



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA
CURSO TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO**

FILIPE SILVA PASSOS

**USO DO NDVI PARA ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA RIDE
GRANDE TERESINA 2020 - 2024**

TERESINA

2024

FILIPPE SIVA PASSOS

USO DO NDVI PARA ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA RIDE
GRANDE TERESINA 2020-2024

Artigo científico apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Me. Daniel Silva Veras

TERESINA

2024

USO DO NDVI PARA ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA RIDE GRANDE TERESINA 2020-2024

Filipe Silva Passos¹
Daniel Silva Veras²

RESUMO

A RIDE da Grande Teresina foi instituída pela Lei Complementar (LC) nº 112, de 19 de setembro de 2001, e regulamentada pelo Decreto Federal nº 4.367, de 9 de setembro de 2002. Abrange os municípios piauienses de Altos, Beneditinos, Coivaras, Curralinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil, Pau d'Arco do Piauí, Teresina e União, além do município maranhense de Timon. Esses municípios ocupam uma área de 11.321 km². Criada há mais de vinte anos, a RIDE Grande Teresina reúne mais de 1 milhão e 200 mil habitantes. Tendo em vista essa grande aglomeração populacional, a paisagem natural está em constante transformação, sobretudo a cobertura vegetal que é afetada pela expansão urbana. Portanto, o uso de geotecnologias é de suma importância para analisar a variação da cobertura vegetal, mais especificamente a utilização do sensoriamento remoto. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo apresentar as mudanças da cobertura vegetal na RIDE Grande Teresina, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), com intuito de detectar mudanças na rede de municípios através da análise temporal. As imagens utilizadas foram do satélite Sentinel 2 nos anos de 2020, 2022 e 2024. Os resultados evidenciam que no período de 2020 a 2024 houve uma perda significativa de vegetação da RIDE Grande Teresina, 67.954 hectares.

Palavras-chave: geotecnologias; sensoriamento remoto; vegetação.

ABSTRACT

The RIDE of Greater Teresina was established by Complementary Law (LC) nº. 112, of September 19, 2001, and regulated by Federal Decree nº. 4.367, of September 9, 2002. It covers the municipalities of Altos, Beneditinos, Coivaras, Curralinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil, Pau d'Arco do Piauí, Teresina and União, in Piauí, in addition to the municipality of Timon, in Maranhão. These municipalities occupy an area of 11.321 km². Created over twenty years ago, the RIDE of Greater Teresina has over 1 million and 200 thousand inhabitants. Given this large population agglomeration, the natural landscape is constantly changing, especially the vegetation cover, which is affected by urban expansion. Therefore, the use of geotechnologies is of utmost importance to analyze the variation in vegetation cover, more specifically the use of remote sensing. Therefore, the present work aimed to present the changes in vegetation cover in RIDE Grande Teresina, through remote sensing techniques and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), in order to detect changes in the network of municipalities through temporal analysis. The images used were from the Sentinel 2 satellite in the years 2020, 2022 and 2024. The results show that in the period from 2020 to 2024 there was a significant loss of vegetation in RIDE Grande Teresina, 67,954 hectares.

Keywords: geotechnologies; remote sensing; vegetation.

Data de aprovação: 19/11/2024

¹ Concludente do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento. Instituto Federal do Piauí (IFPI). fpassosufpi@hotmail.com

² Professor do Instituto Federal do Piauí. danielveras@ifpi.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O avanço e crescimento territorial urbano nos últimos anos deveu-se ao aumento populacional, ao desenvolvimento econômico e à migração de pessoas do campo para as cidades. E, segundo Cavalcante (2020), quando esse crescimento atinge municípios limítrofes que exibem algum tipo de integração de suas dinâmicas geográficas, ambientais, políticas e socioeconômicas, além da existência de algum nível de complementariedade funcional, no Brasil, eles são agrupados em categorias como Regiões Metropolitanas (RM) e, em alguns casos, Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDE).

Apesar de serem duas nomenclaturas distintas, a origem desses grupamentos advém, a princípio, do fenômeno da conurbação, que é a fusão do tecido urbano de dois ou mais municípios, que passam a constituir em uma única cidade (Cavalcante, 2020, p. 9). Entre eles existe o compartilhamento de serviços em áreas como saúde, transporte coletivo, abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de resíduos sólidos, pois quando são prestados de maneira integrada, passam a ser mais baratos para a população. Portanto, em tese, o principal objetivo no agrupamento de municípios seria a integração da gestão de funções urbanas, precipuamente municipal, contudo, a sua execução seria inviável nessa escala (Cavalcante, 2020, p. 9).

A RIDE, preliminarmente, corresponde a aglomeração de municípios limítrofes pertencentes a mais de uma unidade da federação. O Brasil conta hoje com 74 RM e com três RIDE formalmente constituídas (Cavalcante, 2020, p.9). As RIDE são: a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDEDF), a Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina (RIDE Teresina) e a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Polo Petrolina (PE) e Juazeiro (BA) (RIDE Petrolina-Juazeiro).

A RIDE Grande Teresina foi instituída pela Lei Complementar (LC) Nº 112, de 19 de setembro de 2001 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 4.367, de 9 de setembro de 2002. Abrange os municípios piauienses de Altos, Beditinos, Coivaras, Currálinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Nazária, Monsenhor Gil, Pau D'Arco do Piauí, Teresina e União, além do município maranhense de Timon, situada na margem esquerda do rio Parnaíba, ao lado capital piauiense.

Duas décadas após a criação da RIDE Teresina, observou-se o crescimento populacional dessa área, e com isso, o espaço geográfico foi bastante modificado, sobretudo a cobertura vegetal, pois esta é a componente da paisagem natural que é constantemente afetado devido ao avanço da urbanização (Lima; Lopes; Façanha, 2021, p.2).

A ausência de planejamento ambiental na maioria dos municípios tem gerado desequilíbrio ambiental e boa parte da vegetação nativa é desmatada e a falta de manejo com a área acarreta diversos problemas, tais como o aumento na erosão do solo, desconforto térmico e aumento de áreas suscetíveis à inundação (Lima; Lopes; Façanha, 2021, p.2).

Tendo em vista essa problemática, este trabalho tem por objetivo analisar a variação da cobertura vegetal na RIDE Grande Teresina e apontar as áreas em que a vegetação tem dado lugar às áreas urbanizadas ou suscetíveis à modificação da paisagem natural, através de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), por meio de subtração de imagens do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NVDI), utilizando as imagens do Sentinel 2 nos anos de 2020, 2022 e 2024.

Este trabalho poderá contribuir para a ampliação de estudos que envolvam o planejamento urbano da RIDE Grande Teresina, com intuito de mitigar os impactos ambientais que são inerentes ao processo de expansão e urbanização.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de RIDE

O Artigo 43 da Constituição Federal (CF) afirma que para efeitos administrativos, a União poderá articular sua ação em um mesmo complexo geoeconômico e social, visando o seu desenvolvimento e a redução das desigualdades regionais através de Lei Complementar (LC), que irá dispor as condições para integração de regiões em desenvolvimento e a composição dos organismos regionais que executarão, na forma da lei, os planos regionais, integrantes dos planos nacionais de desenvolvimento econômico e social, aprovados juntamente com estes.

Para o IBGE, a RIDE tem a seguinte definição:

“As Regiões Integradas de Desenvolvimento (RIDE), por sua vez, são definidas como regiões administrativas que abrangem diferentes unidades da federação. As RIDEs são criadas por legislação específica, na qual os municípios que as compõem são elencados, além de definir a estrutura de funcionamento e os interesses das unidades político-administrativas participantes. No caso das RIDEs, a competência de criá-las é da União, de acordo com o parágrafo 1º do artigo 43 da Constituição Federal (IBGE, 2019, Disponível em: <https://cutt.ly/4edKDzu>)

Apesar de não existir um conceito de forma explícita na Constituição Federal do Brasil, as três RIDEs brasileiras foram criadas através de LC e seguiram os dispostos do Artigo 43 da CF, em suma, RIDE corresponde a aglomeração de municípios limítrofes pertencentes a mais de uma unidade da federação, onde exista algum tipo de integração de suas dinâmicas

geográficas, ambientais, políticas e socioeconômicas e que têm algum nível de complementariedade funcional.

2.2. A RIDE Grande Teresina

A RIDE Grande Teresina foi criada através da Lei Complementar nº 112, de 19 de setembro de 2001, que autorizou o poder executivo a sua criação e a instituir o Programa Especial de Desenvolvimento da Grande Teresina. Sendo idealizada com objetivo de articular, harmonizar e viabilizar as ações administrativas da União, dos Estados do Piauí e do Maranhão e dos municípios que a compõem para a promoção de projetos que visam à dinamização econômica e à provisão de infraestruturas necessárias ao desenvolvimento em escala regional (Teresina, 2019).

Composta atualmente por 15 municípios, a RIDE Grande Teresina apresenta um crescimento populacional moderado. Segundo os Censos Demográficos de 2000, 2010 e 2022, ela apresenta os seguintes números relacionados na tabela 1.

Quadro 1 – Número de habitantes da RIDE Grande Teresina, conforme os censos.

Censo	Quantitativo Populacional (nº habitantes)
2000	1.009.937
2010	1.154.716
2022	1.250.488

Fonte: IBGE, 2024.

Em 22 anos, a RIDE Grande Teresina apresentou um crescimento populacional de 240.551 habitantes no geral, contudo, alguns municípios, devido a sua importância econômica, concentram mais pessoas, a exemplo da capital Teresina que exerce uma influência maior em comparação aos demais municípios devido à infraestrutura fornecida no setor secundário (indústria) e terciário (serviços).

2.3 Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

A fundamentação da proposição dos índices de vegetação, segundo Ponzoni e Shimabukuro (2010), reside no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nas regiões do visível e infravermelho próximo. Em princípio, quando maior for a densidade da cobertura vegetal em uma determinada área, menor será a reflectância na região do visível devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Ao oposto, maior será a reflectância

verificada na região do infravermelho próximo devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas da folha (Ponzoni; Shimibukuro, 2010, p. 43).

Um dos índices mais utilizados é o NDVI, e seu cálculo é o resultado da razão da diferença pela soma, entre a reflectância das bandas do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V). É utilizado para monitoramento sazonal e temporal de atividades da vegetação, permitindo comparações interanuais, além nos estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos (Ponzoni; Shimibukuro, 2010, p. 83).

$$\text{NDVI} = (\text{IVP} - \text{V}) / (\text{IVP} + \text{V})$$

O resultado dessa equação resulta num índice que varia de -1 a +1, quanto mais próximo de -1, menor a densidade de vegetação, e quanto mais próxima do +1, maior será a densidade de vegetação fotossinteticamente ativa (Ponzoni; Shimibukuro, 2010, p. 83).

Portanto, para concretização dos objetivos desse trabalho foram feitas subtrações do NDVI que abrangem os períodos de: 2024 – 2022; 2022 – 2020; 2024-2020. Além disso, foram executados os passos de reclassificação e fatiamento, resultando em 3 classes: Perda de vegetação; Manteve a vegetação; e Crescimento de vegetação.

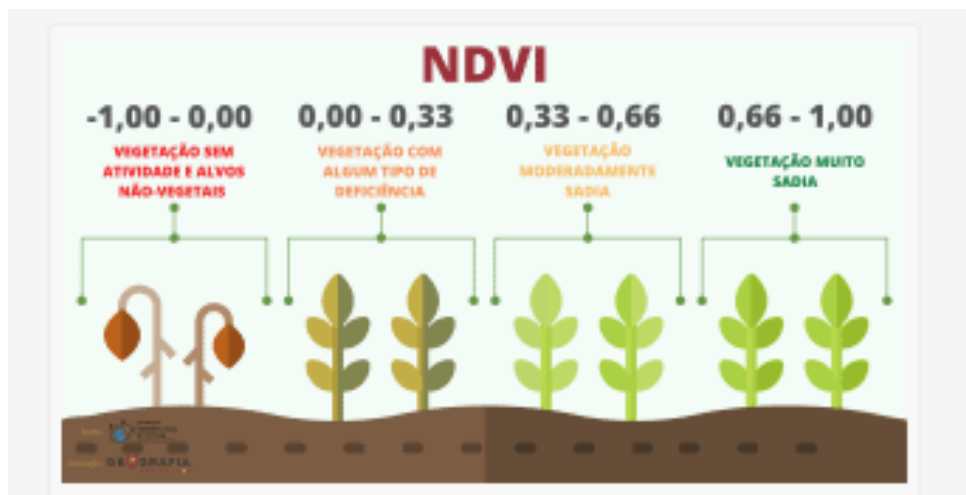


Figura 1: Valores NDVI consagrados na bibliografia para vegetação.

Fonte: <https://geografiadascoisas.com.br/artigos/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-ndvi-parte-1/>

2.4 Programa Sentinel

No trabalho foram utilizadas imagens do programa Sentinel 2, pertencente à missão SENTINEL, composta por pares de satélites especializados, adequados a temas de interesses distintos. Os satélites SENTINEL-1 são utilizados para o monitoramento terrestre e oceânico com utilização de radar. Com objetivo de monitoramento da vegetação, solos e áreas costeiras, o par de satélites SENTINEL-2 carrega um sensor óptico de alta resolução (EMBRAPA, 2020).

Lançado em 2015, o Sentinel-2A foi o primeiro satélite óptico da série e leva a bordo o sensor multiespectral MSI (multispectral instrument) com 13 bandas espectrais, variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10m para as bandas do visível, 20m para o infravermelho e 60m para as bandas de correção atmosférica. Suas aplicações são para o monitoramento da agricultura, florestas, zonas costeiras, águas interiores, desastres naturais e uso e ocupação das terras (EMBRAPA, 2020).

2.5 Google Earth Engine (GEE)

O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma digital tendo como base em nuvem e hospedada pelo Google. Ela fornece um gigantesco catálogo de imagens de satélite e conjuntos de dados geoespaciais incluindo todo o catálogo de imagens dos satélites Landsat do EROS (USGS / NASA), MODIS e Sentinel-2, bem como, dados de precipitação, elevação, temperatura da superfície do mar e dados climáticos (Lobo, 2020).

O GEE tem uma forte relação com API, sigla em inglês para Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação), combinada às linguagens de programação *Python* e *JavaScript*, permitindo que sejam feitas pesquisas em escala planetária da superfície terrestre (Lobo, 2020). O objetivo de uma API é trocar dados entre sistemas diferentes, na maior parte das vezes essas trocas de dados tem o intuito automatizar processos manuais e/ou permitir a criação de novas funcionalidades.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Inserida nos Estados do Piauí e Maranhão, A RIDE Grande Teresina é composta por 15 municípios dos que totalizam uma área de 11.321 km² e está compreendida entre as coordenadas de latitude 4°21'36" Sul e longitude 42°57'36" Oeste, no ponto mais ao norte, no município de União, e as coordenadas de latitude 5°34'30" Sul e longitude 42°36'36" Oeste, ponto mais ao sul, no município de Miguel Leão.

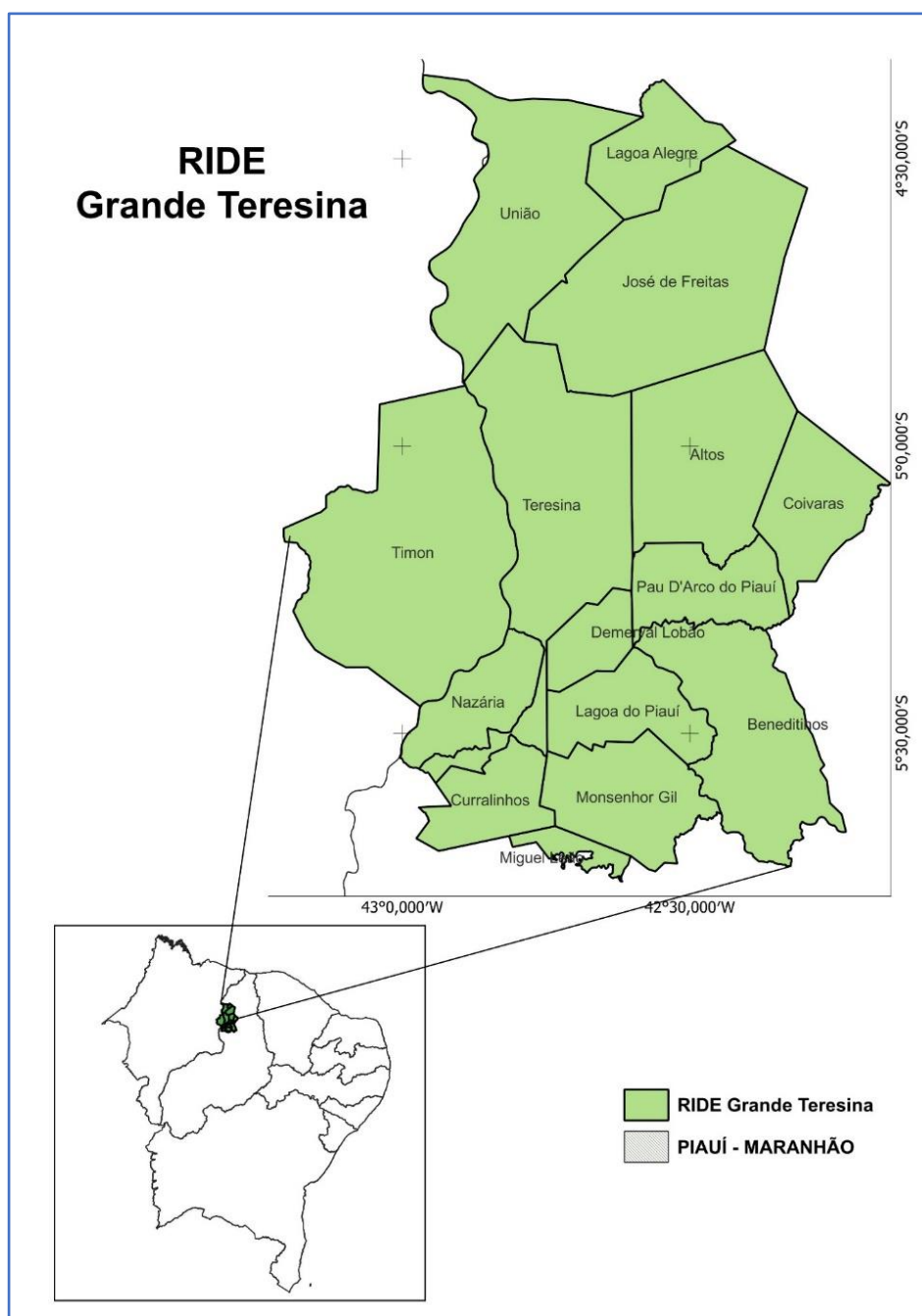


Figura 2: Mapa de localização da RIDE Teresina, Piauí, Brasil. Fonte: Autor do trabalho.

3.2 Metodologia

A captura de imagens do SENTINEL 2 foi feita através do GEE, com script específico, que permite ao usuário a automatização do serviço, tornando possível a exibição de resultados em poucos instantes, diferente da busca por um catálogo de imagens e baixá-las de forma individual (técnica convencional).

A linha de códigos utilizada neste trabalho, otimizou e agilizou a obtenção das imagens, com a utilização de scripts que continham o objetivo a ser realizado. O período de utilizado para obtenção das imagens foram os anos de 2020, 2022 e 2024, entre o período de 15-06 a 15-07 dos respectivos anos, devido à baixa nebulosidade e o término do período chuvoso, pois a vegetação encontra-se no seu ápice saudável.

A busca através do GEE com as respectivas linhas de programação continha consultas que envolviam dados de: precipitação, NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e a captura de imagens de satélite que estão contidas na RIDE Grande Teresina dos anos supracitados.

O exemplo é a geração do NDVI (tabela 2), o GEE consulta os dados através de uma linha *script* e por fim exibe o resultado.

Quadro 2 – Script do NDVI

Script
<pre> var ndvi_2020 = ndvi_collection .select('ndvi') .filter(ee.Filter.calendarRange(2020, 2020, 'year')) .filter(ee.Filter.calendarRange(6, 7, 'month')) .max() .rename('ndvi_2020'); var ndvi_2024 = ndvi_collection .select('ndvi') .filter(ee.Filter.calendarRange(2024, 2024, 'year')) .filter(ee.Filter.calendarRange(6, 7, 'month')) .max() .rename('ndvi_2024'); //var rgb_2019= ndvi_collection.filter(ee.Filter.calendarRange(2019, 2019, 'year')).median() //var rgb_2020= ndvi_collection.filter(ee.Filter.calendarRange(2020, 2020, 'year')).median() //Adicionando os layers dos anos e NDVI Map.addLayer(ndvi_2020, {palette:['red','yellow','green'],min:-1,max:1},'2020 NDVI') </pre>

```

Map.addLayer(ndvi_2024, {palette:['red','yellow','green'],min:-1,max:1},'2024
NDVI')

Export.image.toDrive({
  image: ndvi_2020,
  description: 'NDVI_2020',
  scale: 10,
  region: buffered,
  folder: 'FILIPPE',
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  maxPixels: 1e13,
});
Export.image.toDrive({
  image: ndvi_2022,
  description: 'NDVI_2022',
  scale: 10,
  region: buffered,
  folder: 'FILIPPE',
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  maxPixels: 1e13,
});
Export.image.toDrive({
  image: ndvi_2024,
  description: 'NDVI_2024',
  scale: 10,
  region: buffered,
  folder: 'FILIPPE',
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  maxPixels: 1e13,
});

```

Fonte: Google Earth Engine (2024).

4 RESULTADOS

As imagens de NDVI dos anos de 2020, 2022 e 2024 estão representadas pelas figuras 3, 4 e 5 respectivamente. As cidades de Teresina e Timon estão em evidência por possuírem grandes extensões territoriais e com cobertura vegetal expressiva em relação a área do município, além de possuírem as duas maiores densidades populacionais da RIDE, a primeira com 866.300 e a segunda com 174465 habitantes, segundo o censo de 2022.

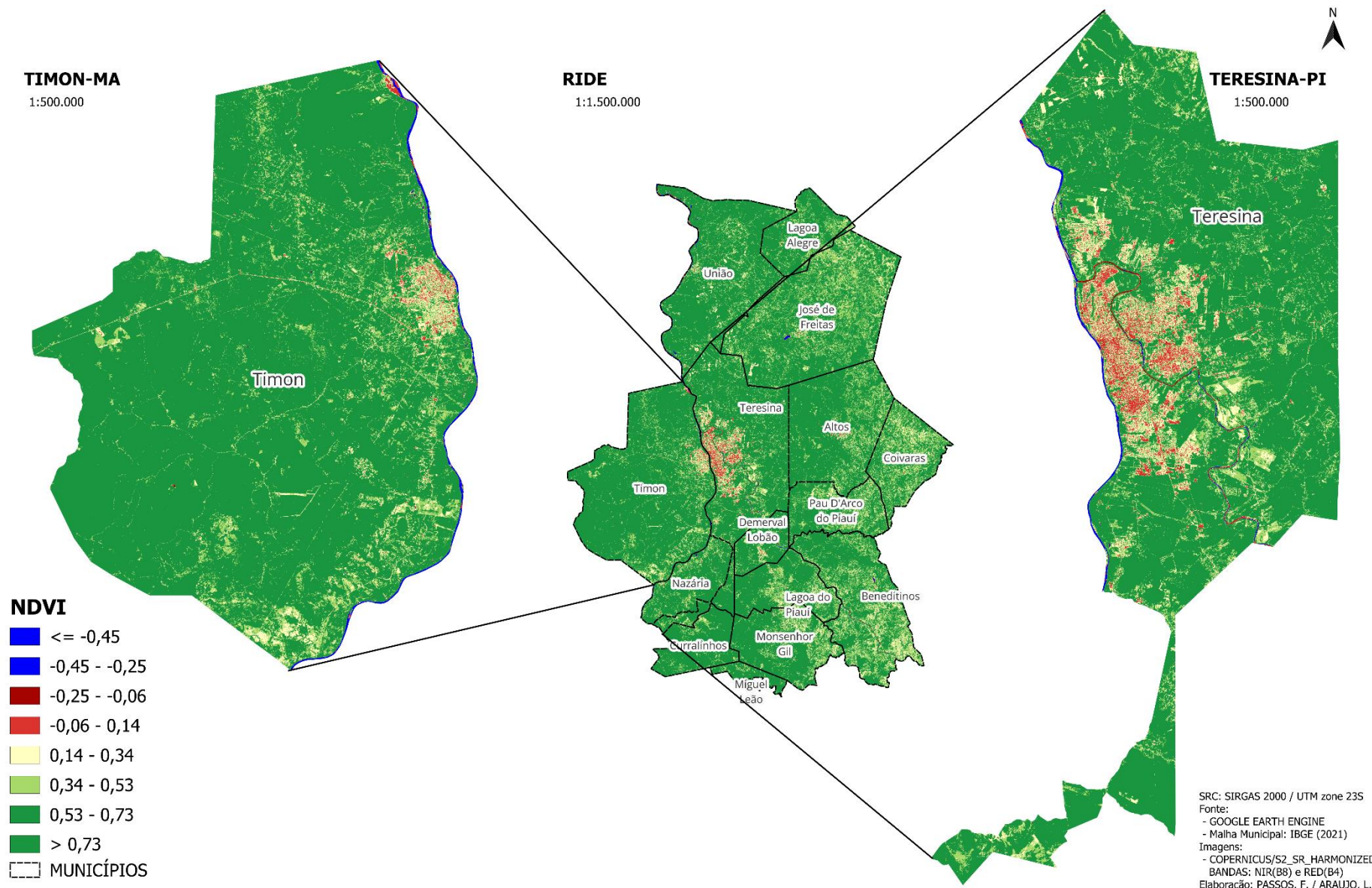
O NDVI de 2020 (figura 3), assim como as demais, foi calculado entre os meses de junho e julho, após o término de chuvas devido a qualidade da saúde exibida pela vegetação, devido ao aumento de umidade no solo no período pós chuva, no que acarreta no crescimento e manutenção da vegetação. Neste cenário é interessante destacar que diversas atividades econômicas se encontravam paradas devido a decretação de pandemia de Covid-19 em 11 de março do mesmo ano e que estendeu até 05 de maio de 2023. Portanto, entre os anos de 2020 e

2022, atividades econômicas que envolviam retirada de vegetação, tais como a expansão imobiliária e agricultura, foram afetadas de alguma maneira, antes de serem consideradas atividades essenciais pelos governantes. Na construção civil o nível de produção registrou forte recuo no início da pandemia em 2020 e a falta ou o alto custo da matéria-prima avançou entre os principais problemas nesse ramo (NEVES; SILVA, p. 319, 2023).

Nas figuras 3 e 4, a cobertura vegetal apresenta valores de NDVI entre 0,53 e 0,73. Localizada na porção leste, a zona urbana do município de Timon apresenta variações de solo exposto e áreas urbanizadas. Os valores que expressam solo exposto está entre 0,14 e 0,34. É possível observar algumas áreas dentro desse parâmetro na porção sul e sudeste do município de Timon e na porção norte e sudeste do município de Teresina.

Em relação ao NDVI dos anos de 2022 e 2024 (figuras 4 e 5), é perceptível a expansão de áreas com solo exposto disseminada por boa parte do território do município de Timon. Quanto ao município de Teresina, essas áreas estão mais evidentes na porção norte.

ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL, ATRAVÉS DO NDVI RIDE GRANDE TERESINA (ANO DE 2020).



**ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL, ATRAVÉS DO NDVI
RIDE GRANDE TERESINA (ANO DE 2022).**

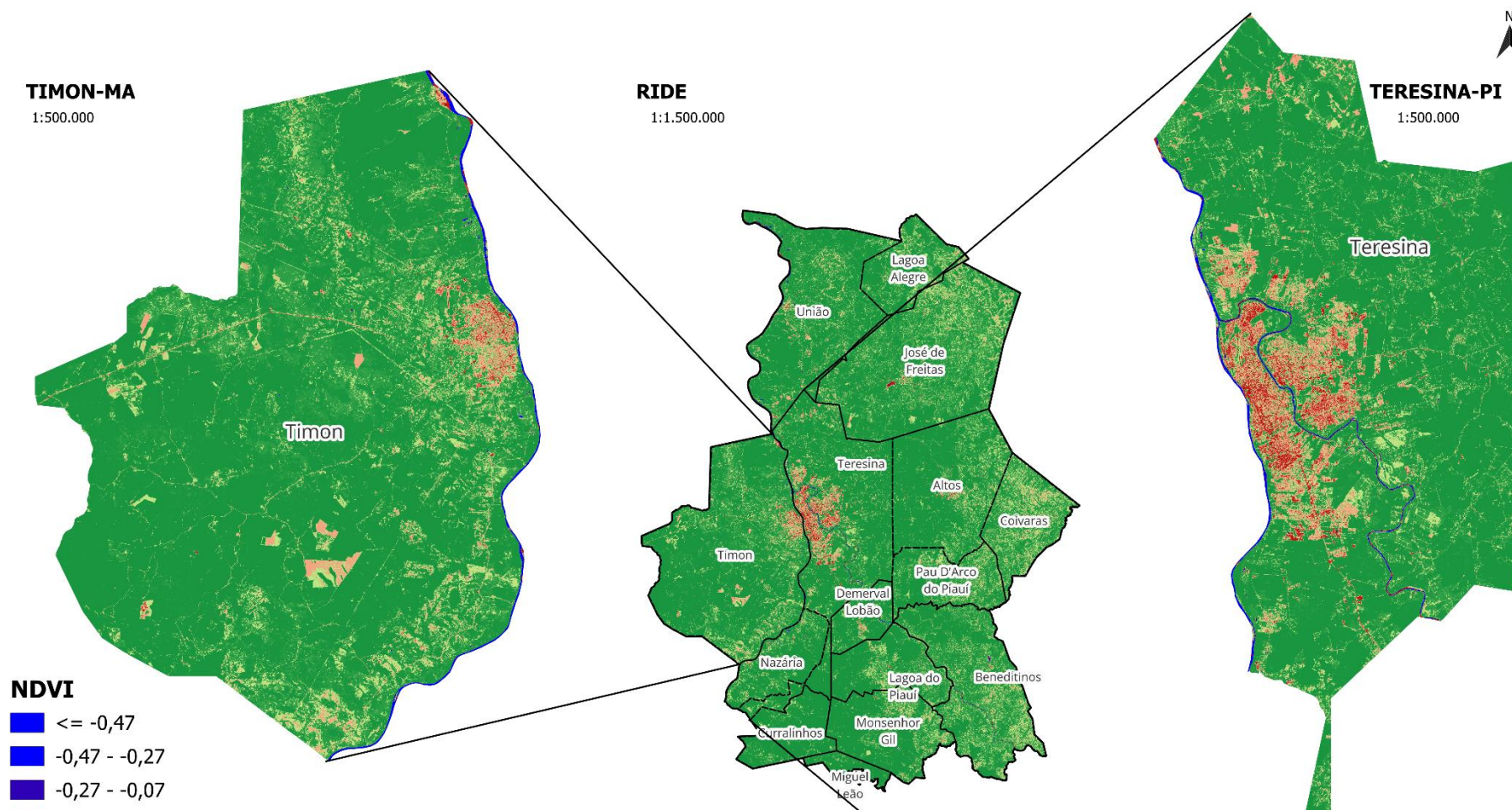
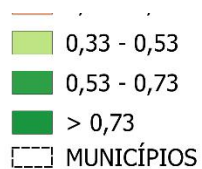


Figura 3: NDVI RIDE Grande Teresina (Ano 2020). Fonte: Do Autor (2024).



SRC: SIRGAS 2000 / UTM zone 23S
Fonte:
- GOOGLE EARTH ENGINE
- Malha Municipal: IBGE (2021)
Imagens:
- COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED
BANDAS: NIR(B8) e RED(B4)
Elaboração: PASSOS, F.

Figura 4: NDVI RIDE Grande Teresina (Ano 2022). Fonte: Do Autor (2024).

**ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL, ATRAVÉS DO NDVI
RIDE GRANDE TERESINA (ANO DE 2024).**

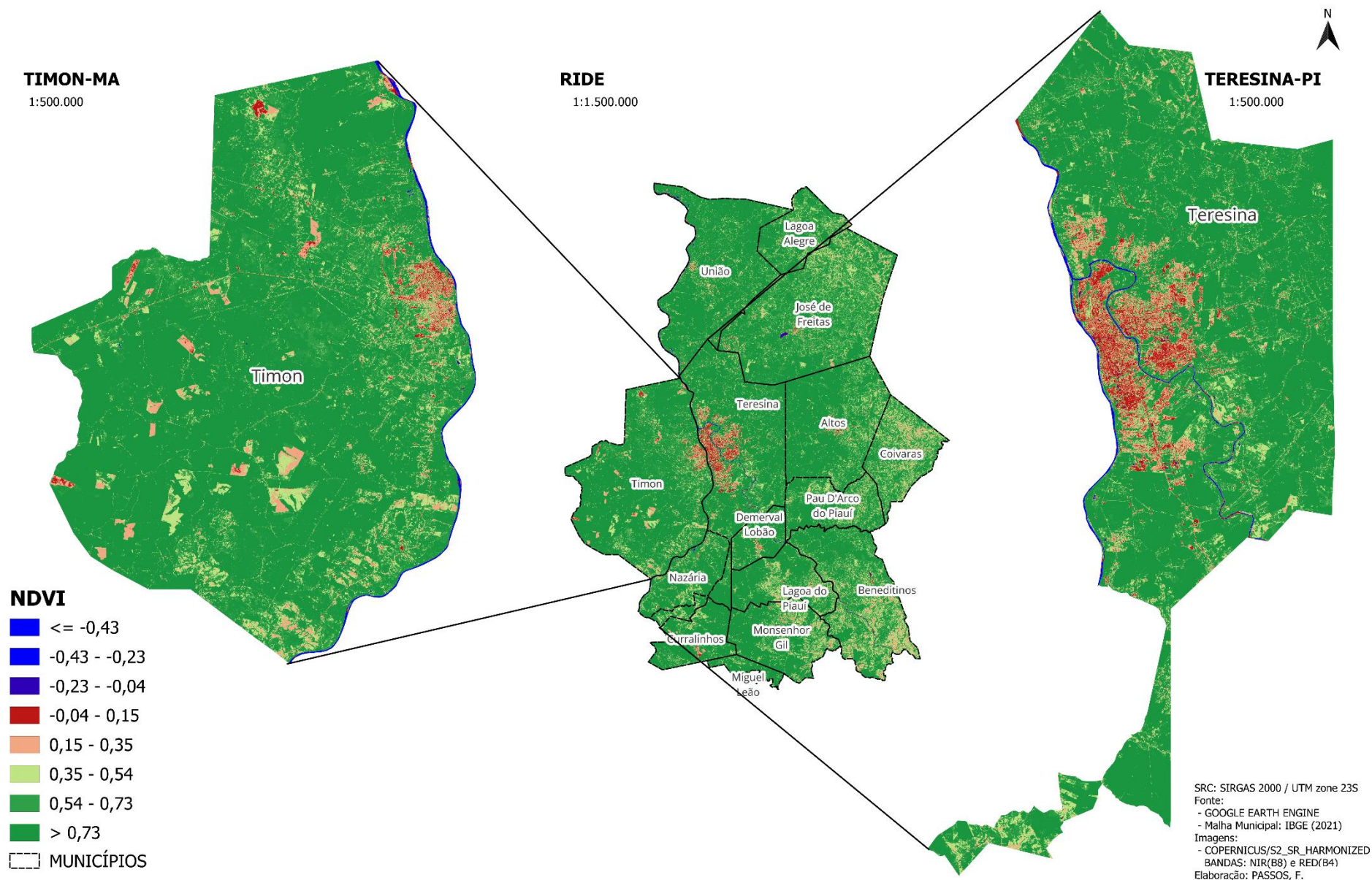


Figura 5: NDVI RIDE Grande Teresina (Ano 2024). Fonte: Do Autor (2024).

A diferença do índice de vegetação dos anos de 2022 e 2020 (figura 6) evidencia os valores de perda, manutenção e crescimento de vegetação na RIDE Grande Teresina e seus respectivos valores, conforme cada uma dessas três classes.

DIFERENÇA DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO
RIDE GRANDE TERESINA (ANOS DE 2022 E 2020).

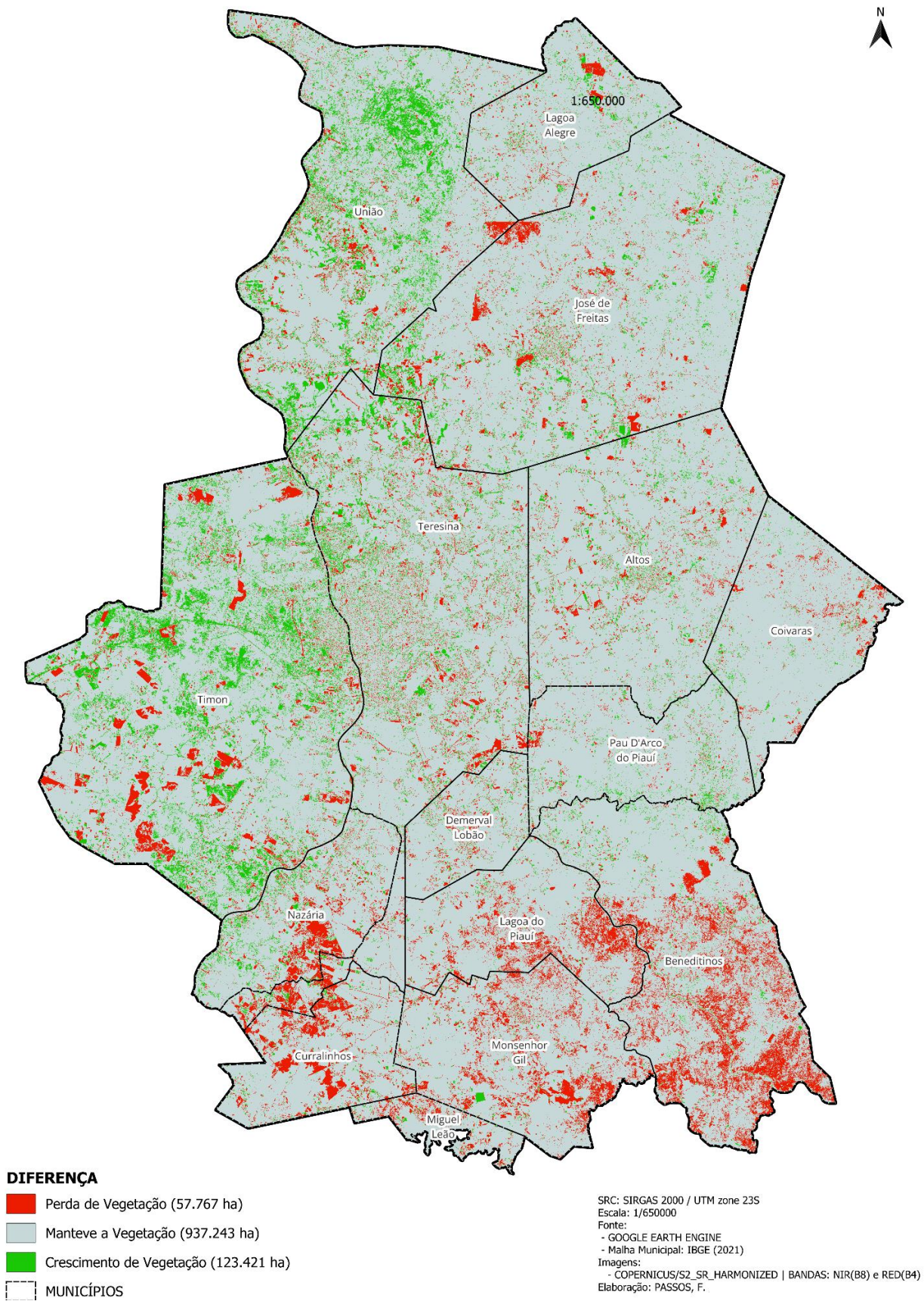
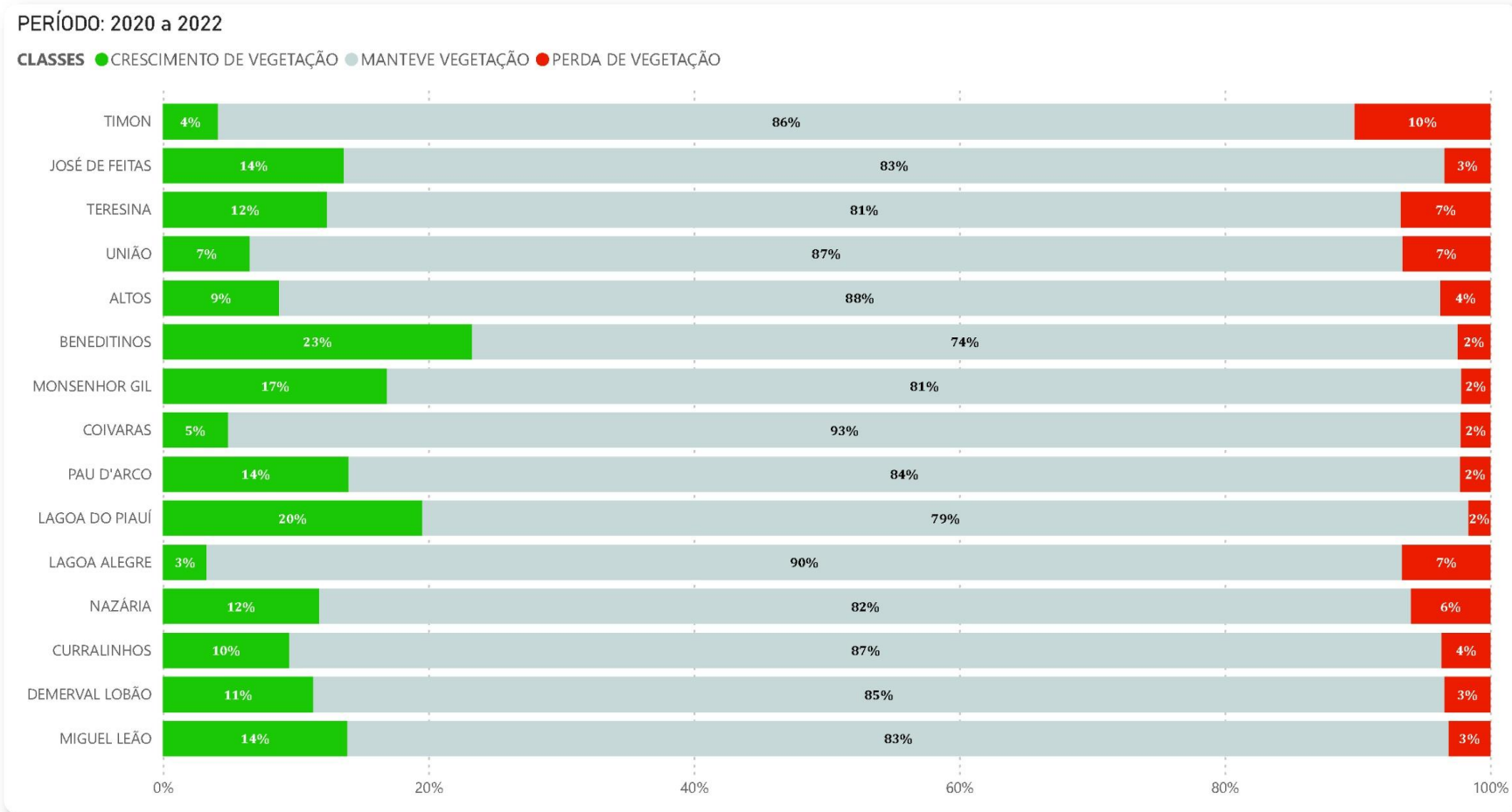


Figura 6: Diferença do NDVI Ride Grande Teresina (2022 – 2020). Fonte: Do Autor (2024).

Gráfico 1: Porcentagem das classes da Diferença do NDVI da RIDE Grande Teresina por município (2022 – 2020)



Fonte: Do Autor (2024).

Tabela 1 – Resultado da Diferença do NDVI 2022-2020 em relação a área do município

2022 – 2020		
Resultado	Município	Porcentagem (%)
Maior perda	Timon	10,20
Menor perda	Lagoa do Piauí	1,60
Manutenção	Coivaras	93,04
Maior Ganho	Beneditinos	23,33
Menor Ganho	Lagoa Alegre	3,31

Fonte: Do Autor (2024)

Na tabela 1 o destaque é para o município de Timon que obteve uma diminuição de cerca de 10% entre os anos de 2020 e 2022. O município de Coivaras foi o que apresentou menor alteração no período, enquanto o Município de Beneditinos apresentou o maior ganho de vegetação.

**DIFERENÇA DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO
RIDE GRANDE TERESINA (ANOS DE 2024 E 2022).**

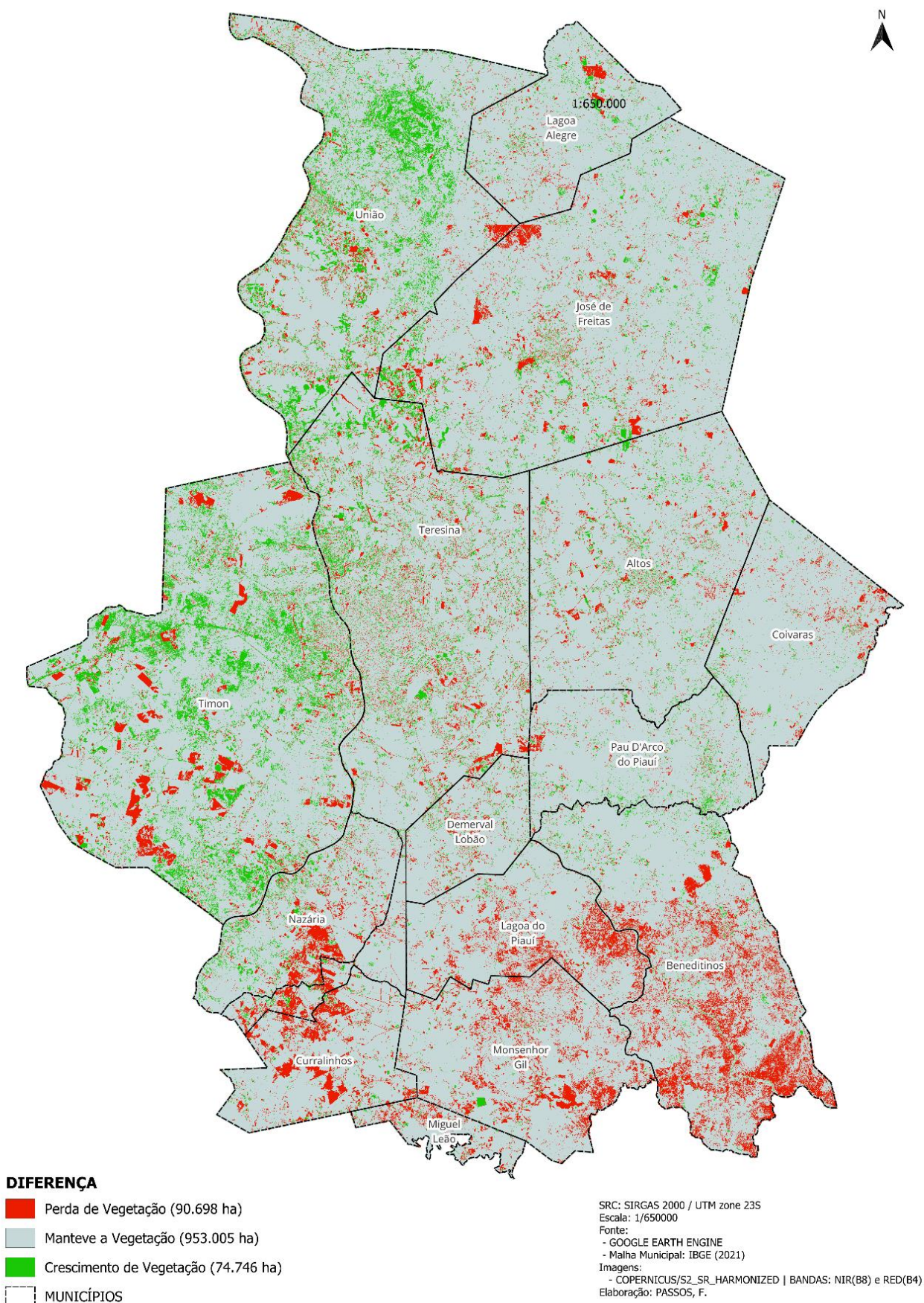
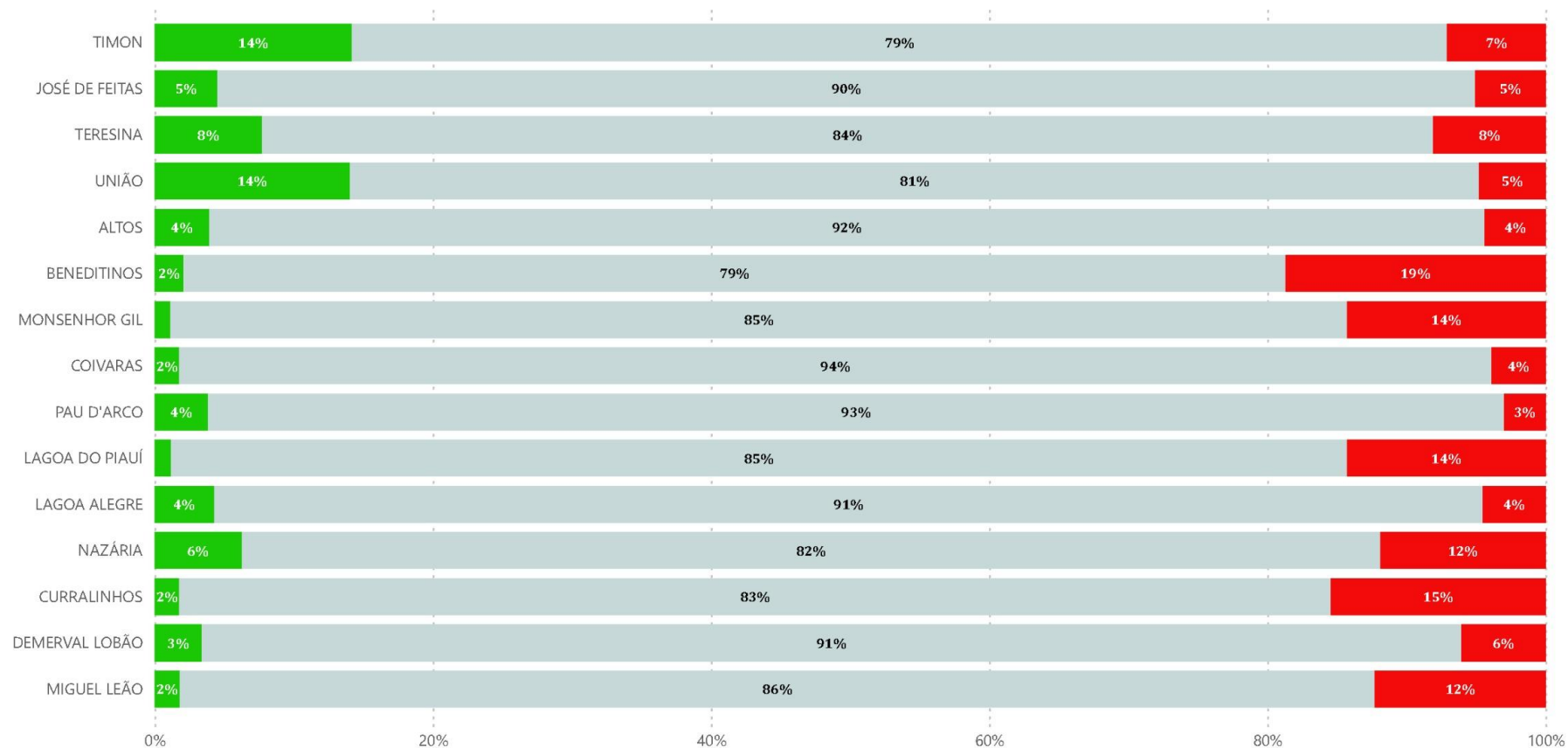


Figura 7: Diferença do NDVI Ride Grande Teresina (2024 – 2022). Fonte: Do Autor (2024).

Gráfico 2: Porcentagem das classes da Diferença do NDVI da RIDE Grande Teresina por município (2024 – 2022)

PERÍODO: 2022 a 2024

CLASSES ● CRESCIMENTO DE VEGETAÇÃO ● MANTEVE VEGETAÇÃO ● PERDA DE VEGETAÇÃO



Fonte: Do Autor (2024).

No gráfico 2 (2024 - 2022) foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 2 – Resultado da Diferença do NDVI 2024-2022 em relação a área do município

2024 – 2022		
Resultado	Município	Porcentagem (%)
Maior perda	Beneditinos	18,71
Menor perda	Pau D'Arco	2,97
Manutenção	Coivaras	94,48
Maior Ganho	Timon	14,19
Menor Ganho	Monsenhor Gil	1,13

Fonte: Do Autor (2024)

Entre os anos de 2022 e 2024, o município de Timon se destacou com maior ganho de vegetação, totalizando 14,19%, contrastando com o gráfico 1, onde obteve maior perda naquele período. Da mesma forma, Beneditinos, nesse recorte, apresentou comportamento oposto ao do gráfico 1, expondo maior perda de vegetação (18,71%).

**DIFERENÇA DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO
RIDE GRANDE TERESINA (ANOS DE 2024 E 2020).**

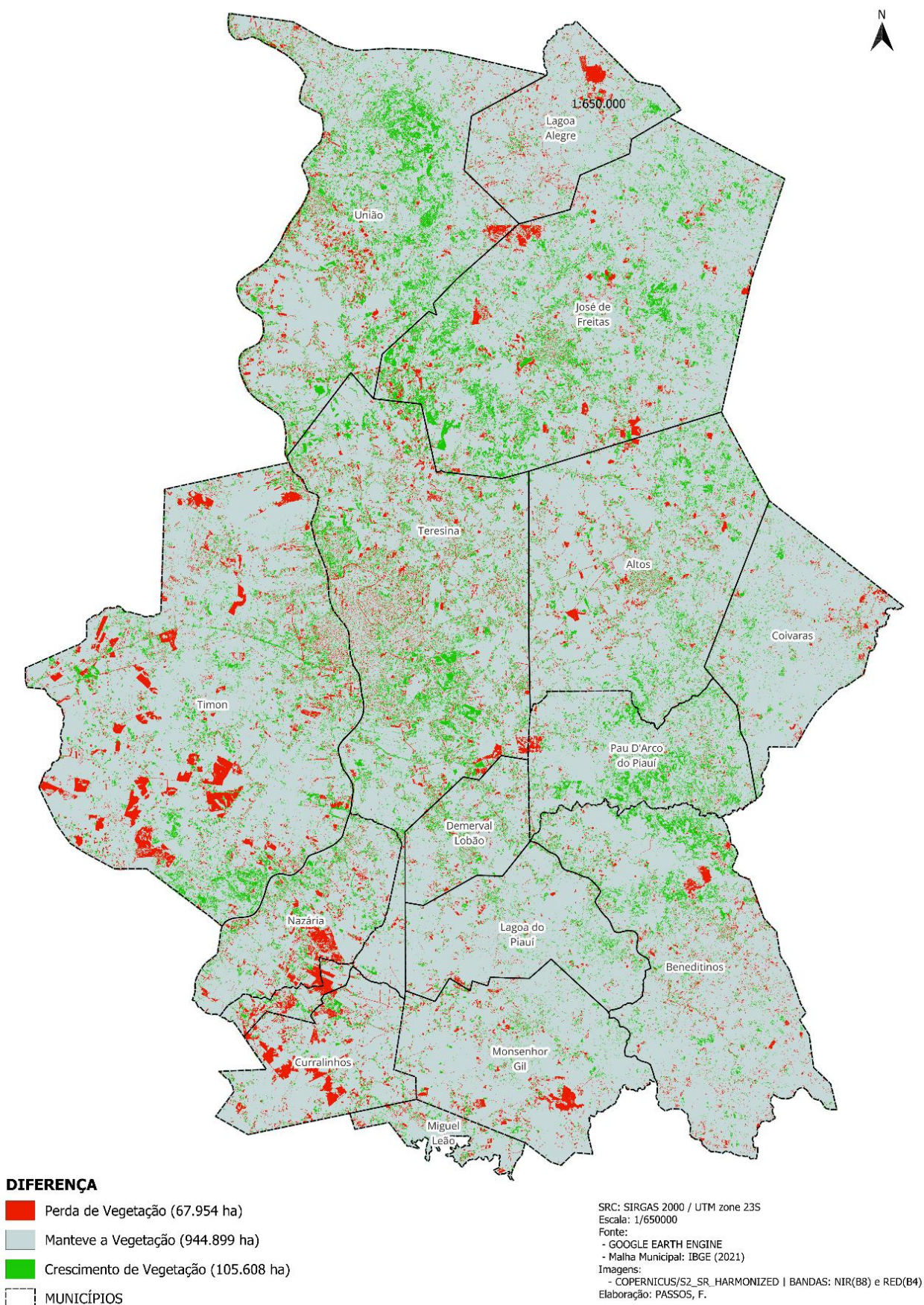
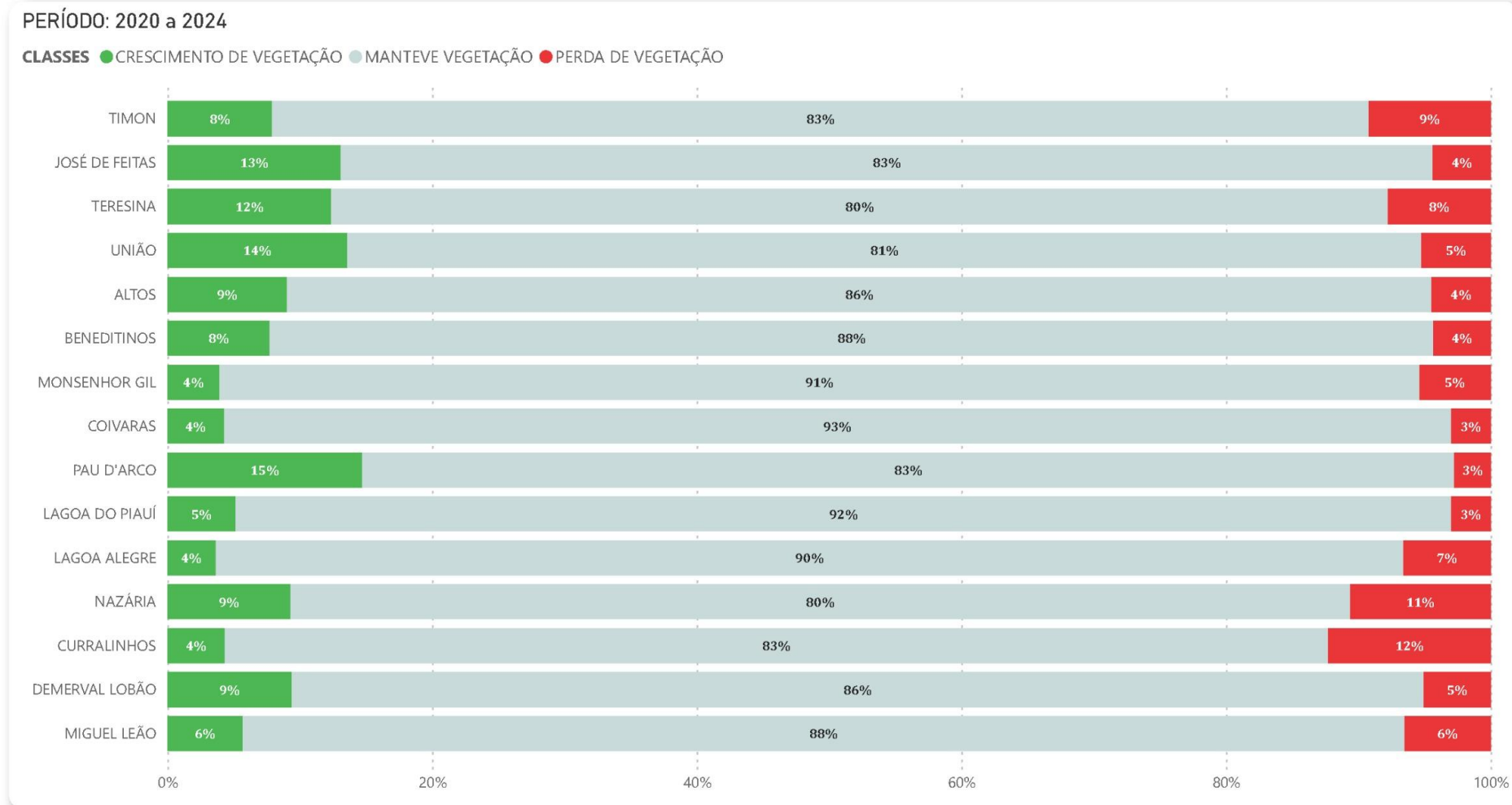


Figura 8: Diferença do NDVI Ride Grande Teresina (2024 – 2020). Fonte: Do Autor (2024).

Gráfico 3: Porcentagem das classes da Diferença do NDVI da RIDE Grande Teresina por município (2024 – 2020)



Fonte: Do Autor (2024).

No gráfico 3 (2024-2020) foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 3 – Resultado da Diferença do NDVI 2024-2020 em relação a área do município

2024 – 2020		
Resultado	Município	Porcentagem (%)
Maior perda	Curralinhos	12,26
Menor perda	Pau D’Arco	2,73
> Manutenção	Coivaras	93
< Manutenção	Teresina	79,94
Maior Ganho	Pau D’Arco	14,19
Menor Ganho	Monsenhor Gil	1,13

Fonte: Do Autor (2024).

Na tabela 3, o destaque vai para o município de Teresina, que na diferença entre os anos de 2024 e 2020, foi o que menos manteve sua cobertura vegetal, preservando 79,94% da sua cobertura vegetação nesse período. O município de Curralinhos foi o que apresentou a maior perda percentual de cobertura vegetal, 12,26%, no entanto, a população desse município aumentou entre os anos de 2010 e a estimativa populacional do IBGE para o ano de 2024, apenas 344 habitantes (7,5%). O que nos leva a acreditar que essa perda de cobertura vegetal está relacionada a outros fatores que não o simples crescimento da população. Observa-se também que as áreas com solo exposto se encontram fora da zona urbana da cidade.

Já o município de Pau D’Arco foi o que apresentou a menor perda de cobertura vegetal no período estudado e apresentou crescimento populacional inexpressivo, apenas 215 habitantes (5,41%), entre os anos de 2010 e 2024, segundo os dados do IBGE.

Teresina, a maior cidade da RIDE apresentou perda de cobertura vegetal de cerca de 7,74%, o que equivale 10.763 hectares. O crescimento populacional da cidade é de cerca de 88.414 habitantes (9,79%). Timon teve perda de cobertura vegetal de cerca de 9,17% (16183,86 hectares) e seu crescimento populacional foi de 26845 habitantes (14,73%).

Após a análise das 3 tabelas, algumas considerações são válidas quanto ao destaque de certos municípios que aparecem repetidas vezes em determinados intervalos. O município de Pau D’Arco foi o que menos perdeu cobertura vegetal em 2 intervalos repetidamente (2024 – 2022 e 2024- 2020). O município de Coivaras aparece nos 3 intervalos como o que mais manteve sua vegetação. E por fim, o município de Lagoa Alegre, sendo o que menos ganhou cobertura vegetal em 2 intervalos (2022 – 2020 e 2024 – 2020).

Os resultados contidos na figura 7 evidenciam que no período de 2020 a 2024 houve uma perda significativa de vegetação da RIDE Grande Teresina, se pegarmos 67.954 ha e dividirmos pelos quatro anos considerados nesse estudo, teremos uma taxa de 16.988,5 ha/ano de perda do substrato vegetal.

Outra constatação é que as maiores alterações na cobertura vegetal não ocorreram dentro ou nas proximidades das zonas urbanas das cidades o que nos leva a considerar que outras atividades econômicas tais como agricultura ou pecuária (nas áreas mais periféricas) e a construção civil (próxima ao núcleo urbano), são os responsáveis pelas substituições na cobertura vegetal na RIDE Grande Teresina.

5 CONCLUSÃO

Diante desses números, esse estudo abre a discussão sobre a utilização do NDVI nos estudos de expansão urbana, para uma análise mais detalhada, seria interessante uma classificação por imagens utilizando outros métodos, tais como a classificação supervisionada, onde nesse tipo de classificação é necessário que o usuário conheça algumas feições da área a ser classificada, antes de iniciar o processo. Um exemplo é a Classificação por Máxima Verossimilhança, onde é necessário um número elevado de pixels para cada conjunto de treinamento e quanto maior for a quantidade de amostras, melhor será o resultado obtido e mais próximo do real.

O mais adequado seria um trabalho conjunto entre os gestores municipais da RIDE Grande Teresina no sentido de criarem um plano diretor para uso e ocupação do solo nesses municípios, evitando a expansão urbana desordenada.

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento são fortes aliados no monitoramento dessas áreas, além do trabalho de campo de profissionais para levantamento e aferição dos resultados obtidos por essas ferramentas tão poderosas.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, Luiz Ricardo. **Regiões Metropolitanas e Regiões Integradas de Desenvolvimento:** em busca de uma delimitação conceitual. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Abril/2020 (Texto para Discussão nº 273). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 17/06/2024. Acesso em 12/09/2024

CEREDA JUNIOR, A. (Org. Trad.) **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI:** Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0 - parte 1, maio 2020. Disponível em <https://geografiadascoisas.com.br/NDVI>. Acesso em 19/06/2024

EMBRAPA. Sentinel – Missão Sentinel. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>. Acesso em 12/09/2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas e Regiões Integradas de Desenvolvimento.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://cutoff.ly/4edKDzu>>. Acesso em 19/06/2024.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G. R.; FAÇANHA, A. C. Alterações na cobertura do solo em Teresina, Piauí. Revista Sociedade e Natureza, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/PCWjqGHTrk5z9K7vDyxHHNM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 12/09/2024.

LOBO, Felipe de Lucia. **Introdução ao Google Earth**. Universidade Federal de Pelotas, 2020.

NEVES, Pablo do Nascimento; SILVA da, Juliano Rodrigues. **Efeitos econômicos da pandemia da COVID-19 na construção civil brasileira**: um estudo de 2020 a 2021. Revista Cultura, Identidade e Região, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 310-329, 2023.

PONZONI, Flávio Jorge. SHIMABUKURO, Yosio Ademir. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP. 2010.

TERESINA. PREFEITURAMUNICIPAL. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO. **Região Integrada de Desenvolvimento**: RIDE Grande Teresina. Teresina: Secretaria Municipal de Planejamento, [s.d.]. 2019. Disponível em: <<https://cutt.ly/Qegbtio>>. Acesso em: 19/06/2024.