

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**INFLUÊNCIA DO AUMENTO DE CULTIVO DE SOJA NAS
TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE ACEGUÁ –
RS, BRASIL**

Isabel Rosa de Carvalho

Porto Alegre - RS

2023

CIP - Catalogação na Publicação

de Carvalho, Isabel Rosa
Influência do aumento do cultivo de soja nas
temperaturas de superfície no município de Aceguá -
RS, Brasil / Isabel Rosa de Carvalho. -- 2023.
44 f.
Orientadora: Eliana Lima da Fonseca.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2023.

1. Sensoriamento Remoto. 2. Temperaturas de
Superfície. 3. Pampa. 4. Soja. I. da Fonseca, Eliana
Lima, orient. II. Título.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Geociências

Departamento de Geografia

Isabel Rosa de Carvalho

**INFLUÊNCIA DO AUMENTO DE CULTIVO DE SOJA NAS
TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE ACEGUÁ – RS,
BRASIL**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do grau
em Bacharel em Geografia pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Professora Dra. Eliana Lima da Fonseca

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Eliana Lima da Fonseca (UFRGS – Instituto
Geociências)

Prof. Dra. Nina Simone Vilaverde Moura (UFRGS -
Instituto Geociências)

Prof. Dr. Maurício Carvalho Ayres Torres (UFRGS -
Faculdade de Arquitetura)

Porto Alegre

2023

RESUMO

Desde a introdução do cultivo da soja no território brasileiro, este se tornou, e atualmente é, o principal produto agrícola de exportação do Brasil. Entre os estados com maior produção, o Rio Grande do Sul ocupa o terceiro lugar, com a área cultivada com soja cobrindo cerca de 21% de sua área total. Em muitos casos, o aumento da produção de soja pode implicar um aumento na área cultivada em vez de um aumento na produtividade. No Rio Grande do Sul, isso significa retirar e substituir a vegetação nativa dos biomas Pampa e Mata Atlântica pela cultura da soja. Dado que a vegetação desempenha um papel essencial na definição das temperaturas superficiais locais, esta conversão do uso do solo pode causar alterações significativas nos padrões térmicos existentes num local específico. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo compreender como o aumento do cultivo da soja nas áreas de campo do bioma Pampa influenciou as temperaturas superficiais em Aceguá, RS, no período de 2004 a 2020, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto. A plataforma MapBiomias (Coleção 7) foi utilizada para obter as diferentes categorias de uso da terra e cobertura do solo do município. As imagens Landsat-5 e Landsat-8 (Coleção 2 - Nível 2) foram utilizadas para calcular as temperaturas da superfície. A orientação do terreno foi derivada do modelo digital de elevação SRTM para analisar a influência da direção da encosta nas temperaturas da superfície. Com esse conjunto de dados foi possível verificar que as áreas de soja apresentam temperaturas médias superficiais mais baixas do que as áreas de vegetação nativa campestre. Além disso, constatou-se que o aumento da produção de soja e a substituição das áreas de campo leva à diminuição das temperaturas superficiais locais no mês de fevereiro, quando a soja está em seu máximo desenvolvimento vegetativo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, temperaturas de superfície, Pampa, soja.

ABSTRACT

Since the introduction of soybean farming in Brazilian territory, it has become, and currently is, Brazil's leading agricultural export product. Among the states with the highest production, Rio Grande do Sul is in third place, with the soybean crop area covering around 21% of its total area. In many cases, the increasing soybean production may imply an increase in crop area rather than an increase in productivity. In Rio Grande do Sul, it means removing and replacing the native vegetation of the Pampa and Atlantic Forest biomes with soybean farming. Since vegetation plays an essential role in defining the local surface temperatures, this land use conversion can cause significant changes in existing thermal patterns in a specific place. In this context, the present study aimed to understand how the increase in soybean cultivation over the Grassland areas of the Pampa biome influenced surface temperatures in Aceguá, RS, from 2004 to 2020, using Remote Sensing techniques. The MapBiomas platform (Collection 7) was used to obtain the municipality's different land use and cover categories. The Landsat-5 and Landsat-8 (Collection 2 - Level 2) imagery were used to calculate the surface temperatures. The orientation of the terrain was derived from the SRTM digital elevation model to analyze the direction of the slope influence in surface temperatures. With this dataset, it was possible to verify that the soybean areas have lower average surface temperatures than grassland native vegetation areas. Also, it was found that the increase in soybean production and its replacement of the Grasslands leads to a decrease in local surface temperatures in February when the soybean plants are in their maximum vegetative development.

Key-words: Remote Sensing, land surface temperatures, Pampa, soybean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Figura 2 - Espectro eletromagnético

Figura 3 - Mapa dos biomas do estado do Rio Grande do Sul

Figura 4 - Fluxograma da metodologia empregada.

Figura 5 - Mapa das áreas de Formação Campestre e de Soja no município de Aceguá, RS - Brasil.

Figura 6 - Mapa da Temperatura de Superfície no município de Aceguá, RS - Brasil.

LISTA DE TABELAS E EQUAÇÕES

Tabela 1 - Bandas do infravermelho termal dos satélites Landsat-5 e Landsat-8.

Tabela 2 - Categorias de uso da terra e cobertura do solo.

Tabela 3 - Classes e subclasses de uso da terra e cobertura do solo da plataforma MapBiomias - Coleção 7.

Tabela 4 - Datas das imagens dos satélites Landsat - 5 e Landsat - 8 utilizadas.

Tabela 5 - Orientação do terreno gerado a partir do modelo digital de elevação.

Tabela 6 - Áreas (km²) das categorias de uso da terra e cobertura do solo em Aceguá, RS nos anos 2004, 2008, 2010, 2016 e 2020.

Tabela 7 - Áreas (km²) de Formação Campestre convertidas em Soja, em Aceguá.

Tabela 8 - Temperaturas de Superfície mínima, máxima e média (em °C) das áreas de Formação Campestre (FC), Soja (S) e do município como um todo (M), sem considerar orientação do terreno.

Tabela 9 - Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) das áreas classificadas como Formação Campestre, levando em consideração a orientação do terreno, em Aceguá.

Tabela 10 - Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) das áreas classificadas como Soja, levando em consideração a orientação do terreno, em Aceguá.

Tabela 11 - Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2004 e como Soja em 2008.

Tabela 12 - Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2008 e como Soja em 2010.

Tabela 13 - Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2010 e como Soja em 2016.

Tabela 14 - Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2016 e como Soja em 2020.

Equação 1 - Lei de Stefan-Boltzmann

Equação 2 - *Scale factor* aplicado às imagens Landsat Coleção 2 - Level 2.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro

DEEDados - Dados do Departamento de Economia e Estatística, RS

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESRI - Environmental Systems Research Institute

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

NASA - National Aeronautics and Space Administration

RS - Rio Grande do Sul

USGS - United States Geological Survey

TIFF - Tagged Image File Format

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos Geral e Específicos	11
1.2. Justificativa	11
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Sensoriamento Remoto	14
3.1.1. Imageamento termal	15
3.2. Satélites Landsat-5 e Landsat-8	15
3.3. Modelo digital de elevação e produtos derivados	16
3.4. O Pampa	17
3.5. Uso da terra e cobertura do solo	19
3.6. MapBiomas	20
3.7. Cultivo e comercialização de soja	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1. Aquisição e processamento das imagens Landsat	23
4.2. Obtenção do uso da terra e cobertura do solo - Plataforma MapBiomas	24
4.3. Procedimentos metodológicos de análise	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1. Uso da terra e cobertura do solo em Aceguá, RS	28
5.2. Temperaturas de Superfície	30
5.3. Influência da substituição de áreas de Formação Campestre pelo cultivo de Soja nas temperaturas de superfície	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja foi introduzida na década de 1880, no estado da Bahia, chegando ao estado do Rio Grande do Sul na década de 1910 (BONETTI, 1981). Desde então, tornou-se o principal produto agrícola produzido tanto no Brasil como um todo, quanto especificamente no Rio Grande do Sul. No estado, cobria uma área de 59.963,71 km² de seu território em 2020 (DEEDados, 2023), o que representaria cerca de 21% da área total do RS.

Pode-se atribuir este grande aumento na produção de grãos, principalmente a de soja, às tecnologias desenvolvidas a partir da Revolução Verde, incluindo diferentes tipos de cultivares, fertilizantes químicos e pesticidas, além da mecanização e técnicas de irrigação (FOLEY et al., 2005). Hoje, também se atribui o contínuo crescimento desta produção à crescente demanda por alimentos e bioenergias, tais sendo as forças motoras das mudanças do uso da terra e cobertura do solo (DALE et al., 2011).

Ainda pode-se afirmar que a tendência do aumento de produção de soja pode implicar em muitos municípios, ao invés do aumento da produtividade em uma mesma propriedade, o aumento da área de cultivo. No Rio Grande do Sul isto significaria a retirada e a substituição de áreas dos biomas Pampa e Mata Atlântica (IBGE, 2004). Volta-se principalmente ao bioma Pampa, o qual possui a menor representatividade no Sistema Nacional de Unidades de Conservação, sendo apenas cerca de 3% de sua área total em proteção integral ou em uso sustentável (PILLAR et al., 2009).

É importante manter em mente que mudanças radicais no uso da terra e cobertura do solo podem acarretar em consequências negativas nestes biomas, tais como a degradação de recursos hídricos, a diminuição da qualidade do ar e a modificação nos padrões de transmissão de doenças infecciosas (FOLEY et al., 2005). Nesta situação da produção agrícola adentrando áreas de vegetação nativa, afirma-se que a vegetação é um importante componente influenciador na temperatura de superfície de um local (YUAN et al., 2017) e a substituição de uma por outra pode causar mudanças nos padrões térmicos existentes em uma localidade, outra consequência das mudanças radicais no uso da terra e cobertura do solo (FOLEY et al., 2015).

Pergunta-se, em especial, a consequência da conversão de uma área com uma vegetação gramínea e herbácea, típica da formação campestre do bioma Pampa (HASENACK et al., 2010), em uma vegetação de grãos, a qual em seu estado de crescimento de maturidade possui uma densa camada superior de folhas, como a soja (BERGAMASCHI et al., 1981), ainda mais considerando extensões de plantio de milhares de km². Dessa forma, compreender de que forma

os padrões físicos temporais da expansão e intensificação da agricultura ocorrem torna-se os primeiros passos para a determinação de suas implicações, tanto em relação à produção agrícola a longo prazo, quanto em relação a uma sustentabilidade, seja ambiental, agrária ou econômica (GALFORD et al., 2008).

1.1. Objetivos Geral e Específicos

O presente trabalho tem como objetivo geral compreender, por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto, de que forma o aumento do cultivo de soja e a substituição de áreas de Formação Campestre por tal influenciaram as temperaturas de superfície no município de Aceguá ao longo dos anos de 2004 a 2020.

Tendo em vista atingir o objetivo geral proposto, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- quantificar as áreas de soja e de formação campestre de pampa em Aceguá, RS, nas datas selecionadas;
- obter as temperaturas de superfície em Aceguá, RS, nas datas selecionadas;
- identificar e interpretar as mudanças ocorridas nas temperaturas de superfície, por meio de análise estatística, conforme houveram modificações no uso da terra e cobertura do solo ao longo do período de dezesseis anos escolhido.

1.2. Justificativa

Justifica-se o presente trabalho primeiramente pelo fato de que o Brasil é um dos maiores exportadores de produtos agrícolas mundiais (KUCUKVAR et al., 2019), levando à modificações do uso da terra no país conforme há o aumento do plantio destes diferentes cultivos. Há, portanto, a necessidade de estudo quanto às influências disto nas características físicas do país, incluindo, dentre diversos outros, os aspectos climáticos locais. Além disso, considera-se os estudos destas consequências um importante fator quando se tem um município com uma economia focada em produtos agropecuários, sendo tais estudos necessários para um melhor planejamento e administração deste município, seja em relação a seus recursos naturais ou em relação a sua economia. Não só isso, o local de cultivo de soja selecionado para este trabalho está inserido no bioma Pampa, o bioma com o maior Índice de Risco de Conservação (OVERBECK et al., 2015), e faz-se necessário compreender de que forma a substituição e a conversão de vegetação nativa de campos pelo plantio deste grão influencia estas áreas.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para o presente trabalho é o município de Aceguá (Figura 1), localizado no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, na microrregião da Campanha Meridional, e fazendo fronteira com a cidade uruguaia que recebe a mesma denominação de Aceguá.

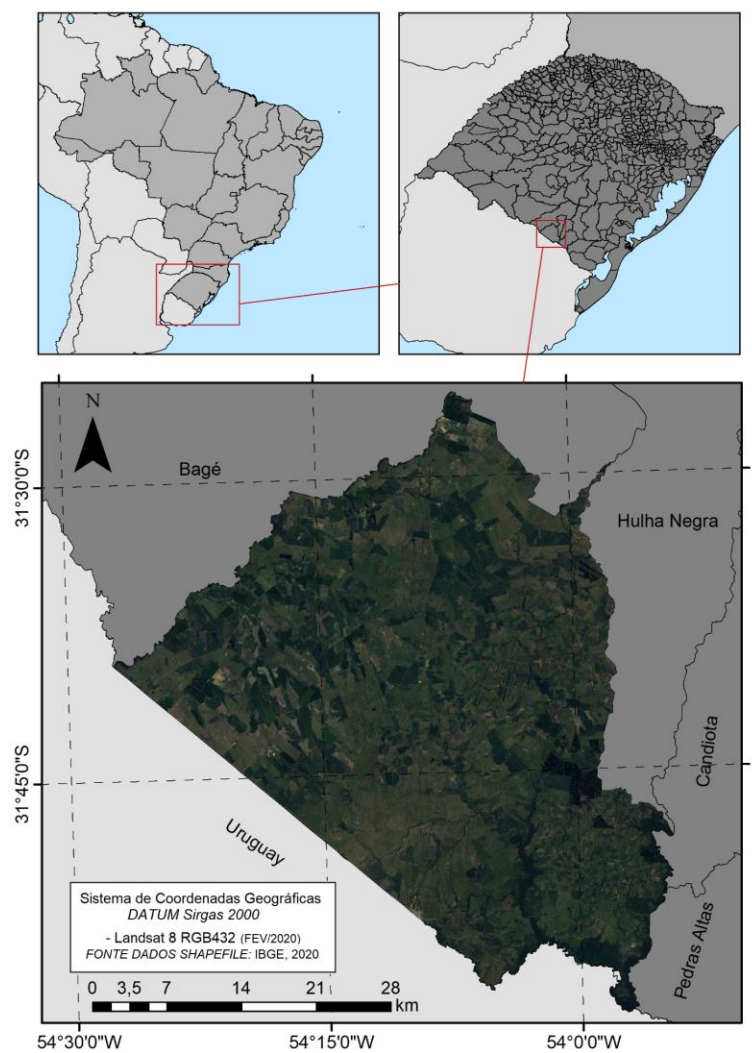


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Elaborado pela autora.

Anteriormente considerado um distrito do município de Bagé, até 1996, o município atualmente possui uma área de aproximadamente 1.551 km², com uma população de 4.170 habitantes, tendo, portanto, uma densidade populacional de 2,63 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2023). Aceguá, além de fazer fronteira com o Uruguai, também faz divisa com os municípios brasileiros de Bagé, Hulha Negra, Candiota e Pedras Altas.

Aceguá, pelo mapa de biomas brasileiros (IBGE, 2004), encontra-se totalmente inserido no bioma Pampa, com uma vegetação dominada por espécies herbáceas, as quais são características deste bioma. Além disso, pela classificação climática de Köppen, o município encontra-se em local de clima Cfa, ou seja, clima subtropical com verões quentes. Suas temperaturas médias anuais são de 18°C, havendo ocorrência de temperaturas médias de 24°C nos meses de verão e de 12°C nos meses de inverno (INCRA, 2007). O clima de Aceguá, como toda a Campanha gaúcha, é, portanto, influenciado pelos anticiclones semi fixos que atuam no Hemisfério Sul, os quais controlam as massas de ar tropicais, estas continentais, e as polares, do Pacífico e Atlântico, conferindo estações do ano mais definidas do que em outros estados brasileiros. A área de estudo encontra-se na porção sul da Bacia do Paraná, bacia sedimentar que abrange parte da Argentina, além do Paraguai, Uruguai e sudoeste do Brasil, havendo o afloramento de diversas rochas sedimentares (CUNHA, 2015). A faixa de altitude do município é de 50 a 300 metros acima do nível do mar (INCRA, 2007).

Quanto à economia, Aceguá mantém uma economia baseada no setor primário, com cultivos anuais de arroz, milho e sorgo, além de, em menores quantidades, cultivos permanentes, como laranja e uva. O município também mantém atividades pecuárias, com rebanhos de bovinos, equinos, ovinos, aves e suínos (INCRA, 2007). No entanto, nas últimas duas décadas o cultivo de soja vem ganhando espaço na economia do município: de acordo com o Departamento de Economia e Estatística da Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do estado do Rio Grande do Sul, enquanto no ano 2000 foi declarada uma produção de 126 toneladas em cerca de 100 hectares, essa quantidade registrada era de 26.250 toneladas em cerca de 25.000 hectares no ano 2020, assim justificando a escolha do município como área de estudo do presente trabalho (DEEDados, 2023).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Sensoriamento Remoto

A radiação eletromagnética, emitida do Sol para a Terra, é uma oscilação que contém um campo elétrico (E) e outro magnético (M) produzida por cargas elétricas em movimento acelerado, se propagando indefinidamente à velocidade da luz. Esta radiação pode ser classificada em faixas de comprimentos de onda, também chamadas de bandas, que possuem características semelhantes de interação com a matéria, classificação denominada Espectro Eletromagnético (Figura 2), sendo que estes intervalos são: Rádio, Microondas, Infravermelho, Luz visível, Ultravioleta, Raios X e Raios Gama (ZANOTTA et al., 2012).

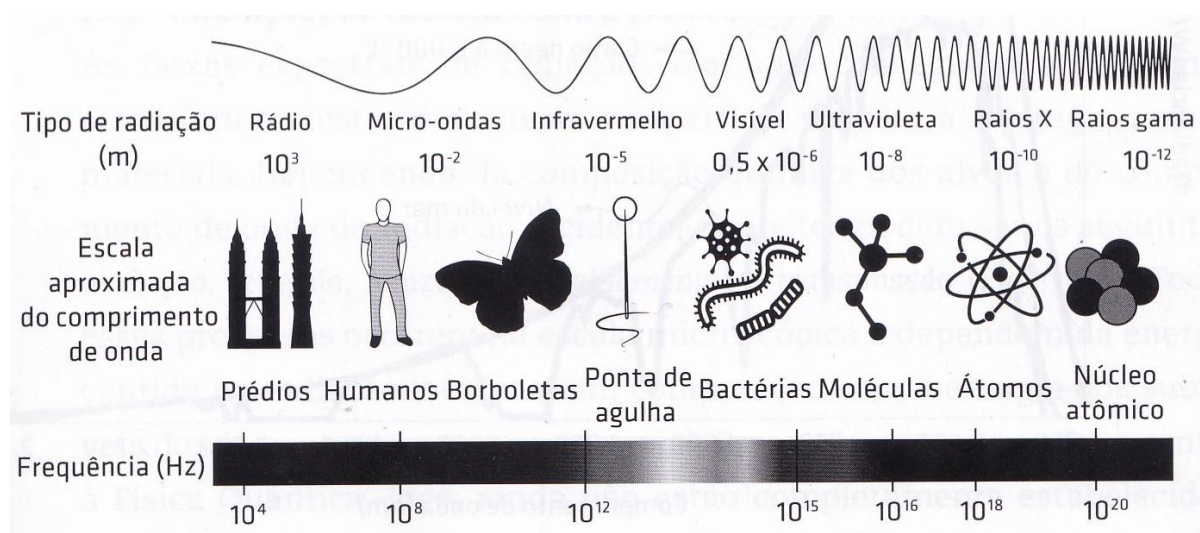


Figura 2. Espectro eletromagnético (ZANOTTA et al., 2012).

Com isso a energia solar ao chegar a camada superficial da Terra interage com os diferentes objetos presentes nesta, também chamados de alvos, de formas distintas: uma fração é absorvida, uma é transmitida e outra é refletida. A absorção é resultado da transferência de energia dessa radiação para o material em que incide, podendo ser classificada como térmica ou não térmica, a depender se ocorre o aquecimento do alvo ou se a interação não libera quantidades expressivas de calor. Já a transmissão é a passagem da radiação eletromagnética através de um meio, sem que seja alterada a frequência desta. Por fim, a reflexão, é o fenômeno em que a superfície atingida reflete a radiação eletromagnética que incide nela (MOREIRA, 2012).

Neste contexto, Sensoriamento Remoto pode ser definido como a técnica por meio da qual obtém-se informações sobre o ambiente terrestre a partir da energia eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos terrestres, coletadas por sensores a bordo de satélites. O primeiro componente a ser considerado neste processo são as características da energia incidente sobre o alvo a ser estudado, podendo ser proveniente tanto do Sol quanto do próprio alvo, como no caso do infravermelho termal. Em seguida, considera-se as características do meio em que essa energia está sendo propagada, levando em conta as propriedades de absorção, espalhamento e emissão deste meio. Também, tem-se as propriedades deste objeto de estudo, que possui características únicas de refletividade, rugosidade, albedo, entre outras. Por fim, no processo de Sensoriamento Remoto mantêm-se atenção às características do próprio equipamento utilizado: seu campo de visada, sua responsividade espectral, sua relação sinal e ruído, etc (LORENZZETTI, 2015).

3.1.1. Imageamento termal

Tem-se que todo objeto com temperaturas diferentes do zero absoluto, ou seja, maiores que 0 K (ou $-273,15^{\circ}$), emitem radiação termal. Para que esses padrões de emissão termal sejam analisados de forma coerente, utiliza-se um referencial para isto, chamado de corpo negro, o qual é definido como uma porção idealizada de matéria que absorve e reflete toda radiação incidida nele. A partir deste referencial, baseia-se na Lei de Stefan-Boltzmann (Equação 1) para que sistemas de sensores remotos, os quais operam na faixa do infravermelho termal, possam discriminar pequenas diferenças de temperaturas dos objetos sendo imageados com uma resolução de frações de grau Kelvin. Isto ocorre pois como a exitância total (M) varia com a quarta potência da temperatura (T), variações muito pequenas de temperaturas podem causar grandes variações na exitância radiante (LORENZZETTI, 2015). Assim, a partir desses conceitos, os sensores termais detectam a radiação termal emitida pelos alvos utilizando-se de fotodetectores sensitivos ao contato dos fótons na superfície para a obtenção de imagens no intervalo do infravermelho termal (MOREIRA, 2012).

$$M = \sigma T^4 \quad \text{Equação 1}$$

3.2. Satélites Landsat-5 e Landsat-8

No início da década de 1970, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) lançou à órbita terrestre um primeiro satélite de nome *Earth Resources Technology Satellite*, o qual foi logo em seguida rebatizado como Landsat, dando origem a uma série de

satélites que seguem em funcionamento até hoje. Entre as principais funções desta constelação, menciona-se em especial o desenvolvimento da cartografia e atualização de mapas, e o monitoramento dos diferentes usos da terra (LIU, 2006).

Destaca-se primeiramente o satélite Landsat-5, o qual foi lançado em março de 1984 e manteve-se em funcionamento até junho de 2013, quando foi inativado. Este possuía uma resolução espacial de 30 metros e um tempo de revisita de 16 dias. A bordo, carregava dois sensores: Multispectral Scanner System e Thematic Mapper, ambos capazes de capturar imagens na faixa do infravermelho termal. Segundo, destaca-se o satélite Landsat-8, lançado em fevereiro de 2013 e ainda em funcionamento. Este possui a mesma resolução espacial de 30 metros e o tempo de revista de 16 dias do Landsat-5, porém carrega sensores diferentes: Operational Land Imager e Thermal Infrared Sensor, também capazes de capturar imagens do infravermelho termal (EMBRAPA, 2023). Diferenciam-se também em qual de suas bandas são representativas desta faixa do espectro eletromagnético, conforme a Tabela 1.

Satélite	Banda do infravermelho termal
Landsat-5	6 (10,4 - 12,5 μm)
Lansat-8	10 (10,6 - 11,19 μm)

Tabela 1. Bandas do infravermelho termal dos satélites Landsat-5 e Landsat-8 (Adaptado de USGS, 2018).

3.3. Modelo digital de elevação e produtos derivados

Modelos digitais de elevação podem ser definidos como uma representação de *raster* da topografia, em que cada célula do modelo possui um valor representativo da elevação em relação à extensão da área de tal célula (MOGLEN & MAIDMENT, 2005). O modelo digital de elevação do território brasileiro (WEBER et al., 2004) foi gerado a partir da missão Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), a qual foi lançada em fevereiro de 2000 pela NASA e pela National Imagery and Mapping Agency (NIMA), ambos do governo estadunidense, juntamente da Agência Espacial Alemã e da Agência Espacial Italiana. Esta missão teve como objetivo a geração de um modelo digital de elevação de 80% da superfície terrestre, obtendo informações entre as latitudes 54°S e 60°N por meio de sensoriamento remoto da faixa de microondas (LANDAU & GUIMARÕES, 2011).

Um dos produtos derivados do modelo digital de elevação é o aspecto do terreno. Este é calculado por um Sistema de Informações Geográficas (SIG) pela estimação da declividade

de cada um dos pontos de dados, assim comparando a altitude do ponto sendo analisado com a altitude do ponto vizinho, obtendo a que direção o terreno estaria inclinado (LONGLEY et al., 2013). A orientação do terreno é um fator significativo que influencia a radiação solar na superfície, o que em consequência influencia a temperatura: em geral, considera-se que terrenos orientados em direção ao equador recebem mais energia solar em um dia do que terrenos orientados em direção aos polos, o que pode vir a influenciar a distribuição das temperaturas (GUAN et al., 2013), sendo, portanto, necessário levar este fator em conta em estudos relacionados a temperaturas, seja do ar ou da superfície.

3.4. O Pampa

Primeiramente, entende-se por domínio morfoclimático um conjunto espacial de grandeza territorial que possua características semelhantes de feições de relevo, tipos de solo, formas de vegetação e condições climáticas. Entre os seis grandes domínios presentes no território brasileiro, encontra-se o de coxilhas subtropicais com pradarias mistas, também recebendo uma diversidade de designações: zona de coxilhas, Campanha Gaúcha, ou simplesmente região dos Pampas (AB'SABER, 2003).

Com isso, vale apontar a diferença de domínio morfoclimático do conceito de bioma, o qual não diretamente inclui os aspectos geológicos e geomorfológicos, uma vez que define-se como um espaço geográfico natural que se caracteriza pela sua uniformidade de clima, de condições edáficas e de fitofisionomia. Por esta definição, no estado do Rio Grande do Sul se encontram os campos finos da campanha sul-rio-grandense, os Pampas, que não necessariamente podem ser classificados como bioma nas condições atuais, já que o clima e o solo não são fatores limitantes de sua vegetação, mas sim como um paleobioma mantido pelo manejo (COUTINHO, 2016). Tratado, porém, como bioma pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e como tal no presente trabalho (IBGE, 2019).

Assim sendo, o Pampa (Figura 3) pode ser considerado, levando em conta todos os biomas brasileiros, o bioma com o maior Índice de Risco de Conservação, demonstrando a necessidade de uma maior atenção a este domínio (OVERBECK et al., 2015). Ele está localizado no continente sul-americano, abrangendo os territórios brasileiros, uruguaios e argentinos. No Brasil, está presente exclusivamente no Rio Grande do Sul, sendo 68,8% da área total do estado e 1,8% da área nacional, estendendo-se por 193 mil km² (HASENACK et al., 2023).

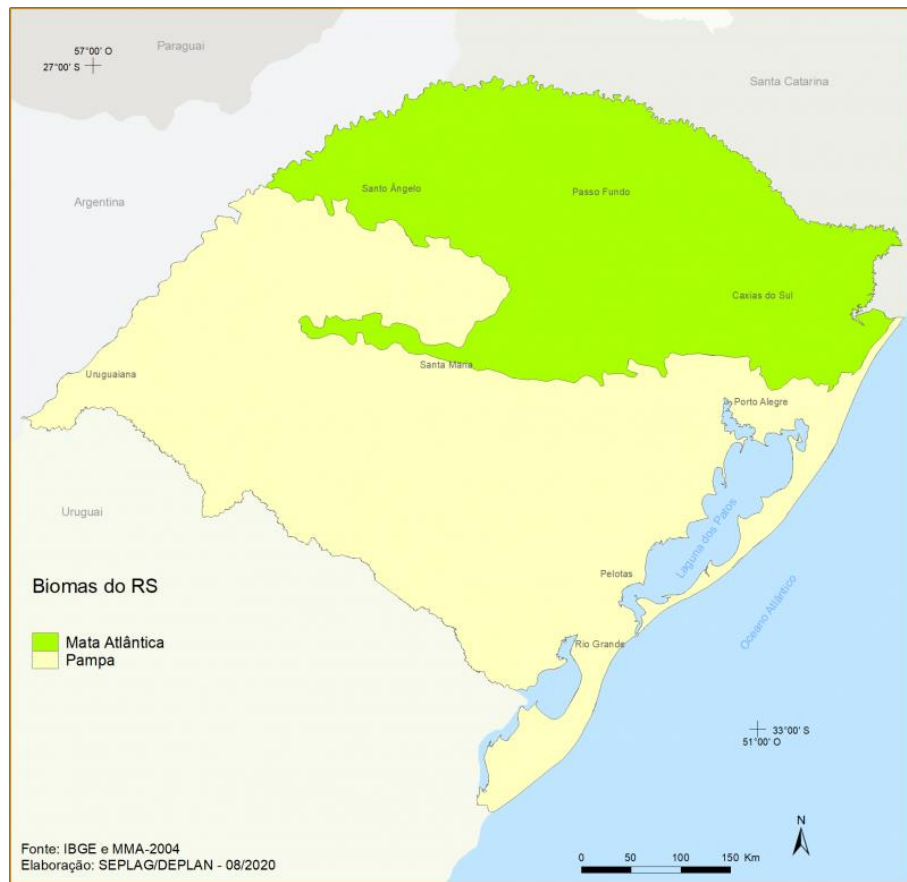


Figura 3. Mapa dos biomas do estado do Rio Grande do Sul (RS, 2020)

Quanto ao seu relevo, no Pampa predominam as planícies de relevo suave, não ultrapassando os 200 m de altitude, nos quais se destacam os tabuleiros, também chamados localmente de Cerros, e as coxilhas, formas com suaves ondulações (SUERTEGARAY & SILVA, 2009). Sua vegetação é caracterizada por uma composição de gramíneas, plantas rasteiras e, em menor quantidade, árvores e arbustos. No Rio Grande do Sul, podem ser delimitados dez sistemas ecológicos de campos, levando em consideração a vegetação dominante e seu relevo: campo litorâneo; campo arbustivo; campo misto do cristalino oriental; campo graminoso; campo misto de andropogôneas e compostas; campo de solos rasos; campo de areais; campo com espinilho; campo com barba de bode; e floresta estacional (HASENACK et al., 2010). Além disso, o Pampa constitui-se por um clima quente-temperado úmido, em que as precipitações médias anuais se encontram em um intervalo de 1200 a 1600 mm e a temperatura média anual tende a manter-se entre 13°C e 17°C, havendo estações do ano bem definidas com verões quentes e invernos frios (COUTINHO, 2016).

3.5. Uso da terra e cobertura do solo

O termo “uso da terra” está relacionado à função socioeconômica dada àquela terra, estando, portanto, ligado às atividades humanas conduzidas nela, com o intuito de obtenção de produtos e benefícios. Já o conceito de “cobertura do solo” diferencia-se por ser definido pelos elementos da natureza que recobrem a superfície do planeta, como por exemplo a vegetação, a água e a rocha exposta, juntamente das construções humanas. Estas características podem ser divididas em diferentes classes e subclasses, discriminadas de forma simplificada na Tabela 2 (IBGE, 2006).

Classe	Sub-Classe
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanizadas
	Áreas de extração mineral
Áreas antrópicas agrícolas	Cultura temporária
	Cultura permanente
	Pastagem
	Silvicultura
Áreas de vegetação natural	Floresta
	Campestre
Água	Corpo d'água continental
	Corpo d'água costeiro

Tabela 2. Categorias gerais de uso da terra e cobertura do solo (Adaptado de IBGE, 2006).

Neste sentido, o monitoramento do uso da terra e cobertura do solo possibilitam a obtenção de uma diversidade de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico que auxiliam no seu adequado manejo. Os mapas produzidos a partir destas informações são os instrumentos que auxiliam em tal função, sendo necessários para o desenvolvimento

sustentável e são essenciais para o planejamento ambiental, seja este regional ou local (ARAÚJO FILHO et al., 2007).

Considera-se tal ainda mais imprescindível levando em conta as grandes transições de categorias de uso da terra e cobertura do solo ocorridas no Brasil nas últimas décadas, a qual foi caracterizada pela retirada das vegetações nativas, especialmente de florestas, para a expansão das áreas de pasto e agricultura, além do desenvolvimento das cidades e da infraestrutura do país, assim afetando aspectos como a biodiversidade e os climas locais (SOUZA et al., 2020). Ressalta-se em especial as conversões de classes de uso da terra e cobertura do solo no bioma Pampa, o qual no período de 2000 a 2018 teve 58% de sua vegetação campestre convertida em área agrícola e cerca de 18% em área de silvicultura, expansão ocorridas sobre bacias sedimentares, que são importantes áreas de recarga do Aquífero Guarani, este um dos maiores mananciais hídricos subterrâneos presente no território brasileiro (IBGE, 2020).

3.6. MapBiomias

A plataforma MapBiomias utiliza-se de imagens da série de satélites Landsat, juntamente da plataforma Google Earth Engine e algoritmos de *machine learning* (“aprendizado de máquina”) para obter informações sobre a superfície física do território brasileiro de 1985 até 2021, havendo atualizações anuais, em uma resolução espacial de 30 por 30 m (SOUZA et al, 2020). Considerando os conceitos de uso da terra e cobertura do solo, tais estão separadas na plataforma nos seguintes grandes grupos, além de suas subcategorias:

Classe	Subclasse
Floresta	Formação Florestal
	Formação Savânica
	Mangue
Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa
	Formação Campestre
	Apicum

	Afloramento Rochoso
	Outras Formações não Florestais
Agropecuária	Pastagem
	Agricultura
	Silvicultura
	Mosaico de Agricultura e Pastagem
Área não vegetada	Praia, Duna e Areal
	Área Urbanizada
	Mineração
	Outras áreas não vegetadas
Corpo d'água	Rio, Lago e Oceano
	Aquicultura
Não observado	-

Tabela 3. Classes e subclasses de uso da terra e cobertura do solo da plataforma MapBiomas - Coleção 7 (Adaptado de MAPBIOMAS, 2022).

Ressalta-se que o cultivo de soja, uma das categorias de foco de análise do presente trabalho, inclui-se na unidade de Lavoura Temporária, a qual está inclusa na subcategoria de Agricultura. Além disso, esclarece-se que em Não Observado estão inclusos os pixels que não foram possíveis de serem enquadrados em nenhuma das categorias. (SOUZA et al, 2020).

3.7. Cultivo e comercialização de soja

A soja (*Glycine max*) é um grão, que originou-se no nordeste da China, em áreas de clima subtropical (HIMOWITZ, 1970). Em território brasileiro, registrou-se sua presença pela primeira vez na década de 1880 no estado da Bahia, de onde foi conseqüentemente levada para

São Paulo e, em meados da década de 1910, introduzida no Rio Grande do Sul (BONETTI, 1981).

O cultivo do soja foi uma das *commodities* responsáveis pela instituição do que atualmente é conhecido como o agronegócio brasileiro, tanto pelo seu volume de produção quanto pelo volume financeiro gerado por esta, o qual tem um processo empresarial envolvido no seu comércio e no comércio dos insumos necessários para seu cultivo (BRUM et al., 2005). Na Região Sul do Brasil em especial, pelas características climáticas da região, esta fácil comercialização e alta rentabilidade faz com que a soja represente um menor risco do que outros cultivos de verão, por área de cultivo (PIRES et al., 2004).

Entre os grandes produtores agrícolas mundiais, o Brasil se encaixa como o quarto país com o maior valor de produção de alimentos (KUCUKVAR et al., 2019), sendo o complexo soja – o qual se constitui por farelo de soja, óleo de soja, e soja em grãos - o líder de exportações da economia do agronegócio brasileiro: em 2020, foram exportados 101 milhões de toneladas, os quais renderam um total de pouco mais de US\$ 35,2 bilhões; ou seja, quase metade dos produtos do agronegócio exportados eram do complexo soja neste ano (AGROSTAT, 2023).

Neste contexto, destaca-se que o Rio Grande do Sul é o terceiro maior estado produtor de soja no país, ficando atrás somente do Mato Grosso e do Paraná (RS, 2020). Quanto à produção em toneladas, foram exportados 2,7 milhões de toneladas de soja pelo agronegócio no ano 2000, rendendo pouco mais de US\$ 540 milhões, enquanto no ano 2020 esta quantidade passou a ser de quase 11 milhões de toneladas, gerando pouco menos de US\$ 4 bilhões (AGROSTAT, 2023). Este significativo aumento da produção no período de vinte anos citado e considerando o complexo soja como o principal produto agrícola gaúcho, fez com que a área oficialmente registrada como ocupada por este cultivo no Rio Grande do Sul fosse de 59.963,71 km² (21%) de seu território em 2020 (DEEDados, 2023).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Aquisição e processamento das imagens Landsat

A coleção usada para o presente estudo foi a Coleção 2 - Level 2 dos satélites Landsat, o qual o produto já possui o cálculo das temperaturas de superfície realizado. Estas imagens foram obtidas por meio da plataforma EarthExplorer, a qual disponibiliza de forma gratuita e online o banco de dados da agência United States Geological Survey (USGS), em formato Tagged Image File Format (TIFF), todas georreferenciadas. A área de estudo escolhida se encontra no tile 223/082 dos satélites Landsat. Utilizou-se os seguintes critérios para a escolha das imagens utilizadas na realização do presente trabalho: datas no mês de fevereiro, período em que a soja está em seu estágio final de crescimento; períodos de quatro a cinco anos entre uma data e outra; e datas com 0% de nebulosidade no município de Aceguá, possibilitando total visibilidade. Com isso, a Tabela 4 lista as datas utilizadas e seus respectivos satélites. Justifica-se o período tão curto entre a segunda e a terceira imagem e o período tão longo entre a terceira e a quarta imagem, por nenhuma outra data atender os critérios listados.

Data	Satélite
9 de fevereiro de 2004	Landsat - 5
4 de fevereiro de 2008	Landsat - 5
9 de fevereiro de 2010	Landsat - 5
10 de fevereiro de 2016	Landsat - 8
5 de fevereiro de 2020	Landsat - 8

Tabela 4. Datas das imagens dos satélites Landsat - 5 e Landsat - 8 utilizadas.

Fez-se necessário a aplicação de um scale factor (“fator de conversão”) antes da utilização dos dados, conforme Equação 2 (USGS, 2021). Sendo que a aplicação resulta em temperaturas em Kelvin, as imagens foram convertidas para Celsius por meio da subtração de 273,15 dos valores de cada pixel.

$$Scale\ Factor = pixel * 0,00341802 + 149$$

Equação 2

4.2. Obtenção do uso da terra e cobertura do solo - Plataforma MapBiomias

Os dados de uso da terra e cobertura do solo no município de Aceguá foram obtidos da plataforma MapBiomias, disponível de forma online por site próprio, também em formato TIFF, sendo que utilizou-se a Coleção 7. As duas sub-classes selecionadas em específico para a análise foram a de Soja e a de Formação Campestre. Ressalta-se que, embora o Pampa possua outras formações vegetais em sua constituição, como a própria plataforma MapBiomias descreve, trazendo também descrições do IBGE em sua classificação (MAPBIOMAS BRASIL, 2022), o objetivo do presente trabalho é compreender a substituição de áreas de campo - não incluindo banhados ou marismas - pelo plantio de soja.

4.3. Procedimentos metodológicos de análise

Todos os procedimentos metodológicos, juntamente da construção do banco de dados para o cumprimento dos objetivos estabelecidos, foram realizados no programa ArcMap 10.5.1. Está apresentado na Figura 4 o fluxograma das etapas empregadas no trabalho.

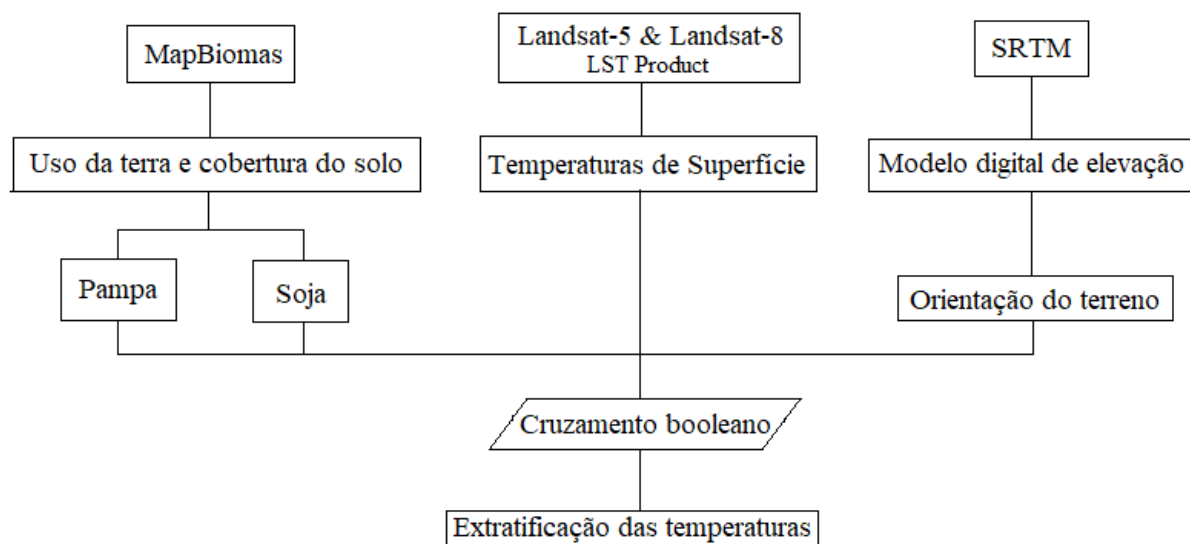


Figura 4. Fluxograma da metodologia empregada. Elaborado pela autora.

Tanto as imagens de satélite quanto os dados da plataforma MapBiomias foram recortados para a área de estudo a partir do arquivo vetorial do município de Aceguá, obtido no formato *shapefile* no site do IBGE (IBGE, 2022). As imagens Landsat estão originalmente disponíveis no Sistema de Informações Geográficas World Geodetic System (WGS-84) e foram convertidas para SIRGAS-2000 por meio da ferramenta *Project Raster*, para que os dados fossem adequados ao Sistema Geodésico de Referência oficial brasileiro.

O Modelo Digital de Elevação do estado do Rio Grande do Sul foi obtido no site do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (WEBER et al., 2004), também no formato TIFF. Este modelo foi desenvolvido a partir da Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), e possui uma resolução espacial de 90 metros (USGS, 2018). Novamente foi realizado o recorte da área de estudo a partir do arquivo vetorial de Aceguá.

Com isto, a partir do modelo digital de elevação do município foi calculada a orientação da pendente das encostas do relevo, por meio da ferramenta *Aspect*, a qual identifica a direção do declive a partir de uma janela de 3 por 3 pixels do seu entorno, em graus de uma circunferência (ESRI, 2023), conforme Tabela 5. A ferramenta não gera uma tabela de atributos e separa a orientação Norte em duas classes distintas, em função dos graus, por isso foi aplicado o comando *Reclassify*, o qual reclassifica os diferentes atributos de uma camada em novas classes e, quando não há, gera uma tabela a partir destes dados (ESRI, 2021), para que fosse obtida a tabela de atributos e para que houvesse uma camada com apenas uma classe para cada orientação do terreno.

Orientação do terreno	Graus
Norte	0° - 22,5° ; 337,5° - 360°
Nordeste	22,5° - 67,5°
Leste	67,5° - 112,5°
Sudeste	112,5° - 157,5°
Sul	157,5° - 202,5°
Sudoeste	202,5° - 247,5°
Oeste	247,5° - 292,5°
Noroeste	292,5° - 337,5°
Plano	Sem direção descendente, valor atribuído de -1

Tabela 5. Orientação do terreno gerado a partir do modelo digital de elevação (adaptado de ESRI, 2021).

Após a criação deste banco de dados, realizou-se a quantificação das áreas, em km², de cada uma das classes de uso da terra e cobertura do solo por meio da ferramenta *Calculate Geometry* presente na tabela de atributos de cada uma das camadas. Este comando utiliza-se

do georreferenciamento da camada para calcular as diferentes distâncias e, conseqüentemente, as áreas dos polígonos das classes de um arquivo vetorial (ESRI, 2021).

Em seguida, exportou-se as classes de Formação Campestre e de Soja em camadas separadas a partir da tabela de atributos da camada em que estavam todas as classes conjuntas, por meio da seleção de cada classe na tabela e a aplicação do comando de exportação dos registros selecionados. Com isto, foi possível ter camadas individuais das duas classes escolhidas para a análise e, com isto, tabelas de atributos individuais. Estas foram utilizadas para o desenvolvimento de uma cartografia, auxiliando na análise das estatísticas e demonstrando visualmente tais dados numéricos.

Depois, para subtrair as camadas das áreas de campos das de plantio e obter os locais em que em uma primeira imagem eram classificados como Formação Campestre e na data posterior eram classificados como Soja, foi utilizado o comando *Clip*. A ferramenta realiza esta operação a partir de arquivos vetoriais, encontrando por meio das coordenadas geográficas destes a intersecção das duas camadas selecionadas, assim exportando um subconjunto geográfico das feições dos arquivos originais (ESRI, 2021). Assim, utilizou-se a camada representativa das áreas de Formação Campestre em 2004 e a camada representativa das áreas de Soja em 2008, para encontrar a intersecção entre estas duas e assim obter as áreas convertidas de campos para plantio, e assim por diante para as outras datas. Novamente utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* para quantificar estes pixels e obter as áreas convertidas em km².

As camadas das áreas de Formação Campestre e de Soja foram usadas como o *shapefile* base para a ferramenta *Extract by Mask*, extraíndo estes locais das imagens Landsat de temperatura de superfície, para as cinco datas. Este comando da caixa de ferramentas de análise espacial, utiliza-se das coordenadas geográficas tanto do *shapefile* quanto da camada em que se está aplicando a extração, para criar uma camada nova com os pixels de um arquivo raster que correspondem à área definida pelo *shapefile* (ESRI, 2021). Com isto, foram obtidas as temperaturas de superfície mínimas, máximas e médias para o município e para as duas categorias de uso da terra e cobertura do solo escolhidas para a análise, sem considerar a orientação do terreno, por meio da inspeção do histograma de cada um destes arquivos *raster* presente nas propriedades de cada uma das camadas. O mesmo processo foi feito para obter as temperaturas mínimas, máximas e médias nas áreas convertidas de Formação Campestre para Soja, utilizando a camada representativa desses locais convertidos como o *shapefile* base para a extração destes das imagens de satélite Landsat.

Com isto, para obter as temperaturas de superfície de acordo com a orientação do terreno nas cinco datas selecionadas, foi utilizada a ferramenta *Zonal Statistics as Table*. Este comando calcula diferentes dados estatísticos de um arquivo *raster*, tais como mínimo, máximo, amplitude, média e desvio padrão, separando estes dados em diferentes zonas, estas correspondendo às diversas classes de um arquivo *shapefile* selecionado, apresentando estas informações em uma nova tabela de atributos (ESRI, 2021). Os arquivos *raster* utilizados foram as imagens de satélite Landsat das temperaturas de superfície de Formação Campestre e de Soja, em camadas separadas, e o *shapefile* base selecionado foi a camada do aspecto do município de Aceguá gerado a partir do modelo digital de elevação, assim obtendo as temperaturas de superfície mínima, máxima e média das duas categorias analisadas de acordo com a orientação do terreno.

Então, foi realizada a comparação das temperaturas de superfície de Formação Campestre e de Soja, não considerando e considerando a orientação do terreno, procurando compreender qual das duas classes de uso da terra e cobertura do solo teriam as maiores e menores temperaturas de superfície, sejam elas mínimas, máximas e médias, também comparando estes dados estatísticos aos do município como um todo. Por fim, comparou-se as temperaturas antes com as de depois da conversão de Formação Campestre para Soja, buscando entender que tipo de influência nas temperaturas de superfície a substituição pelo plantio deste grão teria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Uso da terra e cobertura do solo em Aceguá, RS

As categorias de uso da terra e cobertura do solo presentes em Aceguá (Tabela 6) foram: Formação Florestal; Silvicultura; Campo Alagado e Área Pantanosa; Formação Campestre; Mosaico de Agricultura e Pastagem; Área Urbanizada; Outras Áreas Não Vegetadas; Rio, Lago e Oceano; Soja; Arroz; e Outras Lavouras Temporárias. Estas onze classificações estão todas presentes em todas as cinco datas.

Classe	2004	2008	2010	2016	2020
Formação Florestal	87,17	82,16	80,34	84,47	84,08
Silvicultura	0,85	9,9	17,61	20,67	22,87
Campo Alagado	5,64	7,8	7,45	12,61	9,19
Formação Campestre	1225,39	1313,28	1223,43	903,25	774,78
Mosaico Agricultura e Pastagem	212,89	138,82	160,99	254,96	355,71
Área Urbanizada	0,76	0,8	0,81	0,92	1,02
Outras áreas não vegetadas	2,67	3,74	3,6	3,85	3,12
Rio, Lago e Oceano	49,49	48,31	49,72	56,43	54,16
Soja	26,81	47,63	62,2	263,11	277,33
Arroz	50,68	32,89	53,18	74,64	124,07
Outras lavouras temporárias	171,07	148,08	174,1	153,78	127,09

Tabela 6. Áreas (km²) das categorias de uso da terra e cobertura do solo em Aceguá, RS nos anos 2004, 2008, 2010, 2016 e 2020. Elaborado pela autora.

Primeiramente, nota-se que a Formação Campestre, típica do bioma Pampa, é a categoria majoritária em todas as cinco datas. No entanto, também nota-se uma progressiva diminuição em suas áreas: enquanto em 2004 esta formação estava presente em cerca de 1225 km², em 2020 essa área era de aproximadamente 774 km²; houve, portanto, uma diminuição média de 28 km² por ano, considerando conjuntamente o período de 16 anos analisado.

Ao mesmo tempo, observa-se que classes relacionadas à agropecuária são sempre as categorias com a segunda maior extensão de área: em 2004, Mosaico de Agricultura e Pastagem; em 2008 e em 2010, Outras Lavouras Temporárias; e em 2016 e 2020, Soja. Aponta-se que as áreas relacionadas ao plantio de soja, levando em consideração os 16 anos analisados, tiveram um aumento médio de 15 km² por ano, sendo que os aumentos mais significativos ocorrem de 2010 em diante.

Pode-se dizer que essa substituição de áreas de Formação Campestre por áreas de cultivo de soja é percebida visualmente, como observa-se na Figura 5. Quantificando tais áreas, ao selecionar os pixels classificados como a primeira categoria pela plataforma MapBiomas em uma primeira data, porém classificados como a segunda categoria na data seguinte (Tabela 7), tem-se que ao final de 2020, cerca de 224 km² de Formação Campestre haviam sido convertidos em áreas de plantio de Soja. Assim sendo, e tendo que de 2004 para 2020 cerca de 450 km² de Formação Campestre não mais eram classificados assim, aponta-se que quase metade destas áreas convertidas tornaram-se áreas de soja, demonstrando o aumento deste cultivo no município de Aceguá e seu avanço sobre os campos sulinos deste.

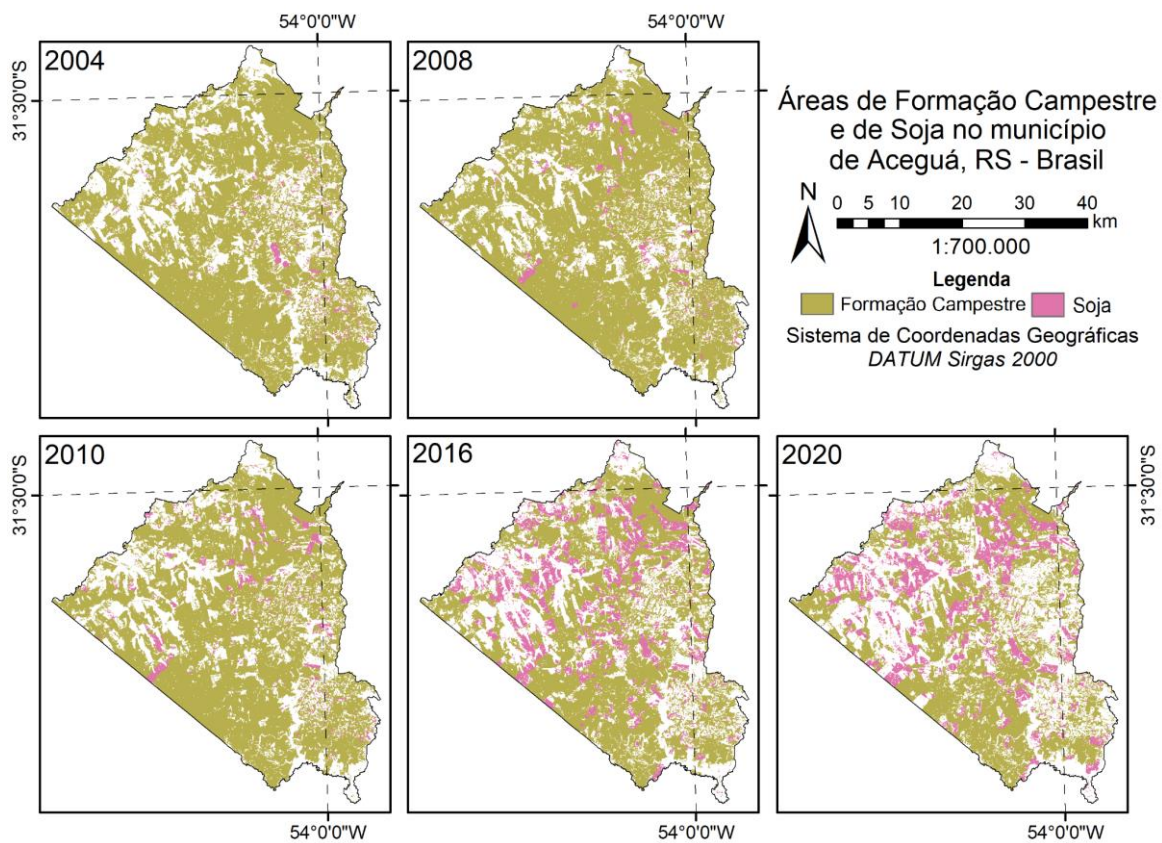


Figura 5. Mapa das áreas de Formação Campestre e de Soja no município de Aceguá, RS.

Elaborado pela autora.

DATAS	ÁREAS CONVERTIDAS EM SOJA
<i>2004 para 2008</i>	19,86
<i>2008 para 2010</i>	22,48
<i>2010 para 2016</i>	148,01
<i>2016 para 2020</i>	34,32

Tabela 7. Áreas (em km²) de Formação Campestre convertidas em Soja, em Aceguá.

Elaborado pela autora. Elaborado pela autora.

5.2. Temperaturas de Superfície

Apresenta-se as temperaturas de superfície do município de Aceguá, RS nas datas selecionadas na Figura 6. Na Tabela 8, demonstra-se os valores de temperatura de superfície mínima, máxima e média para as áreas de Formação Campestre e de Soja, e para o município como um todo, sem considerar nenhuma classificação de uso da terra e cobertura do solo em específico, também não considerando a orientação do terreno. As Tabelas 9 e 10, apresentam tais valores para Formação Campestre e para Soja, respectivamente, porém levando em consideração a orientação do terreno para cada um destes valores.

Visualmente por meio do mapa de temperatura de superfície, conjuntamente dos valores específicos, nota-se um progressivo aumento da temperatura mínima no município, a qual enquanto em 2004 era de 21,76, em 2020 passa ser de 27,19. Apresentou, portanto, um aumento de cerca de 5,4 °C em um período de 16 anos. Sua temperatura de superfície média também apresenta aumento, tendo uma diferença de 5,9 °C entre 2004 e 2020. Sugere-se então um incremento geral das temperaturas em Aceguá ao longo do período escolhido para análise e uma diminuição da amplitude térmica do município.

Comparando as áreas de Formação Campestre e de Soja, sem levar em consideração a orientação do terreno, nota-se que a temperatura de superfície mínima tende a ser similar em todas as datas, a maior diferença tendo ocorrido em 2016, sendo de 2,25 °C entre uma e outra. Porém, de três das cinco datas, estas sendo 2004, 2008 e 2016, são as áreas de campos que apresentam o menor valor de temperatura de superfície mínima. Quanto à temperatura de superfície máxima, ainda não considerando a orientação do terreno, estas tendem a ter maiores diferenças do que a mínima, a maior destas tendo ocorrido em 2010, na qual a Formação Campestre possuía uma temperatura de superfície máxima 4,52 °C acima da de Soja. Em quatro das cinco datas, a única exceção 2016, as áreas de Soja possuíam temperatura de superfície

máxima mais baixa do que as áreas de campos. Considerando estes valores mínimos e máximos, verificou-se que nas primeiras três datas, ou seja, 2004, 2008 e 2010, a Formação Campestre possuía uma amplitude térmica maior do que as áreas de soja, enquanto o oposto ocorreu nas últimas duas imagens analisadas.

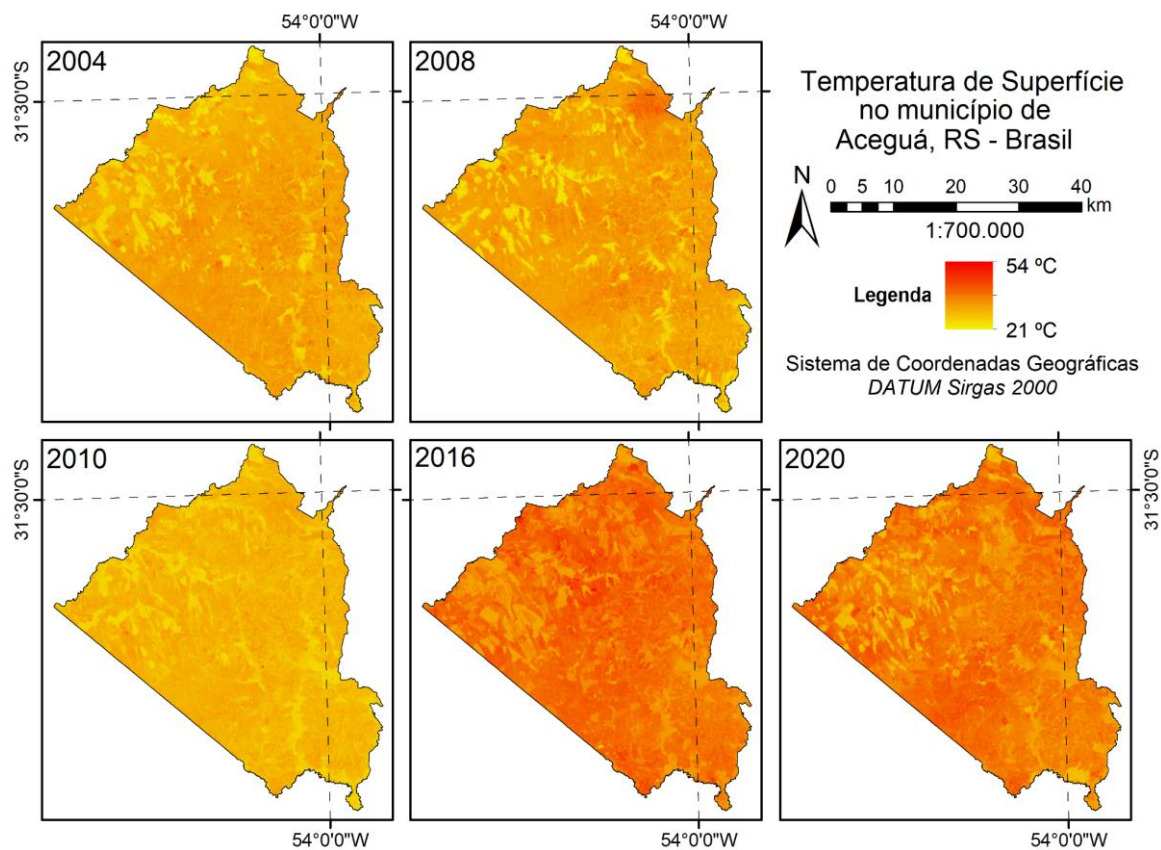


Figura 6. Mapa da Temperatura de Superfície no município de Aceguá, RS - Brasil.

Elaborado pela autora.

Quanto às temperaturas de superfície média, não levando em conta a orientação do terreno, em todas as cinco datas os locais classificados como de cultivo de soja tinham valores menores do que locais classificados como Formação Campestre, tendendo, portanto, a terem menores temperaturas. Não só isso, com exceção de 2004, em que é apenas 0,05 °C maior, as áreas de Soja possuem temperaturas de superfície médias menores do que o município como um todo.

DATAS	MÍNIMA			MÁXIMA			MÉDIA		
	<i>FC</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>FC</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>FC</i>	<i>S</i>	<i>M</i>
2004	24,19	25,17	21,76	45,94	42,14	45,94	32,04	31,00	30,95
2008	22,34	22,38	22,31	47,29	46,65	47,29	32,60	30,48	31,71
2010	24,22	24,20	23,63	46,64	42,12	46,64	29,74	28,42	29,17
2016	22,24	24,49	22,24	50,76	53,53	53,62	40,00	36,86	38,52
2020	29,38	27,64	27,19	46,86	45,90	46,90	38,52	35,19	36,85

Tabela 8. Temperaturas de Superfície mínima, máxima e média (em °C) das áreas de Formação Campestre (FC), Soja (S) e do município como um todo (M), sem considerar orientação do terreno. Elaborado pela autora.

Quando se considera a orientação do terreno, verifica-se o mesmo em relação à temperatura de superfície mínima do que quando não se considera: áreas de Formação Campestre, com exceção de 2010 e 2020, em sua maioria possuem valores menores do que áreas de Soja. Nota-se o mesmo quanto à temperatura de superfície máxima: ao considerar a orientação do terreno, as áreas de soja tendem a valores mais baixos. Novamente, mesmo considerando para que direção o terreno está voltado, as áreas de campos possuíam maior amplitude térmica nas primeiras três datas, enquanto nas últimas duas são as áreas de plantio de soja que possuem maior diferença entre a maior e a menor temperatura.

Tais resultados ocorrem quando compara-se as duas categorias selecionadas entre si, verifica-se o mesmo independente se está considerando a orientação do terreno ou não, porém, quando se compara as temperaturas de superfície de Soja considerando o aspecto com as temperaturas de superfície de Soja não considerando o aspecto há informações divergentes: nas cinco datas selecionadas, a temperatura mínima classificada de acordo com a orientação do terreno é sempre mais alta do que a que não considera a orientação, enquanto ocorre o oposto com a temperatura máxima. Estas diferenças variam de 0,3°C até cerca de 5°C nas temperaturas mínimas e de 2°C até pouco menos de 8°C nas temperaturas máximas. Com as áreas de Formação Campestre, ocorre o mesmo, com diferenças semelhantes entre as temperaturas. As temperaturas de superfície médias, no entanto, mantêm-se parecidas, considerando ou não a orientação do terreno, independente da categoria selecionada.

ORIENTAÇÃO do terreno	MÍNIMA					MÁXIMA					MÉDIA				
	2004	2008	2010	2016	2020	2004	2008	2010	2016	2020	2004	2008	2010	2016	2020
<i>LESTE</i>	23,23	23,55	24,79	23,06	30,45	43,19	44,98	42,20	48,84	46,46	31,83	32,89	29,95	40,18	38,57
<i>PLANO</i>	24,41	22,99	24,87	32,84	31,02	36,44	41,19	33,05	44,93	44,27	30,51	32,06	28,78	39,53	38,04
<i>NE</i>	23,68	22,94	24,87	22,34	30,63	42,54	45,16	42,19	49,38	45,64	31,71	32,81	29,90	40,18	38,53
<i>NORTE</i>	23,76	22,96	24,73	22,65	29,91	41,35	43,40	42,19	50,76	45,18	31,68	32,62	29,79	40,05	38,59
<i>NW</i>	23,69	22,95	24,86	24,80	29,87	42,71	45,15	42,46	48,50	45,33	31,61	32,47	29,69	40,05	38,65
<i>SE</i>	23,62	22,93	24,86	28,15	30,53	39,98	43,90	41,63	48,11	45,69	31,86	32,77	29,82	39,92	38,41
<i>SUL</i>	23,22	23,04	24,82	29,76	30,01	44,27	45,44	42,28	47,99	45,24	31,57	35,50	29,60	39,74	38,30
<i>SW</i>	23,22	23,05	24,35	31,19	30,80	44,27	46,66	43,46	48,48	46,86	31,40	32,41	29,59	39,89	38,45
<i>OESTE</i>	23,30	22,96	24,30	27,92	30,57	44,91	45,60	42,72	49,67	46,63	31,45	32,41	29,61	40,02	38,60

Tabela 9. Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) das áreas classificadas como Formação Campestre, levando em consideração a orientação do terreno, em Aceguá. Elaborado pela autora.

ORIENTAÇÃO do terreno	MÍNIMA					MÁXIMA					MÉDIA				
	2004	2008	2010	2016	2020	2004	2008	2010	2016	2020	2004	2008	2010	2016	2020
<i>LESTE</i>	25,17	22,57	24,72	26,31	28,15	37,95	39,92	40,66	48,01	45,21	31,04	30,43	28,7	37,12	35,24
<i>PLANO</i>	28,06	25,58	24,32	31,37	28,12	36,87	36,72	28,72	46,56	41,84	32,89	29,79	26,31	36,74	35,87
<i>NE</i>	26,51	22,99	24,33	29,29	28,24	42,14	40,21	36,73	48,18	43,36	31,14	30,41	28,49	36,96	35,06
<i>NORTE</i>	26,18	23,03	24,69	31,50	27,76	41,54	40,78	34,29	53,25	43,44	31,03	30,38	28,36	36,85	35,15
<i>NW</i>	26,16	22,98	24,2	31,04	27,64	36,89	38,70	36,77	50,31	43,54	30,71	30,37	28,10	36,76	35,06
<i>SE</i>	27,20	23,03	24,89	25,04	28,34	38,72	38,91	34,05	49,66	45,83	31,19	30,58	28,84	37,08	35,40
<i>SUL</i>	25,98	23,09	24,82	31,08	28,43	37,21	37,36	37,44	49,73	44,11	31,21	30,74	28,57	36,97	35,42
<i>SW</i>	26,13	23,00	24,28	30,89	27,74	26,56	37,23	37,44	48,57	43,87	30,99	30,52	28,30	36,79	35,34
<i>OESTE</i>	26,48	22,95	24,25	30,93	27,78	36,35	30,09	33,98	53,14	43,21	30,8	30,41	28,22	36,55	35,03

Tabela 10. Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) das áreas classificadas como Soja, levando em consideração a orientação do terreno, em Aceguá. Elaborado pela autora.

5.3. Influência da substituição de áreas de Formação Campestre pelo cultivo de Soja nas temperaturas de superfície

Nas Tabelas 11-14, estão descritas as temperaturas de superfície mínima, máxima e média das áreas que em uma primeira data eram classificadas como Formação Campestre, porém na próxima data estas mesmas áreas são classificadas como Soja, sem considerar a orientação do terreno. Está descrito, além disso, as diferenças destes valores.

<i>Temperatura</i>	Áreas de Formação Campestre em 2004	Mesmas áreas class. como Soja em 2008	DIFERENÇA
MÍNIMA	23,83	22,38	- 1,45
MÁXIMA	38,12	40,74	+ 2,62
MÉDIA	31,60	30,40	- 1,2

Tabela 11. Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2004 e como Soja em 2008. Elaborado pela autora.

<i>Temperatura</i>	Áreas de Formação Campestre em 2008	Mesmas áreas class. como Soja em 2010	DIFERENÇA
MÍNIMA	25,63	24,19	- 1,44
MÁXIMA	47,06	41,52	- 5,54
MÉDIA	32,49	28,36	- 4,13

Tabela 12. Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2008 e como Soja em 2010. Elaborado pela autora.

<i>Temperatura</i>	Áreas de Formação Campestre em 2010	Mesmas áreas class. como Soja em 2016	DIFERENÇA
MÍNIMA	24,76	24,49	- 0,27
MÁXIMA	46,64	53,52	+ 6,88
MÉDIA	30,00	36,90	+ 6,90

Tabela 13. Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2010 e como Soja em 2016. Elaborado pela autora.

<i>Temperatura</i>	Áreas de Formação Campestre em 2016	Mesmas áreas class. como Soja em 2020	DIFERENÇA
MÍNIMA	31,63	28,86	- 2,77
MÁXIMA	49,85	44,99	- 4,86
MÉDIA	40,12	35,03	- 5,09

Tabela 14. Temperatura de superfície mínima, máxima e média (°C) em áreas classificadas como Formação Campestre em 2016 e como Soja em 2020. Elaborado pela autora.

Primeiramente, observa-se a temperatura de superfície mínima, a qual, em todas as datas, houve diminuição em seus valores. A menor diferença ocorre de 2010 para 2016, em que a conversão acarreta uma diminuição de 0,27°C, enquanto a maior ocorre de 2016 para 2020, em que a redução é de quase 3°C. Tal condiz com os valores gerais apresentados pelas categorias de uso da terra e cobertura do solo, em que 2010 e 2020 são as duas datas que a Formação Campestre apresentou temperatura de superfície mínima maior do que a classe de Soja. Quanto às temperaturas de superfície máxima, nota-se que em um ano essa diferença é de redução e no seguinte é de aumento, repetindo-se este padrão nas próximas datas. Enquanto as datas que demonstram diminuição com a conversão de campos para cultivo de soja têm valores relativamente similares, as datas que demonstram aumento da temperatura de superfície máxima tem diferenças de aproximadamente 4°C entre si: de 2004 para 2008, há um aumento de 2,62°C; já de 2010 para 2016, há um aumento de 6,88°C.

Pode-se dizer que o resultado mais significativo, demonstrando a influência da conversão do bioma Pampa em plantio de Soja, são as temperaturas de superfície médias resultantes desta mudança nas categorias de uso da terra e cobertura do solo. Com exceção das áreas convertidas de 2010 para 2016, os outros períodos analisados todos resultaram em temperaturas de superfície médias mais baixas. Estas diminuições vão de 1,2°C, de 2004 a 2008, até 5,09°C, de 2016 para 2020.

Além disso, aponta-se que as áreas convertidas para Soja sempre mantêm-se com temperaturas de superfície médias menores do que as do município como um todo, até mesmo o período de exceção, em que esta conversão acarretou em aumento. Não só isso, quando compara-se as temperaturas médias das áreas convertidas em Soja, apresentados nas Tabelas 11-14, com as de Formação Campestre em geral em um mesmo ano, apresentados na 8, observa-se que as temperaturas de superfície do plantio de soja são sempre menores, sem exceções. Estas diferenças chegam a ser de 3,49°C em 2020, em que as áreas convertidas para

cultivo de soja possuíam temperaturas de superfície médias de 35,03°C enquanto as de Formação Campestre neste mesmo ano eram de 38,52°C. A menor diferença é de 1,38°C, em 2010, em que as médias das áreas convertidas eram de 28,36°C, enquanto as de campos eram de 29,74°C.

Portanto, afirma-se que a retirada de vegetação nativa de campos do bioma Pampa para o plantio de soja diminui as temperaturas de superfície locais na época em que o grão está em seu pleno desenvolvimento, no estado do Rio Grande do Sul, não considerando outras fases do plantio e não considerando locais que não de clima subtropical úmido.

A soja é uma espécie de grão que possui uma densa camada superior de folhas, dificultando a entrada de radiação solar nos estratos inferiores (BERGAMASCHI et al., 1981), características diferenciadas da vegetação nativa de campos, estes nos quais predominam espécies gramíneas. Sugere-se então que esta diferença de características físicas é o principal influenciador nas reduções de temperaturas de superfície locais identificadas, além do grande volume de áreas convertidas no município em um período de menos de 20 anos. Não só isso, por se tratar de um cultivo para fins econômicos, estes locais de produção tem a aplicação de insumos, como herbicidas e fertilizantes, o que tende à uniformização da vegetação em relação ao seu desenvolvimento por grandes extensões, o que não ocorre com a Formação Campestre, por justamente serem áreas de vegetação nativa de campos, a qual a vegetação não é mantida por motivos de cultivo e, por isto, não tem este tipo de manejo.

Ademais, a temperatura de superfície levando em consideração a orientação do terreno apresentou informações ligeiramente divergentes às temperaturas não utilizando o aspecto para análise. Porém, afirma-se que para melhor compreender os motivos desta diferença seriam necessários estudos de outras características da área de estudo, como a taxa de evapotranspiração, os ventos, entre outros, o que não se encaixa no escopo do presente trabalho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, foi possível primeiramente quantificar as diversas categorias de uso da terra e cobertura do solo no município de Aceguá, assim compreendendo de que forma sua paisagem modificou-se ao longo de um período de dezesseis anos, de 2004 a 2020. Com isto, observou-se uma redução de cerca de 36% das áreas de Formação Campestre no município, sendo que cerca de metade das áreas convertidas em outras categorias de uso foram voltadas para o cultivo do grão de soja.

Verificou-se, a partir de imagens da série de satélites Landsat, que as áreas de plantio de soja possuem temperaturas de superfície médias menores do que as de áreas de vegetação nativa dos campos sulinos, típico do bioma Pampa presentes no estado do Rio Grande do Sul. Também, verificou-se que o aumento do plantio de soja e, por consequência, considerando a área de estudo escolhida, a substituição da Formação Campestre pelo cultivo deste grão, acarreta na diminuição das temperaturas de superfície locais. Além disso, foi possível observar que em Aceguá, RS, a soja tende a ter temperaturas de superfície menores do que o município como um todo, no qual predominam categorias de uso da terra e cobertura do solo agropecuárias e de vegetação nativa. Estudou-se tais ocorrências durante o período de fevereiro, em que a soja está em seus estados finais de cultivo, prestes a ser colhida.

Reitera-se o papel do Brasil na produção mundial de produtos agropecuários, sendo o complexo soja o principal entre estes atualmente para a economia do país. A alta produção se traduz em uma grande quantidade de terras dedicadas a tal cultivo, significando a conversão de áreas de vegetação nativa em áreas de plantio. Assim, é imprescindível a compreensão de que forma estas mudanças no uso da terra e cobertura do solo influenciam as diferentes características físicas destes locais, incluindo, tendo sido o foco deste estudo, as temperaturas de superfície.

Por fim, embora tenha sido possível verificar que o cultivo de soja influencia uma redução nas temperaturas de superfície médias em locais anteriormente classificados como de Formação Campestre, a metodologia empregada utilizou-se de imagens de satélite obtidas apenas na primeira quinzena de fevereiro, sendo, portanto, representativa de apenas uma fase do cultivo. Faz-se necessário ainda o estudo de que forma todo o processo do plantio, desde o início e ao longo do cultivo, afeta as temperatura de superfície, além de intervalos de anos mais curtos, para uma ainda maior compreensão da influência da soja neste fator climático local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. **Os Domínios de Natureza no Brasil - Potencialidades paisagísticas**. São Paulo, SP: Ateliê Editorial, 2003.
- AGROSTAT. **Exportação – Todos os estados/Todos os países, 2020**. Brasil, 2023.
- AGROSTAT. **Exportação – RS/Todos os países, 2000 & 2020**. Brasil, 2023.
- ARAÚJO FILHO, M. da C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. **Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite**. *Revista Brasileira de Cartografia*: nº 59/2, 2007.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V. R.; BERLATO, M. A. **Perfis de radiação em uma comunidade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em dois estádios de desenvolvimento**. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Pelotas, RS: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1981.
- BONETTI, L. P. **Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição**. In: EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2007*. Sistemas de produção 11. Londrina, PR: 2006.
- BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K. **A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000**. São Paulo, SP: Anais do XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural em Ribeirão Preto, 2005.
- COUTINHO, L. M. **Biomass brasileiros**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2016.
- CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. da C.; KOESTER, E.; ALMEIDA, I. R. de; CUNHA, H. N. da; SILVA, L. F. da. **Estudos de Solos do município de Aceguá, RS**. Pelotas, RS: EMBRAPA, 2015.

DALE, V. H.; KLINE, K. L.; WRIGHT, L. L.; PERLACK, R. D.; DOWNING, M.; GRAHAM, R. L. **Interactions among bioenergy feedstock choices, landscape dynamics, and land use.**

Ecological Applications, v. 21, p. 1039-1054, 2011.

DEEDados. **Área Plantada e Quantidade Produzida de Soja no Rio Grande do Sul - 2000/2020.** Rio Grande do Sul, 2023.

EMBRAPA. **Landsat.** Campinas, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

ESRI. **Calculating area, length, and other geometric properties.** ArcMap Manage Data, 2021. Disponível em: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/tables/calculating-area-length-and-other-geometric-properties.htm>>.

ESRI. **Clip (Analysis).** ArcMap Tool Reference, 2021. Disponível em: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/analysis-toolbox/clip.htm>>.

ESRI. **Extract by Mask (Spatial Analyst).** ArcMap Tool Reference, 2021. Disponível em: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/extract-by-mask.htm>>.

ESRI. **How Aspect works - ArcMap.** ArcMap Tool Reference, 2021. Disponível em: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm>>.

ESRI. **Zonas Statistics as Table (Spatial Analyst).** ArcMap Tool Reference, 2021. Disponível em: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/zonal-statistics-as-table.htm>>.

ESRI. **Aspect (Spatial Analyst).** ArcGIS Tool Reference, 2023. Disponível em: <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/aspect.htm>>.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, P. G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.;

HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, J. C.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. **Global Consequences of Land Use.** Science: 309, 2005.

GALFORD, G. L.; MUSTARD, J. F.; MELILLO, J.; GENDRIN, A.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. **Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil.** Remote Sensing of Environment, v. 112, n. 2.

GUAN, H.; ZHANG, X.; MAKHNIN, O.; SUN, Z. **Mapping Mean Monthly Temperatures over a Coastal Hilly Area Incorporating Terrain Aspect Effects.** Journal of Hydrometeorology - vol 14, 2013.

HASENACK, H.; WEBER, E.; BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R. **Mapa de sistemas ecológicos da ecorregião das savanas uruguaias em escala 1:500.000 ou superior e relatório técnico descrevendo insumos utilizados e metodologia.** UFGRS/Dept. de Ecologia, The Nature Conservancy, Porto Alegre, 2010.

HASENACK, H.; WEBER, E. J.; BOLDRINI, I. I.; TREVISAN, R.; FLORES, C. A.; DEWES, H. **Biophysical delineation of grassland ecological systems in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil.** Iheringia, Série Botânica. v. 78, 2023.

HIMOWITZ, T. **On the domestication of soybean.** Economic Botany: v. 24 - n. 2, 1970.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE. **Manuais técnicos em Geociências - Manual técnico de uso da terra.** Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2006 - 2. Ed.

IBGE. **Série Relatórios Metodológicos - Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil.** Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2019.

IBGE. **Contas de ecossistemas - o uso da terra nos biomas brasileiros (2000-2018).** Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2020.

IBGE. **Malha Municipal - Rio Grande do Sul/Municípios**. Rio de Janeiro, RS: IBGE, 2022.

Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>

IBGE. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2023.

INCRA. **Relatório Ambiental do Projeto de Assentamento Jaguarão Aceguá/RS**. Porto Alegre, RS: INCRA, 2007.

KUCUKVAR, M.; ONAT, N. C.; ABDELLA, G. M.; TATARI, O. **Assessing regional and global environmental footprints and value-added of the largest food producers in the world**. Resources, Conservation & Recycling: 144, 2019.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P. **Análise comparativa entre os modelos digitais de elevação ASTER, SRTM e TOPODATA**. Curitiba, PR: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande, MT: Editora UNIDERP, 2006.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013 - 3ª edição.

LORENZZETI, J. A. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. São Paulo, SP: Bluncher, 2015.

MAPBIOMAS BRASIL. **DESCRIÇÃO DA LEGENDA COLEÇÃO 7.0**. 2022. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>>. Acesso em: 20 jun. 2023

MOGLEN, G. E.; MAIDMENT, D. R. **Digital elevation model analysis and Geographic Information Systems**. Encyclopedia of Hydrological Sciences, 2005.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011 – 4. Ed. atual. e ampl. OVERBECK, G. E.; MARTIN-VÉLEZ, E.;

SCARANO, F. R.; LEWINSOHN, T. M.; FONSECA, C. R.; MEYER, S. T.; MÜLLER, S. C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LORENZEN, K.; JACOBI, C. M.; WEISSER, W. W.; PILLAR, V. D. **Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems.** Diversity and Distributions, v. 21, n.12, p. 1455-1460, 2015.

PILLAR, V. D. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R. da; PASINATO, A. **Caracterização do sistema de produção das principais culturas de grãos do sul do Brasil - potencialidades do ambiente X riscos climáticos.** In: EMBRAPA. Lidando com Riscos Climáticos - Clima, Sociedade e Agricultura. Passo Fundo, RS: 2004.

RS. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, RS: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2020.

SOUZA, C. M., JR.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; DE OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L. C. F.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine.** Remote Sens.: 12, 2020.

SUERTEGARAY, D. M. A.; SILVA, L. A. P. **Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha.**
In: PILLAR, V. P.; et al. (Orgs.). Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

USGS. **USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global.** 2019. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1>>

USGS. **What are the band designations for the Landsat satellites?** 2018. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>>. Acesso em <24/maio/2023>

USGS. **How do I use a scale factor with Landsat Level-2 science products?** 2021. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/faqs/how-do-i-use-a-scale-factor-landsat-level-2-science-products>>. Acesso em <24/maio/2023>

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J.S. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação.** Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia, 2004. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/labgeo>>.

YUAN, X.; WANG, W.; CUI, J.; MENG, F.; KURBAN, A.; MAEYER, P. de. **Vegetation changes and land surface feedbacks drive shifts in local temperatures over Central Asia.** Scientific Reports: 7, 2017.

ZANOTTA, D. C.; FERREIRA, M. P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2019.