

## ANÁLISE DO ÍNDICE CO2FLUX EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL EM SÃO GONÇALO -RJ

Gabriela Cantuária Nobre Andrade<sup>1</sup>

Gabriel Silva dos Santos<sup>2</sup>

Emilly Fegalo Pires Matos<sup>3</sup>

Phillipe Valente Cardoso<sup>4</sup>

86

**Resumo.** A pesquisa apresenta um estudo sobre o impacto do sequestro de carbono nas áreas de preservação ambiental em São Gonçalo, bem como a importância das Unidades de Conservação e o mapeamento das áreas verdes. Utilizando imagens de satélite processadas no software ArcGis 10.8, foram realizadas análises para mapear as áreas de proteção, os distritos de São Gonçalo e a cobertura do uso do solo. Através do cálculo do índice CO2FLUX, foi possível identificar as áreas que contribuem de forma mais significativa para o sequestro de carbono. Os resultados obtidos revelaram a relevância das Unidades de Conservação e das áreas verdes para a manutenção do equilíbrio ambiental na região. Além disso, o estudo destacou a importância de políticas públicas voltadas para a preservação ambiental e a conscientização da população sobre a importância da conservação das áreas verdes e das Unidades de Conservação. No entanto, é importante ressaltar que a metodologia utilizada apresenta algumas limitações, como a dependência de dados precisos de satélite e a necessidade de atualização constante das informações. Portanto, sugere-se que estudos futuros aprimorem a metodologia, buscando a utilização de novas tecnologias e a integração de diferentes fontes de dados para obter resultados mais precisos. Em suma, este estudo contribui para o conhecimento sobre o sequestro de carbono nas áreas de preservação ambiental em São Gonçalo, fornecendo

<sup>1</sup> Graduanda em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Email: andrade.gabriela@graduação.uerj.br, <https://orcid.org/0000-0003-3405-8318>

<sup>2</sup> Graduando em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Email: gabrielltsotnas@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2363-1222>

<sup>3</sup> Graduanda em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Email: ekfegalo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6368-9915>

<sup>4</sup> Docente no Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Email: phillipevalente@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2850-6033>

informações relevantes para a tomada de decisões e o desenvolvimento de estratégias de conservação e sustentabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** Sequestro de Carbono; São Gonçalo; Unidades de Conservação; Co2Flux; Mapeamento; Geoprocessamento

### **ANALYSIS OF THE CO2FLUX INDEX IN AREAS OF ENVIRONMENTAL PRESERVATION IN SÃO GONÇALO -RJ**

**Abstract.** this research presents a study on the impact of carbon sequestration in environmental preservation areas in São Gonçalo, as well as the importance of Conservation Units and the mapping of green areas. Using satellite images processed in ArcGis 10.8 software, analyses were conducted to map the protected areas, districts of São Gonçalo, and land use coverage. Through the calculation of the CO2FLUX index, it was possible to identify the areas that contribute most significantly to carbon sequestration. The results obtained revealed the relevance of Conservation Units and green areas for maintaining environmental balance in the region. Additionally, the study highlighted the importance of public policies focused on environmental preservation and raising awareness among the population about the significance of conserving green areas and Conservation Units. However, it is important to note that the methodology used has some limitations, such as the dependence on accurate satellite data and the need for constant information updates. Therefore, it is suggested that future studies improve the methodology by exploring new technologies and integrating different data sources to obtain more precise results. In summary, this study contributes to the understanding of carbon sequestration in environmental preservation areas in São Gonçalo, providing relevant information for decision-making and the development of conservation and environmental sustainability strategies.

**Keywords:** Carbon Sink; Environmental Protected Area (EPA); Conservation Units (CU); Mapping; Geoprocessing; CO2Flux

### **ANÁLISIS DEL ÍNDICE CO2FLUX EN ÁREAS DE PRESERVACIÓN AMBIENTAL EN SÃO GONÇALO - RJ**

**Resumen.** Esta investigación presenta un estudio sobre el impacto de la captura de carbono en las áreas de preservación ambiental en São Gonçalo, así como la importancia de las Unidades de Conservación y el mapeo de las áreas verdes. Utilizando imágenes de satélite procesadas en el software ArcGis 10.8, se realizaron análisis para mapear las áreas de protección, los distritos de São Gonçalo y la cobertura del uso del

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

suelo. A través del cálculo del índice CO2FLUX, fue posible identificar las áreas que contribuyen de manera más significativa a la captura de carbono. Los resultados obtenidos revelaron la relevancia de las Unidades de Conservación y las áreas verdes para el mantenimiento del equilibrio ambiental en la región. Además, el estudio destacó la importancia de políticas públicas orientadas a la preservación ambiental y la concientización de la población sobre la importancia de la conservación de las áreas verdes y las Unidades de Conservación. Sin embargo, es importante destacar que la metodología utilizada presenta algunas limitaciones, como la dependencia de datos precisos de satélite y la necesidad de actualización constante de la información. Por lo tanto, se sugiere que estudios futuros mejoren la metodología, buscando la utilización de nuevas tecnologías y la integración de diferentes fuentes de datos para obtener resultados más precisos. En resumen, este estudio contribuye al conocimiento sobre la captura de carbono en las áreas de preservación ambiental en São Gonçalo, proporcionando información relevante para la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias de conservación y sostenibilidad ambiental.

**Palabras clave:** Sumidero de carbono; Área de Protección Ambiental (EPA); Unidades de Conservación (UC); Cartografía; Geoprocusamiento; Flujo de CO2

### **Introdução:**

As atividades realizadas pelos seres humanos, como a queima de combustíveis fósseis, a incineração de lixo doméstico e queimadas em campos e florestas, são uma das principais fontes de poluição atmosférica, liberando anualmente milhões de toneladas de gases tóxicos, incluindo os gases de efeito estufa. O gás carbônico (CO<sub>2</sub>), faz com que a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre seja impedida de se dissipar. A quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera tem aumentado desde a Revolução Industrial, dado ao aumento das atividades humanas que causam a poluição no ar, principalmente tratando-se das queimas de combustíveis fósseis. Dessa forma, tem crescido a preocupação mundial em relação aos efeitos e as mudanças do clima no planeta, decorrentes, também, das emissões do dióxido de carbono, que resultam dos processos de decomposição de matéria orgânica ou qualquer processo de combustão, e outros gases de efeito estufa (GEE), como CH<sub>4</sub> (metano) e N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), de acordo com GAYATHRI (2021).

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

Segundo Mikhaylov & Schweitzer (2021), com o aumento das concentrações de gases de efeito de estufa na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono, as consequências têm sido das mais variadas, tanto afetando em escala econômica, quanto no clima, saúde global e a qualidade de vida. Segundo Canton (2021), os resultados dessas altas concentrações têm sido ciclos biogeoquímicos alterados, levando dessa forma a um consenso mundial, de que é necessário estudar e empregar estratégias que possam obter uma redução na concentração do CO<sub>2</sub> na atmosfera, a fim de reduzir os eventuais riscos de catástrofes mundiais.

O conceito de “sequestro de carbono” surgiu como uma das estratégias que teve início, devido a necessidade da redução do gás carbônico emitido na atmosfera. Exposto pela conferência de Kyoto em 1997, tem como objetivo, novamente, conter e reverter o acúmulo de gases prejudiciais na atmosfera, minimizando os impactos ambientais, referentes às mudanças climáticas (JIN et al., 2020). No Brasil, este conceito é estudado a fim de melhorar a produção agrícola, estudando como ele ocorre nos diversos biomas brasileiros. O impacto do sequestro de carbono nos biomas brasileiros, é diferente, em razão das dinâmicas ambientais e dos climas seres diferentes, dessa forma, é necessário pensar em como isso ocorre na Mata Atlântica, que ocupa uma extensa área do território brasileiro, estando presente em 15 Estados, em um deles, encontra-se localizado no Estado do Rio de Janeiro.

Segundo Boddey (2006) a Mata Atlântica passou por diversas ondas de desmatamento, para a implantação da agricultura, pecuária e industrial, atualmente esse bioma mostra manejos diferentes da terra, como, florestas remanescentes, florestas plantadas, pastas, culturas permanentes. O Sequestro de Carbono por meio de reflorestamento é uma das opções possíveis para diminuir as emissões de gases de efeito estufa no bioma da Mata Atlântica. Nesse contexto, Ciesla (1995) afirma que as florestas removem carbono, na forma de CO<sub>2</sub>, em proporções maiores quando jovens e em fase de crescimento, na medida que atingem maturidade e seu crescimento é estabilizado, essa absorção de CO<sub>2</sub> é diminuída.

Aliado a essa questão, o sensoriamento remoto desempenha na atualidade um papel fundamental, contribuindo para a obtenção de informações abrangentes sobre a Terra

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO<sub>2</sub>FLUX para o Município de São Gonçalo

e seus recursos naturais que vão desde a escala local até uma escala global. Essa tecnologia permite análises e interpretações de características da superfície terrestre, como vegetação, corpos d'água e áreas construídas, que são dados fundamentais no monitoramento de processos ambientais importantes, como as mudanças climáticas, a supressão da vegetação, a gestão de recursos hídricos, entre outros.

Nesse contexto, os índices espectrais têm se mostrado ferramentas poderosas para análise e interpretação de dados coletados por sensores. Os índices são criados por cálculos matemáticos que relacionam diferentes bandas espectrais, permitindo extrair informações específicas sobre as propriedades da superfície terrestre. Um exemplo notável é o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI), amplamente utilizado para estimar a densidade e a saúde da vegetação. Isso é importante para monitorar a saúde do ecossistema, avaliar a produtividade agrícola e identificar áreas de desmatamento. Além disso, índices espectrais como o índice de água NDWI (Índice de Água Diferencial Normalizado) e o Índice de Queimadura NBR (Taxa de Queima Normalizada) desempenham um papel importante na detecção e monitoramento de recursos hídricos e incêndios florestais, respectivamente. Em resumo, a utilização de índices espectrais no contexto da detecção remota pode levar a uma compreensão mais profunda e abrangente dos fenômenos e processos globais, o que é essencial para apoiar a tomada de decisões e a gestão sustentável dos recursos naturais.

Paralelamente a isso, as unidades de conservação tornam-se pontos estratégicos na manutenção do território, pois além fundamentais na manutenção hidro ecológica das regiões, podem ser pontos focais para o sequestro do carbono.

Em 2000, a lei nº 9.985, estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que definiu que as Unidades de Conservação como um espaço territorial e seus recursos ambientais, que incluiria as águas jurisdicionais, que possuem características naturais que por sua vez, são relevantes. Elas são legalmente respaldadas pelo poder público, em suas três esferas, estaduais, municipais e federais, regulamentadas pela lei 9.985. O SNUC dividiu as áreas em dois tipos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral são divididas em 5 categorias que possuem normas bem restritas e são mais voltadas para o campo da pesquisa e

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO<sub>2</sub>FLUX para o Município de São Gonçalo

conservação da biodiversidade. Já as Unidades de Uso Sustentável têm como foco visitas e atividades educativas, relacionadas ao uso sustentável dos seus recursos. (SMAC, 2019).

As UC de proteção integral têm como objetivo a importância da preservação do ecossistema, contribuindo com pesquisas científicas, manejo e educação ambiental, a fim de buscar pela conservação do meio ambiente, a categoria que faz parte são, as Estações Ecológicas, Reservas Biológicas, Parques Nacionais, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. No caso das Unidades de Uso Sustentável, fazem parte as Áreas de Proteção Ambiental (APA), Florestas Nacionais, Área de Relevante Interesse Ecológico, Reserva Extrativista, Reserva da Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva de Particular de Patrimônio Natural. ((O)) ECO, 2013). Ainda que no caso das Unidades de Uso Sustentável, consigam associar a preservação ambiental à exploração sustentável dos recursos naturais, cada parte das Unidades de Conservação recebe uma denominação diferente.

Dessa forma, o processo que dita os usos que serão dados às regiões que ficam dentro das áreas protegidas, o zoneamento é determinado pelo Plano de Manejo. Segundo o INEA, o Plano de Manejo é um documento de carácter técnico que é utilizado como base para os objetivos gerais das unidades de conservação, apresentando: diagnóstico, zoneamento, as normas que deverão nortear e regular o uso que se faz destas áreas, além da implementação das estruturas físicas.

O Plano de Manejo tem como objetivo orientar o proprietário para que exerça as atividades desejadas, permitidas e necessárias de proteção da biodiversidade. (WWF, 2010). Uma das subcategorias das UCs, que encontram-se dentro das Unidades de Conservação de Uso Sustentável, são as Áreas de Proteção Ambiental (APA), que são áreas extensas, de carácter público ou privado, com atributos importantes que impactam na qualidade de vida das populações locais, tendo como objetivo proteger a biodiversidade, disciplinar o processo de ocupação e assegurar sustentabilidade do uso dos recursos naturais, além de manter os ecossistemas naturais e regular a utilização admissível dessas áreas. Para administração das APAs, são estabelecidas normas e

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

restrições de utilização de uma propriedade privada localizada no território da APA. (WWF, 2010).

As Áreas de Proteção Ambiental prezam pela conservação da natureza, através do uso sustentável dos recursos naturais, onde determinados tipos de atividades são permitidos desde que estas não apresentem ameaça aos recursos ambientais renováveis e processos ecológicos. As APAs foram desenvolvidas através da Lei 6902/1981, pertencentes ao SNUC, regulamentadas pela lei 9.985 de 18 de julho de 2000. Segundo a legislação, as APAs podem ser estabelecidas tanto em áreas de domínio público quanto em áreas privadas, pela União, Estados ou Municípios, sendo o uso e as atividades dentro destas áreas determinados por regras específicas. Diante disso, em situações em que a APA se encontra em área pública são administradas pelo órgão gestor, enquanto nas propriedades privadas, o proprietário estabelece as regras, porém seguindo as exigências legais. (ICMBio, 2019). De acordo com a Lei nº 9.985/00, às Áreas de Proteção Ambiental são definidas como:

Área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos, proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (art. 15 da Lei no 9.985/00) (PLANALTO, Decreto 2002)

As APAs têm como objetivo, segundo a legislação brasileira, garantir a conservação e preservação dos vários ecossistemas naturais que existem, assegurar as condições necessárias à realização de pesquisas integradas de Ecologia, Botânica, Zoologia, Geologia, Hidrologia e demais ciências naturais, disciplinar o processo de ocupação da APA, de maneira que se assegure uma alta qualidade ambiental, livre de poluição, de erosão e de outras formas de degradação dos recursos ambientais. Segundo as informações disponibilizadas pelo Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), o Brasil possui em seu registro 375 APAS, sendo 37 federais, 200 estaduais e 138 municipais. As áreas de proteção ambiental de cunho federal são administradas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), enquanto as

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

unidades de cunho estadual e municipal são administradas pelos órgãos ambientais de cada esfera governamental.

No Estado do Rio de Janeiro, são no total de 52 UCs catalogadas e cadastradas no site do INEA, sendo, no entanto, no caso de Unidades de Conservação Estaduais, 18 de Proteção Integral, 15 Uso Sustentável (APAs) e no caso de Unidades de Conservação Federais, 11 são Proteção Integral e 8 são de Uso Sustentável, estando de fora dos registros do INEA, as três APAs presentes no município de São Gonçalo - RJ (Figura 1), APA de Guapimirim, APA do Engenho Pequeno e na APA de Maria Paula.

Essa última implementada através de decreto em 2018, não está contemplada na pesquisa pois, os projetos de implementação tiveram início em 2021 e por isso não está implementada na base do INEA utilizada na pesquisa. A Área de Proteção Ambiental do Engenho Pequeno (APAEP) foi criada, em 1991, através da insatisfação e mobilização de moradores e ambientalistas locais, contra a tentativa de estabelecimento de um aterro sanitário na região. A APAEP protege fragmentos de Mata Atlântica, em distintos estágios de sucessão ecológica. Sobrepondo parcialmente à APAEP, em 2001, foi delimitado o Parque Natural Municipal de São Gonçalo (PNMSG).

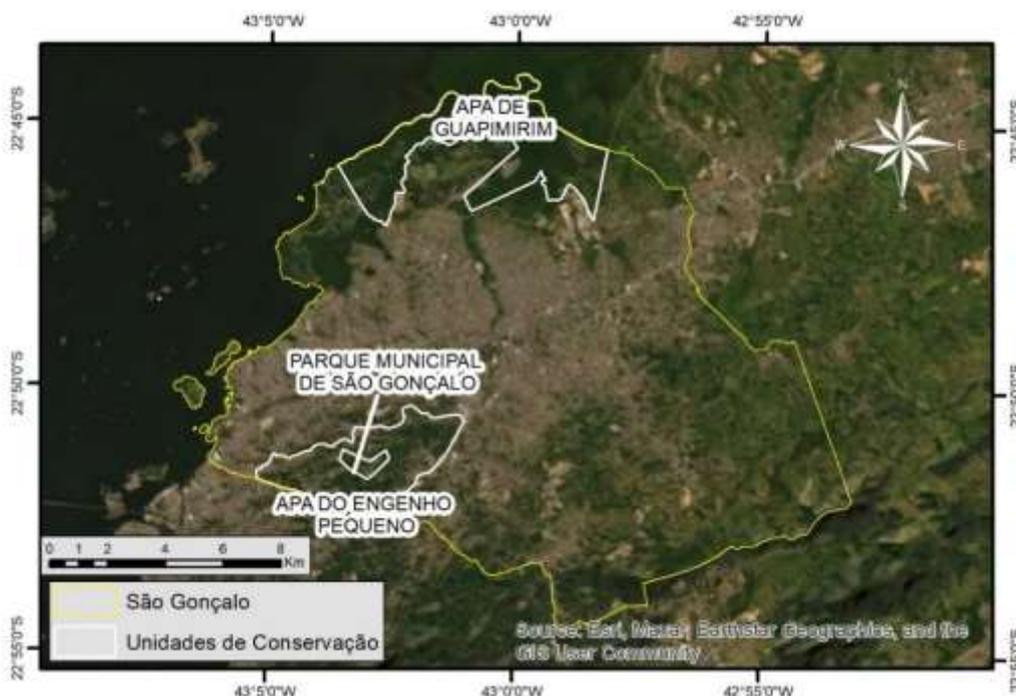
Assim sendo, o objetivo da pesquisa está em identificar e analisar o impacto do sequestro de carbono nas áreas de preservação ambiental, destacando a importância das Unidades de Conservação e mapeando as áreas verdes no município de São Gonçalo.

Figura 1: Localização das APAS no Município de São Gonçalo -RJ

### Materiais e métodos

Na análise do sequestro de carbono em São Gonçalo optou-se por utilizar as informações obtidas através do índice de CO2Flux. O índice é gerado de reflectância fotoquímica, ou PRI, que representa a eficiência do uso da luz na fotossíntese, com o NDVI, que representa o vigor da vegetação fotossinteticamente ativa, o que tornaria possível integrar as feições de absorção decorrentes do sequestro de carbono. Através do cálculo do Índice de Sequestro de Carbono (CO2flux), podemos medir a eficiência do sequestro de carbono pela vegetação.

A habilidade da planta de realizar este processo é condizente a elevação da fotossíntese. Desse modo, quanto maior for a realização da fotossíntese, maior será a concentração



de carbono que será sequestrado. O CO2flux, por conseguinte, é um índice espectral convergente ao fluxo de carbono, já que seu comportamento se apresenta similaridade

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

a este fluxo, que ocorre devido a função da fotossíntese. Quanto maior for a atividade fotossintética, menor será a intensidade do fluxo de carbono na atmosfera. Sendo assim, o CO<sub>2</sub>flux e o Sequestro de Carbono não são a mesma coisa, porém estão interligados, visto que o CO<sub>2</sub>flux serve para calcular o índice do sequestro de carbono, este cálculo ocorre através da integração entre o NDVI e o Photochemical Reflectance Index (PRI), comparando as taxas de fotossíntese com o sequestro de carbono (RAHMAN *et al* 2000) Enquanto o NDVI permite estimar a biomassa na vegetação, o PRI está relacionado a eficiência do uso da luz no processo fotossintético.

O NDVI é calculado pela razão da diferença da banda do infravermelho(B8) e a banda do vermelho(B4) sobre a soma da banda do infravermelho(B8) e a banda do vermelho (B4) (1).

$$NDVI = \frac{Banda\ Infravermelho\ (B8) - Banda\ Vermelho\ (B4)}{Banda\ Infravermelho\ (B8) + Banda\ Vermelho\ (B4)} \quad (1)$$

Já o PRI é calculado pela razão da diferença da banda do azul (B2) e a banda do verde (B3) sobre a soma da banda do azul (B2) e a banda do verde (B3) (2).

$$PRI = \frac{Banda\ Azul\ (B2) - Banda\ Verde\ (B3)}{Banda\ Azul\ (B2) + Banda\ Verde\ (B3)} \quad (2)$$

Em seguida o valor de PRI precisa ser reescalonado para os valores de NDVI. O sPRI é gerado através da divisão por dois dos vários de PRI somados a +1 (3).

$$sPRI = \frac{PRI + 1}{2} \quad (3)$$

Por fim a metodologia do CO<sub>2</sub>flux proposta por Rahman *et al* (2000) é calculada pela multiplicação do NDVI e do sPRI (4).

$$CO_2Flux = NDVI \times sPRI \quad (4)$$

Para o cálculo do CO<sub>2</sub>Flux foi escolhida imagem do sensor MSI a bordo do satélite Sentinel -2 de janeiro de 2021. Essas imagens são utilizadas para observações da Terra,

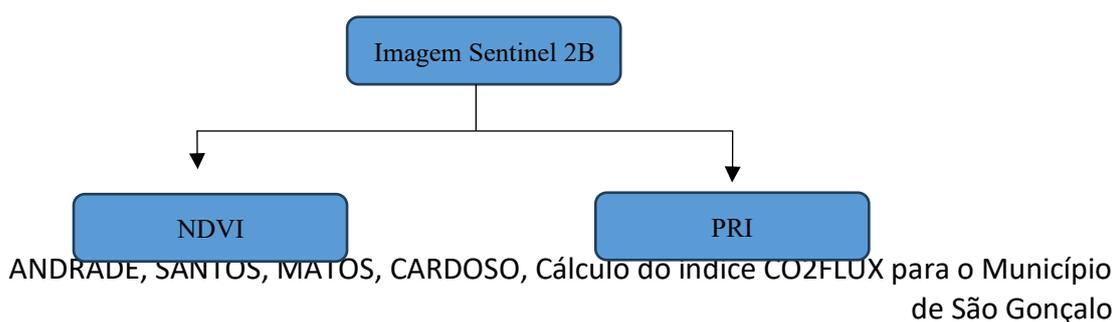
ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO<sub>2</sub>FLUX para o Município de São Gonçalo

coletando dados sobre vegetação, solo e umidade, rios e áreas costeiras. As imagens possuem 13 bandas espectrais já corrigidas atmosféricamente, das quais apenas 4 bandas são de alta resolução (10m) e foram utilizadas para o cálculo do CO2Flux: Azul (B2), Verde (B3), Vermelho (B4) e Infravermelho próximo (NIR) (B8). A escolha da imagem, justifica-se pela sua resolução espacial e espectral atenderem as escalas de mapeamento da pesquisa, conseguindo atender áreas menores como a APA do Engenho Pequeno.

Todo os cálculos foram feitos através da ferramenta “calculadora de raster” do ArcGis 10.8. Com o índice foi calculada a contribuição de cada um dos cinco distritos de São Gonçalo. 1º) São Gonçalo (sede); 2º) Ipiíba; 3º) Monjolos; 4º) Neves; 5º) Sete Pontes. A justificativa para essa escolha está no fato dos distritos serem unidades administrativas e sua delimitação estar atualizada, além disso alguns distritos contemplam integralmente as unidades de conservação, também estudadas nessa pesquisa. Em seguida também foi calculada a contribuição das Unidade de Conservação: APA de Guapimirim, Parque Municipal de São Gonçalo e APA do Engenho Pequeno.

E por fim o uso e cobertura do município de 2020 gerado pela iniciativa MapBiomas (SOUZA at. al. 2020). Essa iniciativa tem como objetivo oferecer informações anuais de uso e cobertura da terra para o Brasil, através o *Google Earth Engine* utilizando-se do método de classificação Random Forrest em imagens da coleção *Landsat*, resultando em mapeamento detalhado do país com resolução de 30 metros em pixels.

Os resultados referentes a pesquisa realizada no Município de São Gonçalo, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, foram processados através de mapas com a estruturação espacial dos valores de CO2Flux nas Unidades de Conservação do município, do Uso e Cobertura em SG, e do município através da análise dos Distritos, utilizando o software ArcMap 10.8. A Figura 2 ilustra as etapas da presente pesquisa.



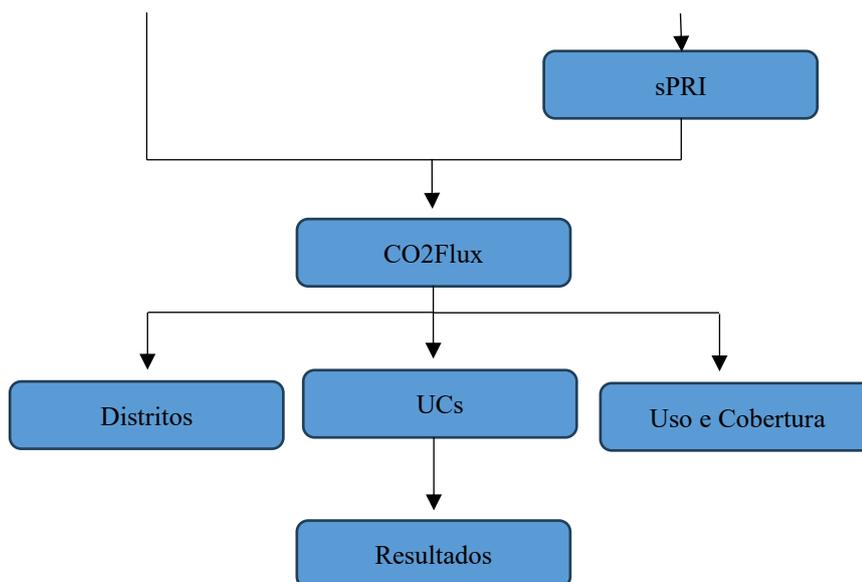


Figura 2: fases da pesquisa.

### Resultados e Discussões

Os maiores valores de CO2FLux, encontram-se localizados onde a área de cobertura vegetal é mais densa e onde existe uma baixa ocupação urbana. Esses valores ao serem analisados através do recorte por distritos (Figura 3), que o distrito tem valores variando entre -0,06 e 0,30, esse distrito possui uma menor ocupação urbana e uma maior densidade de vegetação. Já o distrito de Monjolos, os valores maiores variam entre 0,15 e 0,30 e os menores entre -0,06 e 0,11. No Distrito de São Gonçalo, já podemos perceber uma diferença, comparado aos outros 2 Distritos, quando analisamos os menores valores, pois variam entre -0,10 e 0,10, os maiores possuem o mesmo intervalo que do Distrito de Monjolos. No Distrito de Neves percebemos que esses menores valores variam entre -0,04 e 0,07 e os maiores entre 0,12 e 0,31. No Distrito de Sete Pontes os menores valores variam entre -0,03 e 0,11 e os maiores entre 0,16 e 0,29.

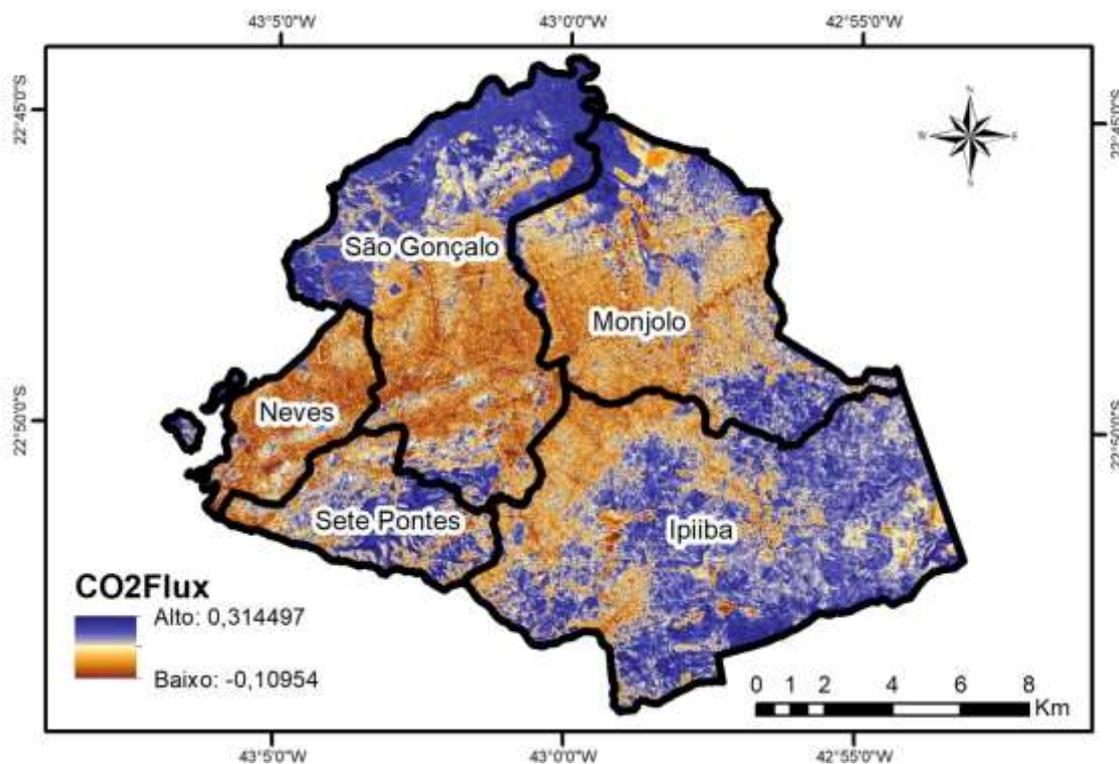


Figura 3: CO2 Flux por Distritos do Município de Janeiro de 2021

Observando a tabela 1, o distrito de Ipiiba representa 40,20% do valor total do Município, dominando uma boa parte da área, enquanto o Distrito de São Gonçalo representa o menor valor em porcentagem, de 0,26%, já Neves possui 3,85% e Sete Pontes com 8,63%.

MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO	Área Km <sup>2</sup>	% Área Km <sup>2</sup>	ΣCoFlux	ΣCoFlux%
Distrito de Sete Pontes	67,29	27,22%	28.746,15	8,63%
Distrito de Ipiiba	86,97	35,18%	133.932,64	40,20%
Distrito de Neves	57,48	23,25%	12.852,21	3,85%
Distrito de Monjolos	17,06	6,90%	70.509,02	21,16%
Distrito de São Gonçalo	19,95	8,07%	87.289,63	0,26%
<b>Total</b>	<b>247,18</b>	<b>100,00%</b>		

Tabela 1: Valores de CO2Flux e área dos Distritos

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

Quanto as unidades de conservação, observa-se na figura 4 que os menores valores da APA de Guapimirim variam de -0,03 e 0,14 e os maiores 0,19 e 0,30. Já na APA do Engenho Pequeno, os menores variam entre -0,04 e 0,12 e os maiores entre 0,17 e 0,29, lembrando que apesar do Parque Natural Municipal encontrar-se dentro da APA do Engenho Pequeno, atuando como uma zona de amortecimento para o parque natural. Observando a tabela 2, conclui-se que a APA de Guapimirim além de possuir a maior área tem 61,49% do CO2Flux dentre as unidades de conservação, quando comparada ao quantitativo do município a mesma possui aproximadamente 10% do índice.

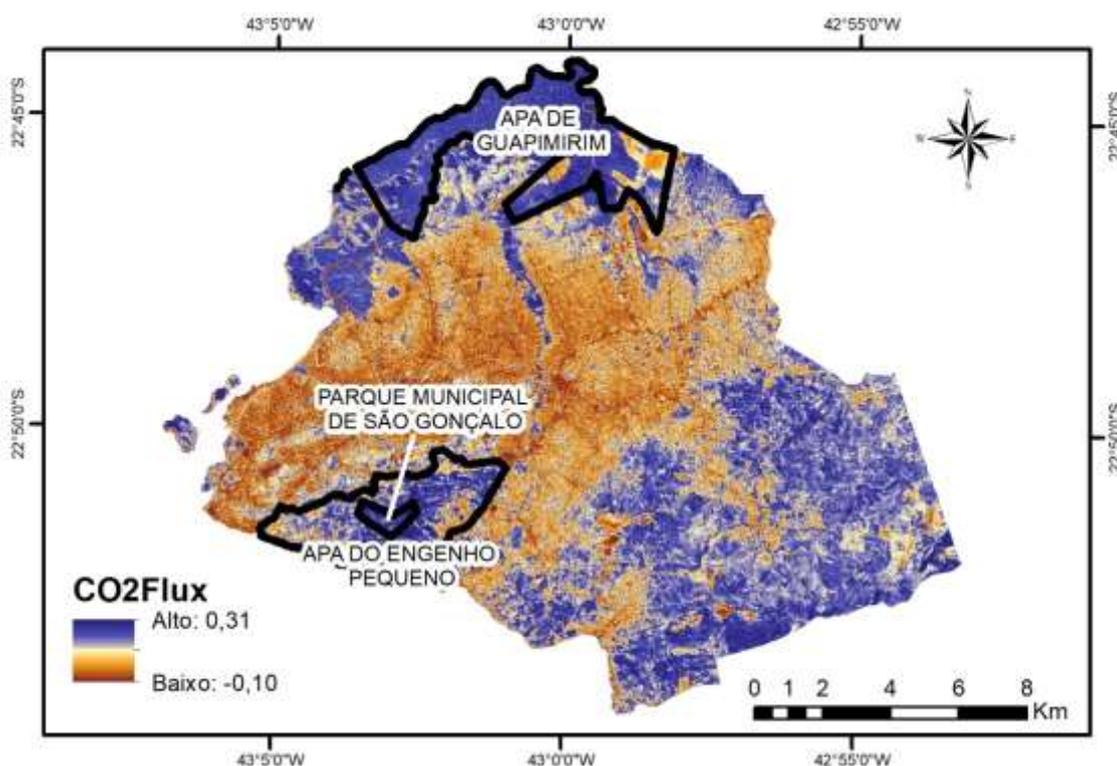


Figura 4: CO2Flux nas Unidades de Conservação

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Unidade de Conservação	Área Km <sup>2</sup>	% Área Km <sup>2</sup>	ΣCoFlux	ΣCoFlux
APA do Engenho Pequeno	12,75	39,38%	20.772,08	35,20%
APA de Guapi	18,75	57,91%	36.287,97	61,49%
Parque Municipal de São Gonçalo	0,88	2,72%	1.950,40	3,31%
<b>TOTAL</b>	<b>32,38</b>	<b>100,00%</b>	<b>59.010,45</b>	<b>100%</b>

Tabela 2: Valores em % de CO2Flux nas UCs

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

Em relação as análises feitas pelo recorte de Uso e Cobertura de São Gonçalo de 2020 do MapBiomas, mais precisamente da Coleção 6 (figura 5), podemos observar (tabela 3) que existem 7 valores de menor porcentagem, Afloramento Rochoso; Rios Lagos e Oceanos; Áreas não florestadas; Campo Alagado e Área Pantanosa; Restinga Arborizada; Mangue e Mineração. Os maiores valores variam entre 0,28 e 0,31 e os menores entre 0,04 e 0,11. Nas áreas onde possuem floresta, agricultura, vegetação de mangue, pastagem, os valores de CO2Flux mostram-se elevados. Enquanto em áreas urbanizadas e de pouca vegetação possuem um valor ainda que significativo, comparado a áreas com vegetação mais densa, esse valor não chega a ser maior que 0,22. No caso das áreas urbanizadas na tabela 3, podemos observar que ela possui 41,37% do total do município, esse valor está associado a grande área que essa classe ocupa no município que embora apresente valores baixos de CO2Flux, esses valores somados acabam sendo representativos no total do município.

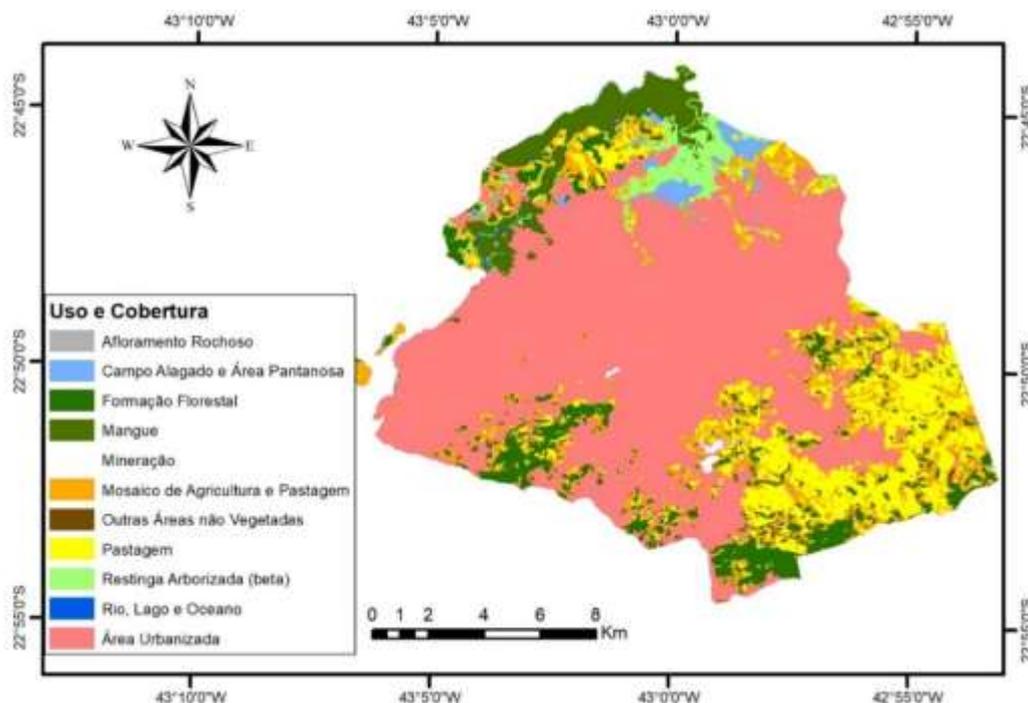


Figura 5: Uso e cobertura Mapbiomas coleção 6.

Uso e Cobertura (MapBiomas 2020)	Área Km <sup>2</sup>	%Área Km <sup>2</sup>	∑CoFlux	∑CoFlux%
Afloramento Rochoso	0,07	0,03%	91,81	0,03%
Áreas Não Florestadas	0,27	0,11%	233,38	0,07%
Áreas Urbanizadas	140,72	56,93%	137.841,38	41,41%
Campo Alagado e Área Pantanosa	3,72	1,50%	4.838,38	1,45%

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

<b>Formação Florestal</b>	20,23	8,18%	40.187,50	12,07%
<b>Mangue</b>	12,88	5,21%	26.091,35	7,84%
<b>Mineiração</b>	0,6	0,24%	295,51	0,09%
<b>Mosaico de Agricultura e Pastagem</b>	30,1	12,18%	54.569,23	16,39%
<b>Pastagem</b>	30,57	12,37%	52.961,29	15,91%
<b>Restinga Arborizada</b>	7,6	3,07%	15.576,54	4,68%
<b>Rios Lagos Oceanos</b>	0,42	0,17%	208,45	0,06%
<b>TOTAL DE SÃO GONÇALO</b>	247,18	100,00%	332.894,82	100,00%

Tabela 3: CO2Flux em % Uso e Cobertura – SG

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no índice CO2FLUX calculado, foi possível identificar as áreas com maior e menor contribuição para o sequestro de carbono na cidade de São Gonçalo. Além disso, pudemos demonstrar a importância das reservas naturais e dos espaços verdes na manutenção do equilíbrio ambiental local.

Além disso, APA do Engenho Pequeno, mesmo sendo uma Área de Proteção Ambiental, não contribui tanto para o equilíbrio atmosférico, quanto na APA de Guapimirim, que possui grande presença de manguezais, demonstrando que o tipo de vegetação é fundamental para estabilizar a atmosfera. Além disso, a localização do assentamento do Movimento dos Sem-terra – MST, conhecido na região, aponta que a produção agrícola feita de forma agroecológica, também pode contribuir para o sequestro do carbono.

Porém, é importante ressaltar que a metodologia utilizada possui algumas limitações: como a precisão dos dados de satélite precisos e a necessidade de atualizações contínuas de informações. Ainda assim, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento de políticas públicas para proteger o meio ambiente e conscientizar a população sobre a importância de proteger espaços verdes e reservas naturais.

Dito isso, a presente pesquisa pode levar a estudos futuros que aprimorem a metodologia utilizada e explorem o uso de novas tecnologias e a integração de diferentes fontes de dados para obter resultados mais precisos. Além disso, estudos comparativos podem ser realizados entre diferentes municípios e regiões para identificar diferenças e semelhanças nos processos de sequestro de carbono e a importância das áreas de conservação. Outra opção é a realização de pesquisas que avaliem os impactos das mudanças climáticas nas áreas e unidades de conservação e identifiquem estratégias de adaptação dessas áreas às mudanças climáticas. Além disso, é

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

importante implementar medidas de sensibilização e educação ambiental junto da população que visem a conservação dos espaços verdes e a promoção do desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JESUS, G. A. C.; ROCHA, M. F.; CHIBITE, E. E. A.; MOTOYAMA, M. H.; CONTE, H.. A biotecnologia como instrumento de sequestro de carbono: bactérias, microalgas e árvores geneticamente modificadas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.11, p.246- 255, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0021>
- BRANDL, P.; BUI, M.; HALLETT, J.P; MAC DOWELL, N.. Beyond 90% capture: Possible, but at what cost?. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v.105, p.103-239, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2020.103239>.
- JIN, L. U.; YUANYUAN, Y. I.; JINTAO, X. U.. Forest carbon sequestration and China's potential: the rise of a naturebased solution for climate change mitigation. **China Economic Journal**, v.13, p.200-222, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538963.2020.1754606>
- CANTON, H.. International Energy Agency (IEA). In: **The Europa Directory of International Organizations** 2021. Nova York: Routledge, 2021. p. 684-686.
- Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim, MS, 20 a 24 de outubro 2018 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 985-994 .
- INEA. Blog das APAs. Disponível em: <http://geusoinearj.blogspot.com.br/>. Acesso em 26/06/2022.
- INEA. Roteiro Metodológico para elaboração de Planos de Manejo: Áreas de Proteção Ambiental. Rio de Janeiro, **Instituto Estadual do Ambiente**, 2014, 64.
- UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. WWF. (S.D) Disponível em: [://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/unid/](://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/unid/) Acesso em: 17/JUL/2022
- SNUC. ICMBio Educação Ambiental. (S.D). Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/politicas/snuc.html> Acesso em: 17/JUL/2022
- O QUE SÃO UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. *O eco*. 13/ABR/2013. Disponível em:<https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/27099-o-que-sao-unidades-de-conservacao/> Acesso em: 05/JUL/2022
- ÁREAS DE PROTEÇÃO PRESERVAM MATA ATLÂNTICA EM SÃO GONÇALO. Prefeitura de São Gonçalo. 27/JUN/2021. Disponível em: [/https://www.pmsg.rj.gov.br/areas-de-protecao-preservam-mata-atlantica-em-sao-goncalo](https://www.pmsg.rj.gov.br/areas-de-protecao-preservam-mata-atlantica-em-sao-goncalo) Acesso em: 19/JUL/2022
- ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO2FLUX para o Município de São Gonçalo

MAPAS E BAIRROS. Prefeitura de São Gonçalo. (S.D). Disponível em:  
<https://www.saogoncalo.rj.gov.br/sao-goncalo/mapas-e-bairros/> Acesso em:  
25/JUL/2022

RAGMAN, A.F.; GAMON, J.A.; FUENTES, D.A.; ROBERTS, D.; PRENTISS, D.; QIU, H.  
MODELING CO<sub>2</sub> flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS  
imagery. **AVIRIS Workshop**, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia. 2000.

Souza et al. (2020) - Reconstruction Three Decades of Land Use and Land Cover Changes  
in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine - **Remote Sensing**,  
Volume 12, Issue 17, 10.339/rs12172735

**Data de Submissão: 18/11/2022**

**Data da Avaliação: 12/06/2023**

ANDRADE, SANTOS, MATOS, CARDOSO, Cálculo do índice CO<sub>2</sub>FLUX para o Município  
de São Gonçalo