

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

AGUIAR GOTHARDO HENRIQUE DOMICIANO

**ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS PARA MONITORAMENTO
AMBIENTAL A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO**

**Itaqui
Ano 2023**

AGUIAR GOTHARDO HENRIQUE DOMICIANO

**ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS PARA MONITORAMENTO
AMBIENTAL A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador: Prof. Dr. Sidnei Luís Bohn Gass

**Itaqui
Ano 2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

D669e Domicianoo, Aguiar Gothardo Henrique
ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS PARA MONITORAMENTO
AMBIENTAL A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO / Aguiar
Gothardo Henrique Domicianoo.
45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
E DE AGRIMENSURA, 2023.

"Orientação: Sidnei Luís Bohn Gass".

1. Imagens de satélite. 2. Agricultura. 3. Itaqui.
4. Maçambará. I. Título.

AGUIAR GOTHARDO HENRIQUE DOMICIANO

**ESTRUTURAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS PARA MONITORAMENTO
AMBIENTAL A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 11/07/2023.

Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
SIDNEI LUIS BOHN GASS
Data: 20/07/2023 15:31:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sidnei Luís Bohn Gass
Orientador
UNIPAMPA

 Documento assinado digitalmente
ELOIR MISSIO
Data: 21/07/2023 07:56:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eloir Missio
UNIPAMPA

 Documento assinado digitalmente
DIEISON MOROZOLI DA SILVA
Data: 20/07/2023 15:46:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Dieison Morozoli da Silva
UFRGS

AGRADECIMENTO

Agradeço imensamente por todas as bênçãos que Deus tem derramado sobre mim, concedendo-me o dom da vida, saúde, sabedoria, força e determinação para enfrentar os desafios que surgem em meu caminho. Sou profundamente grato por Ele ter me sustentado durante o tempo em que estive longe de casa e por me capacitar a concluir este trabalho. Agradeço por todas as vezes em que ele trouxe paz ao meu coração e confortou aqueles que estiveram ao meu lado ao longo desses anos. Expresso minha profunda gratidão aos meus pais, que são uma fonte constante de inspiração e exemplo de vida. Sou imensamente grato pelo amor incondicional que sempre demonstraram, pelo apoio incansável, incentivo e pela luta constante em prol dos meus sonhos. Agradeço a minha irmã e irmão que jamais me negaram apoio, e incentivo. Por não ter medido esforços em me ajudar, tanto no apoio emocional quanto nas orientações para tomar decisões difíceis no decorrer de todo o curso. Agradeço à minha namorada, que durante essa fase me proporcionou apoio, carinho e incentivo, agradeço pela sua compreensão e paciência pelos momentos que ficamos longe, foram fundamentais para que eu pudesse enfrentar os desafios e superar os obstáculos ao longo dessa jornada acadêmica. Agradeço a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória acadêmica e deram muito apoio em sala de aula. gostaria de expressar minha imensa gratidão ao professor Sidnei por sua brilhante orientação ao longo deste trabalho. Sua dedicação, confiança e comprometimento foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e para o sucesso desta pesquisa. Agradeço a todos os meus amigos que contribuíram de maneira valiosa ao longo desta jornada. obrigado por seus conselhos, palavras de apoio, risadas e momentos de descontração.

Muito obrigado!

RESUMO

A utilização de imagens de satélite para monitoramento é um dos métodos promissores e representativos no meio agrícola, pois as informações que podem ser obtidas nas imagens orbitais fornecem dados que permitem a análise da temperatura e dos índices de vegetação, essas técnicas podem auxiliar o manejo e contribuir para um aumento da produção agrícola. Dentre as informações obtidas pelos dados de sensoriamento remoto estão os índices de vegetação que permitem observar o comportamento da vegetação e comparar a outras informações que representam características específicas da área de estudo podendo assim tomar decisões de melhoramento do manejo de acordo com seu comportamento. A agricultura, por exemplo, se apresenta como um setor de extrema importância no cenário econômico e social do país. Frente à atual demanda de cuidados no manejo o presente trabalho tem como objetivo criar uma estruturação de base de dados por meio de SR utilizando imagens orbitais do satélite Landsat 8 e 9 para auxiliar produtores rurais dos municípios de Itaqui e Maçambará no estado do Rio Grande do Sul. Após a aplicação da metodologia empregada por este estudo, foi possível obter 17 mapas temáticos com os cálculos do NDVI e 17 mapas com os cálculos da temperatura da superfície em graus Celsius para a área de estudo. No conjunto de imagens de NDVI, os dados foram classificados de acordo com a quantidade de biomassa vegetal existente na área de estudo. Para melhorar a visualização das diferenças, os resultados obtidos por meio do processamento foram reclassificados em 6 classes. Com essas Classificações é possível realizar uma avaliação mais precisa das condições ambientais e das mudanças ocorridas ao longo do tempo nas áreas monitoradas

Palavras-Chave: Imagens de satélite, agricultura, Itaqui e Maçambará.

ABSTRACT

The use of satellite images for monitoring is one of the best methods and representative ways in the agricultural environment, as the information that can be transmitted in orbital images provides promising and fast data, these monitoring techniques are promising for a significant gain in agricultural production. Among the information transmitted by the SR data are the vegetation indices that allow observing the behavior of the vegetation and comparing it to other information that represents specific characteristics of the study area, thus allowing decisions on soil correction and management according to its behavior. Agriculture, for example, presents itself as a sector of extreme importance in the economic and social scenario of the country. Faced with the current demand for management care, the present work aims to create a database structure through SR using orbital images from the Landsat 8 and 9 satellite to assist rural producers in the municipalities of Itaqui and Maçambará in the state of Rio Grande do Sul. South. After applying the methodology used in this study, it was possible to obtain 17 thematic maps with NDVI calculations and 17 maps with surface temperature calculations in degrees Celsius for the study area. In the set of NDVI images, the data were classified according to the amount of plant biomass existing in the study area. To improve the visualization of the differences, the results obtained through processing were reclassified into 6 classes. With these classifications, it is possible to carry out a more accurate assessment of the environmental conditions and the changes that have occurred over time in the monitored areas.

Keywords: Satellite images, agriculture, Itaqui and Maçambará.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. CONCEITOS GERAIS DE REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Sensoriamento Remoto.....	10
2.2 Os Satélites Landsat 8 e 9.....	10
2.3 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).....	11
2.4 Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI).....	12
2.5 Índice de Vegetação Melhorado (EVI).....	13
2.6 Temperatura da superfície.....	13
3. METODOLOGIA.....	15
3.1 Área de estudo.....	15
3.2 Elaboração do banco de dados Cartográficos.....	16
3.3 Cálculos NDVI.....	17
3.4 Cálculos para a temperatura de superfície.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Análise dos resultados.....	18
4.2 Classificações NDVI.....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A utilização de imagens de satélite para monitoramento é um dos caminhos mais econômicos e representativos no meio agrícola e ambiental, pois as informações que podem ser obtidas nas imagens orbitais fornecem dados promissores e rápidos, que são essenciais para a potencialização das propriedades por meio de mapeamento das culturas.

A agricultura se apresenta como um setor de extrema importância no cenário econômico e social do país, pois compõe o setor primário da economia, consolidando-se como uma prática primordial para o desenvolvimento de nossa sociedade. Assim sendo, a busca pela otimização da produção de alimento no país é constante, dada a grande demanda por alimentos.

Dessa forma a aplicação de novas tecnologias e ferramentas no campo que viabilizem o processo de diminuição dos custos, aumento de eficiência e eficácia é de extrema importância para a maximização da produção (CONCEIÇÃO, 2014).

Técnicas de sensoriamento remoto como a utilização dos índices de vegetação são úteis neste sentido, pois auxiliam na aquisição de informações a respeito da dinâmica temporal de desenvolvimento da cultura. (PINTO *et al.*, 2014).

Podemos definir sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de sensores, com o objetivo de estudar eventos e processos que ocorrem na superfície do planeta a partir do registro e diagnósticos das interações entre a radiação eletromagnética (NOVO, 2010). Essas interações eletromagnéticas são emitidas ou refletidas dos alvos terrestres e atmosférico sem contato físico entre o receptor e o emissor.

Dentre as informações obtidas pelos dados de sensoriamento remoto estão os índices de vegetação. Os índices mais utilizados são: 1) O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); muito usado no estudo de caracterização da vegetação podendo observar danos causados por pragas e monitoramento de stress hídrico. 2) O Índice de Vegetação Ajustado ao solo (SAVI); que estima os efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, para ajuste do NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação e o 3) Índice de vegetação melhorada (EVI); é utilizado na avaliação do vigor da vegetação está relacionado com as variações que ocorrem na cobertura verde.

Wardlow *et al.*, (2007) estudaram as séries temporais dos índices de vegetação e demonstraram que o EVI e o NDVI apresentam potencial para discriminar diferentes culturas agrícolas em extensas áreas da Grande Planície Central dos Estados Unidos. Diferente das técnicas convencionais esses índices de vegetação possibilitam a identificação de variações nas lavouras durante o seu crescimento. As alterações causada por fatores externos à vegetação e servem como indicadores do crescimento e vigor da vegetação, mostrando-se adequados para o monitoramento de mudanças fenológicas e desenvolvimento de áreas agrícolas de todo o Brasil (FONTANA *et al.*, 2007).

Monitorar culturas dinâmicas, como a agricultura de ciclo anual ou intercaladas é um problema contínuo que demanda constante inovação de recursos tecnológicos em grande escala temporal e espacial. Neste sentido notou-se que há uma grande necessidade de disponibilizar dados para auxiliar no monitoramento das áreas agrícolas com a disponibilização de imagens de sensores orbitais capazes de permitir a visualização das mudanças sofridas no cultivo e no solo.

Com a disponibilização do banco de dados pretende-se auxiliar na identificação de possíveis problemas, utilizando os cálculos da temperatura da superfície comparando a relação do mesmo com desempenho dos índices EVI, NDVI e SAVI ambos do sensor OLI, esses índices são amplamente utilizados em aplicações de monitoramento ambiental, agricultura, estudos de cobertura vegetal, detecção de mudanças na vegetação.

Os dados de temperatura da superfície mostram que baixos índices vegetativos podem estar associados a faixas de temperatura mais altas. Assim, em locais onde não ocorre vegetação ou ocorre com menor densidade, eles tendem a emitir maiores valores de calor.

Visto que a agricultura se apresenta como um setor de extrema importância no cenário econômico e social do país. Frente à atual demanda de cuidados no manejo o presente trabalho tem como objetivo criar uma estruturação de base de dados por meio de Sensoriamento remoto utilizando imagens orbitais do satélite Landsat 8 e 9 para auxiliar produtores rurais dos municípios de Itaqui e Maçambará no estado do Rio Grande do Sul.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sensoriamento Remoto

As imagens de sensoriamento remoto são técnicas que permitem o monitoramento de culturas agrícolas e urbanos ou até mesmo um conjunto de atividades realizadas em uma região.

Segundo Florenzano (2002), sensoriamento remoto (SR) pode ser definido como a tecnologia que possibilita a obtenção de imagens e outros tipos de dados de determinada superfície através da utilização de sensores que captam a radiação eletromagnética emitida e/ou refletida dos alvos terrestres e atmosféricos, sem que haja contato físico entre o receptor e o emissor.

O sensoriamento remoto envolve a detecção, obtenção e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos (MORAES, 2002).

Segundo Meneses e Almeida (2012), a disseminação dos conhecimentos acerca da ciência do sensoriamento remoto se deu pela década de 1960, uma das grandes conquistas da era espacial, possibilitando um vasto desenvolvimento ao que se refere a satélites, colocando 14 satélites em órbita com diferentes finalidades.

Atualmente, as técnicas de sensoriamento remoto são a poderosa ferramenta para prever mudanças ambientais de um modo confiável, rápido e econômico com procedimentos notáveis de tomada de decisão (AMIRI *et al.*, 2014). O monitoramento por imagens permite ainda a comparação entre tempos distintos, por exemplo, de indicadores de qualidade ambiental, como a vegetação, para o enriquecimento do conhecimento da sua dinâmica ao longo do tempo (GAMEIRO *et al.*, 2016).

2.2 Os satélites Landsat 8 e 9

O programa Landsat iniciou na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e destinado a observação dos recursos terrestres essa missão ficou denominada Earth Resources technology Satellite (ERS) e em 1975 passou a se chamar Landsat (NASA, 2022).

O Landsat 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, o mesmo é constituído por dois sensores, o operacional Land imager (OLI) e o termal infrared Sensor (TIRS). Esses dois sensores fornecem cobertura sazonal da massa terrestre global com a

resolução espacial de 30 metros (VISIVEL, NI, SWIR): 100 metro (TERMICA); e 15 metros (PANCROMATICO) (EMBRAPA, 2022).

O sensor OLI possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática. Estudos tecnológicos mostram por outros sensores de experimentos da NASA foram introduzidos no sensor OLI, que passou a ter quantização de 12 bits. A ativação em operação do sensor no Landsat 8, permite o prosseguimento das atividades em sensoriamento remoto que teve início na década de 1970, com a missão Landsat. (EMBRAPA, 2022).

Já o LandSat 9 foi lançado em órbita no dia 27 de setembro de 2021 com algumas melhorias, com intuito de reduzir uma lacuna de dados do programa, o satélite Landsat 9 foi lançado com um design semelhante ao Landsat 8.

O Landsat 9 está em conjunto de trabalho com Landsat 8 operando na mesma órbita, O tempo de revisita combinado do Landsat 8 + Landsat 9 para coleta de dados é a cada 8 dias. Landsat 9, como o Landsat 8, tem uma capacidade de imagem maior do que os Landsats anteriores, permitindo que dados mais valiosos sejam adicionados ao arquivo terrestre global Landsat - cerca de 1.400 cenas por dia (NASA, 2022).

2.3 Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)

O NDVI atualmente é um dos índices mais utilizados nos estudos de descrição e monitoramento da vegetação, utiliza as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, (nos satélites Landsat 8 e 9 são as bandas 4 e 5) para monitoramento de estresse hídrico e monitoramento de danos causados por pragas. É indicador da quantidade e condições da vegetação, estando ligado diretamente ao tipo de planta, a densidade da cultura e umidade da superfície de estudo, (BRITO *et al.*, 2015).

Segundo Ponzoni *et al.* (2012), a interpretação do índice NDVI deve levar em consideração vários fatores limitantes, dentre eles o ponto de saturação no qual o incremento de biomassa vegetal não pode mais ser acompanhado pelo aumento dos valores do índice, as interferências atmosféricas, as larguras das bandas espectrais utilizadas e as características de qualidade da imagem inerentes ao sensor utilizado.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos índices mais utilizados para esse fim, em que é uma regularização do índice de vegetação,

proposto por Rouse *et al.*, (1973), com valores possíveis variando de -1 a 1. O cálculo do NDVI é executado pela seguinte equação 1.

(Equação 1)

$$NDVI = \frac{(PIVP - PV)}{(PIVP + PV)}$$

Sendo:

Pivp = e refletância da radiação no infravermelho próximo;

Pv = refletância da radiação no vermelho.

2.4 Índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI)

Huete (1988) propôs uma alteração do NDVI com objetivo de minimizar os efeitos da variabilidade e densidade da vegetação, criou assim o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI). É um índice definido pela Equação 2, que leva em consideração os efeitos da refletância do solo exposto nas imagens observadas, para o ajuste do NDVI quando a superfície do solo não está inteiramente coberta por vegetação.

(Equação 2)

$$SAVI = \frac{(1 + L)(PIV - PV)}{L + PIV + PV}$$

Onde:

L= é uma constante denominada de valor de ajuste do índice SAVI pode assumir os valores de 0,25 a 1 depende da cobertura do solo.

Conforme Huete (1988), o valor para L de 0,25 é indicado em vegetações densa e de 0,5 para vegetações com densidade media e quando o valor de L for 1 é indicativo de vegetações com menor densidade. Se o valor do SAVI for 0, os valores tornam-se iguais aos valores do NDVI.

2.5 Índice de Vegetação Melhorado (EVI)

O EVI índice de vegetação feito através de um cálculo que leva em consideração o vermelho e o infravermelho como o NDVI, porém utiliza a banda do azul para descontar as influências da atmosfera no índice. O índice de vegetação Melhorado (EVI) é utilizado na avaliação do vigor da vegetação por estar associado diretamente com as alterações que ocorrem na cobertura verde (JUSTICE *et al.*, 1998).

Utiliza-se o EVI em momentos de estágios iniciais da cultura, que contém pouca cobertura vegetal ou em estágios tardios com uma maior densidade de cobertura vegetal, geralmente quando o índice NDVI está com saturação. Outra diferença entre o NDVI e o EVI é que, na presença de neve, o NDVI diminui, enquanto o EVI aumenta (HUETE *et al.*, 2002).

As imagens EVI são produzidas por meio de bandas individuais na faixa do azul, vermelho e infravermelho do sensor. O EVI é constituído pela seguinte equação.

(Equação 3)

$$EVI = 2,5(IVP - ver)/(L + IVP + C1ver - C2azul)$$

Onde:

L = fator de ajuste para o solo;

C1 e C2 são coeficientes de ajuste para o efeito de aerossóis da atmosfera;

azul = Reflectância espectral do azul;

ver = Reflectância espectral do vermelho;

IVP = Reflectância espectral do infravermelho próximo;

Os valores dos coeficientes, C1= 6, C2 = 7,5, L = 1

2.6 Temperatura da superfície

As informações sobre a temperatura superficial podem ser obtidas através da aplicação de ferramentas do sensoriamento remoto. As informações são concebidas por meio da energia radiante e o fluxo radiante proveniente dos objetos (SANTOS, 2012). Com essa informação em mãos, os agricultores podem implementar estratégias de manejo integrado de pragas e doenças de forma mais eficaz, minimizando os danos causados às culturas

O monitoramento da temperatura da superfície desempenha um papel essencial na agricultura e pecuária. Ao acompanhar de perto a temperatura do solo e das plantas, os agricultores podem tomar decisões mais confiáveis para otimizar o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Por meio desse monitoramento, é possível determinar o momento adequado para tomada de decisões. Assim identificar áreas sob estresse térmico, permitindo que medidas corretivas sejam adotadas para proteger as plantas contra danos e perdas de produção.

Outro benefício que podemos obter ao realizar monitoramento da temperatura da superfície ela auxilia detecção precoce de doenças e pragas, aplicando em conjunto com outras técnicas, como análises visuais, teste laborarias ou consulta as especialistas.

Equação para a transformação dos níveis de cinza em radiância:

(Equação 4)

$$P\lambda' = ML * Qcal + AL$$

Sendo:

$P\lambda'$ = Radiância no topo da atmosfera

ML = Fator multiplicador de redimensionamento, conforme metadados:

Banda 10 = 3.3420E-04

Qcal = valor quantizado calibrado pelo pixel (imagem)

AL = Fator aditivo de redimensionamento, conforme metadados:

Banda 10 = 0, 10000

Equação para a transformação da radiância em temperatura:

(Equação 5)

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Sendo:

T = Temperatura da superfície em Kelvin

$L\lambda$ = radiância espectral do sensor de abertura em Watts/m² = imagem

K2 = constante de calibração 2 = 1321,08

K1 = constante de calibração 1 = 774,89

Transformação de Kelvin para Célsius:

(Equação 6)

$$TC = T - K$$

Sendo:

TC = temperatura em graus C

T = temperatura Kelvin

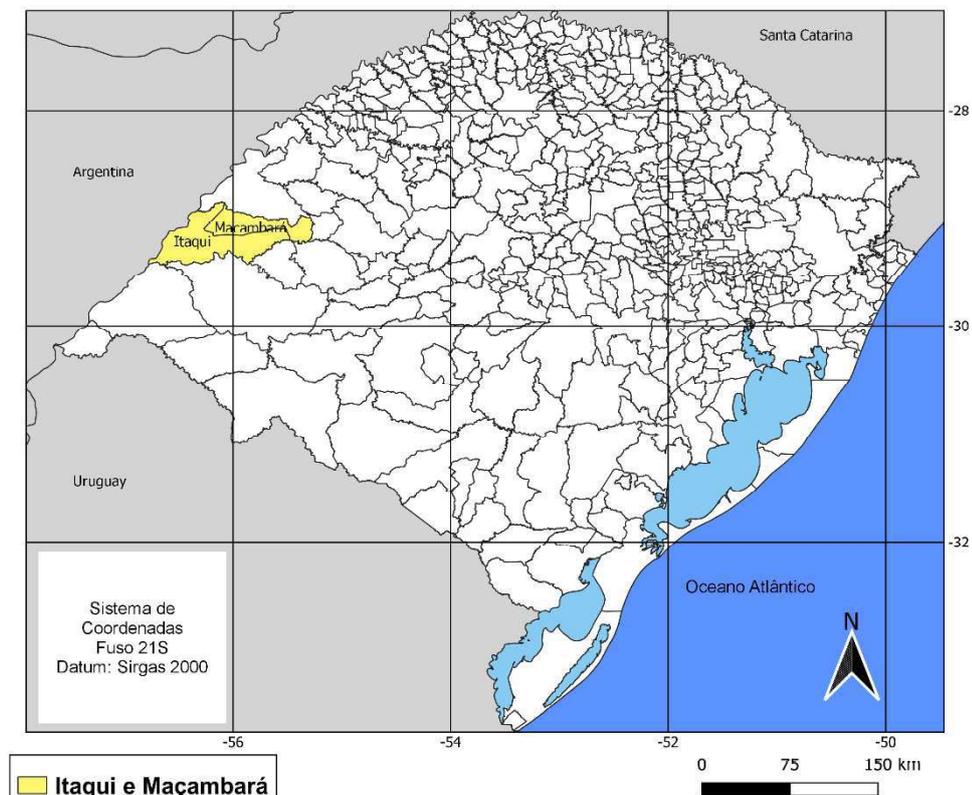
K = zero absoluto = 273,15.

3. Metodologia

3.1 Area de estudo

A área selecionada para o presente estudo são os municípios de Itaqui e Maçambará, localizados na fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, conforme representado pelo mapa da Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: elaborado pelo autor.

O município de Itaqui atualmente conta com uma população total de 35.768 habitantes e uma área territorial de 3.406,606 km². Já o município de Maçambará conta com uma população de 4.425 habitantes e uma área territorial de 1.682,820 km², em ambos os municípios a agricultura é um forte para a área econômica (IBGE, 2023). A estrutura fundiária da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, no qual está localizado o Município de Itaqui e Maçambará, é fortemente marcada pela presença de grandes estabelecimentos agrícolas, prevalecendo às lavouras de arroz irrigado e as lavouras de soja (IBGE, 2023).

3.2 Elaboração do banco de dados Cartográficos

A primeira etapa do processo consistiu na realização do download de dados geoespaciais disponibilizados pela Instituição United States Geological Survey (USGS), também conhecido como Serviço Geológico dos Estados Unidos. Esses dados foram baixados para iniciar a elaboração da base cartográfica, utilizando o software de acesso livre QGIS, na versão 3.22.6. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8 e 9 com o sensor Operational Land Imager (OLI) / Thermal Infrared Sensor (TIRS), referentes aos anos de 2021 até 2023. Foi possível obter um total de 17 imagens com 0% de incidência de nuvens, distribuídas no período de 20 meses, conforme demonstrado pela tabela 1.

Após a importação das imagens no software, foram realizadas as reprojeções e recortes necessários para delimitar a área de interesse, visando facilitar o manuseio dos dados visto que os arquivos baixos são arquivos que ocupam grande espaço de armazenamento.

Tabela 1 – Datas das imagens obtidas para o estudo com 0% de incidências de nuvens.

Ordem das Imagens	Datas das Imagens
1º Imagem	26/09/2021
2º Imagem	29/10/2021
3º Imagem	07/12/2021
4º Imagem	23/12/2021
5º Imagem	31/12/2021
6º Imagem	01/02/2022
7º Imagem	09/02/2022

8º Imagem	21/03/2022
9º Imagem	14/04/2022
10º Imagem	16/05/2022
11º Imagem	24/05/2022
12º Imagem	20/08/2022
13º Imagem	16/11/2022
14º Imagem	24/11/2022
15º Imagem	11/01/2023
16º Imagem	12/02/2023
17º Imagem	01/04/2023

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 Cálculos NDVI

Antes de utilizar o índice de diferença normalizada (NDVI), é necessário realizar uma etapa de preparação das imagens. Isso envolve a conversão dos níveis digitais da imagem em valores de reflectância, por meio da aplicação da Equação 7. Essa equação é responsável por calibrar radiometricamente as bandas que serão utilizadas posteriormente para o cálculo do NDVI, conforme orientações do USGS.

(Equação 7)

$$(P\lambda' = MP * Qcal + AP / \text{sen} (\theta_{se}))$$

Onde:

$P\lambda'$ = Reflectância no topo da atmosfera

MP = Fator multiplicador de redimensionamento, conforme metadados:

Banda 4 = 2.0000E-05

Banda 5 = 2.0000E-05

Qcal = valor quantizado calibrado pelo pixel

AP = Fator aditivo de redimensionamento das bandas, conforme metadados:

Banda 4 = -0.100000

Banda 5 = -0.100000

θ_{se} = ângulo de elevação solar

Após a calibração das bandas 4 e 5, que representam os comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo, torna-se possível realizar o cálculo do NDVI, utilizando a Equação 5. Esses procedimentos foram executados utilizando a calculadora raster disponível no software QGIS.

3.4 Cálculos para a temperatura de superfície

O procedimento para a aplicação dos cálculos de índice de temperatura da superfície também é necessário a equação de conversão dos níveis digitais da imagem para reflectância na banda 10 do Landsat-8 e 9, conforme descrito na Equação 4. Essa etapa foi necessária para posterior cálculo da temperatura da superfície, conforme indicado na Equação 5.

A execução desse procedimento foi realizada por meio da calculadora raster, na qual as duas equações foram sintetizadas. Além disso, foi feita a conversão da temperatura de Kelvin para Celsius, conforme descrito na Equação 6, seguindo a metodologia proposta por Coelho em 2013.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos resultados

Após a aplicação da metodologia empregada por este estudo, foi possível obter 17 mapas temáticos com os cálculos do NDVI e 17 mapas com os cálculos da temperatura da superfície em graus Celsius para a área de estudo.

Esse processamento permitiu a leitura de pontos de interesse, o que auxiliou na compreensão do local e identificação do uso do solo em diversos estágios de tempo.

As distintas estações, seca e chuvosa, causam influência no crescimento das plantas como reação à precipitação, de forma que no período de estiagem estas plantas tendem a ter seu crescimento mais lento, o que é possível ser observado por meio da diferença normalizada do índice de vegetação (NDVI).

Os valores negativos acontecem quando a reflectância no visível é maior que no infravermelho, como no caso que ocorre na água. Rochas e solo exposto podem atingir resultados próximos à zero por possuírem reflectâncias semelhantes, os valores mais altos estão relacionados à vegetação de maior vitalidade; (SILVA, 2014).

As maiores temperaturas, no verão, se destacam nas áreas que o solo está exposto, épocas que a vegetação está seca ou períodos de preparo do solo e semeadura arroz, quando o solo está sendo preparado, geralmente entre os meses de setembro e novembro. No verão, como resposta a maior incidência dos raios

solares, a superfície tende a adquirir temperaturas mais elevadas, em comparação a períodos de inverno.

A correlação entre os dados do NDVI e os dados de temperatura de superfície revela que baixos índices vegetativos estão associados a temperaturas mais altas. Em locais onde a vegetação é escassa ou menos densa, é comum observar valores térmicos mais elevados.

Poder-se observar nas figuras 2 e 3, data 26 de setembro de 2021 e 28 de outubro de 2021 e figuras 14 e 15 nas datas 16 e 24 de novembro de 2022 os índices vegetativos estão mais baixos devido ao período de preparação do solo na região para o plantio de arroz. As temperaturas da superfície chegaram a atingir 51 °C devido a exposição do solo e a baixa cobertura vegetal. Algumas áreas onde o solo estava sendo preparada o NDVI caracterizou em vermelho, são áreas onde o solo está com entrada de água técnica usada para o plantio de arroz alagado, devido esse alagamento manteve-se temperaturas mais baixa na superfície.

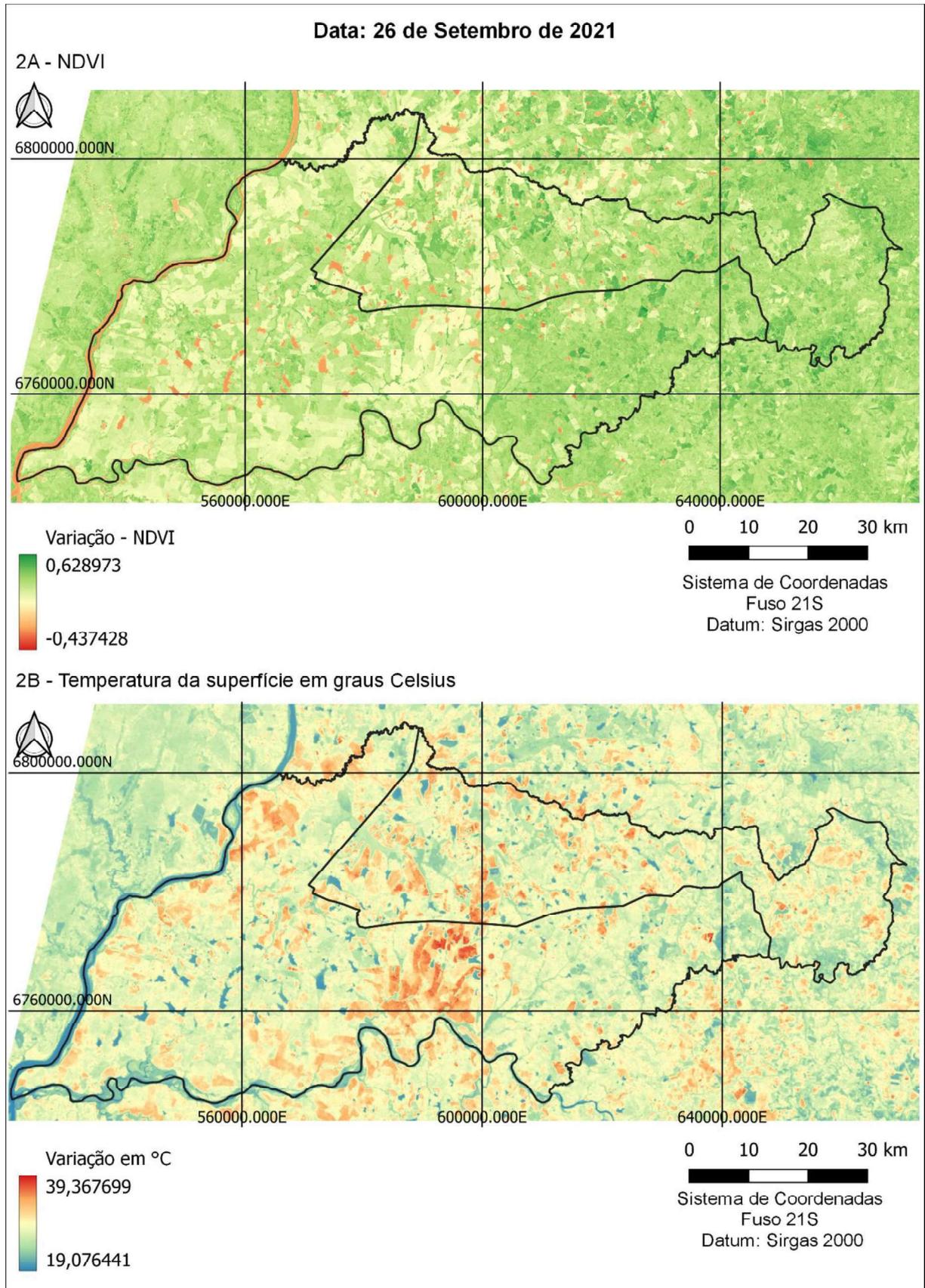
Nas datas 07, 23, 31 de dezembro de 2021 (figuras 4, 5 e 6), apresenta maior vigor e densidade, refletindo em valores mais altos do NDVI. Essa condição vegetativa mais desenvolvida resulta em temperaturas de superfície mais baixas devido à evapotranspiração e ao sombreamento proporcionados pela cobertura vegetal.

É válido ressaltar que estas datas são época do verão, estação mais quente do ano. Muito calor e dias bem longos, as temperaturas normalmente estão mais altas. Em média, estima-se que o nascer do sol é por volta das 5h 30min e se ponha no horizonte por volta das 20h 30min proporcionando uma maior quantidade de horas de luz solar.

Nas datas de 01 e 09 de fevereiro de 2022 (figura 7 e 8) e 11 de janeiro de 2023 (figura 16) começa a se perceber uma leve diminuição dos índices vegetativos e um aumento das temperaturas da superfície em alguns locais, período que houve uma grande estiagem na fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

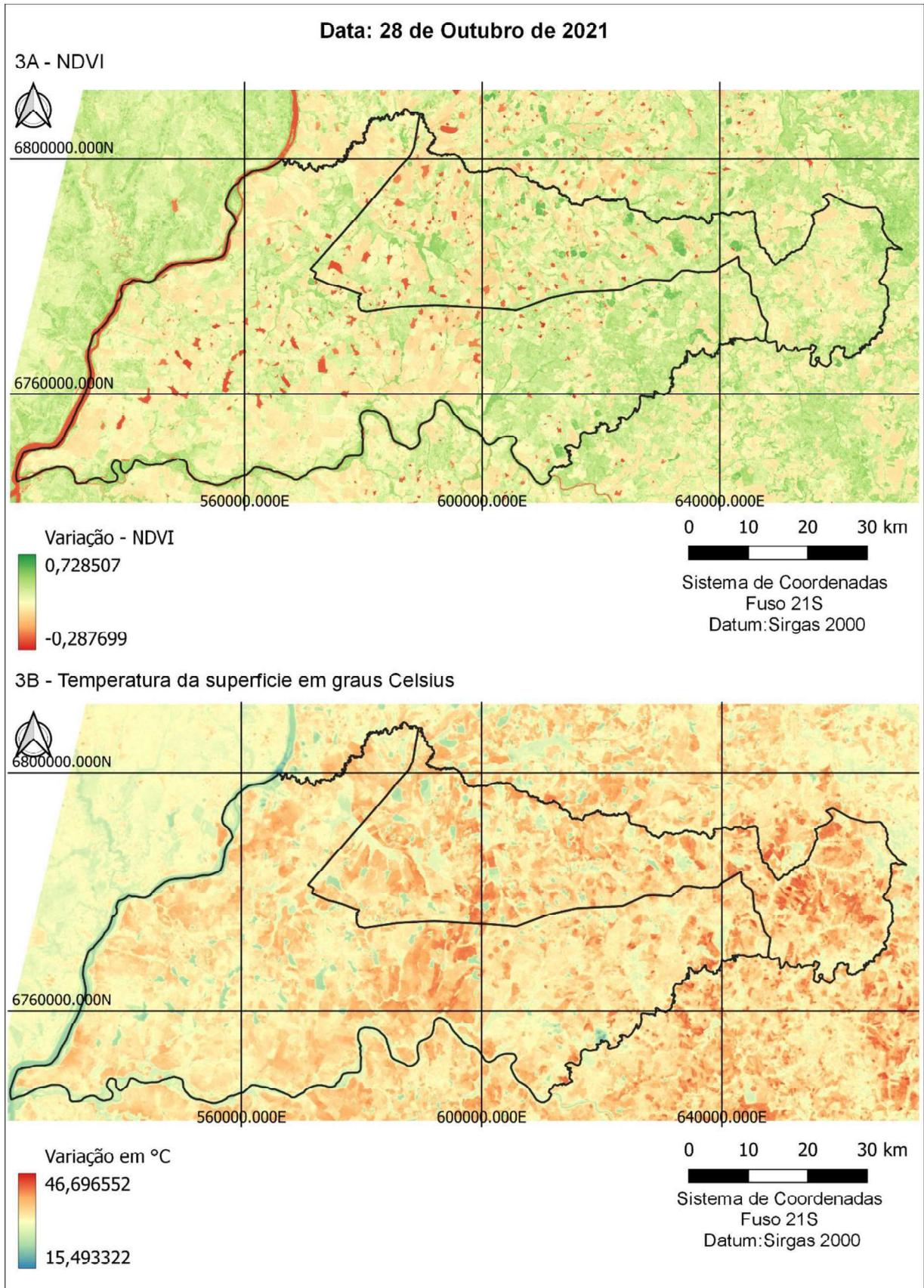
No período das imagens 21 de março 14 de abril, 16 e 24 de maio (figuras 09, 10, 11 e 12). Destacam o aumento de solo exposto e alto índice de água as superfícies por isso as imagens apresentam grandes áreas na coloração vermelha que representa água e laranja solo exposto. Essa condição resulta em temperaturas de superfície mais baixas devido ao solo está encharcado. E período das imagens normalmente está correndo a colheita do arroz no município. E período de grandes precipitações de chuvas na região.

Figura 2: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 26/09/2021.



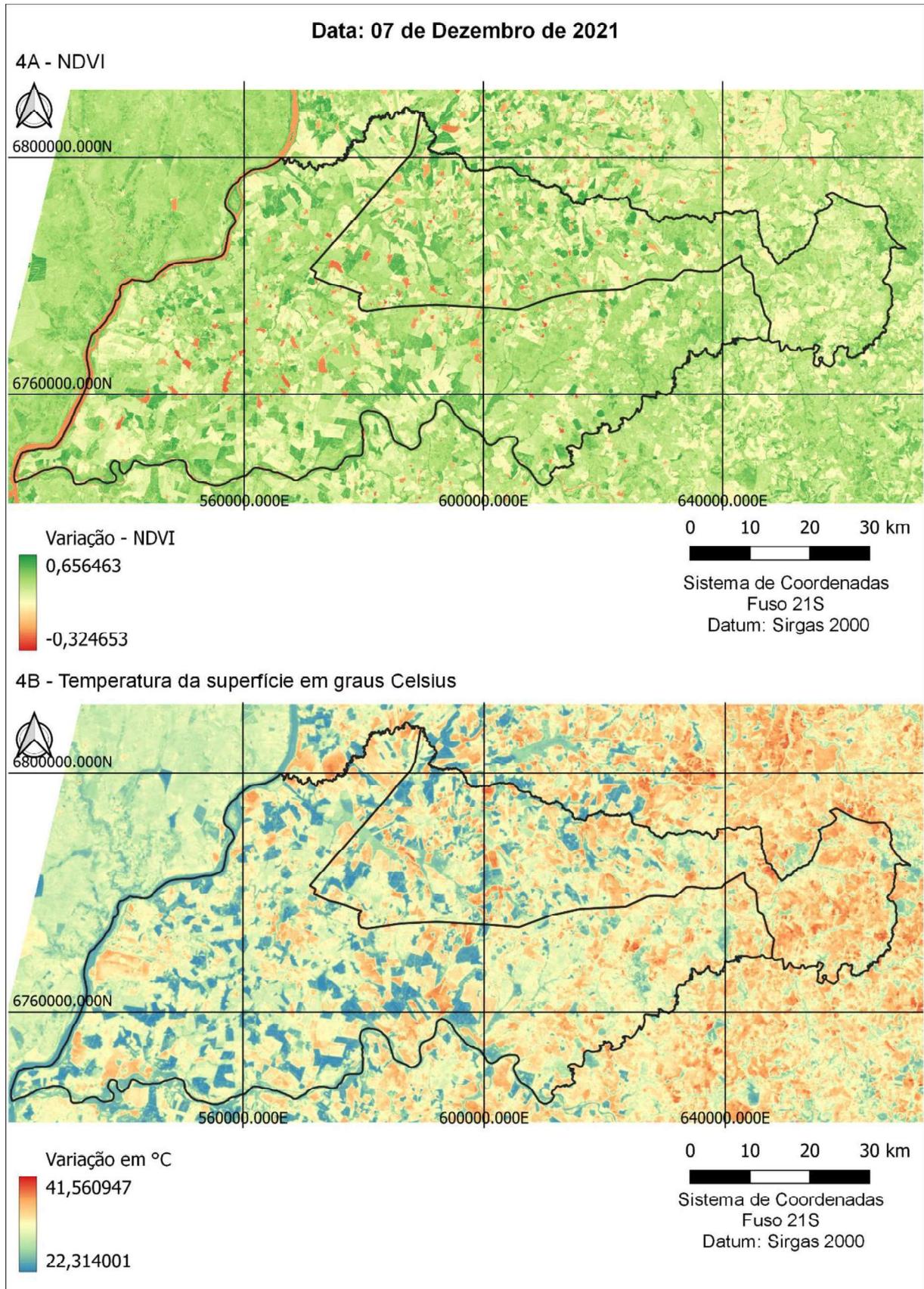
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 3: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 28/10/2021.



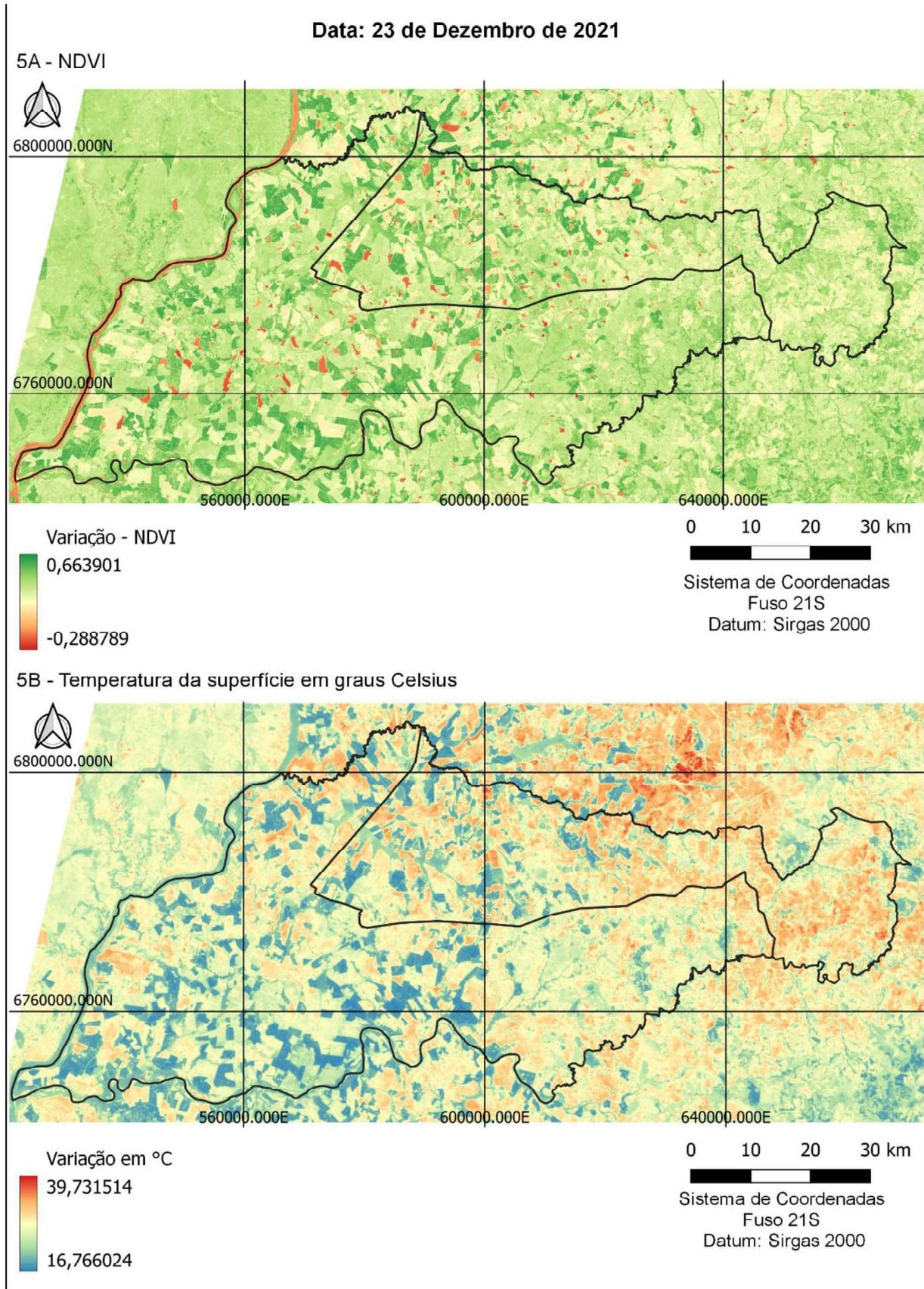
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 07/12/2021.



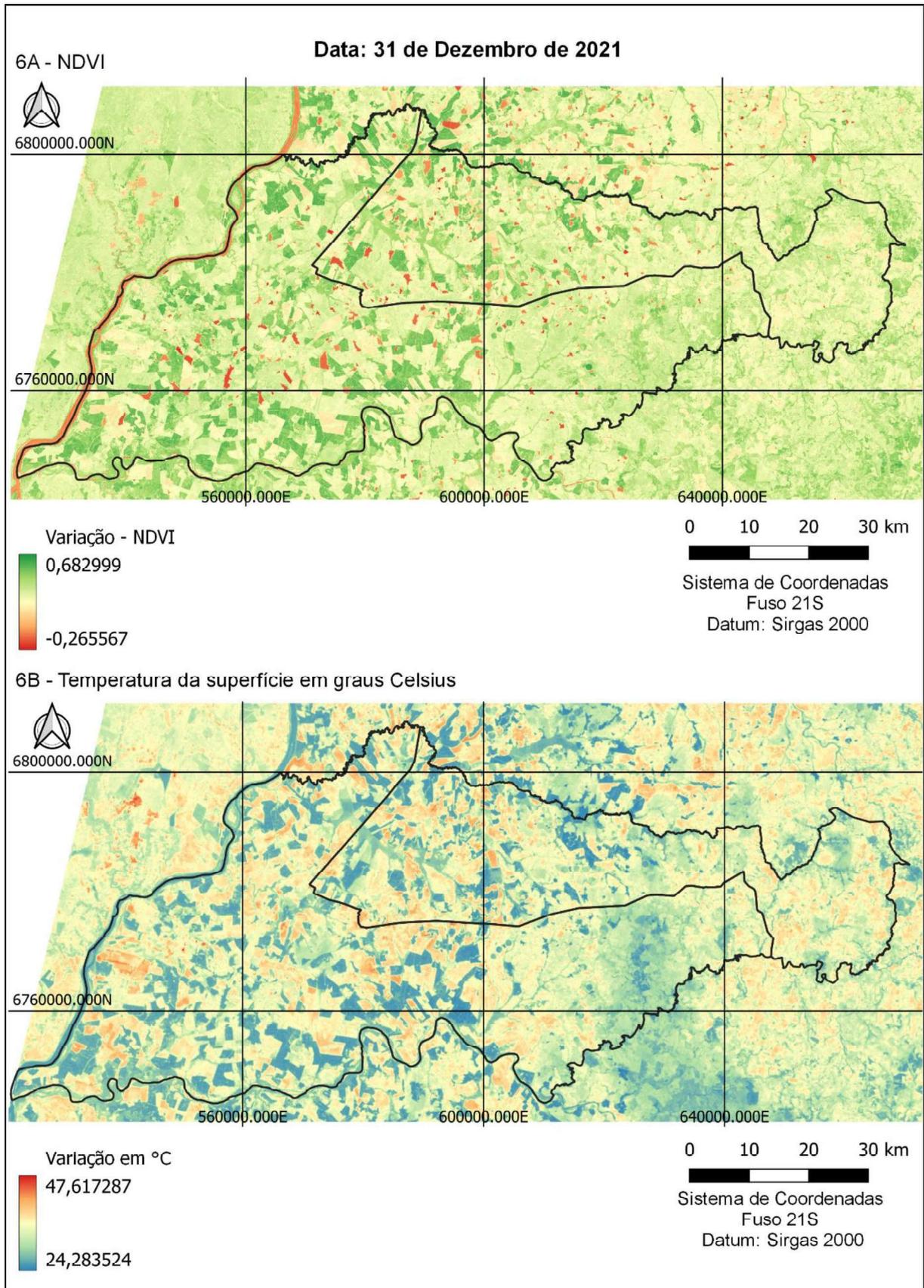
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 5: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 23/12/2021.



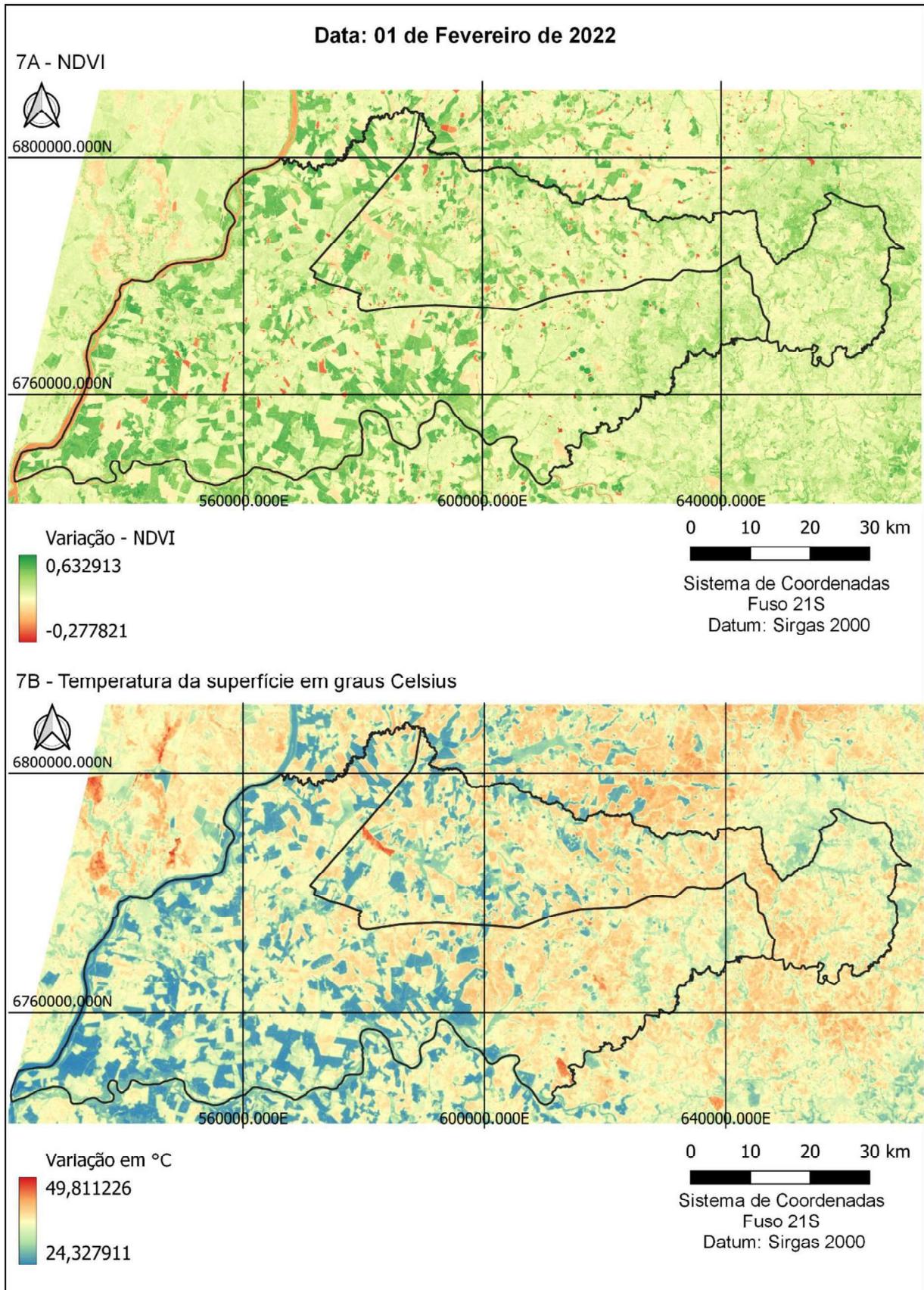
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 6: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 31/12/2021.



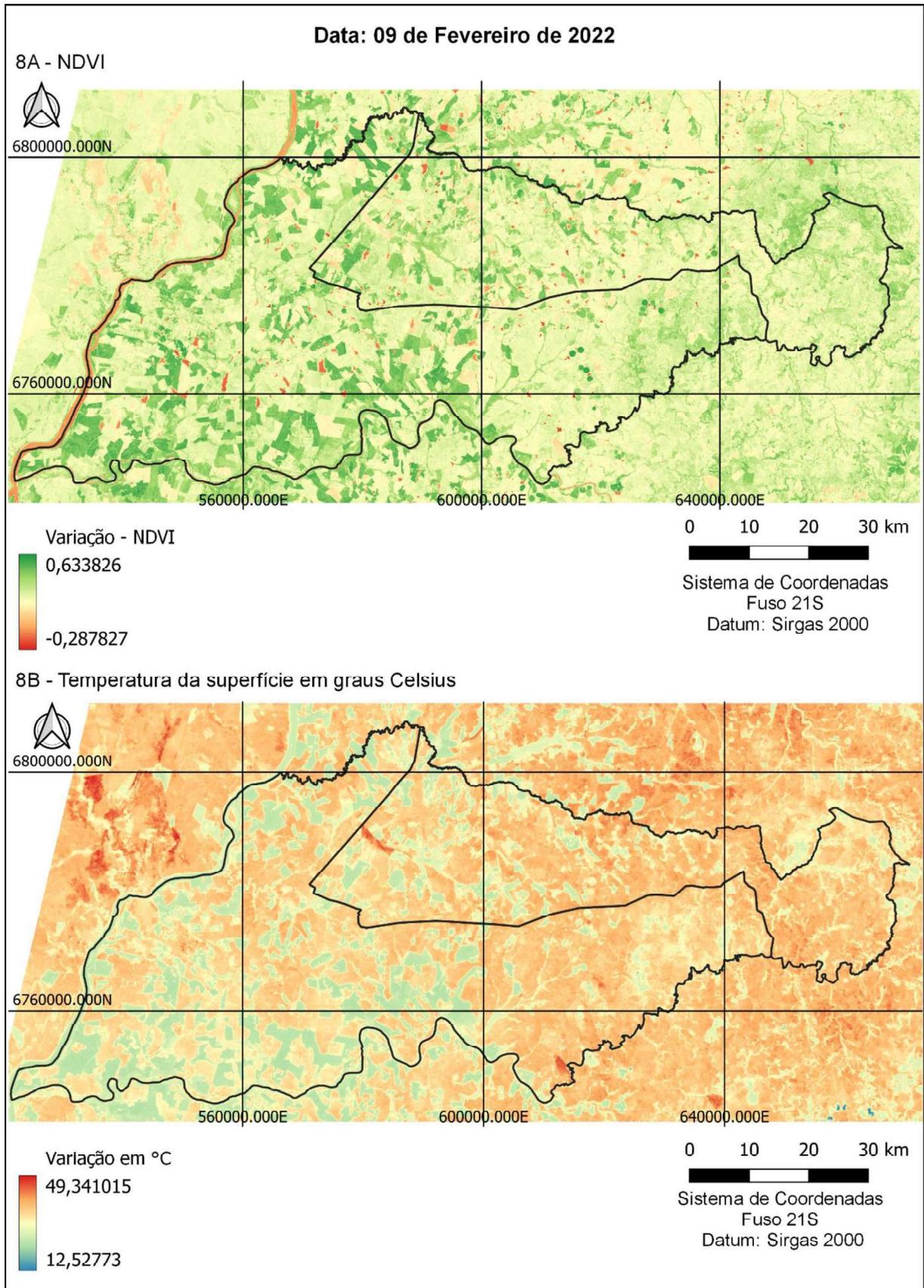
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 7: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 01/02/2022.



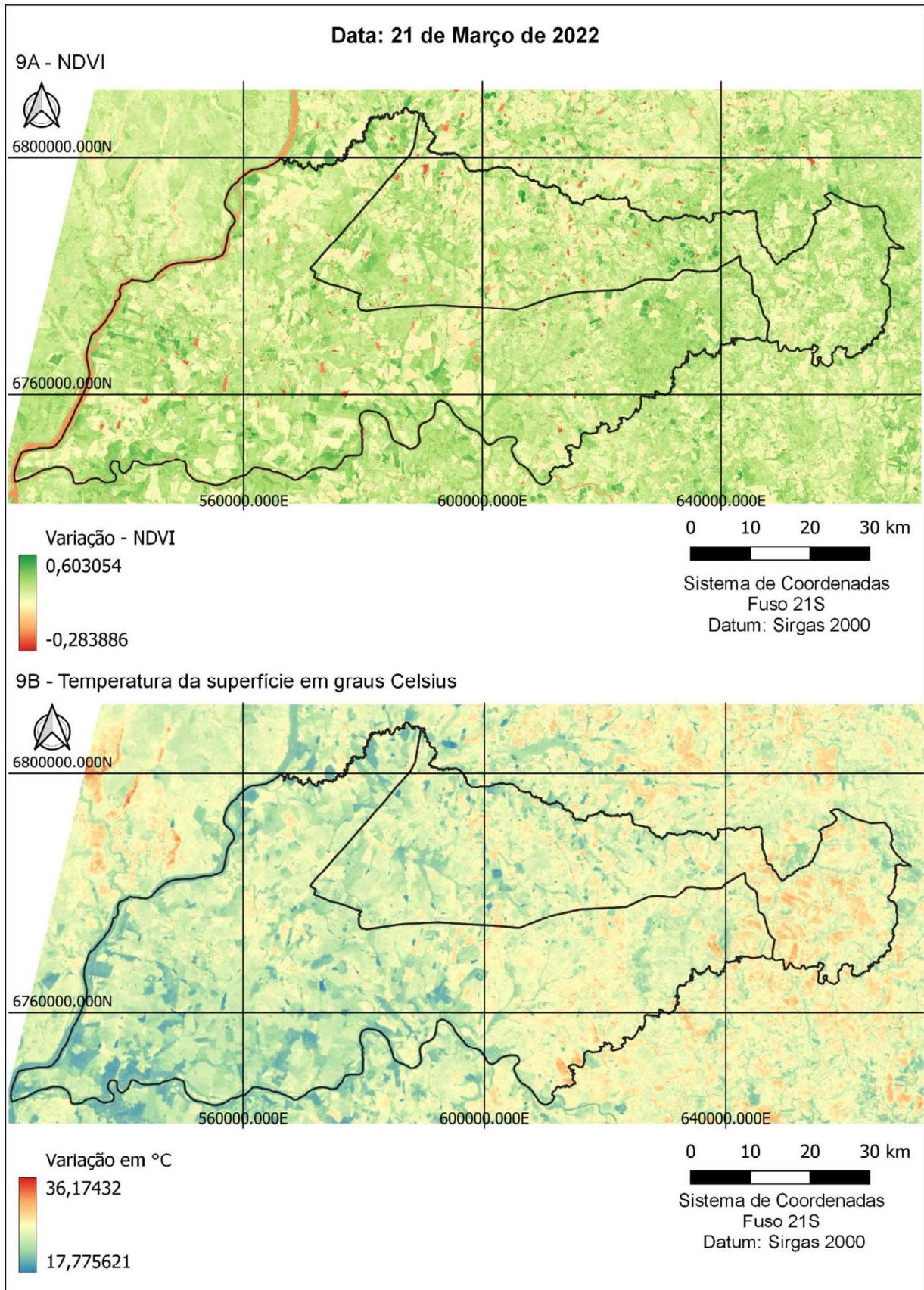
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 8: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 09/02/2022.



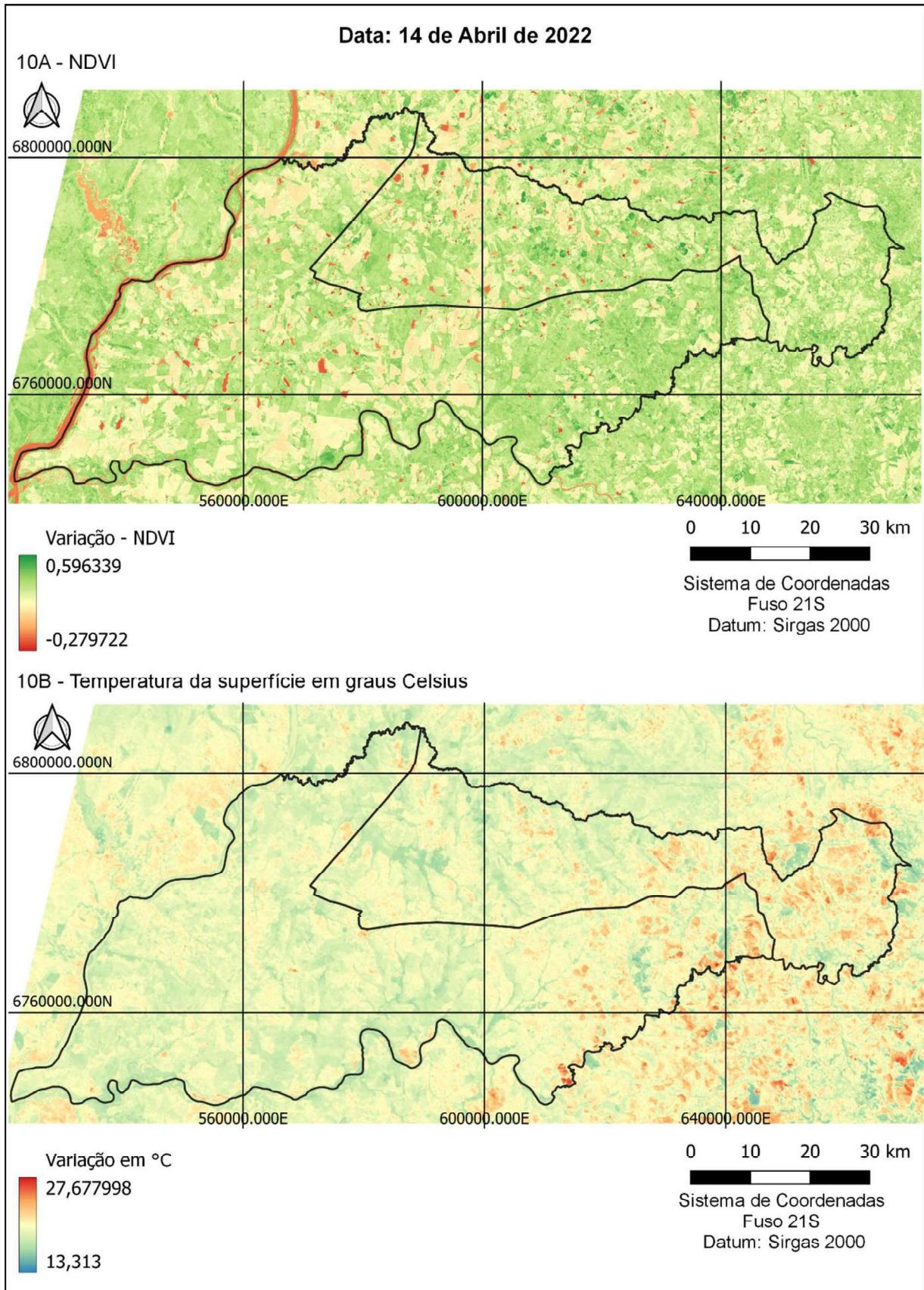
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 9: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 21/03/2022.



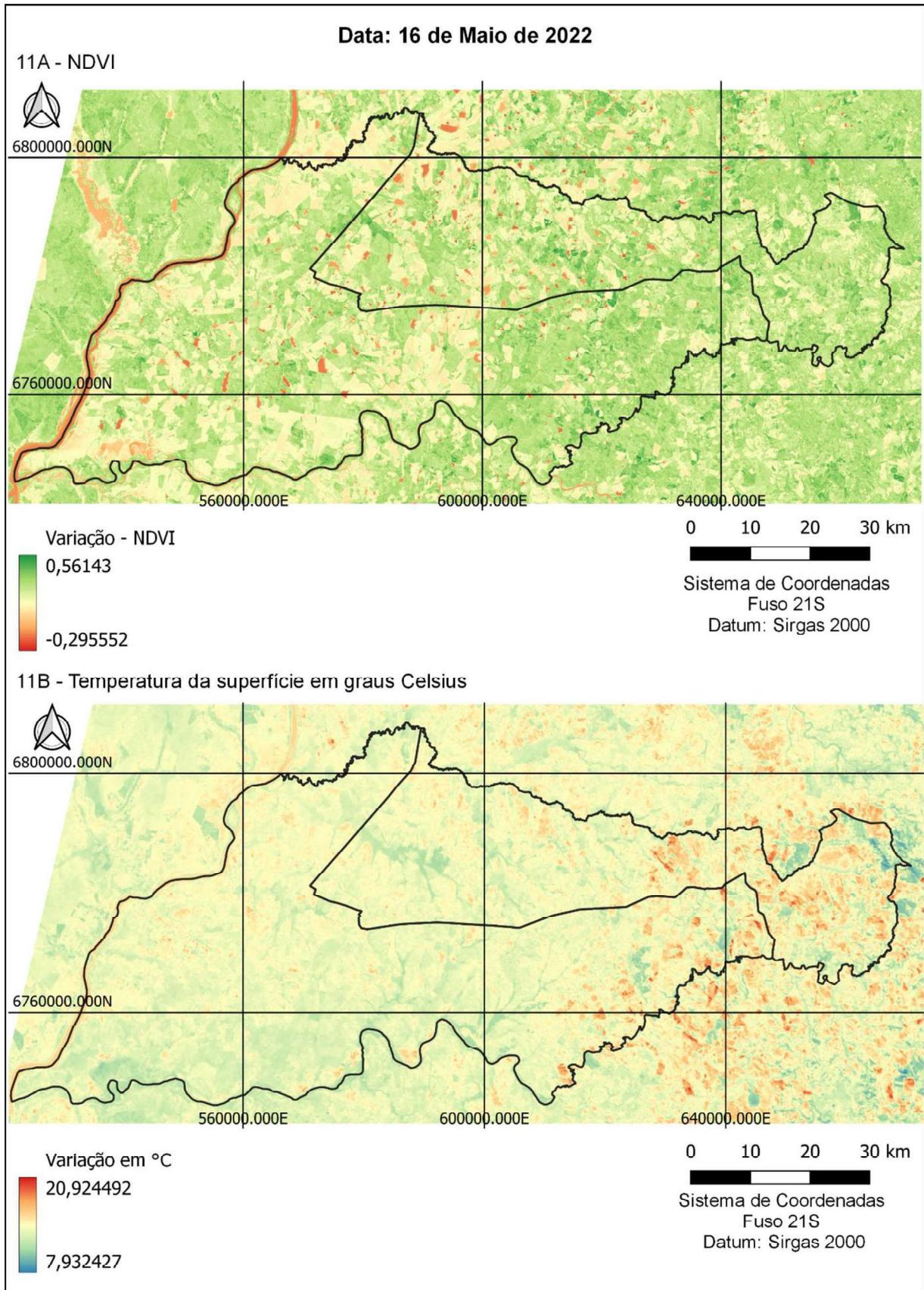
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 14/04/2022.



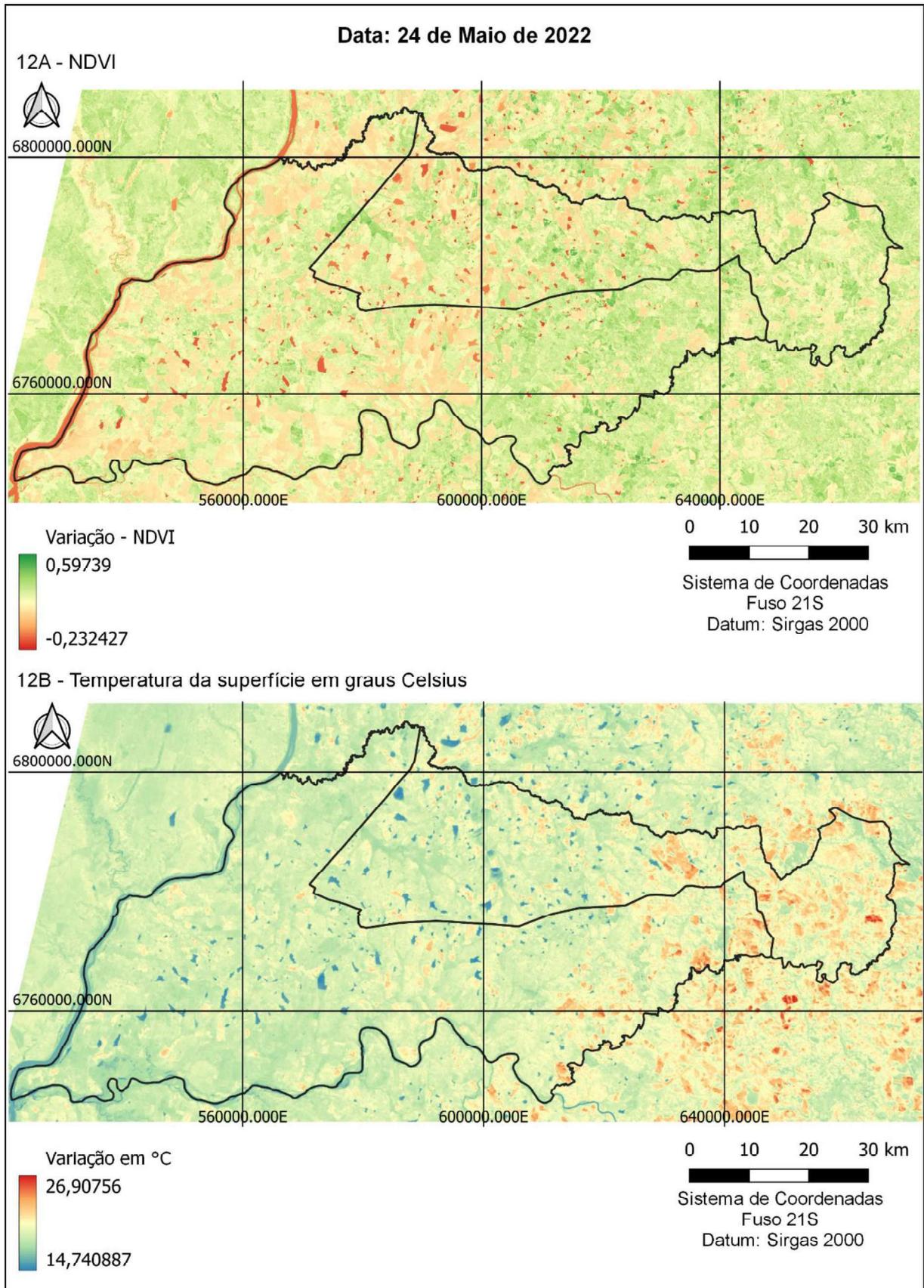
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 11: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 16/05/2022.



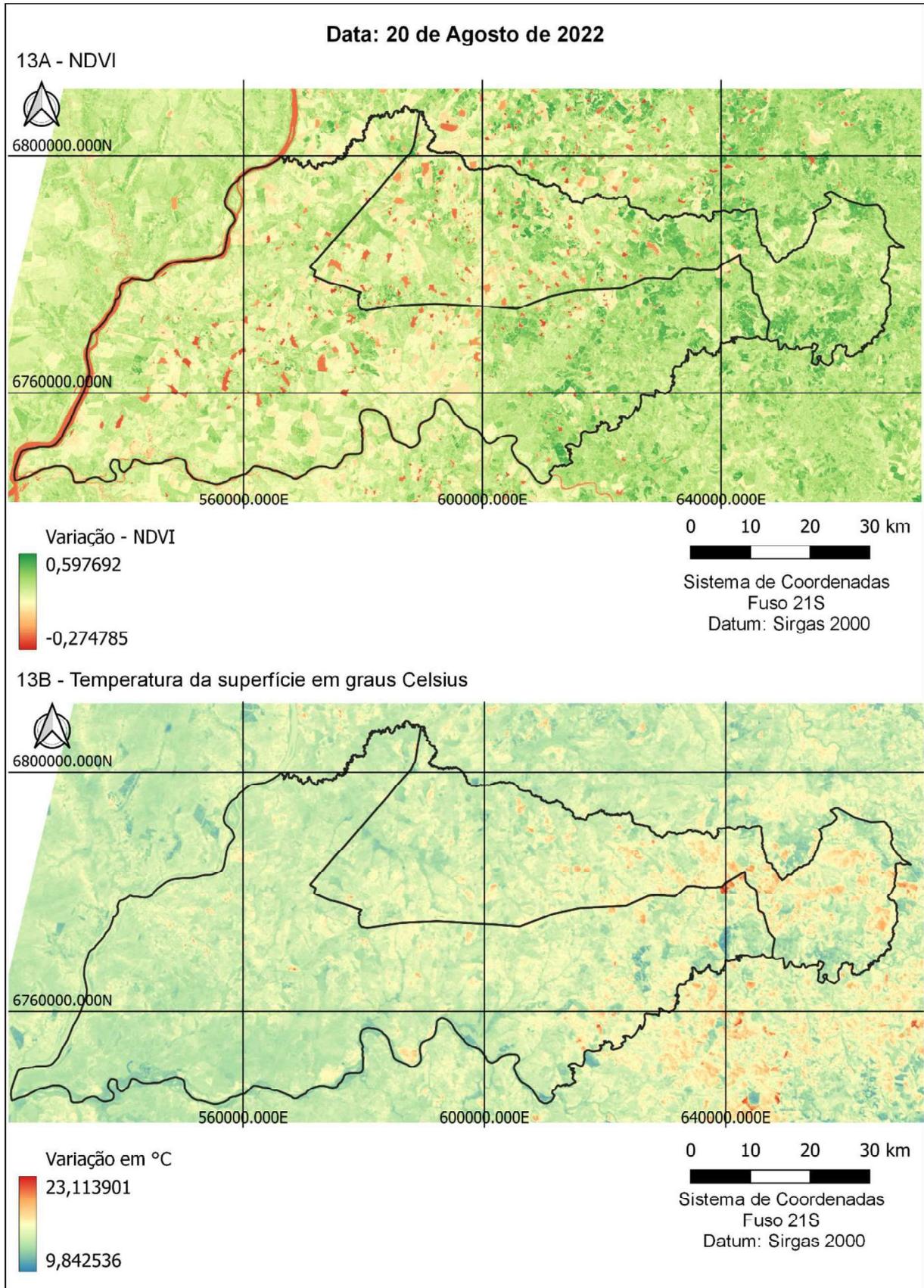
Fonte elaborado pelo autor.

Figura 12: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 24/05/2022.



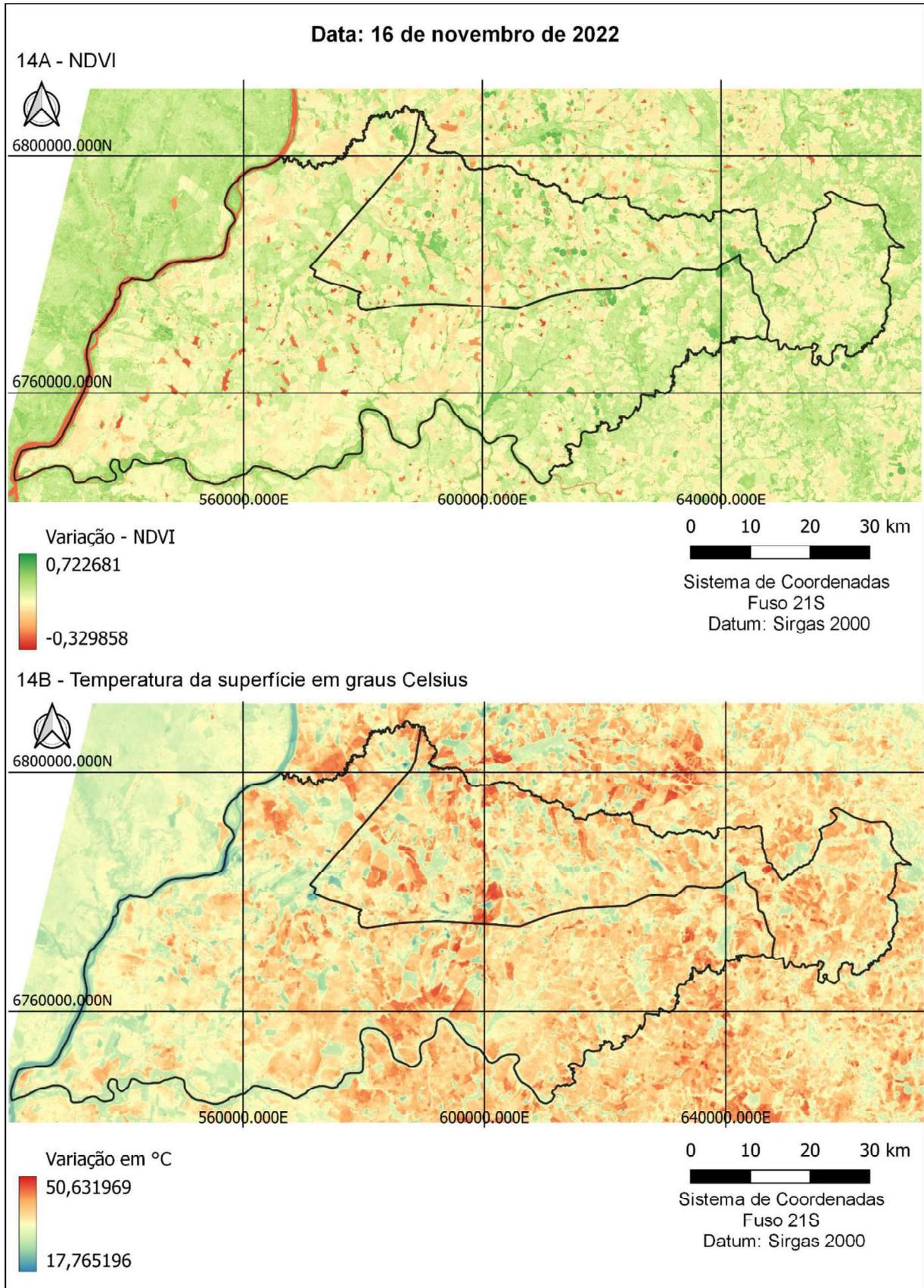
Fonte elaborado pelo autor.

Figura 13: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 20/08/2022.



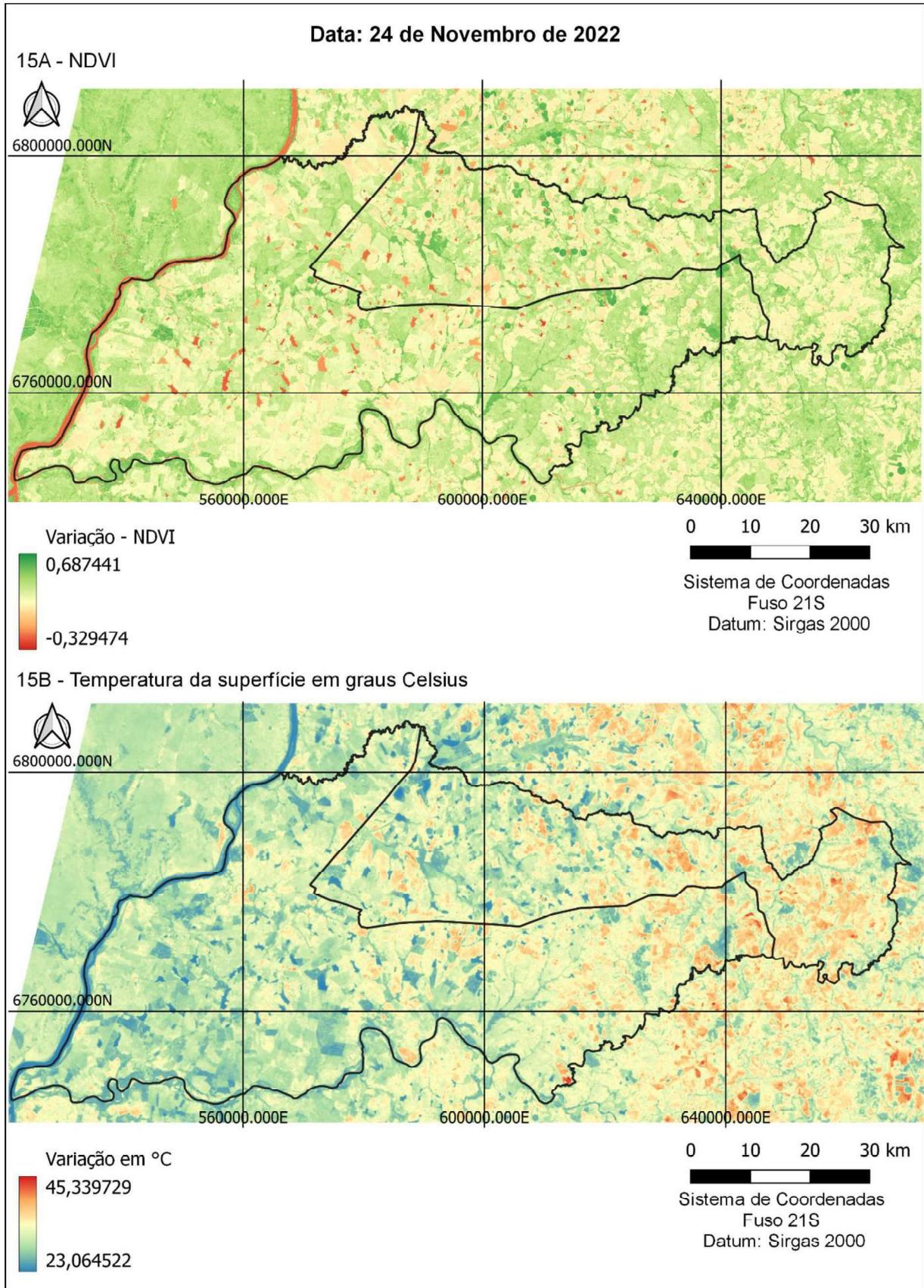
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 16/11/2022.



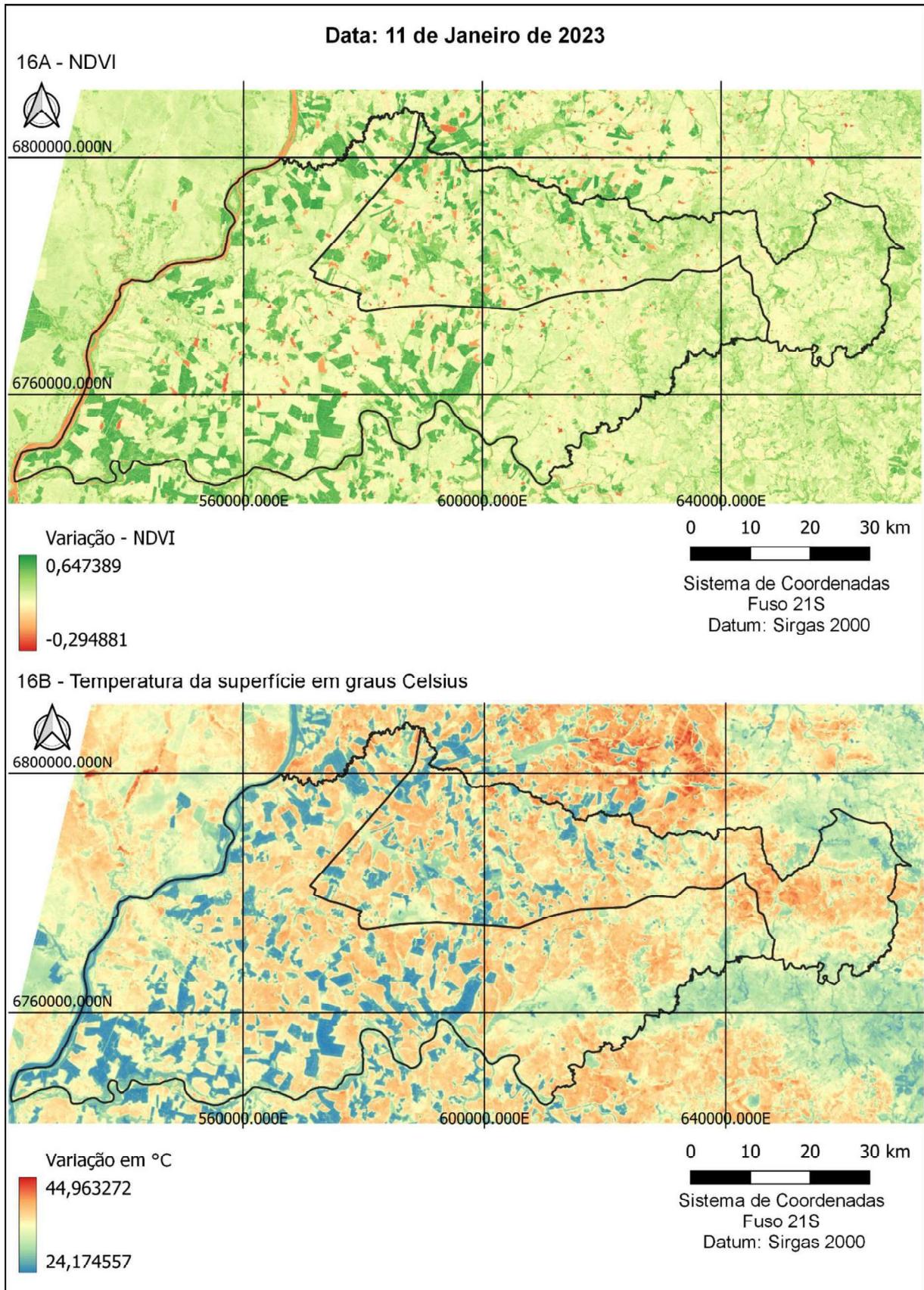
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 24/11/2022.



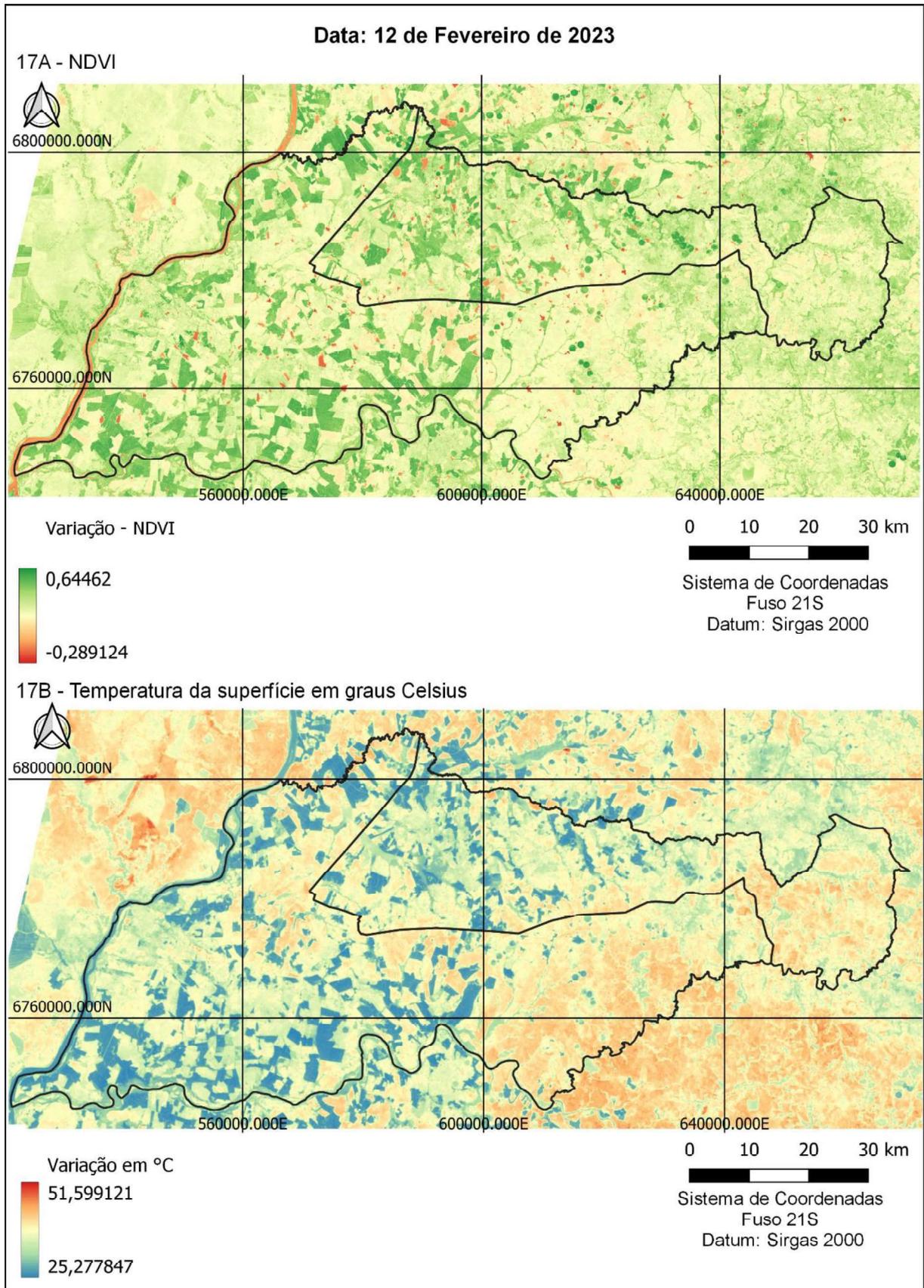
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 16: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 11/01/2023.



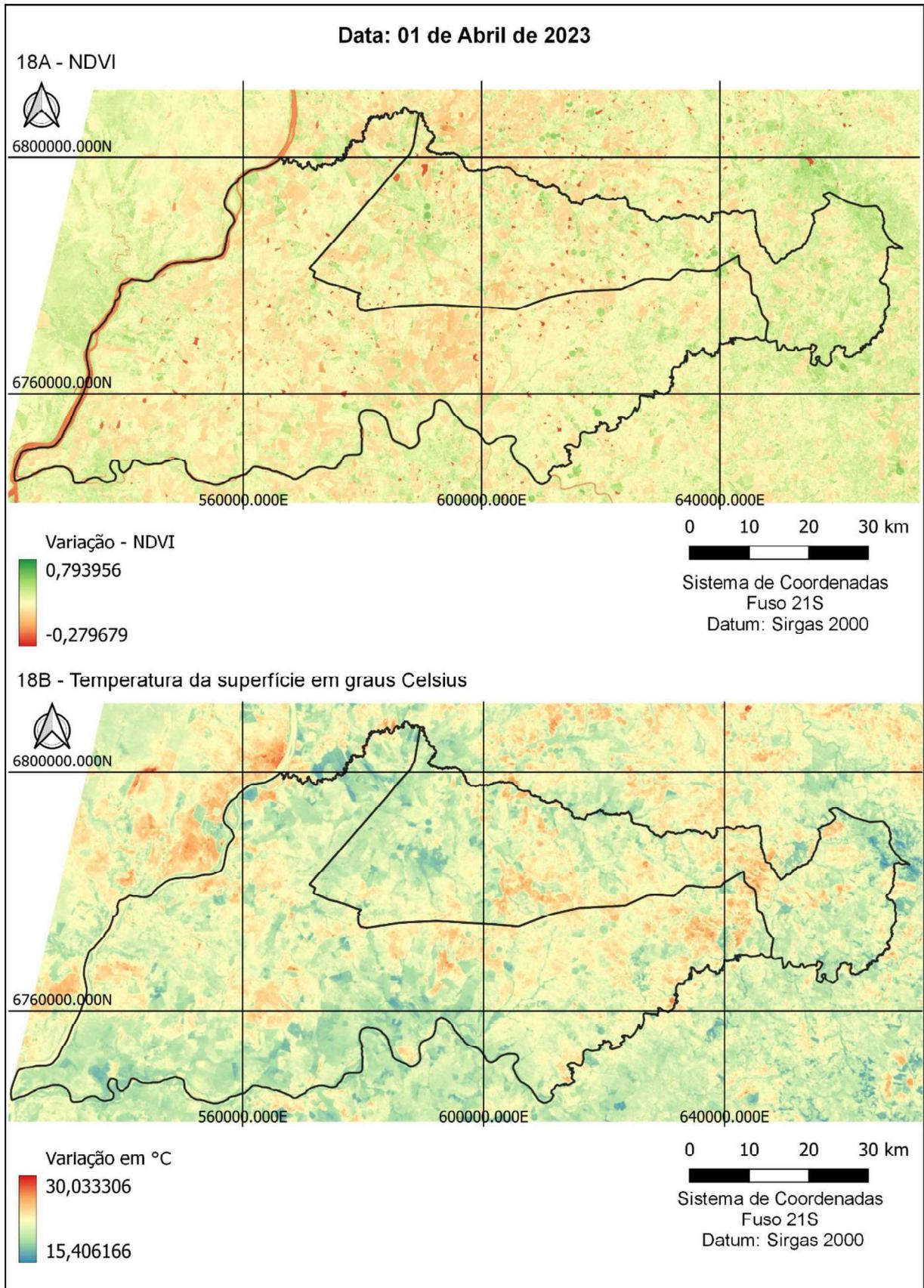
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 12/02/2023.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18: NDVI e Temperatura da Superfície para o dia 01/04/2023.



Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 Classificações NDVI

No conjunto de imagens de NDVI, os dados foram classificados de acordo com a quantidade de biomassa vegetal existente na área de estudo. Para melhorar a visualização das diferenças, os resultados obtidos por meio do processamento foram reclassificados em 6 classes (referencia).

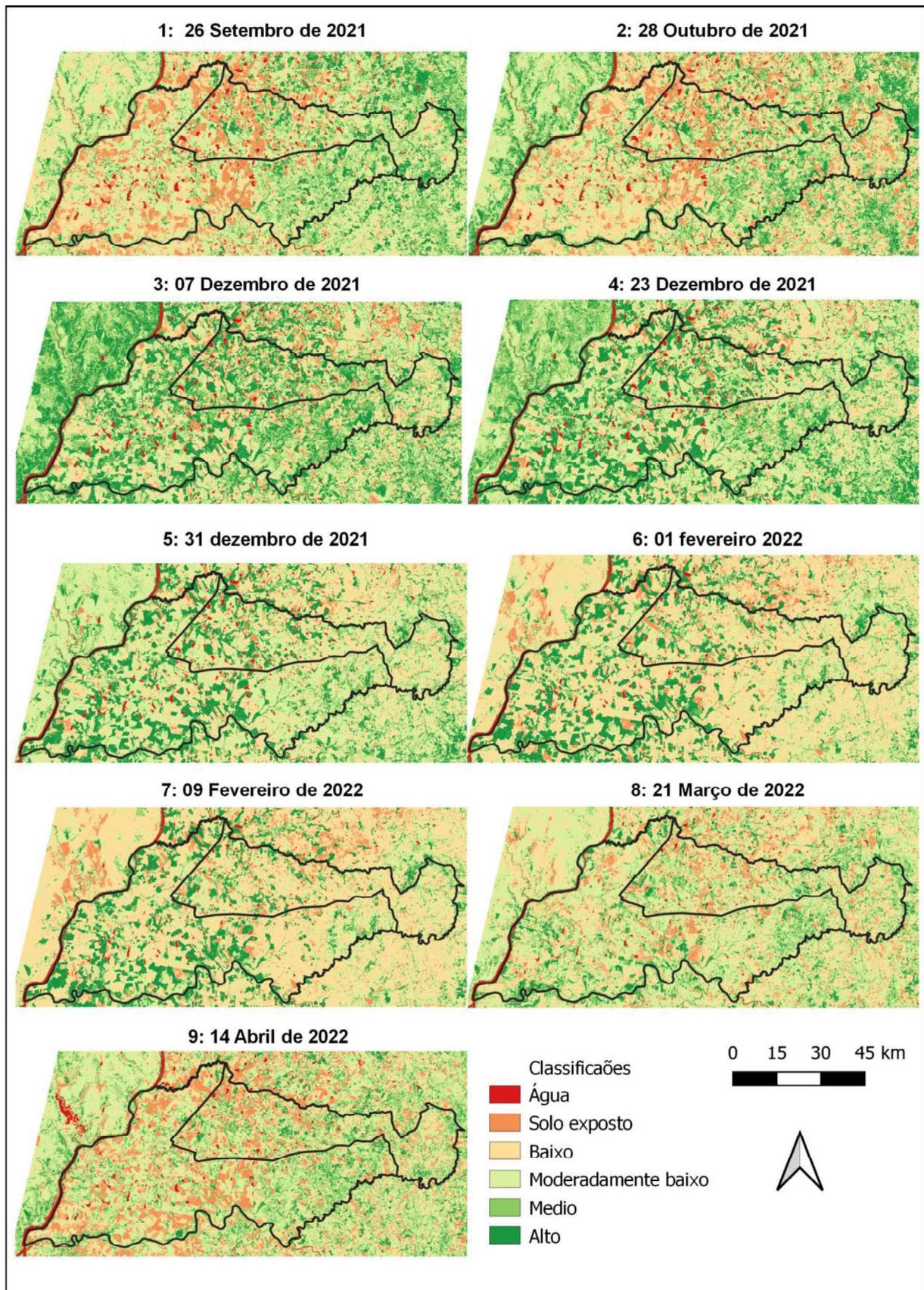
Essas separações em 6 classes permitiu uma análise mais detalhada das variações e na distribuição da vegetação na área em estudo. Cada classe representa um intervalo específico de valores de NDVI, indicando diferentes níveis de vegetação e saúde das plantas. Essa abordagem de classificação possibilita identificar áreas com alta densidade de vegetação, áreas com vegetação moderada, áreas com baixa ou ausência de vegetação. Com base nessa informação, é possível realizar uma avaliação mais precisa das condições ambientais e das mudanças ocorridas ao longo do tempo nas áreas monitoradas. Divisões das classes apresentado na tabela 2.

Tabela 2: classificação NDVI

	VALORES	REPRESENTAÇÃO
CLASSE 1	≤ 0	Água
CLASSE 2	$> 0 \leq 0.15$	Solo exposto
CLASSE 3	$> 0.15 \leq 0.25$	NDVI baixo
CLASSE 4	$> 0.25 \leq 0.35$	NDVI moderadamente baixo
CLASSE 5	$> 0.35 \leq 0.40$	NDVI médio
CLASSE 6	> 0.40	NDVI alto

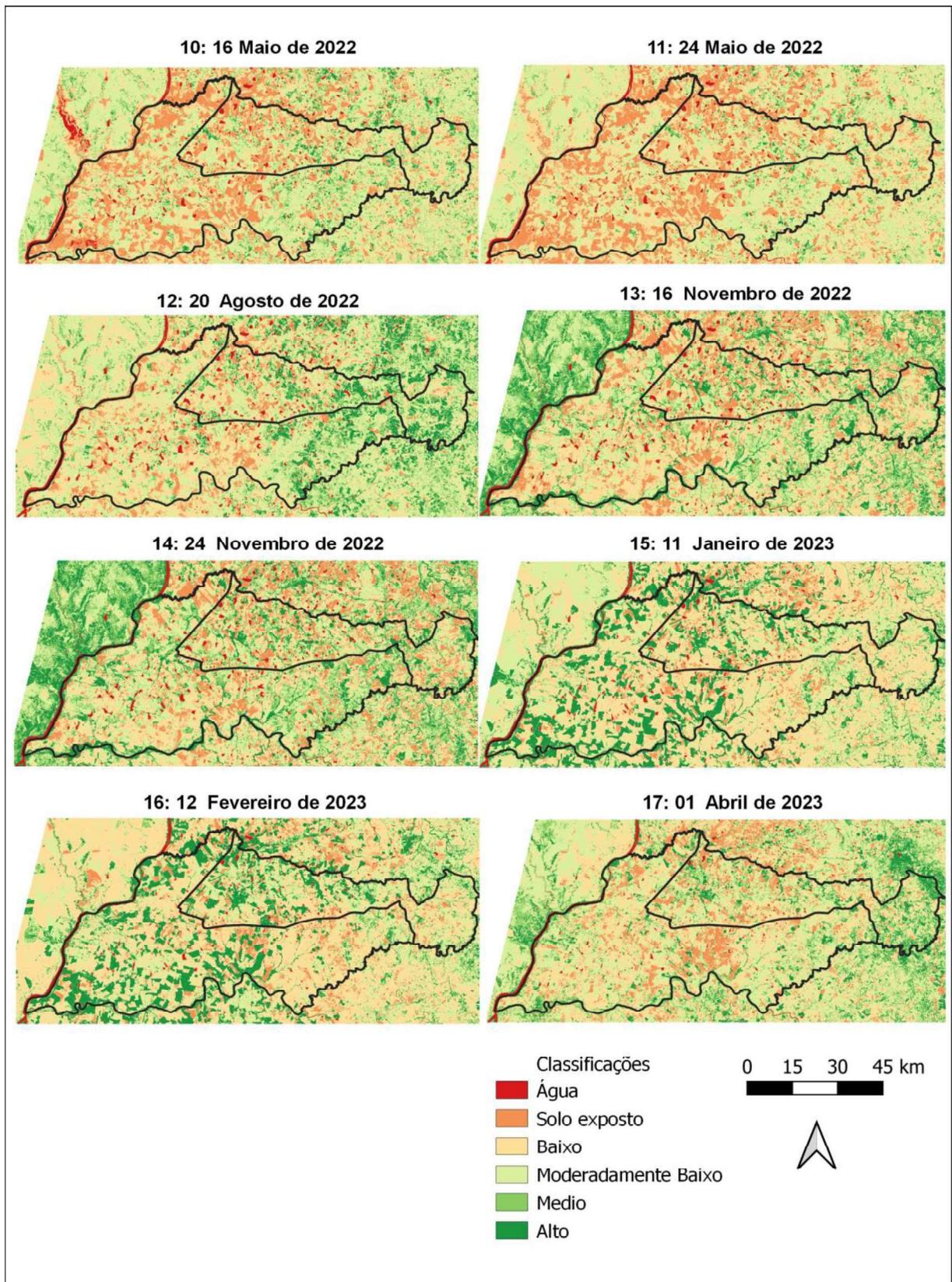
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19: Conjunto de imagens NDVI classificadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 20: Conjunto de imagens NDVI classificadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na classificação do índice nas figuras 19 e 20, a maior presença de vegetação é identificada pela coloração verde mais intensa, influenciada pela presença de agricultura predominante na região. Por outro lado, regiões com menor cobertura vegetal, como áreas desmatadas ou com culturas menos densas, podem apresentar tons de verde mais claros ou até mesmo outras tonalidades. As regiões com solo exposto são representadas por tons de laranja, onde a presença de Água é representado por tons de vermelho. Essa codificação de cores auxilia na visualização e interpretação das informações relacionadas à vegetação.

Esses resultados iniciais indicam a presença de uma vegetação variada na área de estudo, com diferenças significativas na densidade da vegetação em diferentes partes da região. Essas imagens são importantes para os agricultores da região que possibilita realizar análises mais detalhadas e integrar outras informações para uma compreensão mais completa das condições ambientais e da vegetação presente durante todo o ciclo de cultivo das plantas.

E importante salientar que se torna muito visível que os aumento da temperatura nas superfícies aumenta extremamente quando o solo está com uso severo e exposto sem nenhuma cobertura vegetal ou matéria orgânica, pode-se observar que períodos de incidência de maiores raios solar nas estações de verão as superfícies atingiu temperaturas acima de 50 °C, em comparação com áreas vegetadas no mesmo período as temperaturas mantiveram uma média de 25 °C.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da metodologia proposta por este estudo mostrou-se eficiente para análise das lavouras no município de Itaquí e Maçambará. Com base nas informações apresentadas, é possível concluir que o uso de imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto, como a análise dos índices de vegetação, e análise da temperatura da superfície desempenham um papel fundamental no monitoramento de áreas agrícolas, pastagens e florestas.

A agricultura é um setor de grande importância econômica e social, e a busca pela otimização da produção de alimentos é essencial para atender à demanda crescente. Nesse contexto, os dados obtidos por este trabalho oferecem uma

abordagem econômica e representativa para obter informações rápidas e promissoras.

A comparação entre os dados de NDVI e temperatura da superfície mostra que baixos índices vegetativos estão associados a faixas de temperatura mais altas. Assim, em locais onde não ocorre vegetação ou ocorre com menor densidade, eles tendem a emitir maiores valores de calor.

Os dados obtidos também mostram a influência dos períodos chuvoso e seco na refletância da vegetação, o que causa mudanças significativas na biomassa em sua atividade fotossintética e, assim, altera a resposta térmica.

Recomenda-se que esta metodologia seja empregada em outras regiões agrícolas. A aplicação dessa abordagem oferece vantagens significativas para o monitoramento das áreas agrícolas, independentemente da localização. Ao utilizar NDVI juntamente com a TST, é possível fornecer dados abrangente das áreas cultivadas, permitindo uma avaliação das características do uso e cobertura solo, podendo realizar tomadas de decisão estratégicas.

A expansão dessa metodologia para outras regiões agrícolas possibilita a obtenção de informações atualizadas sobre as condições das culturas em diferentes áreas geográficas. Isso auxilia na identificação de variações regionais, como diferenças climáticas, tipos de cultivos predominantes e desafios específicos enfrentados pelos agricultores em cada região.

Os resultados aqui apresentados são um protótipo para uma proposta na qual será desenvolvida uma base de dados para a disponibilização das informações para as entidades de assistência técnica rural e também para os produtores rurais, com cálculos de estimativa de produtividade entre outras informações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.Q.; SILVA, G. F. S.; PEZZOPANE, J.E. M.; RIBEIRO, C. A. D.; **Enhanced vegetation index (evi) na análise da dinâmica da vegetação da reserva biológica de sooretama, ES.** R. Árvore Viçosa-MG, v.32, n.6, 2008.p.1099-1107.
- AMIRI, F.; RAHDARI V.; NAJAFABADI S.M.; PRADHAN B. **Multitemporal landsat images based on eco-environmental change analysis in andaround Chah Nimeh reservoir, Balochestan (Iran).** Environ. Earth Sci. 2014. p.801-809
- BRITO, R. R.; FILGUEIRAS, R.; SANTOS, J. E.O.; LEDA, V.C.; JUNIOR, A. S. A.; ZIMBACK, C. R. **Índices de vegetação SAVI, NDVI e temperatura de brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí – DITALPI.** Universidade Estadual Paulista. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.
- CONCEIÇÃO, J.C.P; CONCEIÇÃO, P.H.Z. **Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira.** Texto para discussão. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2014. 36 p.
- COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. **Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações.** Revista Geográfica Acadêmica, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 31 - 45, 2013.
- COVELE, P. Aplicação de índices das condições de vegetação no monitoramento em tempo quase real da seca em Moçambique usando NOAA_AVHRR-NDVI. **espaço e tempo**, 29, p; 85-95, São Paulo.2011.
- EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em 15 Dez. 2022.
- FLORENZANO. T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**, Oficina de Textos, São Paulo, 2002, p 97.
- FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S.; JACÓBSEN, L. O. **Caracterização da dinâmica temporal dos Campos do Rio Grande do Sul por meio de imagens.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.15, 2007, p.69-83.
- HUETE, A.R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing Environ.** 25. 1988.
- HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, n.1-2, p.195–213, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=censo+demografico+2022>> Acesso em 16.07.2023.

JUSTICE, C.O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R. G.; DEFRIES, R.; Roy, P. D.; Hall, D. K, SALOMONSON, V.; PRIVETTE, J. L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A.; LUCHT, W.; MYNENI, B; KNYAZIKHIN, Y.; RUNNING, W. S.; NEMANI, R. R.; WAN, Z.; HUETE, A. R.; LEEUWEN, W. V.; WOLFE, R. E.; GIGLIO, L.; MULLER, J. P; LEWIS, P.; BARNESLEY, M. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. land remote sensing for global change research. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.36, p.1228-1249, 1998.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. UnB, Brasília, 2012. 276p. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/332292728> Acesso em: 15.12.2022.

MORAES, C.M. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto nacional de pesquisa espaciais INPE, São Jose dos campos, 2002.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Science. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

PINTO, D.G.; VICARI, M.B.; FONTANA, D.C.; DALMAGO, G.A.; CUNHA, G.R.C.; GOUEA, J. A.; MENGUE, V.; KOVALESKI, S.; FOCESATO, E.; SANTI, A. **Índices de vegetação NDVI e EVI, IAF e FPAR da canola a partir de imagens do satélite modis**. 1º Simpósio latino americano de canola. Passo Fundo RS. Brasil. 19 a 21 de agosto. 2014.

PIRES, E, G; FERREIRA, L G. **Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. 2. ed. São Paulo. p.176.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F.T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. **Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 379-386.

RONCON, N. **A importância do setor agrícola para a economia brasileira**. Fundação Educacional do Município de Assis. Assis, 2011, p. 69.

SANTIAGO, M. M.; SILVA, H. A.; GALVINCIO, J. D.; OLIVEIRA, T. H. **Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no**

Entorno da Barragem do Botafogo - PE. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3003-3009.

SILVA, G. Análise de sensibilidades NDVI na parametrização da modelagem atmosférica para a região oeste do Pará. 2014. 96 f. Dissertação de mestrado em recursos naturais da Amazonia) – universidade Federal do oeste do Pará, Santarém, 2014

WARDLOW, B.D.; EGBERT, S.L.; KASTENS, J.H. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment.** v.108, p.290-310, 2007.