



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
IG/ IB/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE DIÓXIDO DE
NITROGÊNIO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE BRASÍLIA – PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHEK,
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.**

ARIANNE MADEIRA PEREIRA

BRASÍLIA – DF

2020

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE DIÓXIDO DE
NITROGÊNIO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 NO AEROPORTO
INTERNACIONAL DE BRASÍLIA – PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHEK,
UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.**

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista.

BRASÍLIA – DF

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, Arianne M. ANÁLISE DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA – PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKEK, UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

Orientação: Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista.

39 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2020.

ANÁLISE DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA – PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHEK, UTILIZANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

Arianne Madeira Pereira

Prof. Orientador: Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Brasília-DF, 09 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista (Orientador)

Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição (Avaliador)

FACE -Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis - UnB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS pela força, fé e pela vida. Aos meus pais, Antônio Carlos e Janete Madeira, pelo apoio desde a pré-escola até o futuro acadêmico. As minhas irmãs, Amanda e Angélica, pelo apoio e amizade. Ao meu sobrinho Marcos Madeira pelo carinho e amor desde sempre. Ao namorado Pedro Lima pelo companheirismo durante esse processo. Ao meu Orientador, Gustavo Baptista, pelo incentivo a continuar na carreira acadêmica, pelas conversas e conselhos, pelos trabalhos que realizamos juntos e pela amizade.

**“Só se pode alcançar um grande êxito
quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”**
Friedrich Nietzsche

RESUMO

O Transporte Aéreo é amplamente utilizado em todo o mundo e a crescente ou decrescente movimentação de aeronaves interfere na quantificação da emissão de poluentes atmosféricos. Este trabalho teve por objetivo analisar a redução de dióxido de nitrogênio (NO₂) durante o período de pico da pandemia do Covid-19 no fluxo de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília- Presidente Juscelino Kubitschek utilizando dados do sensoriamento remoto. A ferramenta utilizada para estudo foi o Google Earth Engine, uma plataforma eficiente em processar imagens de satélite de forma prática e direcionada a períodos específicos. O período de estudo da quantidade de emissão atmosférica de dióxido de nitrogênio foi de março a setembro de 2019 e 2020. A partir dessas análises, foi observado que a plataforma do Google Earth Engine auxilia na identificação e avaliação dos resultados da interação entre os fatores antropogênicos, ou seja, a movimentação do fluxo de aeronaves em aeroportos e o meio ambiente. E que ao longo de estudos com cunho estatísticos e comparativos utilizando métodos de regressão linear no Microsoft Excel verifica-se a real taxa de correlação entre as emissões de dióxido de nitrogênio e a movimentação de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, Emissões atmosféricas, Aviação, Google Earth Engine, Dióxido de nitrogênio, covid 19.

ABSTRACT

Air Transport is widely used worldwide and the increasing or decreasing movement of aircraft interferes with the quantification of the emission of atmospheric pollutants. This work aimed to analyze the reduction of nitrogen dioxide (NO₂) during the peak period of the Covid-19 pandemic in the air traffic flow at the International Airport of Brasilia - Presidente Juscelino Kubitschek using data from remote sensing. The tool used for the study was the Google Earth Engine, an efficient platform to process satellite images in a practical way and targeted to specific periods. The period of study of the amount of atmospheric emission of nitrogen dioxide was from March to September 2019 and 2020. From these analyzes, it was observed that the Google Earth Engine platform helps in the identification and evaluation of the results of the interaction between anthropogenic factors , that is, the movement of aircraft flow at airports and the environment. And that throughout studies with statistical and comparative nature using linear regression methods in Microsoft Excel, the real correlation rate between nitrogen dioxide emissions and the movement of air traffic at the International Airport of Brasilia - Presidente Juscelino Kubitschek is verified.

Keywords: Remote Sensing, Atmospheric Emissions, Aviation, Google Earth Engine, Nitrogen dioxide, covid-19.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização Aeroporto Internacional de Brasília.....	16
Figura 2: Ciclo LTO.....	19
Figura 3: Espectro eletromagnético.....	20
Figura 4: Processo de obtenção das imagens de sensoriamento remoto de um satélite passivo.....	21
Figura 5: Mapa visual da plataforma Google Earth Engine	22
Figura 6: Emissões de dióxido de nitrogênio na China.....	23
Figura 7: Emissões de dióxido de nitrogênio na Europa.....	25
Figura 8: Plataforma Tatic Flow.....	27
Figura 9: Google Earth Engine.....	28
Figura 10: A evolução do tráfego de passageiros mundial.....	29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Movimentação de tráfego 2019 e 2020.....	30
Tabela 2 :Valores de Dióxido de Nitrogênio no Aeroporto de Brasília.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Concentração Média de NO ₂ nas 2 pistas do Aeroporto de Brasília	33
Gráfico 2 : Movimentação de tráfego aéreo	33
Gráfico 3: Relação de movimentação de tráfego aéreo e a concentração de NO ₂ em 2019.....	34
Gráfico 4: Relação de movimentação de tráfego aéreo e a concentração de NO ₂ em 2020	35

LISTA DE SIGLAS

CGNA - Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea.

ICAO - Organização da Aviação Civil Internacional

LTO - Landing and Take Off

GEE - Google Earth Engine

NO₂ - Dióxido de nitrogênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Caracterização da área estudada: Aeroporto Internacional de Brasília	15
2.2 Tatic FLOW.....	16
2.3 Emissões atmosféricas	17
2.4 Sensoriamento Remoto	19
2.4.1 Google Earth Engine.....	21
2.5 Pandemia do covid 19.....	22
2.6 Conceitos básicos estatísticos.....	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Dados da Movimentação de tráfego.....	26
3.2 Dados de sensoriamento remoto.....	27
3.3 Regressão linear.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Análise de dados da movimentação de tráfego.....	29
4.2 Análise dos dados do sensoriamento remoto.....	30
4.3 Análise estatística: Regressão linear.....	32
5 CONCLUSÃO	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

A análise de emissões de poluentes atmosféricos é uma questão ambiental de grande importância no panorama atual, pois está relacionada a crescentes atividades antropogênicas ao redor do mundo e as suas interferências ao meio ambiente. A poluição atmosférica pode ser originada, principalmente, por combustão de combustível fóssil, queimadas e incêndios florestais.

E ao adentrar no âmbito de aeroportos de grande dimensão, pode-se verificar, que é no processo de operações de pouso e decolagem das pistas em uso que emissões de poluentes são lançadas na atmosfera. Por isso que a quantificação de possíveis poluentes atmosféricos, sonoros e ambientais são necessárias nas proximidades de um aeroporto (MORAIS, 2008).

O ano de 2020 está sendo marcado pela ocorrência de uma pandemia do Covid 19 que vem provocando mudanças profundas no modo de vida da população mundial em seus mais variados aspectos. Esse novo comportamento social alterou consideravelmente a relação da sociedade com o meio ambiente.

Nesse sentido, muito se tem abordado sobre o efeito ambiental da aviação e os impactos que os combustíveis fósseis das aeronaves podem ter na emissão de poluentes no ambiente nas vizinhanças aeroportuárias.

Nessa perspectiva, o objetivo geral do presente trabalho configura-se na análise da redução do poluente atmosférico de ocorrência global, o dióxido de nitrogênio, emitido durante a combustão de combustíveis fósseis utilizados por aeronaves no processo de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek, utilizando dados do sensoriamento remoto.

Para atingir o objetivo proposto, este trabalho foi dividido, inicialmente, em uma revisão bibliográfica, na qual engloba uma caracterização de área estudada e as suas relações com plataformas de contagem de movimentação de tráfego aéreo; conceitos da área de sensoriamento remoto incluindo a plataforma utilizada na metodologia de confecção deste trabalho para a contabilização de emissões dos poluentes atmosféricos e por fim uma contextualização de uma panorama global.

A plataforma utilizada foi o Google Earth Engine, por meio da análise em tempo real das taxas de NO_2 emitidas em um período de março a setembro de 2019 e 2020. E a ferramenta de quantificação dos dados de voos ocorridos no aeroporto Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek foi realizada por intermédio

de uma ferramenta chamada de Tatic Flow criada por uma empresa chamada Saipher ATC, onde os dados coletados são administrados por um órgão interno do Ministério da Aeronáutica, chamado CGNA (Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea).

Parte-se da hipótese que a diminuição das taxas de dióxido de nitrogênio possuem relação diretamente proporcional com a diminuição da movimentação de tráfego aéreo do Aeroporto Internacional de Brasília.

Por fim, é realizada uma apresentação dos resultados encontrados e discussões de cunho estatístico por meio de regressão linear para uma análise mais aprofundada sobre a real correlação entre a movimentação de tráfego aéreo e as emissões de dióxido de nitrogênio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização da área estudada: Aeroporto Internacional de Brasília

Este trabalho foi desenvolvido na área urbana da Área do Aeroporto internacional JK-DF, o Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek é um aeroporto internacional na região administrativa do Lago Sul, no Distrito Federal. É o terceiro maior aeroporto do Brasil em número de passageiros transportados e o primeiro aeroporto da América do Sul a operar com pistas simultâneas, ou seja, o Terminal brasiliense podem pousar e decolar ao mesmo tempo em ambas as pistas (Inframerica, 2020).

Segundo a classificação de Köppen, a predominância do clima no Distrito Federal é o Tropical de Savana – Aw. A temperatura média anual varia entre 18 e 22° C e a umidade relativa do ar pode variar de 12 a 85% (IBGE, 2020).

Segundo a EMBRAPA Solos (1999), o Aeroporto Internacional de Brasília está localizado numa área de Latossolo Vermelho. O Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek possui uma área de 1,334 quilômetros quadrados e dimensões da pista compreendem 2 pistas paralelas de 3.200m x 45m (11L/29R) e 3.300m x 45m (11R/29L) (Inframerica, 2020).

O Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek segundo ICAO (International Civil Aviation Organization), possui nomenclatura de identificação do aeroporto de SBBR, onde a primeira letra, no caso a letra “S” significa que o aeroporto em questão faz parte da América do Sul, a segunda letra no caso a letra “B” nos diz que o aeroporto estudado faz parte do país Brasil, e a terceira e quarta letra “BR” nos dizem respeito a cidade onde o aeroporto está localizada (ICAO,2020).

O Aeroporto de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek tem localização no centro do território brasileiro e, sendo assim, possui um ponto estratégico para o transporte aéreo utilizado em pousos, decolagens e conexões nacionais e internacionais.

Na figura 1 é ilustrada a localização do Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek na cidade de Brasília.

Figura 1: Localização Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2020

2.2 Tatic Flow

A quantificação dos dados de voos no aeroporto Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek é realizada mediante o uso de uma ferramenta chamada de Tatic Flow criada por uma empresa chamada Saipher ATC.

Segundo a SAIPHER ATC (2020), o Tatic Flow é uma ferramenta que tem como objetivo o monitoramento da evolução dos tráfegos, das condições operacionais e meteorológicas básicas dos aeródromos, contribuindo dessa maneira para o aumento da fluidez e segurança das operações em andamento. Esses dados de movimentação de tráfego aéreo são calculados por meio de conexão com os sistemas TATIC TWR instalados nas torres de controle e entregues ao CGNA (O Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea) e para outros órgãos de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo.

O Tatic Flow é utilizado no Brasil pelo CGNA - Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea e é dedicado a auxiliar órgãos de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo no monitoramento da evolução dos tráfegos nos aeródromos, na melhora da coordenação entre os órgãos, e conseqüentemente, na agilização das operações em andamento (CGNA,2020).

E é por meio dessa ferramenta chamada Tatic Flow que será possível quantificar a quantidade de voos ocorridos no período de pandemia do covid 19 no Aeroporto Internacional de Brasília e realizar um comparativo com as taxas de emissões atmosféricas de dióxido de nitrogênio ocorridas no local citado.

2.3 Emissões atmosféricas

Os poluentes atmosféricos são definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA por meio da Resolução nº 03 de 1990, (CONAMA, 1990) conforme segue abaixo:

Poluição atmosférica: degradação da qualidade da atmosfera resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Segundo Jabonski (2017) o dióxido de nitrogênio é um poluente atmosférico emitido durante ações realizadas pelo homem em escala global. E a reação de formação do dióxido de nitrogênio ocorre da união do oxigênio reativo presentes na atmosfera e do óxido de nitrogênio oriundos do processo de combustão dos motores dentro das aeronaves. Também podem ser formados pelo resultado da queima de biomassa e incêndios florestais.

Segundo Anac (2019) os óxidos de nitrogênio são grupos de gases reativos e, sob condições adequadas de pressão e temperatura, podem originar os dióxidos de nitrogênio. E podem ser precursores da confecção do ozônio atmosférico quando se tratar da análise de outros compostos orgânicos voláteis (COV).

2.3.1 Ciclo LTO

As aeronaves, durante o seu processo de combustão dos combustíveis fósseis, são responsáveis por uma grande parcela das taxas de emissões de poluentes atmosféricos, principalmente o dióxido de nitrogênio (WHITELEGG e CAMBRIDGE, 2004).

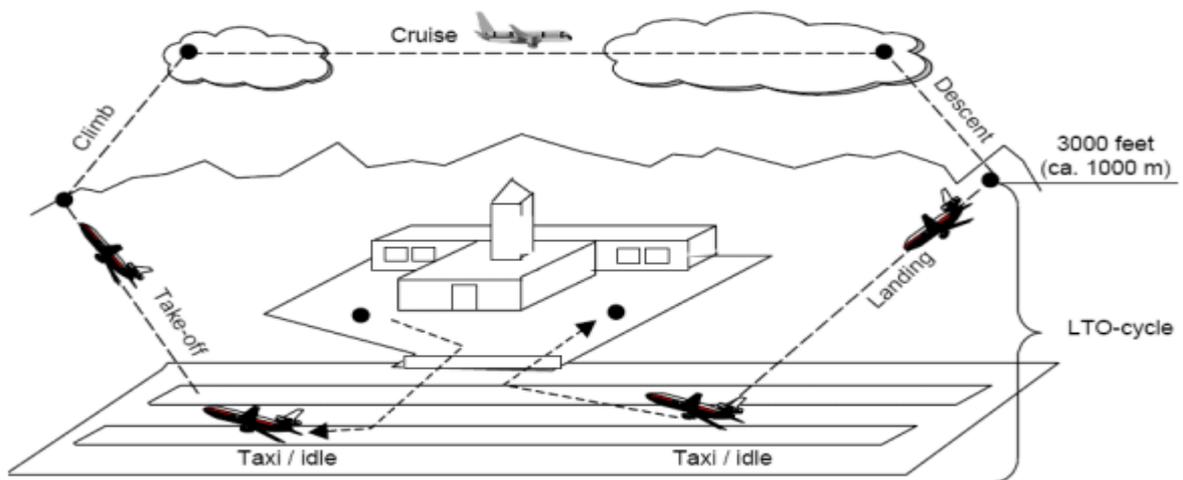
Segundo Coelho (2006) o ciclo LTO significa Landing and Take Off, que é definido em quatro módulos: aterrissagem, taxiamento, decolagem e subida das aeronaves em um certo aeroporto. E é neste ciclo que os poluentes atmosféricos são emitidos devido à temperatura de combustão, com a pressão e o modelo da câmara de combustão do motor do avião.

De acordo com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil (ANAC, 2019) a quantificação das emissões de poluentes atmosféricos, dentro das fases do ciclo LTO, estão relacionadas com o tempo de uso dos motores dos aviões e do tipo de modelo da aeronave, pois é levada em consideração a potência do motor e a sua performance de voo.

De acordo com Anac (2019) o Ciclo LTO (landing and take off) representado na figura 2 é dividido em seis etapas de voo nas proximidades do aeroporto abordado e está delimitado verticalmente em altitudes de voo inferiores a 914,4 metros ou 3000 pés.

Para melhor entendimento das fases do ciclo LTO é necessário ter ciência que as emissões dos poluentes pelos motores das aeronaves são calculadas, a partir do combustível gasto em cada fase de voo descrita dentro do ciclo LTO. As seis fases do ciclo LTO são subdivididas dentro do procedimento de partida ou chegada da aeronave no aeroporto analisado. As fases do ciclo LTO dentro do processo de partida da aeronave do aeroporto são contempladas pela: a fase de táxi de partida em solo (taxi-out), decolagem (Take-off), início da subida para voo de cruzeiro (climb). Já as fases do ciclo LTO relacionadas ao processo de chegada da aeronave no aeroporto são: a aproximação final para pouso (final approach), toque e corrida de desaceleração para pouso (Landing) e Taxi de chegada em solo (Taxi-in) (ANAC, 2019).

Figura 2: Ciclo LTO



Fonte: EMEP/EEA (2006)

Ainda de acordo com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil (ANAC, 2019). As fases do ciclo LTO implicam em uso de regime de potência do motor e tempo de operação diferentes e que, na falta de dados reais, pode-se utilizar dados de certificação ou uma combinação de dados reais e de certificação.

E para melhor verificação de rastreamento da quantificação de emissões atmosféricas emitidas na área de estudo que é o Aeroporto Internacional de Brasília, é necessário o conhecimento de conceitos de sensoriamento remoto e Na coleta de dados deste trabalho foram utilizadas as imagens geradas pelo satélite Copernicus Sentinel-5P usadas pela plataforma *Google Earth Engine*.

2.4 Sensoriamento Remoto

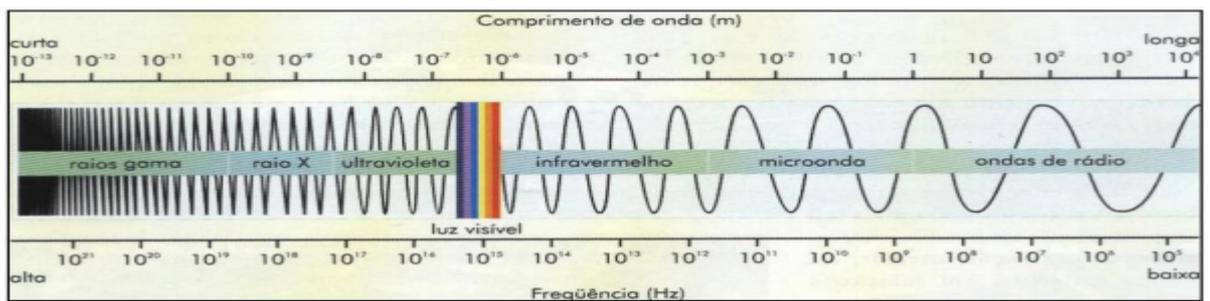
O Sensoriamento Remoto é utilizado de forma conjunta com o processamento de dados e equipamentos de transmissão de dados e sensores, com o objetivo de estudar os processos que ocorrem na superfície do planeta Terra e as suas interações com o meio à sua volta (NOVO, 2010).

Segundo Moraes (2002) o sensoriamento remoto é uma ciência que tem como objetivo a obtenção e a coleta de dados de objetos ou alvos que compõem a terra.

A captura das imagens dos objetos analisados pelos sensores ocorre por meio das interações da energia eletromagnética emitida ou refletida por esses alvos terrestres.

O espectro eletromagnético é a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência analisada. Dependendo das características bio-físico-químicas de um objeto ou alvo na superfície terrestre refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética que variam com o comprimento de onda. A figura 3 ilustra o espaço amostral de um espectro eletromagnético.

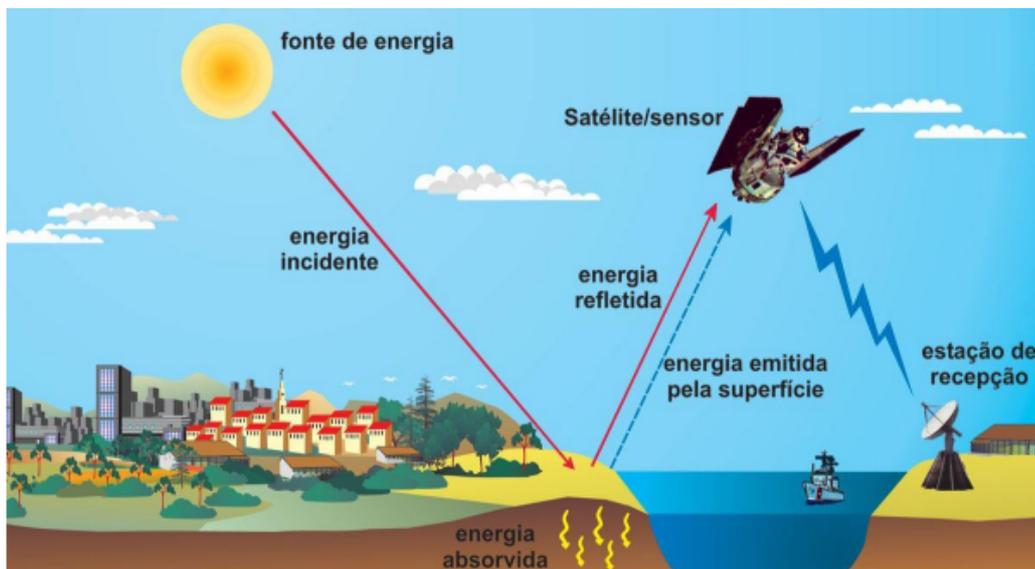
Figura 03: Espectro eletromagnético.



Fonte: Florenzano, 2011.

Os sensores remotos são os dispositivos que são capazes de detectar a energia eletromagnética oriunda da superfície terrestre, e a transformam em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia. Existem diversos tipos de sensores remotos, e isso influencia diretamente nas características das imagens que serão formadas. A figura 4 ilustra o processo de obtenção das imagens de sensoriamento remoto de um satélite passivo.

Figura 4: Processo de obtenção das imagens de sensoriamento remoto de um satélite passivo.



Fonte: (FLORENZANO, 2011)

Na coleta de dados deste trabalho foram utilizadas as imagens geradas pelo satélite Copernicus Sentinel-5P usadas pela plataforma *Google Earth Engine*.

2.4.1 Google Earth Engine

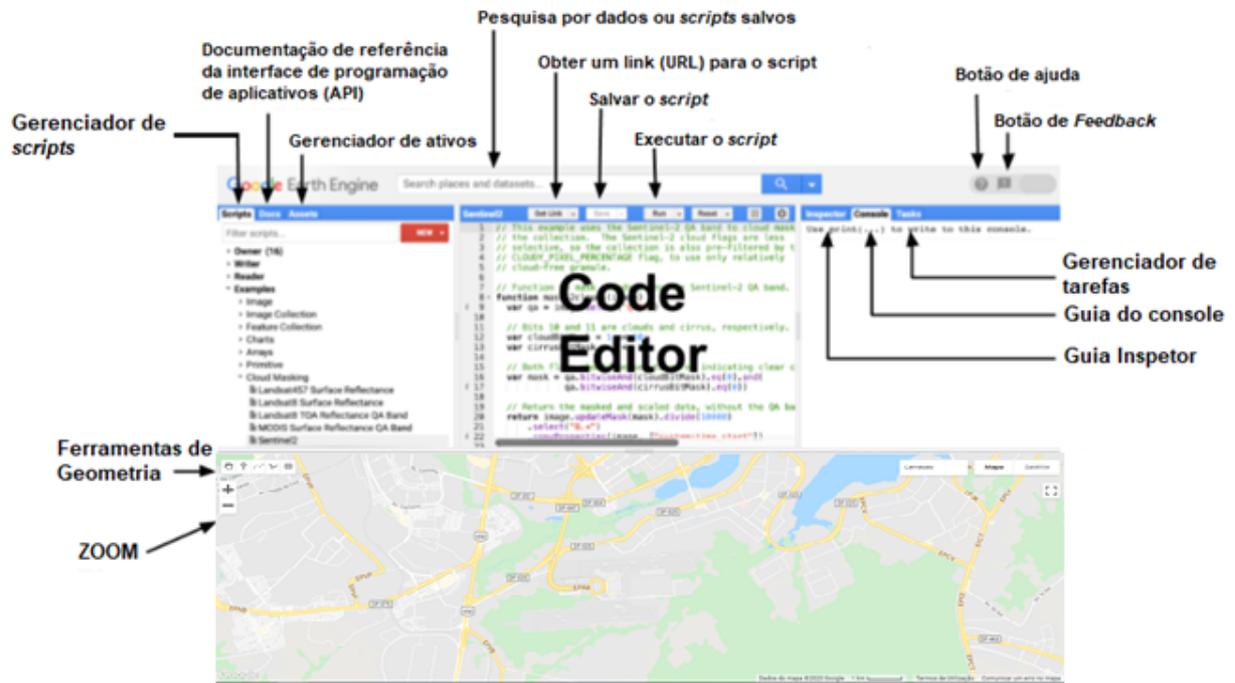
O Google Earth Engine trata-se de uma plataforma gratuita, de fácil utilização, prática e de ampla escala de análise dos dados ambientais. Que podem ser utilizados para a detecção de desmatamento, a classificação da cobertura da terra, as estimativas de quantificações de emissões atmosféricas, como taxa de dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono (GOOGLE EARTH ENGINE, 2020).

Segundo Gorelick et al (2017) o Google Earth Engine (GEE) nesta plataforma tecnológica é possível desenvolver análises de dados ambientais em escala mundial desde operações simples análise estatística até operações mais complexas como geoestatística.

O satélite utilizado na plataforma Google Earth Engine é o Sentinel-5 Precursor, que foi lançado pela Agência Espacial Europeia em 2017 para monitorar a poluição do ar (GOOGLE EARTH ENGINE, 2020).

A interface virtual de captura de dados da plataforma do Google Earth Engine está representada pela figura 5, na qual é no campo denominado Code Editor que é gerado os produtos desejados.

Figura 5- Mapa visual da plataforma Google Earth Engine em code.earthengine.google.com



Fonte: Adaptado de GORELICK et al. (2017).

Todas as informações captadas no GEE são disponibilizadas na própria nuvem do Google, pois está conectado com o Google Drive. E por ser um serviço prestado em nuvem, não necessita de um espaço físico para armazenar os dados (BALBINOT et al., 2016).

A Agência Espacial Europeia (ESA) mapeou a poluição do ar, mais especificamente do dióxido de nitrogênio, utilizando a plataforma de coleta de dados Google Earth Engine para monitorar as taxas de emissões de poluentes atmosféricos no período de pandemia do Covid 19 em inúmeros países europeus e asiáticos. Na qual será utilizado como referencial e embasamento teórico comparativo.

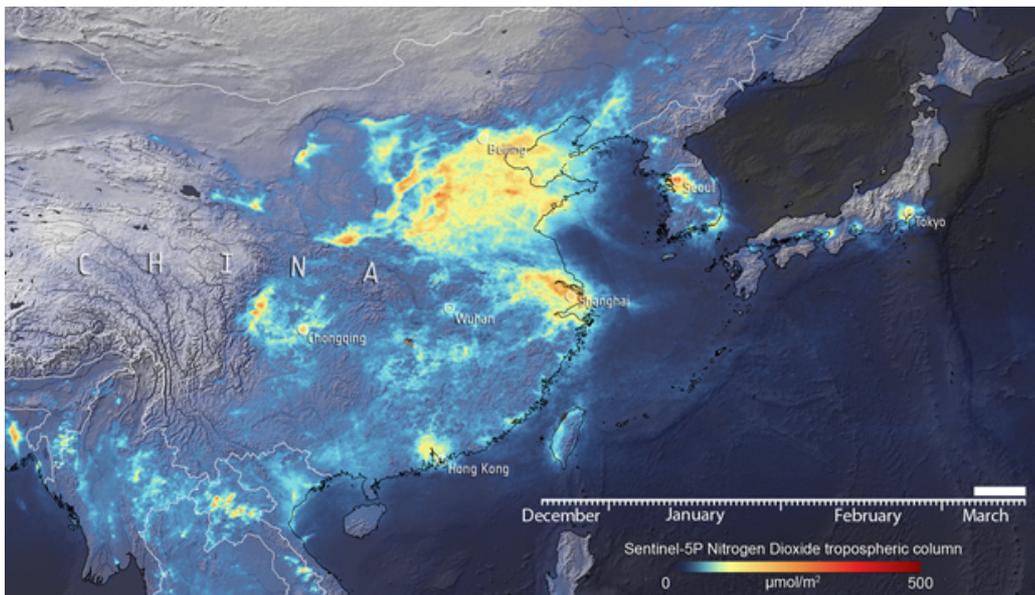
2.5 Pandemia do Covid 19

O vírus SARS-CoV-2 (coronavírus disease) que transmite a doença conhecida COVID-19, teve sua origem numa cidade chinesa no final de 2019 chamada Wuhan, na China, a partir do qual se espalhou por diversos outros países do mundo inteiro, ocasionando numa pandemia mundial. (LUIGI; SENHORAS, 2020)

Segundo SPERANDIO e GOMES (2020) o período de crescimento das taxas de infecção do vírus SARS-CoV-2 ao longo do mundo fez com que muitos governantes locais decretassem tomadas de decisão emergenciais. Não só países como a Itália, China, França, Brasil, mas sim, em uma escala mundial, muitos países tiveram as suas concentrações médias de NO_2 reduzidas comparadas ao mesmo período do ano de 2019. A primeira verificação de declínio das taxas de NO_2 troposférico ocorreram na China, especificamente na província de Wuhan, e mais a frente, também pode-se verificar nas proximidades de Pequim (ESA,2020).

Para uma contextualização global, a Agência Espacial Europeia (ESA) mapeou a poluição do ar, mais especificamente do dióxido de nitrogênio, na China por meio do satélite Copernicus Sentinel-5P nas datas de 7 a 16 de março de 2020 e verificou-se uma queda significativa nas concentrações desse poluente atmosférico. Causado pelas tomadas de decisões dos governantes em manter rígidas medidas de isolamento e diminuição do fluxo de voos no período de quarentena. A figura 6 descreve as concentrações de dióxido de nitrogênio na China de 7 a 16 de março de 2020 utilizando dados do satélite Copernicus Sentinel-5P (ESA, 2020).

Figura 6: Emissões de dióxido de nitrogênio na China



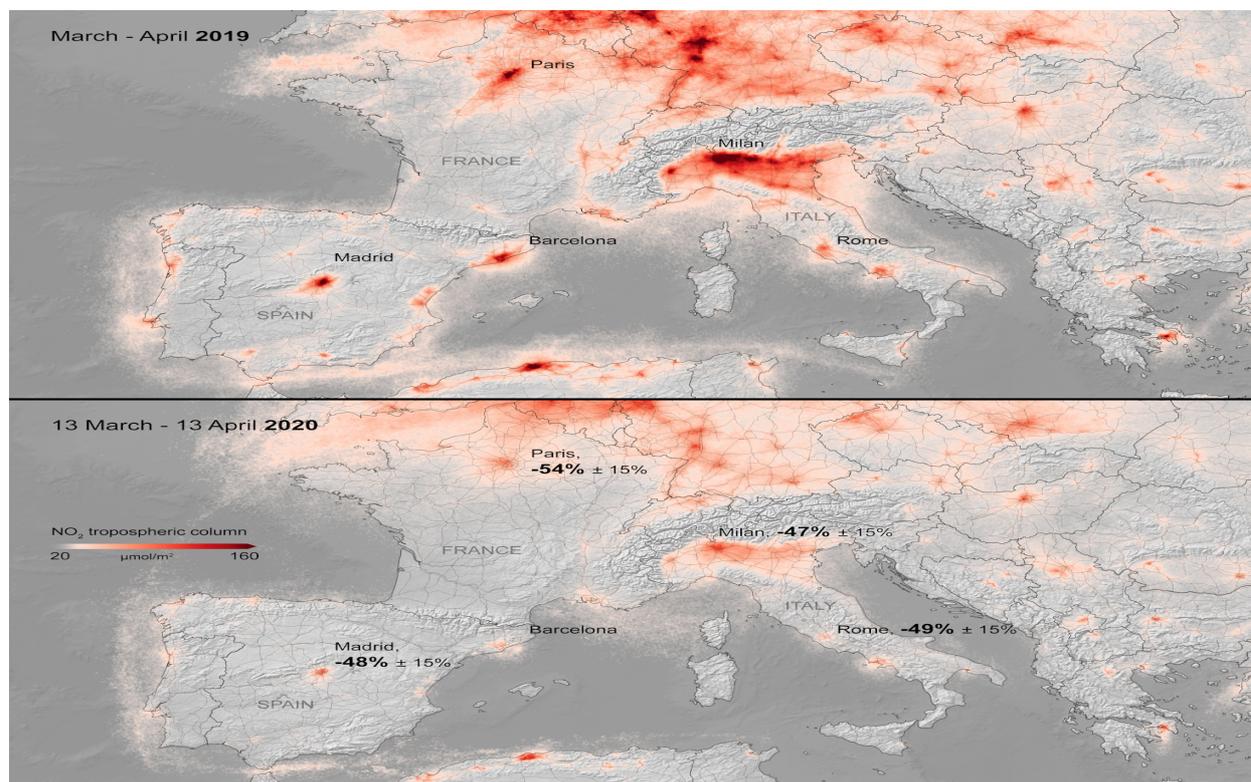
Fonte: ESA (2020)

E para uma contextualização numa escala global sobre as diminuições das concentrações médias de NO₂ troposférico, é necessário a comprovação das taxas de dióxido de nitrogênio utilizando sensoriamento remoto. E segundo dados da Agência Ambiental Europeia (AAE) as concentrações médias de NO₂ troposférico encontradas na Europa tiveram um declínio significativo, na Itália, por exemplo, no período de março de 2020, ocorreram reduções de até 45% em comparação com a mesma semana do ano anterior. Já na Espanha, com a proibição de viagens não primordiais, a queda das concentrações de dióxido de nitrogênio foram drásticas, chegaram a o decréscimo foi ainda maior, chegaram a queda vertiginosa de até 56% nos níveis de NO₂ troposférico no mesmo período de março de 2020 (AAE, 2020).

Segundo SPERANDIO e GOMES (2020) a diminuição das concentrações de dióxido de nitrogênio numa escala global está bastante relacionada com o grau de interferências antrópicas no ecossistema, como, por exemplo, na diminuição da produtividade industrial, da circulação de veículos automotivos, na demanda de setores energéticos e na diminuição de fluxos de aeronaves devido a fechamento de aeroportos e cancelamentos de voos.

O satélite Copernicus Sentinel-5P da Agência Espacial Europeia (ESA) também registrou as emissões de de nitrogênio na Europa por meio do satélite Copernicus Sentinel-5P no período de 4 a 25 de março de 2020, em comparação com a média mensal de concentrações de 2019, e ela pode ser visualizada na figura 7.

Figura 7: emissões de dióxido de nitrogênio na Europa



Fonte: ESA (2020)

Após essa contextualização do panorama de diminuição de emissões de poluentes em uma escala global é necessário adentrar conceitos básicos estatístico para uma análise mais aprofundada sobre a real correlação entre a movimentação de tráfego aéreo e as emissões de dióxido de nitrogênio ocorridas no Brasil, e mais específico no Aeroporto Internacional de Brasília.

2.6 Conceitos básicos estatísticos

Segundo Sell (2005) a aplicação de técnicas estatísticas para a verificação da real correlação entre comportamentos de variáveis é necessária para analisar a confiabilidade na geração das informações contábeis. Para isso, é essencial a utilização de análises de regressão no Microsoft Excel. Na qual é analisada a relação entre uma única variável dependente e um conjunto de variáveis independentes. E o objetivo da análise de regressão linear consiste em identificar uma equação linear que permita prever o valor da variável dependente em função dos valores conhecidos das variáveis independentes.

Segundo Stevenson (1986), “A correlação mede a força, ou grau, de relacionamento entre duas variáveis; a regressão dá uma equação que descreve o relacionamento em termos matemáticos.” Ou seja, a regressão linear é um modelo que tem como objetivo verificar o comportamento entre duas ou mais variáveis por meio de uma equação matemática linear que estimam valores de correlação.

A regressão linear, é constituída pela equação da reta: “ $y=a+b.x$ ”, onde “y” refere-se a variável dependente e “x” a variável independente. O “a” representa a interseção da linha no eixo “y” e “b” inclinação da linha (SELL,2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utiliza como metodologia a revisão bibliográfica, tendo a escolha de artigos, livros, leis e publicação de entidades renomadas, que estabelecessem relação com o tema escolhido. E paralelamente foi feito uma divisão de métodos para o desenvolvimento do presente trabalho, enquadrando duas ferramentas na coletas de dados, que é o Tatic Flow, utilizado no gerenciamento de dados de movimentação de tráfego aéreo e o Google Earth Engine, utilizado na coleta de dados de indicadores de emissões ambientais, no caso o poluente dióxido de nitrogênio. E por fim foi realizado análise de cunhos estatísticos utilizando regressão linear do microsoft excel para verificar a real taxa de correlação entre as emissões de dióxido de nitrogênio e a movimentação de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek.

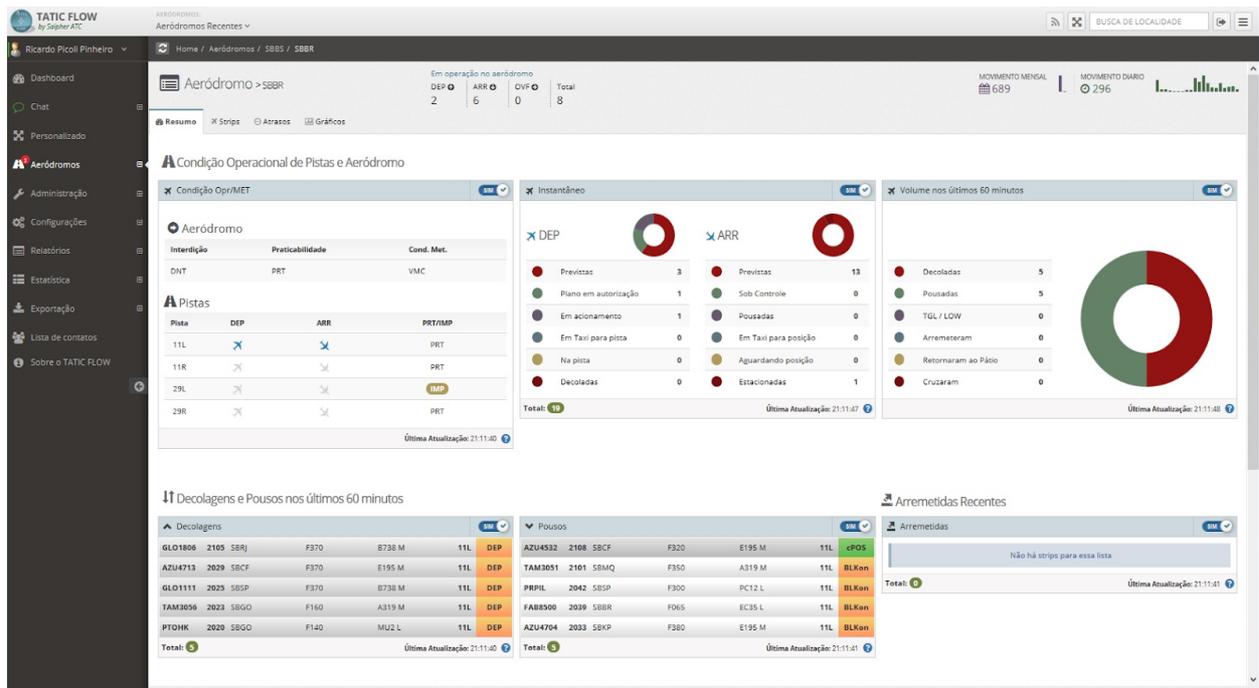
3.1 Dados da Movimentação de tráfego

Para verificar a quantificação dos dados de voos no aeroporto Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek é necessária a utilização de uma ferramenta chamada de Tatic Flow criada por uma empresa chamada Saipher ATC e utilizada no Brasil pelo CGNA - Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea. Essa ferramenta auxilia os órgãos de gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo no monitoramento da evolução dos tráfegos nos aeroportos, na melhora da coordenação entre os órgãos, e conseqüentemente, na agilização das operações de pouso e decolagem (CGNA,2020).

O período estudado para quantificação da movimentação de tráfego foi entre os anos de 2019 a 2020. Esses dados são retirados da Tatic Flow retirada dentro do

ambiente operacional dos computadores do CINDACTA I – Primeiro Centro Integrado De Defesa Aérea de Controle de Tráfego Aéreo.

Figura 8: Plataforma Tatic Flow



Fonte: SAIPHER ATC (2020)

3.2 Dados de sensoriamento remoto

Para a confecção deste trabalho também é necessário a análise da quantificação das taxas de dióxido de nitrogênio encontradas nas proximidades do Aeroporto Internacional de Brasília, utilizando sensoriamento remoto por intermédio da coleta de dados concentração de NO₂ na troposfera obtidos a partir do satélite Sentinel-5P da plataforma do Google Earth Engine.

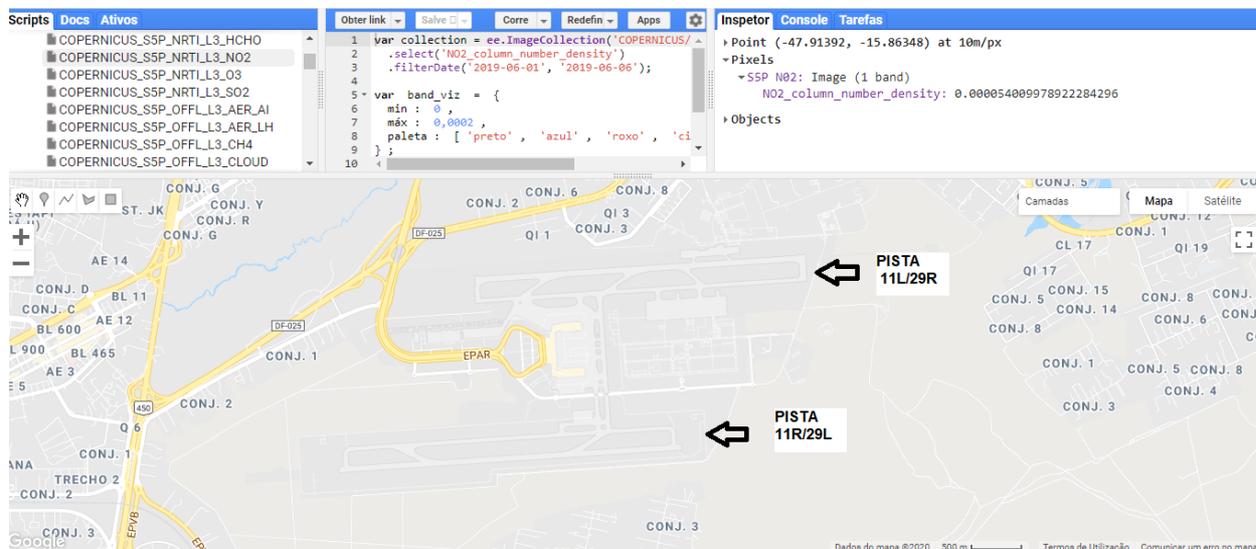
Inicialmente para usar a ferramenta, é necessário solicitar o acesso no site <https://earthengine.google.com/> e aguardar um email liberando o acesso a plataforma do Google Earth Engine. Após a liberação do acesso, para iniciar a coleta de dados, é preciso utilizar a opção de editor de código (Code Editor).

Logo após, foi utilizado a escolha do script localizado na extremidade esquerda do Editor de código com opção de data set “COPERNICUS_S5P_NRTI_L3_NO2”. Para melhor filtragem de dados da quantificação de dióxido de nitrogênio específicos para a

região do Brasil, foi definida uma região de interesse utilizando como latitude -15 e longitude -48.

E para a uma análise temporal das taxas de concentração de NO₂ nos meses de março a setembro do ano de 2019 e no mesmo período no ano de 2020, foi realizado um ajuste de filtro temporal. Foi coletada a quantificação de dióxido de nitrogênio em cada pista do Aeroporto Internacional de Brasília e feita uma média aritmética dos valores encontrados, ou seja, os valores das taxas de emissões de dióxido de nitrogênio coletados no centro da pista 11L/29R mais os valores coletados no centro da pista 11R/29L foram somados e feitos uma média aritmética. Desse modo ilustra-se o uso da plataforma do Google Earth Engine.

Figura 9: Google Earth Engine



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

3.3 Regressão linear

A análise de cunho estatísticos e comparativos utilizando métodos de regressão linear no Microsoft Excel é necessária para a verificação das taxas de correlação entre as emissões de dióxido de nitrogênio e a movimentação de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek.

Antes de partir para a execução da regressão linear de fato, é necessário a definição das variáveis estudadas. Uma vez definidas as variáveis, o próprio excel tem uma extensão que calcula a regressão linear a partir das variáveis imputadas. É por meio de

análise exploratória dos dados e teste da correlação das variáveis na regressão linear, que verifica-se se a hipótese diretriz deste trabalho é refutada ou confirmada.

Por conseguinte, para realizar a regressão linear como ferramenta de análise, utilizou-se o Microsoft Excel 2020.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

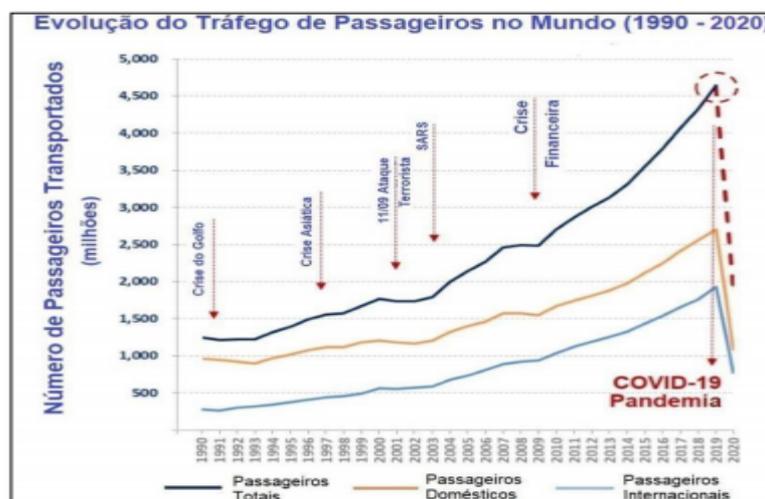
Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante a realização do estudo e aqueles provenientes da análise da movimentação de tráfego e da quantificação de dióxido de nitrogênio no Aeroporto Internacional de Brasília.

4.1 Análise de dados da movimentação de tráfego

De acordo com Faria e Mesquita (2013), apontam que as maiores emissões de NO₂ são oriundas da combustão de combustíveis de veículos de suporte às operações aeroportuárias, como por exemplo, no táxi de aeronaves e manobra das mesmas, ou até mesmo da emissão de aeronaves no pouso ou decolagem das aeronaves nas proximidades dos aeroporto.

Para melhor contextualização numa escala global, MARCON (2020) realizou pesquisas com base em relatórios do setor aéreo no âmbito mundial, como por exemplo, o relatório da ICAO (Organização Internacional da Aviação Civil) sobre os efeitos do novo coronavírus (COVID-19) na aviação civil. Verificou-se uma previsão da diminuição de passageiros no mundo, consequentemente de voos, até o final do ano de 2020, como descrito na Figura 10.

Figura 10: A evolução do tráfego de passageiros mundial



Fonte: MARCON (2020) Adaptado de “Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation” – (ICAO, 2020)

Ao se comparar os efeitos da pandemia com os movimentos de voos no Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek no período da pandemia do covid 19 2020 em relação com o mesmo período de 2019, foi verificado também uma brusca diminuição de voos no aeroporto analisado.

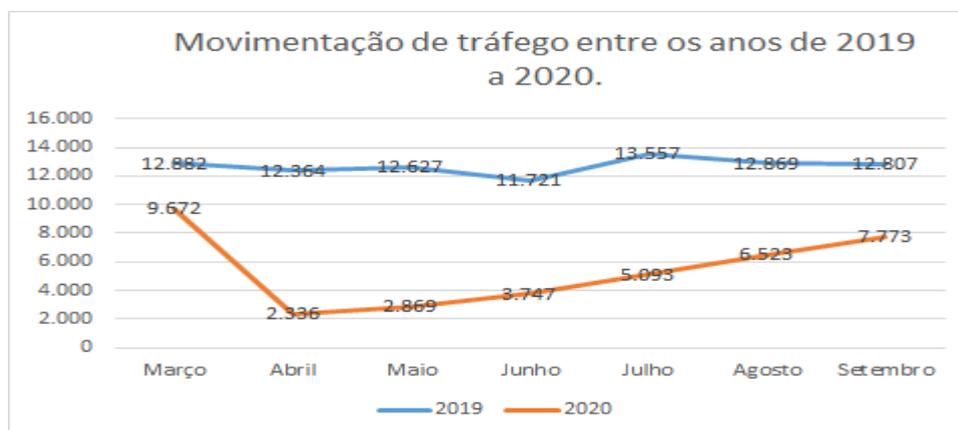
E é mediante o uso da plataforma do SAIPHER ATC que foi feita a contabilidade de dados estatísticos da movimentação de tráfego entre os anos de 2019 a 2020. Na qual estão listados na Tabela 1 e no Gráfico 1, correspondente ao Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek e possuem como unidade os números de voos ocorridos nos meses listados.

Tabela 1: Movimentação de tráfego entre os anos de 2019 a 2020.

Ano	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro
2019	12.882	12.364	12.627	11.721	13.557	12.869	12.807
2020	9.672	2.336	2.869	3.747	5.093	6.523	7.773

Fonte: SAIPHER ATC (2020)

Gráfico 1: Movimentação de tráfego aéreo no ano de 2019 e 2020 no aeroporto internacional de Brasília



Fonte: SAIPHER ATC (2020)

Com base nos dados de entrada, pode-se verificar no Gráfico 1, uma diminuição de movimentos de pouso e decolagem no Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek no período da pandemia, muito relacionado com a situação de isolamento social e diminuição de voos ocorridos não só no país brasileiro como também em todo o mundo.

4.2 Análise dos dados do sensoriamento remoto

No decorrer da análise de imagens emitidas pelo satélite Copernicus Sentinel-5P da Agência Espacial Europeia (ESA) verifica-se uma diminuição de uma parcela significativa das emissões de nitrogênio na Europa. Ao se analisar quantificação das taxas de dióxido de nitrogênio encontradas nas proximidades do Aeroporto Internacional de Brasília aeroporto a partir do satélite Sentinel-5P na plataforma do Google Earth Engine foi verificado uma diminuição também das taxas de NO_2 encontradas nas proximidades do Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek como descrito na Tabela 2 .

A unidade das taxas de Dióxido de nitrogênio na plataforma do Google Earth Engine são de mol/m^2 , mas neste trabalho o ideal é utilizar a unidade de taxas de NO_2 em $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, ou seja, para a confecção da tabela 2 é necessário a multiplicação dos dados recolhidos no GEE e multiplicá-los pelo fator de 10^{-6} (um milionésimo). Essa necessidade de mudar a escala de análise de valor das taxas de NO_2 em $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ocorre pois, mesmo o Aeroporto Internacional de Brasília ser um dos aeroportos mais procurados pelas companhias aéreas para a distribuição de voos e apoio operacional para longos voos, o Aeroporto ainda possui taxas baixas de concentração de dióxido de nitrogênio em comparação com o panorama de emissões de dióxido de nitrogênio verificado na China na figura 6.

Tabela 2: Valores de Dióxido de Nitrogênio no Aeroporto de Brasília ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)

MÊS	DESCRIÇÃO	NO2 EM 2019 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)	NO2 EM 2020 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$)
MARÇO	PISTA 11L/29R	43,3150857102881	46,5728549467861
	PISTA 11R/29L	43,3555997700610	47,2847954541720
	MÉDIA ARITIMÉTICA	43,3353427401746	46,9288252004791
ABRIL	PISTA 11L/29R	48,0122099502731	43,9542956111345
	PISTA 11R/29L	47,1748249541715	41,6190559216323
	MÉDIA ARITIMÉTICA	47,5935174522223	42,7866757663834
MAIO	PISTA 11L/29R	49,4471457871244	46,5769454430960
	PISTA 11R/29L	47,4045777003157	47,4409162796049
	MÉDIA ARITIMÉTICA	48,4258617437201	47,0089308613505
JUNHO	PISTA 11L/29R	49,4507236942487	45,3582212150503
	PISTA 11R/29L	49,2818850089051	46,8117675044405
	MÉDIA ARITIMÉTICA	49,3663043515769	46,0849943597454
JULHO	PISTA 11L/29R	54,1205058468766	54,4279144722293
	PISTA 11R/29L	55,4725482404455	52,5955124938766
	MÉDIA ARITIMÉTICA	54,7965270436610	53,5117134830529
AGOSTO	PISTA 11L/29R	63,4627299639936	60,6249478260102
	PISTA 11R/29L	60,5548811228369	61,3707189091275
	MÉDIA ARITIMÉTICA	62,0088055434153	60,9978333675689
SETEMBRO	PISTA 11L/29R	83,5611907146042	80,4522635729020
	PISTA 11R/29L	83,1647491653894	79,8254159403851
	MÉDIA ARITIMÉTICA	83,3629699399968	80,1388397566436

Fonte: GEE (2020)

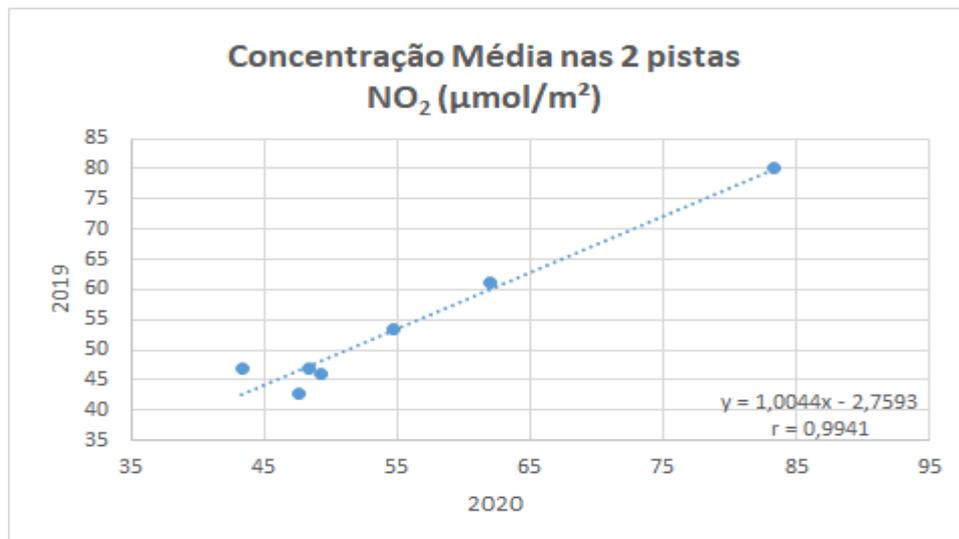
4.3 Análise estatística: Regressão linear

Pela análise da tabela 2 é notório que as taxas de NO_2 encontradas na média aritmética das pistas em uso do Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek apresentaram uma diminuição no ano de 2020 comparada ao mesmo período de 2019. Entretanto é necessário, neste trabalho, a análise de informações de cunho estatístico para verificar se as informações coletadas possuem correlação entre si, como por exemplo, a utilização de conceitos baseados no coeficiente de correlação de Pearson(r), que nada mais é que o quanto um dado se relaciona com o outro dado estudado e o coeficiente de determinação (R^2) que

representa a explicação do quão um eixo está relacionado com o outro eixo são de grande relevância no estudo em questão.

Segundo o Gráfico 1 , verifica-se que nos dois anos analisados as taxas de concentração de dióxido de nitrogênio caminham de forma igual, se correlacionam em quase 100%. Isto é, as concentrações de dióxido de nitrogênio nos dois anos possuem uma dependência linear uma da outra e que possuem uma tendência de crescimento devido a estudos sobre questões sazonais específicas.

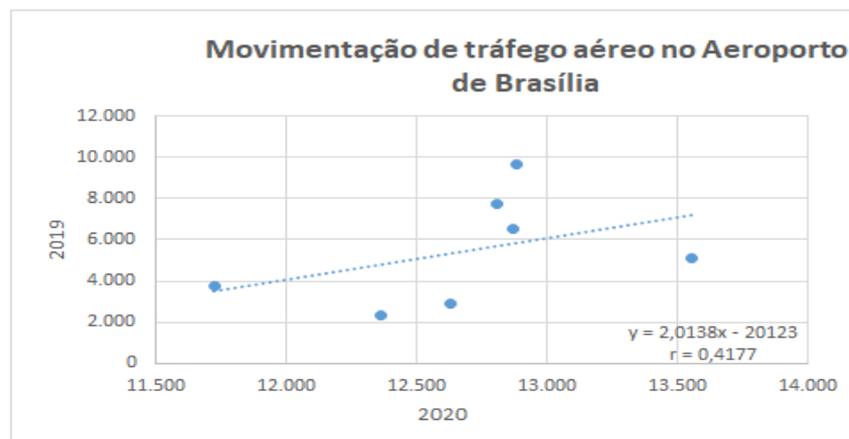
Gráfico 1 : Concentração Média de NO₂ nas 2 pistas do Aeroporto de Brasília



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

Já no Gráfico 2 , verifica-se que ao se tratar da movimentação de tráfego aéreo essa redução da correlação se dá pela mudança de padrão aéreo devido a pandemia do covid 19.

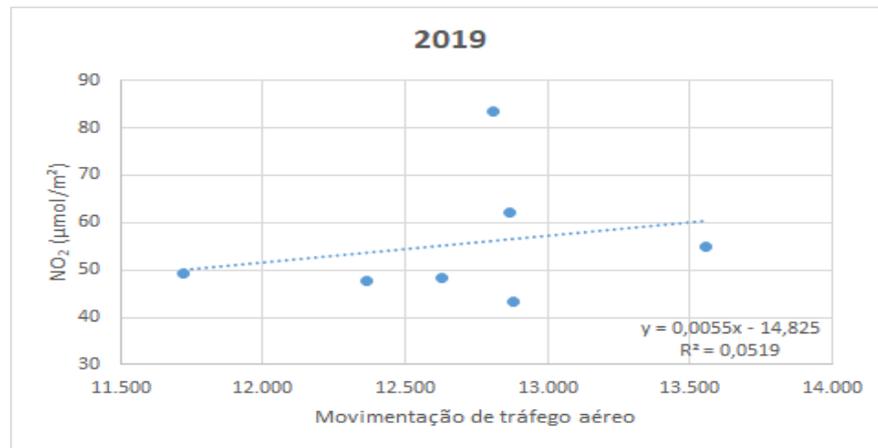
Gráfico 2 : Movimentação de tráfego aéreo



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

Ao analisar o Gráfico 3, que representa a relação do coeficiente de determinação das taxas de concentrações de NO_2 com a movimentação de tráfego no Aeroporto de Brasília, verifica-se que em 2019 essa correlação é explicada em apenas 5%. E que provavelmente outros fatores podem ter contribuído para essas concentrações de NO_2 e não isoladamente a movimentação de tráfego aéreo no aeroporto em questão.

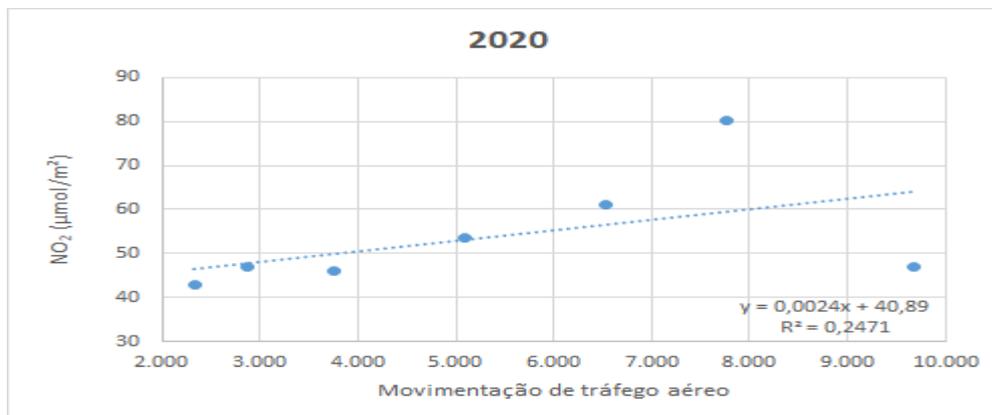
Gráfico 3: Relação de movimentação aérea e concentração de NO_2 em 2019



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

Ao se tratar do ano de 2020, ano onde a pandemia do covid 19 se alastrou em escala global, verifica-se no gráfico 4, por intermédio da análise do coeficiente de determinação, que ocorreu um aumento de 5% em relação ao ano de 2019, retratado no gráfico 3, para quase 25 % da relação entre NO_2 e a movimentação de tráfego local. Esse aumento do valor do coeficiente de determinação pode ser explicado pela diminuição de tráfego aéreo local, mas não é o determinante no estudo de caso da pandemia do covid 19. Provavelmente outros fatores interferem na composição da fonte emissora de dióxido de nitrogênio na atmosfera local como por exemplo, a atenuação do uso de veículos motorizados e em alguns processos industriais.

Gráfico 4 :Relação de movimentação de tráfego aéreo e concentração de NO₂ em 2020



Fonte: Elaborada pela autora (2020)

E que ao longo de estudos com cunho estatísticos e comparativos utilizando métodos de regressão linear no Microsoft Excel verifica-se a real taxa de correlação entre as emissões de dióxido de nitrogênio e a movimentação de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek. E nos mostra que apesar de aparentemente ser uma correlação linear, foi comprovado que não possuem alto grau de correlação. Logo a hipótese de correlação de diminuição de valores de dióxido de nitrogênio com a movimentação de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília foi refutada. E que, provavelmente as taxas de NO₂ podem estar relacionadas com outras fontes de emissões, como por exemplo, o uso de veículos motorizados e em alguns processos industriais, e não necessariamente a ocorrência da pandemia do Covid 19.

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, infere-se que, por intermédio de revisões de estudos realizados sobre o tema que, em maior ou menor grau, as ações humanas são refletidas diretamente no ambiente, seja num panorama global ou na análise dentro do Brasil.

Os dados apresentados neste trabalho, acerca da verificação da correlação entre a diminuição dos níveis de NO₂ e a diminuição da quantidade de voos no Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek no período da pandemia do covid 19, nos mostra que apesar de aparentemente ser uma correlação

linear e intuitiva, foi comprovado que não possuem alto grau de correlação. Logo a hipótese de correlação de diminuição de valores de dióxido de nitrogênio com a movimentação de tráfego aéreo no Aeroporto Internacional de Brasília foi refutada. E que a diminuição das taxas NO_2 e da movimentação aérea local pode ser explicado pela ocorrência de uma pandemia do covid 19, mas não é o fator determinante. E que, provavelmente as taxas de NO_2 podem estar relacionadas com outras fontes de emissões, como por exemplo, o uso de veículos motorizados e em alguns processos industriais.

Comprovando que mesmo o Aeroporto Internacional de Brasília- Presidente Juscelino Kubitschek sendo um aeroporto de destaque no panorama nacional, o mesmo apresenta condições de qualidade do ar satisfatórias, tanto que foi utilizado uma escala dez vezes menor de concentração de NO_2 como abordado ao analisar os dados utilizados no estudo do panorama chines.

Em relação à plataforma Google Earth Engine conclui-se que se trata de uma ferramenta ágil e que permitiu que as classificações fossem geradas em um espaço de tempo mais curto em comparação com vários outros programas de processamento digitais de imagens disponíveis no mercado. Demonstrando que o GEE é uma ferramenta utilizada para inter-relacionar o meio ambiente com os efeitos antropogênicos gerados pelo tráfego aéreo local ou de escala global.

Por fim, sugere-se que para trabalhos futuros seja incorporado análises da origem de outras fontes de emissões de NO_2 utilizando outras técnicas de identificação e de rastreamento.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAE – European Environment Agency (EEA). **Air pollution goes down as Europe takes hard measures to combat coronavirus.** Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/highlights/airpollution-goes-down-as> .Acesso em: Novembro 2020.

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL. **METODOLOGIA DE CÁLCULO INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS 2019.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/MethodologiadeCalculov1agosto2019.pdf>. Acesso em: 28 de novembro de 2020.

BALBINOT, B. L. et al. Google Drive. **Tutorial: Programa de Educação Tutorial Sistemas de Informação**. Santa Maria/RS: UFSM, 2016.

CANÇADO, J. E. D. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v.32, n.Supl 1, p.S5-S11, 2006.

CGNA. Ministério da defesa e Comando da Aeronáutica. **Centro de Gerenciamento de Navegação Aérea CGNA**.2020.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2004a. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2003**. São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 31/10/2020

COELHO, Patricia Ingrid De Souza, 2006. **A Importância da Localização de um aeroporto na Qualidade do Ar - O Caso da Expansão do Aeroporto Santos Dumont na Cidade do Rio de Janeiro**. Tese pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro 152p.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 15937-15939, 22 ago. 1990. Seção 1. Disponível em: http://www.ibram.df.gov.br/images/resol_03.pdf. Acesso em: 29 out. 2020.

EMBRAPA. 1999. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Brasília, DF. 412p.

ESA – European Space Agency. (2020) **Nitrogen dioxide concentrations over Italy/France/Spain**. 2020. Disponível em <https://www.esa.int/> . Acesso: Novembro 2020.

EUROPEAN MONITORING AND EVALUATION PROGRAMME (EMEP) / EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). - EMEP/EEA **“Air Pollutant Emission Inventory Guidebook”**, 2006. Disponível em <https://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4>. Acesso em: 28 de novembro de 2020

Faria, M.R.; MESQUITA, Adailson Pinheiro. **IMPACTOS AMBIENTAIS OCACIONADOS EM REGIÕES AEROPORTUARIAS E NA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG**. e-RAC, v. 1, n. 1, 2013.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Ed. Oficina de Textos, 3ª edição. São Paulo/SP, 2011

GGE.**Plataforma Google Earth Engine**.Consultado no site:<https://earthengine.google.com/> em 23/10/2020.

GORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone**. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017.

IBGE. 2020. Consultado no site: www.ibge.gov.br em 23/11/2020.

ICAO (International Civil Aviation Organization),2020. Disponível em: <https://www.icao.int>. Acesso em: 21 nov. 2020.

INFRAMÉRICA. **Administradora do Aeroporto de Brasília**. Disponível em: <https://www.bsb.aero/br/o-aeroporto/a-inframerica/>. Acesso em: 29 out. 2020.

JABONSKI, Carlos Daniel. **Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri**. 61f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017

LUIGI, R.; SENHORAS, E. M. “**O novo coronavírus e a importância das Organizações Internacionais**”. Nexo Jornal [17/03/2020]. Disponível em: . Acesso em: 30/10/2020.

MARCON,Everton Luis de Souza Brito. **IMPACTOS ECONÔMICOS DA COVID 19 SOBRE A AVIAÇÃO CIVIL MUNDIAL**. REVISTA CONEXÃO UNIVERSITÁRIA DA FDB, p. 97.2020

MORAES, Elisabete Caria. **CAPÍTULO 1 FUNDAMENTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) - São José dos Campos,SP.2002

MORAIS, L.R. **Estudo de Barreiras Acústicas no Controle do Ruído Aeroportuário**. 314 . Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010

SAIPHER ATCI. **Soluções em Tráfego Aéreo e Aeroportos**. São José dos Campos, 2020. Disponível em: <https://www.saipher.com.br/tatic-flow//> Acesso em: 09 de novembro de 2020.

SELL, Isair. **Utilização da regressão linear como ferramenta de decisão na gestão de custos**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2005.

SPERANDIO, Diogo Gabriel; GOMES, Cristiane Heredia. **VARIAÇÕES GLOBAIS NOS NÍVEIS DE NO₂ DURANTE A PANDEMIA DO COVID-19 (CORONAVIRUS): UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE GEOLOGIA E ANTROPOCENO**. HOLOS, v. 5, p. 1-11, 2020.

STEVENSON, W. J. (1986). **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harbra, p. 341

WHITELEGG, J.; CAMBRIDGE, H., 2004. **Aviation and Sustainability**. Jul. SEI - Stockholm Environment Institute.