

## Uso do fogo nos campos de altitude do sul do Brasil: análise do licenciamento ambiental a partir de geotecnologias

Daniela Santos da Silva <sup>1</sup>, Clódís de Oliveira Andrades-Filho <sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Bacharel em Gestão Ambiental, Unidade Hortênsias, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup>Doutor em Geociências, Professor do Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

(\*Autor correspondente: [clodis.filho@ufrgs.br](mailto:clodis.filho@ufrgs.br))

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 11/08/2020 – Revisado em: 09/10/2020 – Aceito em: 19/12/2020

### RESUMO

Esta investigação diagnostica os efeitos espaciais da regulamentação do manejo dos campos nativos de altitude, Bioma Mata Atlântica. O estudo abrange a Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Tainhas, município de São Francisco de Paula/RS. Etapas metodológicas: levantamento e análise das licenças ambientais emitidas nos anos de 2017 e 2018 junto ao Poder Público municipal; organização do banco de dados e detecção das áreas manejadas com uso do fogo a partir imagens de sensoriamento remoto orbital; cruzamento espacial dos dados correspondentes às licenças emitidas e áreas queimadas. O uso de imagens dos satélites Landsat-8 e Sentinel-2 foi eficiente na detecção das áreas manejadas com fogo. Somente 36% das áreas de campo manejadas com fogo atenderam à legislação para realização dessa prática. O processo de licenciamento ambiental está sendo parcialmente eficaz, já que: i) a maior parte das áreas manejadas com fogo não possuíam licença para essa atividade; ii) parte das propriedades rurais, com licenciamento ambiental concedido para manejo com uso do fogo, realizou a queima de forma diferente do permitido e/ou afetando Áreas de Preservação Permanente (APP). Os produtos deste estudo se constituem em subsídios para o Poder Público municipal e aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão ambiental territorial.

**Palavras-Chaves:** Queima de campo nativo. São Francisco de Paula. Sistema de Informações Geográficas (SIG), Campos de Cima da Serra.

Use of fire in the highland grasslands of southern Brazil: analysis of environmental licensing using geotechnologies

### ABSTRACT

We investigate the spatial effects of legalizing agricultural open burning of native highland grasslands in the Atlantic Forest in southern Brazil; more specifically, the effects in the Buffer Zone of Tainhas State Park in the municipality of São Francisco de Paula (RS, Brazil). Methodological steps include survey and analysis of environmental licenses issued by the municipal government in 2017 and 2018; organization of a database of Landsat-8 and Sentinel-2 images for detecting areas managed with open burning; spatial join of issued licenses and open burning areas detected from the satellite images. Our methodology was capable of detecting areas managed with open burning. Only 36% of the areas managed with open burning met the legal requirements to carry out this practice, i.e., most of the areas managed with fire did not have licenses for this practice. In addition, the licensed properties did not follow the rules for open burning land management burned and/or affected Permanent Protection Areas (APP). Based on our findings, we conclude that the environmental licensing process has been partially effective in managing the use of fire. The findings from this study will support the local government and aid the improvement of tools for environmental and territory management.

**Keywords:** Agricultural open burning. São Francisco de Paula. Geographic Information System (GIS), Campos de Cima da Serra.

Silva, D.S., Andrades-Filho, C.O (2021). Uso do fogo nos Campos de Altitude do sul do Brasil: análise do licenciamento ambiental a partir de geotecnologias. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.9, n.1, p.146-164.



## 1. Introdução

O fogo tem apresentado papel essencial na evolução ecológica dos Campos de Altitude, Bioma Mata Atlântica, nos últimos dez mil anos (Behling & Pillar, 2007; Jeske-Pieruschka et al., 2010). O manejo do campo com uso do fogo é uma prática antrópica centenária, sendo realizada há várias gerações pelos produtores pecuaristas da região (Overbeck et al., 2018). A pecuária extensiva utiliza o campo para pastejo visando produção de carne e leite. As pastagens são espécies gramíneas presentes no campo nativo, porém para o provimento do gado, é necessário que as pastagens sejam vigorosas e suficientes para suprir a demanda, o que não ocorre nas estações outono e inverno.

Para amenizar esta carência, nas estações frias, é utilizada a queima controlada de campo nativo em área não mecanizável, pois tal prática faz com que as pastagens rebrotem com maior intensidade após os períodos de geada. Porém, tal prática foi proibida através da Lei Estadual do RS nº 9.519/1992, que institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul. Entre os efeitos econômicos e sociais da proibição esteve a redução ou eliminação da renda do produtor rural advinda da pecuária, o êxodo do produtor tradicional e impacto na descaracterização da paisagem dos Campos Altitude, Bioma Mata Atlântica (Buffon, Printes, & Andrades-Filho, 2018; Carvalho & Andrades-Filho, 2019). Esta modificação está atrelada à alteração da matriz econômica agrícola, resultante de um incremento expressivo de monocultivos de grãos, hortaliças, forrageiras e silvicultura no lugar das áreas de campo nativo.

Tais problemáticas e o aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão ambiental nos níveis federal, estadual e municipal contribuíram para uma revisão das leis ambientais. Por consequência, a queima controlada de campo nativo tornou-se uma atividade passível de licenciamento ambiental nos Campos de Altitude do RS (i.e., Campos de Cima da Serra) a partir da Lei Estadual do RS nº 13.931/2012, que altera a Lei nº 9.519/1992. Assim, esta permissão deveria ser emitida e fiscalizada pelo órgão ambiental municipal competente. Por conseguinte, São Francisco de Paula-RS instituiu a Lei Municipal nº 2924/2013 que autoriza o Poder Executivo a conceder permissão para a queima controlada no município. O município passou a ser o primeiro nos Campos de Altitude do RS a ter instrumentos legais para concessão de permissão e fiscalização da atividade.

A região de ocorrência dos ecossistemas Campos de Altitude e Floresta Ombrófila Mista no RS se destaca pela quantidade e diversidade de áreas protegidas, entre elas as unidades territoriais federais, estaduais, municipais e particulares (Piasentin & Gois, 2016) denominadas como Unidade de Conservação (UC). Esta condição amplia os desafios de gestão ambiental territorial em diversas regiões abrangidas pelo Bioma Mata Atlântica (p.e., Riondet-Costa et al., 2013), incluindo a região nordeste do RS, que abrange esses ecossistemas.

A nomenclatura UC é definida através da Lei Federal nº 9.985/2000 (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC) às áreas naturais que possuem características ambientais especiais, sendo, por isto, passíveis de proteção. Conforme consta no SNUC, em seu art. 2º, § I, Unidade de Conservação é o “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”. São divididas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Conservação de Proteção Integral possuem regras de uso mais restritivas, sendo permitido somente o uso indireto dos recursos naturais, não envolvendo consumo ou coleta destes. Já as Unidades de Conservação de Uso Sustentável buscam balancear a conservação da natureza e o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis.

A área de estudo abrange a Zona de Amortecimento (ZA) do Parque Estadual do Tainhas, uma UC de Proteção Integral. Esta área foi escolhida por abranger em sua ZA uma área extensa de campo nativo que prevê o uso da terra a partir da pecuária extensiva. Porém, esta área deve ao mesmo tempo cumprir a função de proteção dos ecossistemas do interior do Parque e seguir as determinações legais do município de São

Francisco de Paula/RS. Adicionalmente, a UC se apoia em dados técnico-científicos sobre a condição de manejo dos campos nativos para os processos de revisão do Plano de Manejo da Unidade.

Considerando que cabe aos municípios promover o licenciamento ambiental das atividades de impacto ambiental de âmbito local, Lei Federal Complementar nº 140/2011, a gestão ambiental é extremamente complexa em municípios de ampla dimensão territorial, cujas atividades, como no caso do manejo do campo com uso do fogo, são licenciadas por eles. Porém, a consolidação dos Sistemas Municipais de Meio Ambiente é passo evolutivo importante na gestão ambiental descentralizada e em conformidade com os princípios de desenvolvimento sustentável, considerando a realidade e potencialidade de cada região (Ávila & Malheiros, 2012).

São Francisco de Paula/RS é o décimo quinto município em área no RS (Moraes & Cunha, 2018) e o maior entre os que abrangem o ecossistema dos Campos de Altitude no Estado. Nesse sentido, as geotecnologias são ferramentas essenciais para a gestão territorial. Em especial neste trabalho, a detecção e monitoramento do uso do fogo em propriedades rurais, a partir de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (p.e., Ponzoni, Shimabukuro, & Kuplich, 2012; Stambaugh, Hammer, & Godfrey, 2015; Pereira et al., 2017; Buffon, Printes, & Andrades-Filho, 2018; Rodrigues et al., 2018) são ferramentas fundamentais para aplicação do licenciamento ambiental, para a dinamização da avaliação contínua da efetividade e aperfeiçoamento de seus instrumentos.

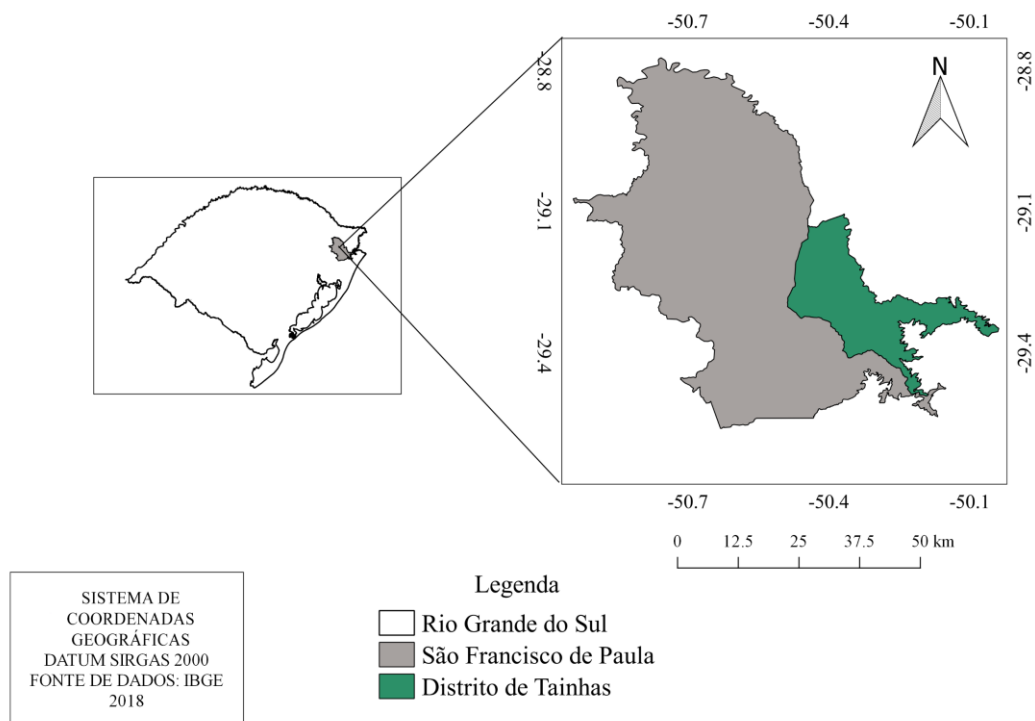
Nesse sentido, este trabalho aplica técnicas de sensoriamento remoto para o monitoramento ambiental do manejo do uso do fogo, na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Tainhas. O objetivo foi verificar a aplicação do instrumento de licenciamento ambiental, seu grau de cumprimento e desafios, no contexto atual de retorno da permissão do emprego da prática tradicional de uso do fogo sobre os Campos de Altitude, no Rio Grande do Sul.

Para isto foi necessário: a) realizar levantamento das licenças ambientais emitidas para a realização de queima de campo nos anos de 2017 e 2018; b) Comparar as áreas informadas nas licenças emitidas com aquelas efetivamente manejadas com uso do fogo a partir de imagens de satélite; c) estimar as áreas de campo nativo manejadas com uso do fogo sem a obtenção de licença ambiental.

## 2. Material e métodos

A área de estudo desta investigação é abrangida pelo município de São Francisco de Paula, o qual fica localizado na região Nordeste do Rio Grande do Sul e ocupa uma área de 3.264,490 km<sup>2</sup>. O município está dividido em sete distritos assim denominados: São Francisco de Paula (sede), Cazuza Ferreira, Eletra, Juá, Lajeado Grande, Rincão dos Kroeff e Tainhas. Este estudo tem como recorte espacial a ZA do Parque Estadual do Tainhas, a qual fica localizada no distrito de Tainhas (Figura 1). Sobre esta área foi realizada a análise do processo de licenciamento ambiental do uso do fogo para o manejo do campo nativo a partir de imagens de satélite.

**Figura 1** – Mapa de localização do distrito de Tainhas, São Francisco de Paula/RS



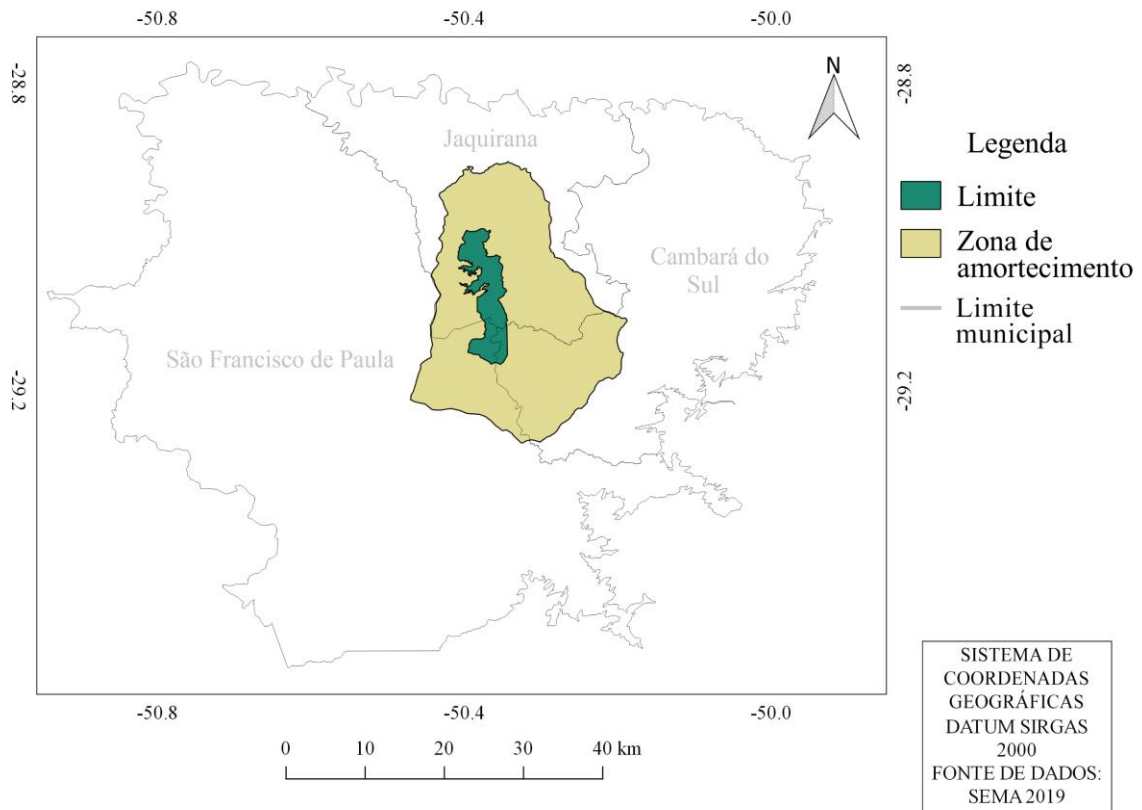
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), este município possui atualmente uma população estimada de 21.633 (vinte e um mil seiscentos e trinta e três) habitantes, sendo uma média de 35% (trinta e cinco por cento) desta residente na área rural, conforme censo realizado em 2010 (IBGE, 2010).

O distrito de Tainhas, por sua vez, foi criado através de Ato Municipal n.º 42, em 18 de outubro de 1922. Neste distrito está localizada parte do Parque Estadual do Tainhas, criado no ano 1975 através de Decreto Estadual n.º 23.798/75, que “*Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas e dá outras providências*”. Este Parque abrange não somente o município de São Francisco de Paula, como também o município de Cambará do Sul e de Jaquirana (Figura 2).

A partir da criação do Parque supracitado, foi instituído o Plano de Manejo do Parque Estadual do Tainhas no ano de 2008 (Bencke & Duarte, 2008), o qual, dentre outras atribuições, define o zoneamento do referido Parque, determinando as zonas conforme definições propostas pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Tal zoneamento dividiu o Parque entre: Zona Primitiva, Zona de Recuperação, Zona de Uso Intensivo, Zona de Uso Especial, Zona de Uso Conflitante e Zona de Amortecimento e Corredores Ecológicos.

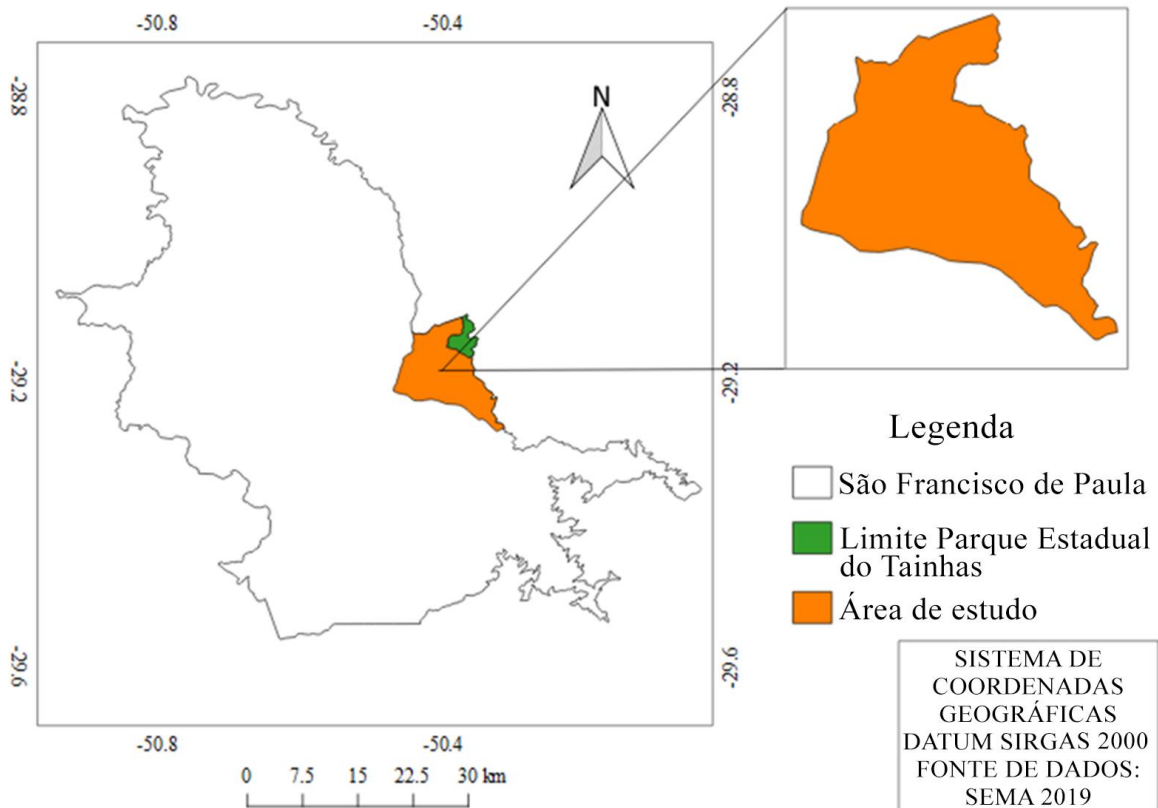
**Figura 1** – Mapa da área de limite e de zona de amortecimento do Parque Estadual do Tainhas.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A análise objeto deste estudo foi realizada especificamente na ZA do Parque Estadual do Tainhas, sendo considerada, desta, somente a região inserida no município de São Francisco de Paula/RS (Figura 3), possuindo um total de 13.062 hectares.

**Figura 2 -** Recorte espacial da área de estudo.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A pesquisa compreendeu seis etapas. A primeira etapa metodológica consistiu em fazer um levantamento bibliográfico e documental acerca do tema a ser abordado.

Na segunda etapa foi realizado um levantamento de todas as licenças emitidas pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade para autorizar a queima de campo nativo na Zona de Amortecimento do Parque Tainhas, dentro do município de São Francisco de Paula. Para tal levantamento, foram escolhidos os anos de 2017 e 2018, a fim de que a pesquisa fosse possível considerando o tempo máximo de validade de cada licença para a atividade, dois anos, neste período.

A terceira etapa consistiu na coleta, processamento e análise dos dados geoespaciais. Foi realizado o *download* das imagens de satélite disponíveis gratuitamente nos *sites* <https://earthexplorer.usgs.gov/> e <https://scihub.copernicus.eu/>. As imagens selecionadas foram dos satélites Landsat 8 e Sentinel 2, dos períodos entre 15 de julho e primeira imagem disponível após 15 de setembro (caso nenhum satélite houvesse imageado a área de estudo nesta data) nos anos de 2017 e 2018. Tal intervalo de datas foi escolhido por ser somente neste período em que a queima de campo nativo é permitida, desde que licenciada.

Lançado em 2013, o satélite Landsat 8 (Miller, 2016) está em órbita a 705 km de altitude, possuindo um período de revisita de 16 dias. No sensor OLI (*Operational Land Imager*) possui bandas espectrais capazes de coletar imagens nas zonas do visível (V), bandas 1, 2, 3 e 4, da região pancromática, banda 8, do infravermelho próximo (NIR), banda 5, e do infravermelho de ondas curtas (SWIR), bandas 6, 7 e 9; resolução espacial de 30 metros (nas bandas espectrais do V, NIR e SWIR), resolução radiométrica de 16 bits e a capacidade de imageamento com largura de 185 quilômetros. O uso dos produtos deste satélite está voltado principalmente para monitoramento de recursos naturais e minerais, agricultura, silvicultura, mapeamentos temáticos diversos,

queimadas, poluição, áreas alagadas e eutrofização. Também é usado para atualização de mapas de uso e cobertura de terras ou para planejamento urbano.

Já o satélite Sentinel 2 teve a função de complementar o Landsat, pois traz os mesmos atributos deste, porém com maior capacidade de revisita. No ano de 2017 foi lançado o Satélite Sentinel 2B, sendo que, juntos, Sentinel 2A e 2B realizam coleta de dados sobre vegetação, solos, rios, dentre outros. O sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*) atua com resolução radiométrica de 12 bits, um tempo de revisita de apenas 5 dias e conseguindo imagear largura de 290 quilômetros, por cena. Possui 4 bandas que atuam na zona do visível e no infravermelho próximo (NIR) (bandas 2, 3, 4 e 8), resolução espacial de 10 m, 4 bandas que atuam na faixa “Red edge” e 2 bandas no infravermelho de ondas curtas (SWIR) (bandas 5, 6, 7, 8A, 11 e 12), resolução espacial de 20 m e 3 bandas para correções atmosféricas (bandas 1, 9 e 10).

Do ano de 2017 estavam disponíveis para *download* 15 (quinze) imagens, sendo 9 (nove) do satélite Landsat 8 e 6 (seis) do satélite Sentinel 2. Porém, destas, somente 7 (sete) puderam ser analisadas, pois as demais possuíam nuvens ou dados nulos na área de estudo (Tabela 1). O nível de processamento das imagens utilizadas foi C1 – Level 2 para o sensor OLI e Level-2A para o sensor MSI.

**Tabela 1** – Relação das imagens disponíveis para download do ano 2017.

ANO 2017			
Imagem	Data	Satélite	Situação
1	17/jul	Landsat 8	encoberta por nuvens
2	24/jul	Landsat 8	analisada
3	27/jul	Sentinel 2	indisponível
4	02/ago	Landsat 8	analisada
5	03/ago	Sentinel 2	encoberta por nuvens
6	09/ago	Landsat 8	encoberta por nuvens
7	16/ago	Sentinel 2	indisponível
8	18/ago	Landsat 8	encoberta por nuvens
9	23/ago	Sentinel 2	analisada
10	25/ago	Landsat 8	analisada
11	03/set	Landsat 8	analisada
12	05/set	Sentinel 2	indisponível
13	10/set	Landsat 8	analisada
14	12/set	Sentinel 2	encoberta por nuvens
15	19/set	Landsat 8	analisada

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Já do ano de 2018 estavam disponíveis 34 (trinta e quatro) imagens, sendo 9 (nove) do satélite Landsat 8 e 25 (vinte e cinco) do satélite Sentinel 2. No entanto, destas, puderam ser analisadas um total de 10 (dez) imagens, sendo as demais inutilizadas também por possuírem nuvens ou dados nulos na área de estudo (Tabela 2).

É importante destacar que a partir da resolução espacial do satélite Landsat 8, o de resolução espacial mais baixa, as áreas de queima detectáveis cobrem as áreas a partir de 900 m<sup>2</sup>, no terreno.

**Tabela 2** - Relação das imagens disponíveis para download do ano 2018.

ANO 2018			
Imagem	Data	Satélite	Situação
1	17/jul	Sentinel 2	indisponível
2	19/jul	Sentinel 2	analizada
3	20/jul	Landsat 8	encoberta por nuvens
4	22/jul	Sentinel 2	indisponível
5	24/jul	Sentinel 2	encoberta por nuvens
6	27/jul	Landsat 8	encoberta por nuvens
7	27/jul	Sentinel 2	indisponível
8	29/jul	Sentinel 2	analizada
9	01/ago	Sentinel 2	indisponível
10	03/ago	Sentinel 2	encoberta por nuvens
11	05/ago	Landsat 8	encoberta por nuvens
12	06/ago	Sentinel 2	indisponível
13	08/ago	Sentinel 2	encoberta por nuvens
14	11/ago	Sentinel 2	indisponível
15	12/ago	Landsat 8	encoberta por nuvens
16	13/ago	Sentinel 2	analizada
17	16/ago	Sentinel 2	indisponível
18	18/ago	Sentinel 2	analizada
19	21/ago	Landsat 8	encoberta por nuvens
20	21/ago	Sentinel 2	indisponível
21	23/ago	Sentinel 2	analizada
22	26/ago	Sentinel 2	indisponível
23	28/ago	Landsat 8	analizada
24	28/ago	Sentinel 2	analizada
25	31/ago	Sentinel 2	indisponível
26	02/set	Sentinel 2	encoberta por nuvens
27	05/set	Sentinel 2	indisponível
28	06/set	Landsat 8	analizada
29	07/set	Sentinel 2	analizada
30	10/set	Sentinel 2	indisponível
31	12/set	Sentinel 2	encoberta por nuvens
32	13/set	Landsat 8	encoberta por nuvens
33	15/set	Sentinel 2	indisponível
34	22/set	Landsat 8	analizada

**Fonte:** Elaborado pelos autores

A quarta etapa consistiu em quantificar as licenças levantadas na etapa 2, de acordo com o ano, fazendo a análise dos dados constantes nestas, para assim identificar as áreas licenciadas, de acordo com as coordenadas geográficas informadas via requerimento. No ano de 2017 foram realizadas um total de 5 (cinco) licenças na área de estudo, enquanto no ano de 2018 este número passou para 10 (dez). Após, foram definidas as poligonais destas áreas através do programa Google Earth Pro (Google, 2019), identificando assim as regiões licenciadas dentro da área de estudo.

Como quinta etapa, utilizando-se das imagens de satélite, procedeu-se ao levantamento das áreas de campo nativo que foram queimadas, entre os anos de 2017 e 2018, com base nas curvas espectrais nas regiões espectrais do visível e infravermelho definidas por Buffon, Printes e Andrades-Filho (2018) em área de queima dos Campos de Altitude em São Francisco de Paula, a partir da assinatura espectral da vegetação (Ponzoni, Shimabukuro & Kuplich, 2012). Segundo Buffon, Printes e Andrades-Filho (2018) a estratégia elaborada na



região dos Campos de Altitude demonstrou que amostras de campo não manejados, compostas tanto por matéria seca quanto por Capim Caninha (*Andropogon lateralis*), possuem maior reflectância nas bandas 4, 5 e 6 do satélite Landsat 8. Já as amostras de áreas manejadas através do uso do fogo respondem melhor espectralmente nas bandas 4, 5, 6 e 7, sendo a banda 7 (infravermelho de ondas curtas) responsável pelo valor máximo de reflectância.

Com uso dos SIGs QGIS 2.18.0 (QGIS Development Team, 2016) e SPRING (Câmara et al., 1996) as áreas de queima foram identificadas espacialmente e analisadas quantitativamente. Para tanto, foi realizada a técnica de composição colorida RGB, sendo banda 5 – RED, banda 6 – GREEN e banda 4 – BLUE para imagens extraídas do satélite Landsat 8 e banda 8 – RED, banda 11 – GREEN e banda 4 – BLUE para imagens extraídas do satélite Sentinel 2. Tal composição foi escolhida por ser a que melhor destaca visualmente as cicatrizes de queima (p.e, Buffon, Printes & Andrades-Filho, 2018). De forma combinada à composição colorida foi aplicada a análise visual do índice NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), sensível às altas e baixas atividades de clorofila das plantas (p.e., Huete et al., 2002). Áreas de campo queimadas apresentam índices NDVI baixos pelo fato de nestas áreas haver baixa presença de clorofila na cobertura vegetal (Ponzoni, Shimabukuro & Kuplich, 2012). A partir desses elementos foram identificadas e vetorizadas as áreas de campo em SIG.

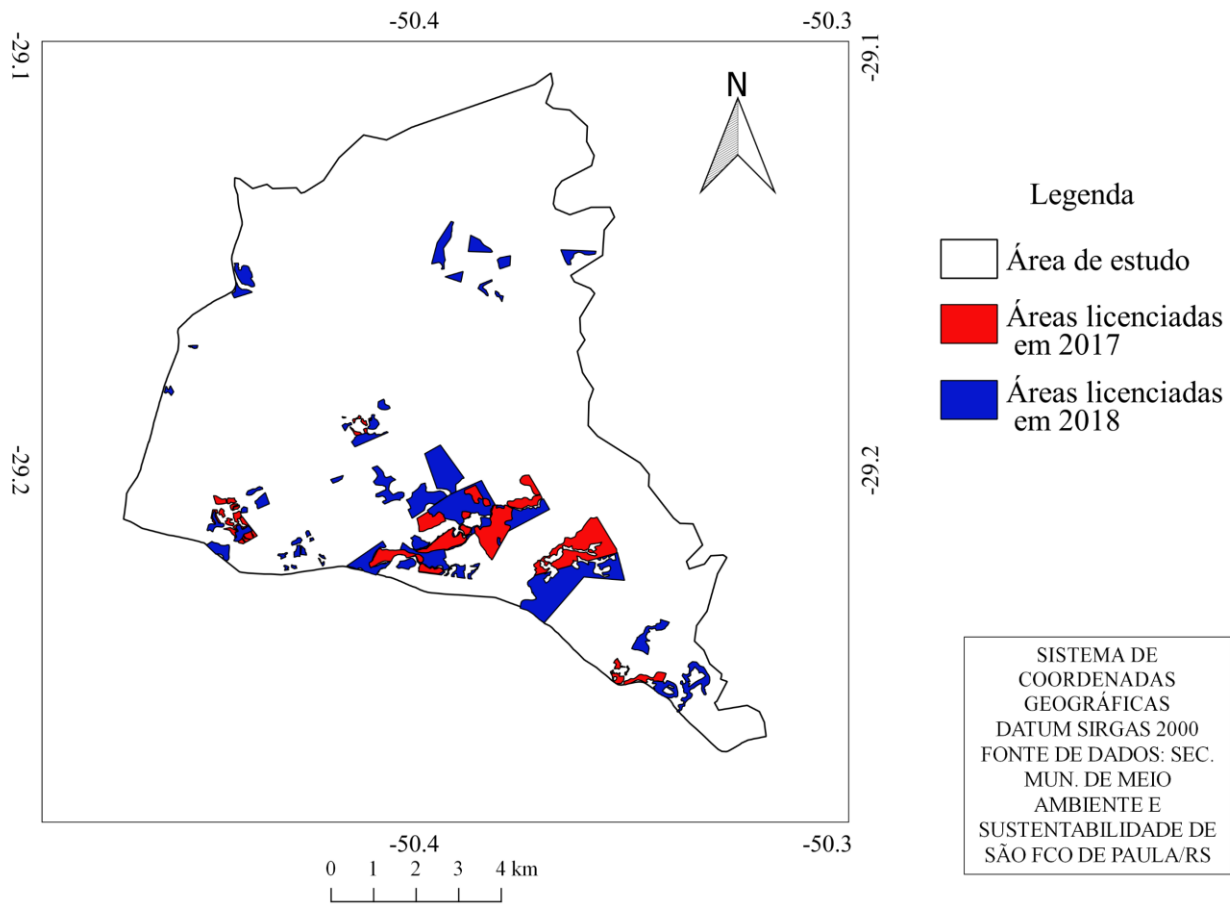
Na sexta etapa foi realizado um cruzamento dos dados das áreas manejadas com uso do fogo e as áreas licenciadas a fim de se encontrar as divergências espaciais, de área e localização, entre as áreas licenciadas e as efetivamente queimadas.

### **3. Resultados: análise dos dados levantados**

#### *3.1 Áreas licenciadas*

Depois de realizado o levantamento das licenças emitidas, pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), autorizando o manejo através da queima controlada na área de estudo, e verificada a localização das áreas licenciadas dentro do polígono de estudo, observou-se que em 2018, além da existência de novas áreas licenciadas, manteve-se o licenciamento das propriedades licenciadas em 2017 (Figura 4).

Também se verificou um aumento do número de licenças emitidas do ano de 2017, 5 (cinco) para o ano de 2018, 10 (dez). Tal aumento mostra que, apesar de o licenciamento estar há poucos anos implantado, no período analisado o número de licenças emitidas dobrou em 2018 em relação a 2017, ampliando a área licenciada e indicando uma melhoria na adesão dos proprietários rurais sobre a necessidade de licenciamento para a prática de uso do fogo.

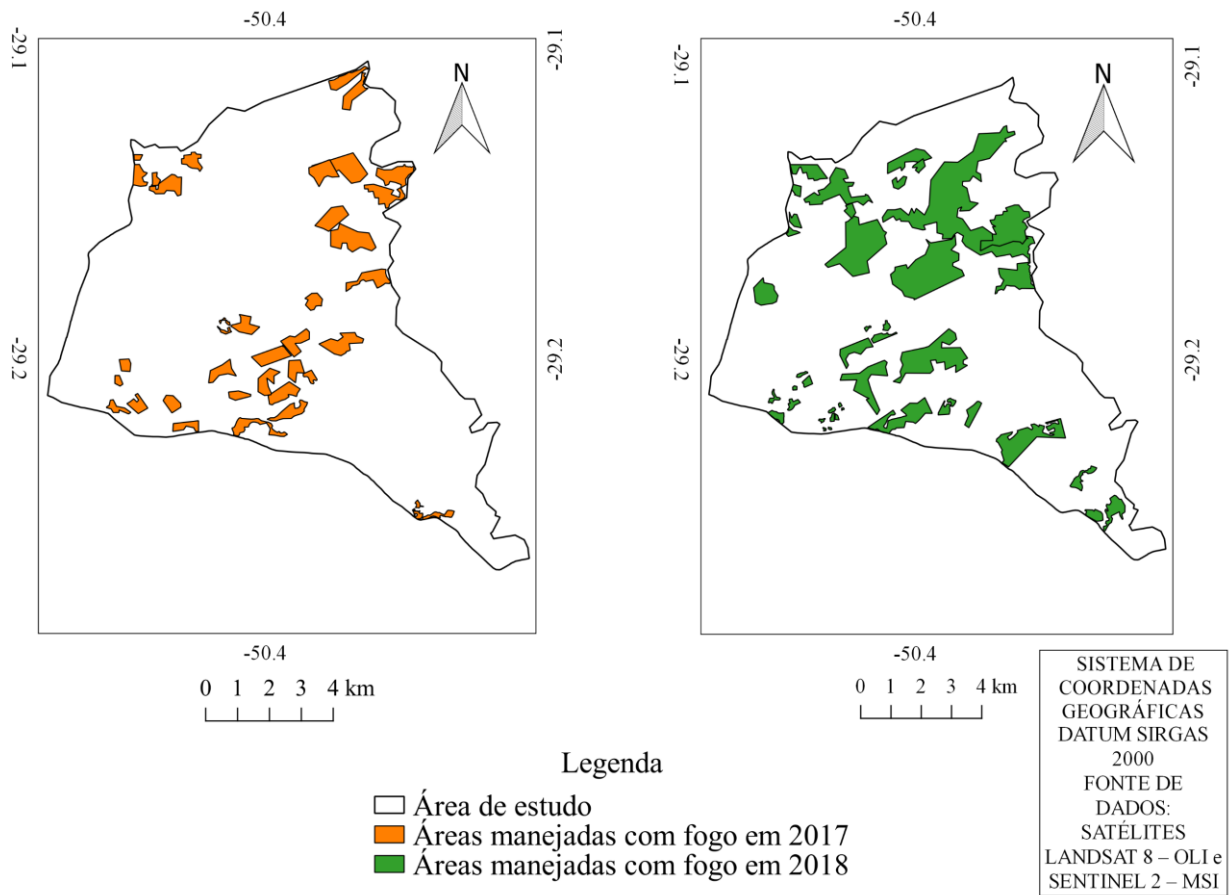
**Figura 3** - Mapa das áreas licenciadas para manejo com fogo nos anos de 2017 e 2018.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 Áreas manejadas com fogo

No período analisado, meses de julho a setembro, verificou-se um grande número de áreas efetivamente queimadas nos anos de 2017 e 2018. No ano de 2017 foram detectadas áreas de queima desde o imageamento de 24 de julho, tendo um aumento progressivo destas áreas entre a segunda quinzena de agosto e primeira quinzena de setembro. Já no ano de 2018 foram detectadas áreas de queima somente a partir de 18 de agosto, tendo um aumento expressivo destas áreas no final deste mês, especificamente em 28 de agosto, e poucas áreas de queima realizadas no mês de setembro. Neste ano, 2018, a preferência por realizar a queima controlada no mês de agosto ocorreu provavelmente porque os meses de julho e de setembro foram períodos com grande volume de precipitação na área de estudo (200 mm – 300 mm), conforme informado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). Feitas as análises das áreas de queima, e, após proceder-se à verificação da localização destas dentro da área de estudo, o método permitiu a detecção das áreas de queima tanto no ano de 2017, quanto no ano de 2018 (Figura 5).

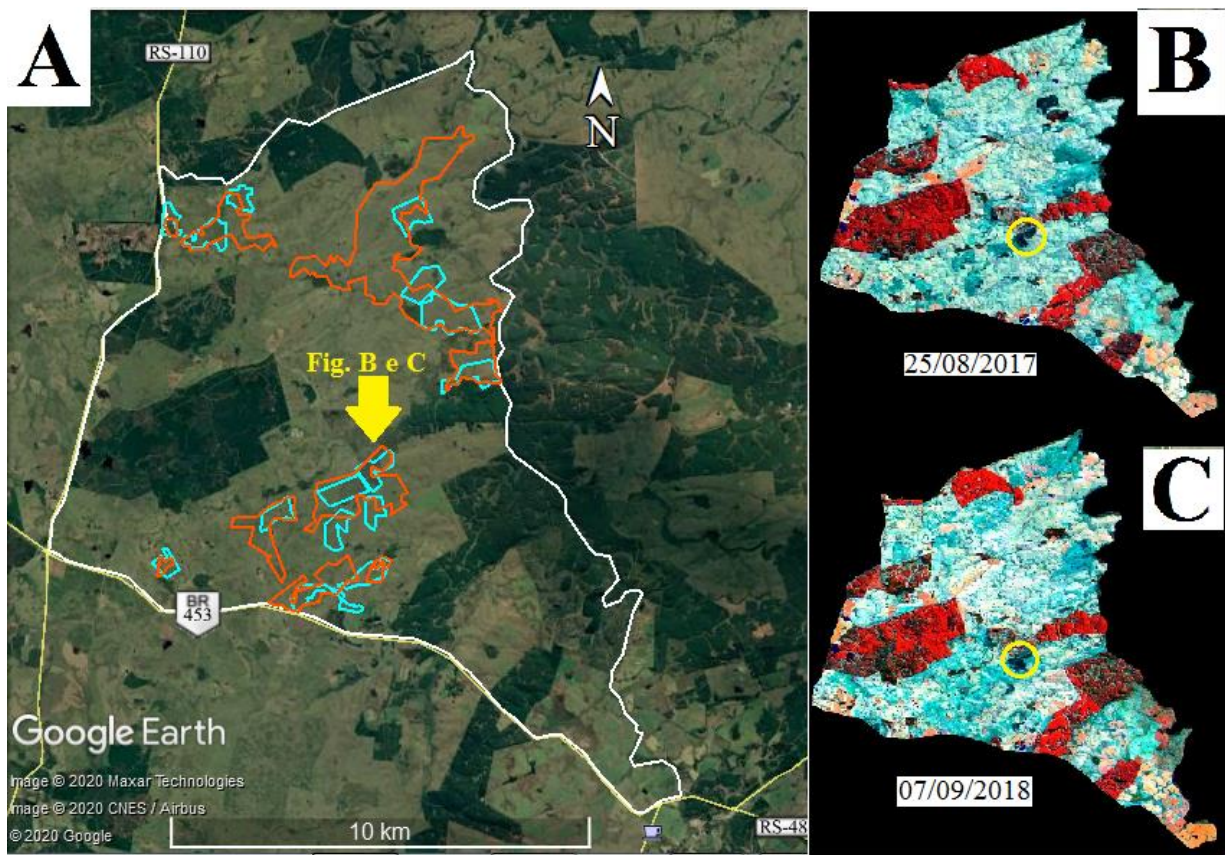
**Figura 4 -** Mapa das áreas manejadas com fogo nos anos de 2017 e 2018.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os dados indicam aumento expressivo de áreas queimadas no ano de 2018 (2.566,26 ha) em relação a 2017 (1.117,73 ha). Além disso, houve áreas coincidentes de manejo através da queima nos anos de 2017 e 2018 (Figura 6). Esse dado é importante e grave do ponto de vista ambiental, pois as coincidências ocorreram tanto em áreas licenciadas para a realização da queima, quanto em áreas não licenciadas. Mesmo em áreas licenciadas, a queima não é permitida em locais iguais da propriedade rural em anos consecutivos, segundo o regulamento municipal. Nota-se que, conforme exemplos na Figura 6, nestas áreas específicas, há situações de reincidência e de expansão das poligonais de queima em 2018, em relação ao ano de 2017.

**Figura 5** - Imagem representando as áreas coincidentes de manejo com fogo nos anos de 2017 e 2018.



Legenda

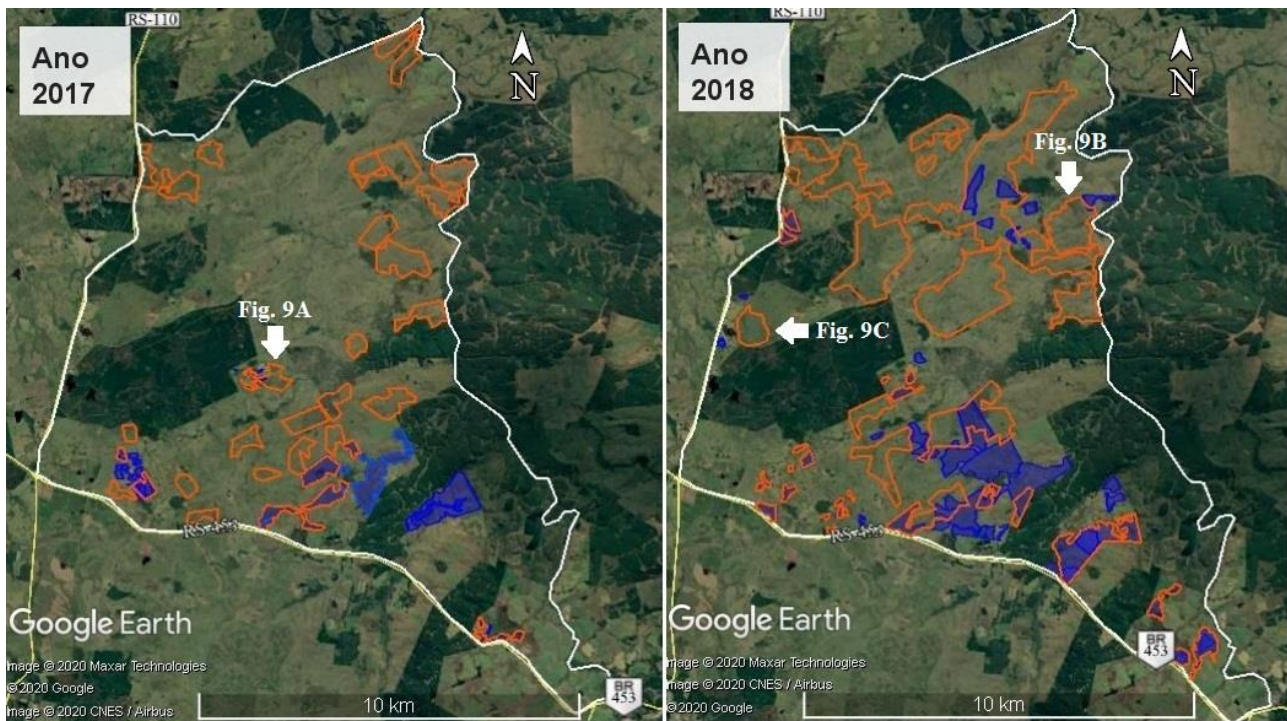
- Áreas manejadas com fogo em 2017
- Áreas manejadas com fogo em 2018

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.3 Áreas licenciadas versus áreas queimadas

Apesar de o número de licenças para a realização de manejo através do fogo ter aumentado entre os anos de 2017 e 2018, na área de estudo, a diferença entre as áreas queimadas e efetivamente licenciadas é expressiva. No ano de 2017 foram licenciados um total de 403,73 hectares, sendo queimados um total de 1.117,73 hectares. Já no ano de 2018 foram licenciados um total de 931,94 hectares, e queimados um total de aproximadamente 2.566,26 hectares (Figura 7). A porção norte da área de estudo é a que apresenta as maiores áreas queimadas de campo e não licenciadas, em 2018.

**Figura 6** - Imagem representando as áreas licenciadas e queimadas em 2017 e 2018.



### Legenda



Áreas licenciadas

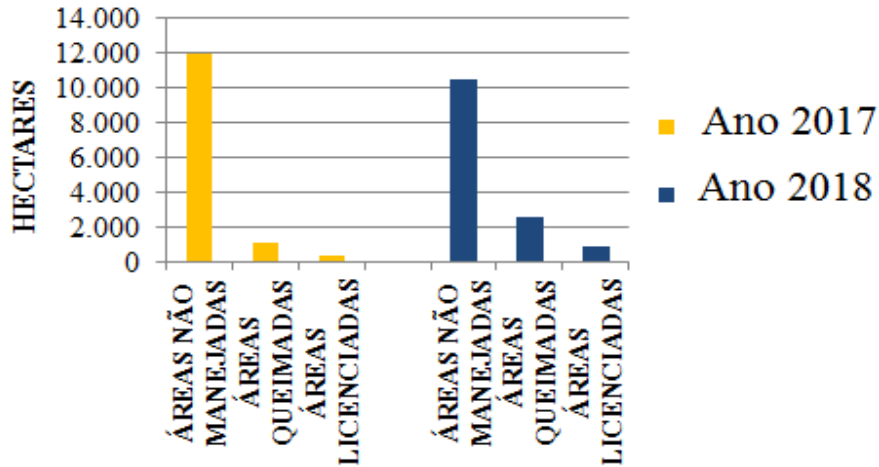


Áreas manejadas com fogo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se então que dos 13.062 hectares que abrangem a área de estudo, 8,56% foi queimada no ano de 2017, sendo que do total de áreas queimadas somente 36,1% foi através de licenciamento ambiental. No ano de 2018, da área total de estudo, 19,6% foi queimada, sendo 36,3% deste montante através de licença ambiental (Figura 8).

**Figura 7** – Comparativo entre áreas manejadas e não manejadas com uso do fogo e áreas licenciadas em 2017 e 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante salientar que do total de hectares pertencentes à área de estudo, há uma parcela a qual não é possível manejar (i.e., aproximadamente 3.375,75 ha), por serem áreas que não possuem mais campo nativo, no período de análise. São áreas cuja cobertura do solo é representada por lavouras, silvicultura, mata nativa ou açudes, conforme identificado também no estudo sobre os impactos da conversão dos Campos de Altitude (Carvalho & Andrades Filho, 2019). Desta forma, considerando somente a área manejável, no ano de 2017 foi queimada 11,54% desta, enquanto no ano de 2018 subiu para 26,5%.

Além, da constatação de que a maior parte das áreas manejadas com uso do fogo não estavam licenciadas no período de análise, outro ponto importante diz respeito à incompatibilidade das práticas realizadas em áreas licenciadas. Em parte das propriedades rurais com licenciamento ambiental concedido para manejo com uso do fogo a queima foi realizada de forma diferente do informado no projeto aprovado, extrapolando a dimensão de áreas licenciadas, e, por vezes englobando parcialmente ou totalmente áreas de proteção ambiental (APP), Lei Federal 12.651/12, como banhados e/ou margens de cursos d’água não perenes (Rio Grande do Sul, 2015), por exemplo (Figura 9A, B e C).

**Figura 8** - Imagens indicativas de áreas de banhado dentro de polígonos de áreas de queima (a localização destas poligonais está apresentada na Figura 7)



Legenda

— Área manejada com fogo (2017/2018)      — Área de banhado

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cabe destacar que foi possível identificar casos de exceção onde áreas licenciadas não revelaram ocorrência de queima do campo. Para esta condição indicamos quatro possibilidades de explicação: i) a área licenciada não foi manejada; ii) a área licenciada não foi manejada, sendo realizada a queima em local diferente do informado/permitido; iii) a área foi manejada em época diferente do permitido via licenciamento; iv) houve a queima no local licenciado, porém não foi detectada devido ao fato de haver imagens analisadas com intervalo maior do que 15 dias entre uma e outra, período ideal em que a cicatriz de queima é detectada via imagens de satélite, considerando o tempo de regeneração do campo, conforme Buffon, Printes e Andrades-Filho (2018).

A realização da prática de uso do fogo sem licenciamento ou de forma diferente do determinado neste, pode acarretar danos ambientais, prejudicando os ecossistemas do Bioma Mata Atlântica, e ao mesmo tempo poderá inviabilizar a manutenção desta prática nos campos nativos não mecanizáveis.

### *3.4 Contribuição técnica para o monitoramento de áreas de queima*

O uso de sensoriamento remoto nas regiões espectrais do visível e do infravermelho foi efetivo na detecção de cicatrizes de queima de campo no terreno, conforme preconizado em estudos recentes de sensoriamento remoto com enfoques em queimadas em ambientes distintos dos Campos de Altitude do sul do Brasil (Stambaugh, Hammer & Godfrey, 2015; Pereira et al., 2017; Rodrigues et al., 2018) e tendo por base a curva espectral da vegetação marcada pela diminuição da absorção da radiação pela diminuição de quantidade de clorofila, na região no visível, e ao mesmo tempo maior reflectância de energia nas bandas do infravermelho, devido à desidratação da cobertura vegetal (Ponzoni, Shimabukuro & Kuplich, 2012).

A detecção de áreas manejadas com uso do fogo foi efetiva em ambos os anos, 2017 e 2018, a partir de abordagem aperfeiçoada de Buffon, Printes e Andrades-Filho (2018). Nesta metodologia aplicada no trabalho foi incluído o uso combinado dos satélites Landsat-8 e Sentinel-2, e não somente o uso do primeiro, conforme a metodologia desenvolvida para monitoramento dos Campos de Altitude do sul do Brasil (Buffon, Printes & Andrades-Filho, 2018). Este aperfeiçoamento fica evidente pelo fato de que das dezessete imagens orbitais utilizadas, oito foram do satélite Sentinel-2 e nove do satélite Landsat-8. Caso este levantamento utilizasse somente imagens do satélite Landsat-8 a cobertura temporal seria prejudicada. Isto ocorreria principalmente pelo fato de que no ano de 2018 a maior parte das imagens Landsat apresentavam cobertura de nuvens na área de estudo, sendo somente duas imagens efetivamente analisadas e obtidas, ambas, no mês de setembro. Assim, o uso combinado de satélites também contribui para a efetiva cobertura temporal da área de estudo.

A partir da disponibilização de um maior número de satélites imageadores, de uso gratuito, que atendam as características semelhantes de imageamento levantadas, estes podem ser incorporados nos procedimentos de análise e monitoramento, como por exemplo os satélites CBERS 4A (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) e demais satélites sequenciais do Programa CBERS (INPE, 2019) e Landsat 9 (Wulder et al., 2019) e os demais satélites desta série.

A manutenção da pecuária extensiva nos Campos de Altitude do Sul do Brasil está atrelada à forma de manejo dos campos nativos, utilizados tradicionalmente para pastejo. A prática de queima controlada em campo nativo é uma atividade secular associada à atividade econômica de pecuária nesta região e após décadas de proibição desta prática (1992 -2012), no Rio Grande do Sul, ela é passível de execução, desde que haja o licenciamento ambiental da atividade. O instrumento de licenciamento ambiental do uso do fogo apresentado e a avaliação da sua aplicação contribui no processo consolidativo da descentralização das políticas ambientais, preconizada por Ávila e Malheiros (2012). Nesse caso, esta descentralização deve ser acompanhada do aperfeiçoamento do licenciamento ambiental de responsabilidade municipal, sobretudo para problemas de abrangência regional, como no caso a gestão dos Campos de Altitude do sul do Brasil. Esse processo de consolidação exige o aprimoramento de técnicas e de utilização de dados concretos e objetivos, representados aqui pelos dados espacializados gerados a partir de geotecnologias. Assim, a apropriação de capacidade técnica

na área ambiental, pela gestão pública municipal, é fundamental no processo consolidativo dos Sistemas Municipais de Meio Ambiente.

Este estudo se configura nesta contribuição, como uma devolutiva ao Poder Público. Este último contribuiu a partir da cedência sistematizada do banco de dados de licenças ambientais emitidas, pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), de São Francisco de Paula/RS, tendo como contrapartida a qualificação técnico-científica de seus processos. Além disso, o Parque Estadual do Tainhas, tem a possibilidade de contribuir na fiscalização da sua Zona de Amortecimento tendo definido locais de atenção especial para observação *in loco*, enquanto esfera estadual.

#### **4. Considerações Finais**

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos de gestão ambiental territorial da atividade de uso do fogo, objeto de análise deste trabalho, que revelou parcial efetividade em sua aplicação e necessidade de aperfeiçoamento da fiscalização ambiental. Os resultados obtidos neste trabalho são específicos da área de estudo, localizada no município de São Francisco de Paula/RS, porém, esta área retrata condições análogas aos demais territórios abrangidos pelos Campos de Altitude do sul do Brasil onde a queima é realizada como forma de manejo do campo. Assim, os órgãos ambientais licenciadores devem utilizar ferramentas que otimizem o monitoramento a fim de minimizar e evitar a prática ilegal de queima de campo, garantindo a proteção ambiental aliada ao desenvolvimento regional sustentável.

Com base nos resultados obtidos concluiu-se, primeiramente, que o manejo através da queima dos campos nativos localizados na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Tainhas/São Francisco de Paula/RS tem sido realizado, na sua maior parte, sem o devido licenciamento ambiental. Os dados obtidos para os anos de 2017 e 2018 indicam que somente 36% da área manejada com uso do fogo detinha licença ambiental, mesmo com o incremento de áreas licenciadas de 2017 para 2018.

Também é possível concluir que do ano de 2017 para o ano de 2018 a área total manejada com uso do fogo aumentou significativamente, porém a porcentagem de áreas licenciadas para a realização de tal queima permaneceu a mesma, relativamente. Outra importante conclusão é a de que, mesmo nas propriedades que detém licença ambiental, em parte, o manejo é realizado de forma diferente do permitido, queimando não somente áreas maiores do que foi licenciado, como também, em alguns casos, Áreas de Proteção Permanente (APP). Também foram detectadas áreas em que ocorreu o manejo através da queima exatamente sobre o mesmo local em ambos os anos. Dessa forma, os impactos ambientais nestas áreas queimadas podem estar sendo maiores do que os estimados.

As geotecnologias foram eficazes como instrumento de apoio na análise da aplicação do licenciamento ambiental para o manejo do uso do fogo nos campos nativos da área de estudo. A abordagem combinada de uso de dois satélites imageadores, Landsat-8 e Sentinel-2 contribuiu fundamentalmente para o levantamento de dados temporalmente eficiente para o período fixo de análise das licenças, de 15 de julho a 15 de setembro. Assim, o Poder Público pode incorporar o aperfeiçoamento desta ferramenta, composta de bases orbitais e *softwares* de acesso gratuito, para qualificar o seu papel enquanto órgão fiscalizador e para monitorar o cumprimento dos seus instrumentos de gestão ambiental territorial, podendo assim propor inclusive melhorias nos sistemas implantados.

#### **5. Agradecimentos**

Agradecemos a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) de São Francisco de Paula/RS pela cedência do banco de dados de licenças ambientais emitidas utilizadas no estudo. Agradecemos a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA-RS) pelo



subsídio de informações para o estabelecimento da área de estudo na Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Tainhas.

## 6. Referências

Ávila, R. D. & Malheiros, T. F. (2012). O sistema municipal de meio ambiente no Brasil: avanços e desafios. **Saúde e Sociedade**, 21, 33-47. doi:10.1590/S0104-12902012000700004

Behling, H., & Pillar, V. D. (2007). Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences B** 362, 243–251. doi:10.1098/rstb.2006.1984

Bencke, G. A. & Duarte, M. M. (2008). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Tainhas**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. 250 p. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-tainhas>. Acesso em: 04/2019.

BRASIL. (2000). **Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>. Acesso em: abril/2019.

Buffon, I., Printes, R. C., & Andrades-Filho, C. O. (2018). Sensoriamento remoto e geoprocessamento como ferramentas para viabilizar o licenciamento ambiental do tradicional uso do fogo visando à renovação de pastagens em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, 4, 447-469. doi:10.21674/2448-0479.43.447-469

Câmara, G., Souza, R. C. M., Freitas U. M., & Garrido, J. (1996). SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20(3), 395-403.

Carvalho, E. D. & Andrades-Filho, C. O. (2019). Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo em São Francisco de Paula, RS/BRASIL. In: Berreta, M. S. R., & Laurent., F. (orgs.). **Mudanças nos sistemas agrícolas e territórios no Brasil**. Porto Alegre: UERGS, p. 118-145. doi:10.21674/9788560231.118-145.

CENSO DEMOGRÁFICO (2011). **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: Abril/2019.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Versão 7.3. ano 2019. Disponível em: <https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: maio/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2010). **Censo Habitacional**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL - INMET. (2018). **Boletim de Agosto**. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/arq/clima/prog\\_clima\\_rs/bol\\_ago2018.pdf](http://www.inmet.gov.br/portal/arq/clima/prog_clima_rs/bol_ago2018.pdf). Acesso em: abril/2019.

---

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. (2019). **CBERS 04A**. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cbbers04a.php>. Acesso em: janeiro/2020.

Jeske-Pieruschka, V., Fidelis, A., Bergamin, R. S., Vélez, E. & Behling, H. (2010). Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 160, 53-65. doi:10.1016/j.revpalbo.2010.01.005

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. & Ferreira, L.G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, 83,195-213. doi:10.1016/S0034-4257(02)00096-2

Miller, H. M. (2016). **Users and uses of Landsat 8 satellite imagery—2014 survey results**: U.S. Geological Survey Open-File Report, 1032, 27 p. doi:10.3133/ofr20161032

Moraes, F. D., & Cunha, L. F. (Orgs.). (2018). **Genealogia dos Municípios do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão.

Pereira, A., Pereira, J., Libonati, R., Oom, D., Setzer, A., Morelli, F., Machado-Silva, F., & De Carvalho, L. (2017). Burned Area Mapping in the Brazilian Savanna Using a One-Class Support Vector Machine Trained by Active Fires. **Remote Sensing**, 9,1161. doi:10.3390/rs9111161

Piasentin, F. B., & Gois, S. L. L. (2016). Conservação de remanescentes florestais no Brasil: considerações sobre os principais instrumentos de gestão ambiental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, 36, 115-134. doi:10.5380/dma.v36i0.42518

Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E., & Kuplich, T. M. (2012). **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos.

Overbeck, G. E., Scasta, J. D., Furquim, F. F., Boldrini, I. I., & Weir, J. R. (2018). The South Brazilian grasslands – A South American tallgrass prairie? Parallels and implications of fire dependency. **Perspectives in Ecology and Conservation**, 16, 24-30. doi:10.1016/j.pecon.2017.11.002.

QGIS Development Team (YEAR). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

Riondet-Costa, D. R. T., Botezelli, L., Silva, B. G., & Farias, O. L. M. (2013). Zonas de Amortecimento em Unidades de Conservação: Levantamento Legal e Comparativo das Normas nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)**, 26, 57-70. doi:10.5380/dma.v27i0.28036

Rio Grande do Sul. (1975). **Decreto nº 23.798, de 12 de março de 1975. Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado, Porto Alegre, RS, março de 1975. Disponível em <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/07154147-decreto-23798-75-cria-ucs.pdf>. Acesso em: Abril/2019.

Rio Grande do Sul. (1992). **Lei nº 9519/1992, de 21 de janeiro de 1992. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado, Porto Alegre, RS, março

de 1992. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/replegis/arquivos/09.519.pdf>. Acesso em: Abril/2019.

Rio Grande do Sul. (2015). **Decreto nº 52.431, de 23 de junho de 2015. Dispõe sobre a implementação do Cadastro Ambiental Rural e define conceitos e procedimentos para a aplicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, no Estado do Rio Grande do Sul.** Diário Oficial do Estado, Porto Alegre, RS, junho de 2015. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/14115105-decreto52431.pdf>. Acesso em: Junho/2019.

Rodrigues, J. A., Libonati, R., Peres, L. F., & Setzer, A. (2018). Mapeamento de Áreas Queimadas em Unidades de Conservação da Região Serrana do Rio de Janeiro Utilizando o Satélite Landsat-8 Durante a Seca de 2014. **Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)**, 41, 318-327. doi:10.11137/2018\_1\_318\_327

Stambaugh, M. C., Hammer, L. D., & Godfrey, R. (2015). Performance of burn-severity metrics and classification in oak woodlands and grasslands. **Remote Sensing**, 7(8), 10501–10522. doi:10.3390/rs70810501

Wulder, M. A., et al. (2019). Current status of Landsat program, science, and applications. **Remote Sensing of Environment**, 225, 127-147, 2019. doi:10.1016/j.rse.2019.02.015