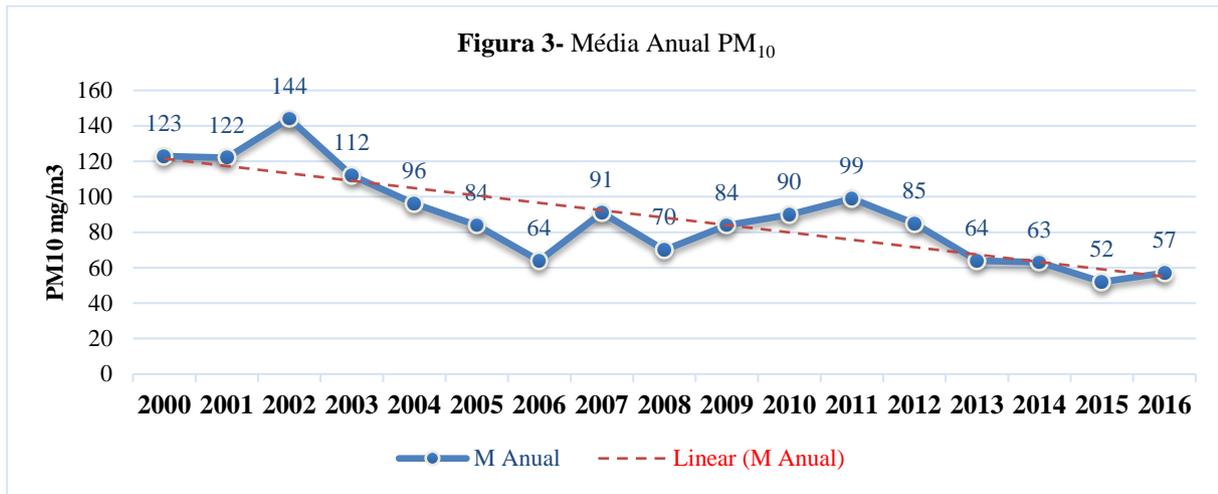
	PM <sub>10</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Vento (m/s)
Nº de Medidas	204	204	204	204
Média	75,81	23,93	67,68	1,310
Intervalo de Confiança	69,5-82	22,8-24,9	64,9-70,4	1,148-1,472
Erro Desvio	45,20	7,57	19,90	1,174
Mínimo	0	0	0	0,0
Máximo	271	34	88	8,0

Unidades de medidas: ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) micrograma por metro cúbico; (°C) graus Celcius; (%) percentual/ (m/s) metros por segundo

A Figura 2 descreve as médias mensais de PM<sub>10</sub> dos 17 anos estudados. A linha destacada em vermelho demonstra o nível de aceitação brasileiro conforme novo padrão CONAMA para qualidade do ar- lei 491/18, que toleram níveis de PM<sub>10</sub> até valores de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nesta série histórica houve violação dos níveis permitidos em todos os meses estudados para os novos padrões brasileiros e internacionais.



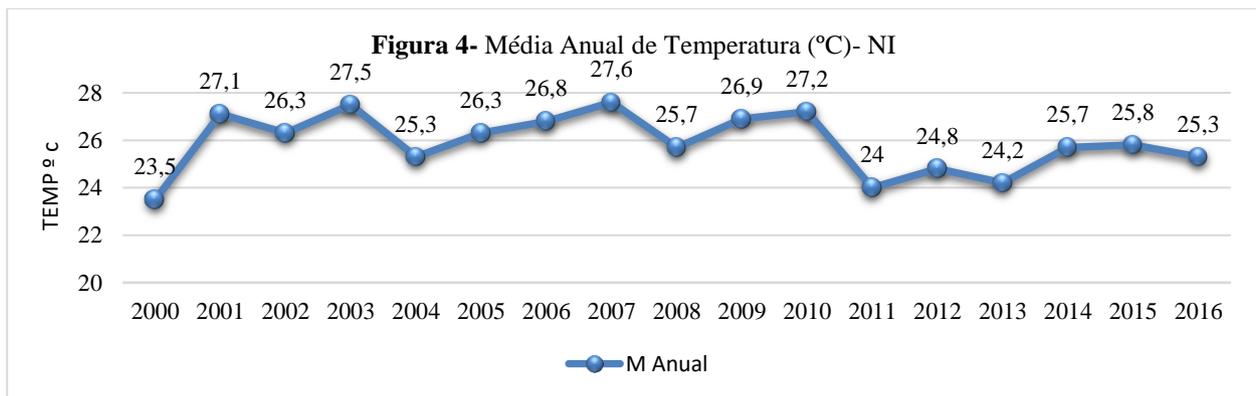
Nova Iguaçu apresentou redução ao longo dos anos em seus níveis de PM<sub>10</sub>, observou-se que ao início da série histórica no ano de 2000, as médias anuais estavam na faixa de  $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , porém ao final da série estudada, evidenciou-se redução para  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no ano de 2016, representando uma melhora de 2,15 vezes menos poluição num período de 17 anos, uma redução de 116% de PM<sub>10</sub>, sendo visível que a poluição sofreu oscilação durante a série histórica conforme Figura 3.

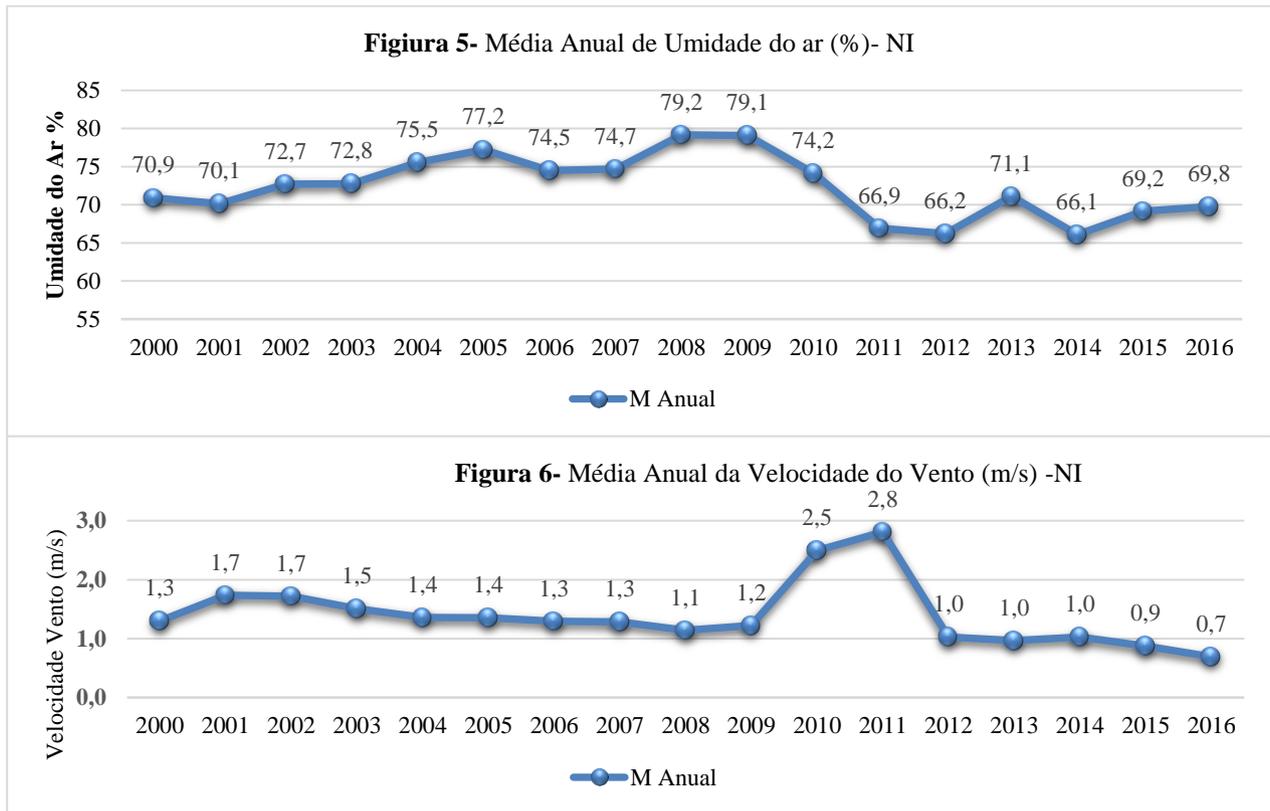


Foram mensuradas as médias anuais de temperatura, e realizados cálculos de coeficiente de correlação entre as variáveis estudadas. Foi observado uma oscilação cíclica nos anos 2000, 2003, 2007, 2010 e 2014. A média mensal de temperatura na cidade foi de aproximadamente 24 °C.

Houve aumento da umidade do ar entre os anos de 2000 a 2005, representando elevação de 6,3%, seguido de quedas até o ano de 2007. Nos anos de 2008 e 2009 foram evidenciados os maiores valores de umidade relativa do ar, alcançando os 79,2% (ano 2008), após esses anos registraram-se novas quedas de umidade do ar, alcançando o valor de 66,2% com discreto aumento em 2012, e nova redução em 2013 onde foram registrados os menores níveis de 66,1%.

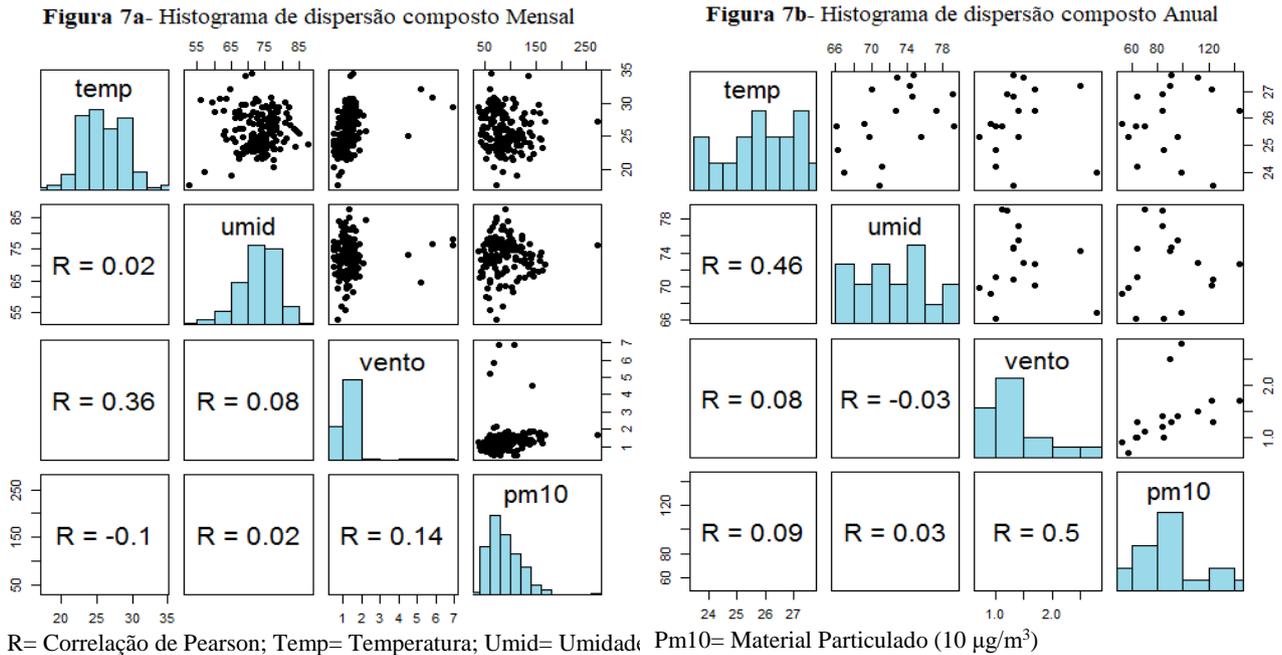
A velocidade do vento sofreu discretas alterações em todos os anos, porém entre os anos de 2009 e 2012 foram registrados os maiores níveis dos anos estudados, variando de 2,5 a 2,8 m/s representando aumento de duas vezes o início da série histórica. As Figuras 4, 5 e 6 representam respectivamente as médias anuais de temperatura, umidade do ar e velocidade do vento.





Dentre as correlações das variáveis para modelos de poluição do ar, o coeficiente de correlação de Pearson tem se mostrado eficaz para as diversas associações podendo ter seus coeficientes com valores que indicam correlações neutras, positividade ou negatividade com força fraca, moderada ou forte (INEA, 2015).

A maior correlação anual demonstrada foi entre a  $PM_{10}$  e o vento com coeficiente ( $R= 0,5$ ) indicando correlação positiva e moderada, seguido pela correlação entre temperatura e umidade ( $R=0,46$ ). Para os coeficientes de correlações mensais as maiores associações encontradas foram entre temperatura e vento ( $R= 0,36$ ). Os coeficientes de correlação mensais entre temperatura e  $PM_{10}$ , entretanto, apresentaram uma correlação neutra ( $R= -0,1$ ) conforme pode ser observado nas Figuras 7a e 7b.



#### 4. Discussão

A expansão econômica e industrial na cidade de Nova Iguaçu trouxe crescimento também no setor de transporte, o que pode ter contribuído para os níveis de poluição do ar encontrados na série histórica. A cidade apresentou níveis anuais excedentes de PM<sub>10</sub>, porém nos seis primeiros anos foi observado uma importante redução das concentrações médias deste particulado, provavelmente em decorrência de ações previstas pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, o PROCONVE, que foi responsável por uma queda de 90% no limite de emissões por veículos leves e de 80% por veículos pesados desde a sua implantação (Sanchez et al., 2007).

As médias nas concentrações de PM<sub>10</sub> tanto mensal, quanto anual respectivamente na cidade foram de 75 µg/m<sup>3</sup>, o que extrapola em 51% os novos padrões, e 88,2 µg/m<sup>3</sup> excedendo em 76,4% os limites recomendados pelo PNQA (CONAMA, 2018; WHO, 2006) que adotam 50 µg/m<sup>3</sup> de limite do material particulado anual (Gouveia et al., 2006). A classificação da qualidade do ar em relação ao índice de PM<sub>10</sub> foi tida como moderada (> 50-100 µg/m<sup>3</sup>) anualmente, e ruim em diversos meses (> 100-150 µg/m<sup>3</sup>).

Vale ressaltar que a nova resolução CONAMA 491/18, substituiu a resolução CONAMA 03/90. Entretanto, esta base de dados abrangeu concentrações até o ano de 2016, por isso as referências dos padrões adotados de PM<sub>10</sub> foram do CONAMA 03/90.

O estudo de Santos, Carvalho & Reboita (2016) demonstrou que o PM<sub>10</sub> pode sofrer influência de outras variáveis meteorológicas como a velocidade do vento, precipitação, temperatura e umidade do ar. Pereira, Fortes & Martins (2015) afirmaram que o material particulado é capaz de viajar longas distâncias, e pode ter dificuldade de dispersão em alguns regiões específicas, isso porque as configurações geográficas atuam como barreiras físicas aos ventos predominantes do mar, conforme característica geográfica da cidade de Nova Iguaçu (INEA, 2015).

Estes mesmos autores, Santos, Carvalho & Reboita (2016), observaram na cidade de São Paulo que os

níveis de poluição do ar se mantiveram mais altos entre os meses de maio e setembro, com maiores ultrapassagens deste poluente, sendo identificado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) como o período mais desfavorável para a dispersão de poluentes no estado, em nosso estudo o período com maiores níveis de  $PM_{10}$  compreenderam os meses entre abril e outubro, sendo outubro o mês de maiores médias de concentrações de  $PM_{10}$  em toda série histórica, observamos ainda uma maior sazonalidade da poluição do ar que se estendeu por sete meses consecutivos do ano em Nova Iguaçu.

Guerra & Miranda (2011), analisando as concentrações de ( $PM_{2,5}$ ), concluíram que as variáveis meteorológicas de maior relacionamento direto com a concentração dos poluentes de forma geral é a velocidade do vento, o que corrobora ao resultado obtido nesta pesquisa onde observou-se uma relação positiva moderada entre  $PM_{10}$  e vento com coeficiente de correlação de  $R=0,5$ . O vento atua diretamente no transporte de poluentes, portanto no caso dos ventos zonais e meridionais as correlações variam de uma localidade a outra, uma vez que está intimamente ligado a características locais e específicas, como direção e intensidade do vento, assim como a disposição da estação medidora com relação a fonte emissora (Santos, Carvalho & Reboita, 2016).

Segundo a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), a climatologia dos ventos no Rio de Janeiro, elaborada pela empresa de Telecomunicações Aeronáuticas S.A (TASA), revelou que a maior frequência da direção dos ventos é do setor sul, sudeste e nordeste durante todo o ano, com ventos predominantes do mar que sopram sobre a cidade de Nova Iguaçu (INEA, 2009; INEA, 2015).

Segundo Santos (2018), ao investigar a relação entre as variáveis atmosféricas, observou que as maiores correlações negativas se deram entre o  $PM_{10}$  e umidade do ar, indicando que altas concentrações de  $PM_{10}$  foram associadas a condições de baixa umidade do ar. Essa precipitação atua na remoção das partículas atmosféricas removendo o poluente e incorporando a água da chuva, diferente da baixa umidade relativa onde não se tem gotículas suficientes para gerar precipitação.

De acordo com Silva (2014) a umidade relativa é influenciada fortemente pela temperatura, de modo que o aumento da temperatura favorece a diminuição da umidade do ar. O estudo de Silva demonstrou uma correlação inversamente proporcional entre os poluentes e a umidade relativa do ar, nesta pesquisa, entretanto, observou-se que a umidade relativa teve neutralidade na participação do  $PM_{10}$  com baixo coeficiente de correlação,  $R=0,02$  aproximadamente.

Apesar da diminuição evidente dos níveis de  $PM_{10}$  nos 17 anos, observou-se que a temperatura sofreu processo oposto. No ano 2000 foram registrados respectivamente a temperatura mínima, média e máxima que estavam na faixa de (19,9- 23,5- 28,1°C), já nos anos de 2016 esses valores sofreram elevações de aproximadamente 2° C (21,5-25,5-30,4°C). Um estudo publicado na Nature em 2004 já apontava para alterações meteorológicas na temperatura, umidade e variação das estações, causando elevações de temperatura de 0,8° C a 1,7° C até 2050 (Carvalho, 2008).

Os cálculos de temperatura utilizados foram os valores das médias de temperatura, para que os valores das temperaturas mínimos ou máximos não fossem subestimados. Dentre as limitações encontradas pode-se citar a perda de alguns dados meteorológicos em meses específicos ocasionados por manutenção ou falha temporária da estação medidora. O estudo propôs-se analisar os níveis da poluição do ar para a cidade de Nova Iguaçu como forma de auxiliar o conhecimento a exposição, indicando possíveis efeitos à saúde humana decorrente dessa exposição. No momento em que a qualidade do ar ganha cada vez mais destaque como importante fator de risco para diversas doenças, as cidades devem garantir melhor qualidade do ambiente para seus habitantes.

Embora não haja um consenso nacional entre alguns limites das variáveis estudadas como o  $PM_{10}$ , quando comparado a outros órgãos internacionais, avalia-se que a heterogeneidade climática regional seja atribuída a diversos fatores, e cada indivíduo responde de forma diferente as mudanças climáticas.

O delineamento de série temporal utilizado nesta pesquisa pode ajudar a monitorar e fortalecer a vigilância ambiental e os possíveis impactos da poluição do ar sobre a saúde da população da cidade de Nova Iguaçu (Instituto de Saúde e Sustentabilidade, 2014; Martins et al., 2014).

## 5. Conclusão

As concentrações de PM<sub>10</sub> registrados entre 2000 e 2016 revelaram desacordo da qualidade do ar na cidade de Nova Iguaçu, especialmente entre os anos de 2000 a 2013, com ocorrências de violações aos PNQA de longo prazo extrapolando os valores de 50 mg/m<sup>3</sup> em todos os anos. Toda a série histórica nos 17 anos estudados apresentaram médias mensais acima dos padrões estabelecidos pela OMS. As variáveis meteorológicas de maior relação foram vento e PM<sub>10</sub>.

É importante destacar a tendência de queda dos níveis de PM<sub>10</sub> nos 17 anos estudados, mesmo com aumento da frota veicular, provavelmente em decorrência de ações previstas no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) que impactou na qualidade do uso de combustíveis especialmente de veículos pesados.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Iguaçu – UNIG, pelo apoio logístico para o desenvolvimento desse estudo, e a Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ através do departamento de meteorologia da CCMN/ IGEO pela construção dos dados.

## 7. Referências

Andersen, Z. J.; Nazelle A; Mendez, M. A.; Garcia-Aymerich J.; Hertel O.; Tjønneland A.; Overvad K.; Raaschou-Nielsen O.; & Nieuwenhuijsen M. J. (2015). A Study of the Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Mortality in Elderly Urban Residents: The Danish Diet, Cancer, and Health Cohort. **Environmental Health Perspectives**. v. 123, n. 6, p. 557-563.

Arbex, M. B.; Santos, U. P.; Martins, L. C., Saldiva, P. H. N; Pereira, L. A. A.; & Braga, A. L. F. (2012). A poluição do ar e o sistema respiratório. **J. Bras. Pneumol**. v.38, n.5, p.643-655.

Cançado, J. E. D.; Braga, A.; Pereira, L. A. A.; Arbex, M. B.; Saldiva, P. H. N; & Santos, U. P. (2006). Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J. Bras. Pneumol**. v.32, n.1, p.5-11.

Carvalho, M. B. F. (2008). **Poluição atmosférica e mudanças climáticas**. Dissertação, Mestrado em Direito. PUC-Rio de Janeiro. p. 1-39. Brasil.

**CONAMA**. Resolução/ **Conama**/ n°003 de 28 de junho de 1990.

**Detran**. **Estatística, Frota por tipo de veículo**. Disponível em: [http://www.detran.rj.gov.br/\\_estatisticas.veiculos/02.asp](http://www.detran.rj.gov.br/_estatisticas.veiculos/02.asp), Acessado em 19 de Março de 2019.

Global Burden of Disease- GBD 2015. (2016). Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. **Lancet**; n.388: p.1659–724.

Gouveia, N.; Freitas, C. U, Martins, L. C.; & Marcilio, I. O. (2006). Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**. v. 22, n. 12, p. 2669-2677.

Guerra, F. P.; & Miranda, R. M. (2011). Influência da meteorologia na concentração do poluente atmosférico PM<sub>2,5</sub> na RMRJ e na RMSP. **Anais do II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. SP. p. 1-10.

IBGE – 2018. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Nova Iguaçu.

INEA – **Instituto Estadual do Meio Ambiente**. GEAR – Gerencia de Qualidade do ar. (2009). Relatório de qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro.

INEA – **Instituto Estadual do Meio Ambiente**. GEAR – Gerencia de Qualidade do ar. (2015). Relatório de qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro.

**Instituto de Saúde e Sustentabilidade**. Avaliação do impacto da poluição atmosférica no estado do Rio de Janeiro sob a visão da saúde. [www.saudeesustentabilidade.org.br](http://www.saudeesustentabilidade.org.br). Outubro de 2014. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/noticias/rio-de-janeiro-tem-indice-de-poluicao-duas-vezes-maior-que-o-recomendado-pela-organizacao-mundial-de-saude/>

Jatene, A.; Teixeira, A.; & Victora, C. (2008) As Causas Sociais das Iniquidades em Saúde no Brasil. **Comissão Nacional Sobre Determinantes Sociais da Saúde**. Relatório Final. p. 1-216.

Krämer, U.; Herder, C.; Sugiri, D.; Strassburger, K.; Schikowski, T.; Ranft, U.; & Rathmann, W. (2010). Traffic-Related Air Pollution and Incident Type 2 Diabetes: Results from the SALIA Cohort Study. **Environmental Health Perspectives**. v. 118, n.9 p. 1273-1279.

Künzli, N.; Jerrett, M.; Garcia-Esteban, R.; Basagaña, X.; Beckermann, B.; Jerrett, M.; Gilliland, F.; Medina, M.; Peters, J.; Hodis, H. N.; & Mack, W. J. (2010). Ambient Air Pollution and the Progression of Atherosclerosis in Adults. **PLOS ONE**. v. 5, n. 2, p. 1-10.

Liu, L.; Tang, X.; Liu, H. Wang, M.; Welles, S.; Márquez, S.; Frank, A.; & Haas, C. N. (2016). Spatial – Temporal Analysis of Air Pollution, Climate Change, and Total Mortality in 120 Cities of China, 2012-2013. **Front Public Health**. v. 4, n. 143. p. 1-13.

Martins, E. M.; Fortes, J. D. N.; Ribeiro, G. P.; & Pereira, M. F. M. (2014). Utilização de Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para gestão do monitoramento da qualidade do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Eng. Sanit. Ambient**. Edição Especial. v.19, n. spe p. 43-49.

- Meimei, X.; Yuming, G.; Yajuan, Z. Westerdahl, D.; Mo, Y.; Liang, F.; & Pan, X. (2014). Spatiotemporal analysis of particulate air pollution and ischemic heart disease mortality in Beijing, China. **Environmental Health**. v. 13, n.109, p. 1-12.
- Nakagawa, L.; Comaru, F. A.; & Trigo, F. B. M. (2010). Impactos na Qualidade do Ar e na Saúde Humana da Poluição Atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo – SP, Anais do **V Encontro Nacional da Anppas**, Florianópolis - SC. p. 1-14.
- Nascimento, L. F. C.; Pereira, L. A. A.; Braga, A. L. F. Modolo, C. C. & Carvalho, J. A. (2005). Efeitos da Poluição Atmosférica na Saúde Infantil em São José dos Campos, SP. **Rev de Saúde Pública**. v.40, n. 1, p. 77-82.
- Nuvolone, D.; Balzi, D.; Chini, M.; Scala, D.; Giovannini, F.; & Barchielli, A. (2011). Short-Term Association Between Ambient Air Pollution and Risk of Hospitalization for Acute Myocardial Infarction: Results of the Cardiovascular Risk and Air Pollution in Tuscany (RISCAT) Study. **Am J. Epidemiol**. v. 174, n.1, p. 63–71.
- Park, S. Y.; Byun, E. J.; Lee, J. D.; Kim, S.; & Kim, H. S. (2018). Air Pollution, Autophagy and Skin Aging: Impact of Particulate Matter (PM<sub>10</sub>) on Human Dermal Fibroblasts. **Int J. Mol Sci**. v. 19, n. 9, p. 1-15.
- Pereira, J. L. G.; Fortes, J. D. N.; & Martins, E. M. (2015). Poluição do Ar por Material Particulado em Área Intraurbana no Rio de Janeiro: Aspectos Meteorológicos. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. v.10, n. 3, p. 53-67.
- PNUD. **Ranking decrescente do IDH-M dos municípios do Brasil**. (2008). Atlas do Desenvolvimento Humano. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).
- Sanchez, C. O. R.; Martins, L. D.; Ynoue, R. Y.; & Andrade, M. F. (2007). The impact on tropospheric ozone formation on the implementation of a program for mobile emissions control: a case study in São Paulo, Brazil. **Environmental Fluid Mechanics (Dordrecht)**. v.7, p. 95-119.
- Santos, T. C.; Carvalho, V. S. B.; & Reboita, M. S. (2016). Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Eng. Sanit. Ambient**. v. 21, n. 2, p. 307-313.
- Santos, T. C.; Carvalho, V. S. B.; & Reboita, M. S. (2018). Investigação da Relação entre Variáveis Atmosféricas e a Concentração de MP10 e O3 no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 33, n. 4, p. 631-645.
- Silva, H. (2014). **Análise da Temperatura do Ar Fundamentada na Teoria da Complexidade em Floresta de Transição no Norte de Mato Grosso**. Dissertação, Mestrado em Física Ambiental. p-93. Universidade Federal de Mato Grosso- Brasil.
- Silverman, R. A.; Ito, K.; Freese, J.; Kaufman B.J.; De Claro, D.; Braun, J., & Prezant D. J. (2010). Association of Ambient Fine Particles With Out-of-Hospital Cardiac Arrests in New York City. **Am. J. Epidemiol**. v. 172, n. 8, p. 917-923.

Velasco, C. S. (2010) **Impactos das enchentes nos municípios da Baixada fluminense**. Monografia, Pós graduação em gestão ambiental. p-28. Universidade Cândido Mendes. RJ- Brasil.

WHO. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**. Global update 2005. Genebra; WHO, 2006.

Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; & Rubel, F. (2006). **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, v.15, n. 3, p. 259-263.

### **Informações adicionais**

*Como referenciar este artigo:* Moura. P. H.; Santos, D.W.L.; Moreno, A.M.; Sobreira, P.G.P.; Silva, F.P.; Maia, L.F.P.G. (2020). Análise da qualidade do ar e fatores meteorológicos na cidade de Nova Iguaçu (Rio de Janeiro - Brasil) entre os anos de 2000 a 2016. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.1, p.87-99.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), no qual, os artigos podem ser compartilhados desde que o devido crédito seja aplicado de forma integral ao autor (es) e não seja usado para fins comerciais.