



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
ENGENHARIA FLORESTAL

SADI CASTRO DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO E VALIDAÇÃO DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO  
RIO DE JANEIRO NO PERÍODO DE 2009-2014**

Seropédica

2015



SADI CASTRO DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO E VALIDAÇÃO DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO  
RIO DE JANEIRO NO PERÍODO DE 2009-2014**

Monografia no curso de Engenharia Florestal  
apresentada à Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do  
grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

**Orientador:**

Prof. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA

Seropédica

2015

SADI CASTRO DOS SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO E VALIDAÇÃO DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO RIO DE  
JANEIRO NO PERÍODO DE 2009-2014**

Monografia no curso de Engenharia Florestal  
apresentada à Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do  
grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Bruno Araujo Furtado de Mendonça

---

Emanuel José Gomes de Araújo

---

Rafael Coll Delgado

Dedico esse trabalho à minha mãe  
Maria Castro dos Santos, a mulher mais forte e  
corajosa que já conheci, que sempre me  
incentivou a evoluir, nunca duvidando de  
minha capacidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe e meus irmãos por ter me apoiado nesses quase seis anos de graduação;

Ao meu pai, a quem convivi pouco tempo, porém o suficiente para me ensinar a ser um homem digno e de caráter;

À minha namorada Ana Carolina, por me apoiar e sempre me ajudar nesses cinco anos de namoro;

Aos meus colegas da turma 2009-2, por terem se transformado em uma família sempre presente;

Aos meus amigos do quarto 214 do alojamento, sempre fazendo com que eu tenha novas histórias para contar;

Aos bons professores desta instituição, pelo ensino e conhecimento cedido de bom grado;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por servir de plano de fundo para a realização desse sonho;

Ao meu orientador Bruno Araújo Furtado de Mendonça, pela paciência e tutoria na elaboração desse trabalho.

Aos membros da banca Emanuel José Gomes de Araújo e Rafael Coll Delgado, por terem aceito o convite.

Quisera que as árvores falassem em  
defesa de todos os seres que têm raízes e  
castigassem aqueles que lhes fizessem mal!

**J. R. R. Tolkien**

## RESUMO

Queimadas são benéficas e prejudiciais ao mesmo tempo, podendo devastar ecossistemas ou ainda fazer parte do seu ciclo quebrando dormência de sementes ou cumprindo outras funções ecológicas. Sendo assim, esse é um fator de grande potencial para estudos, e uma de suas formas de análise é através de ferramentas de geoprocessamento que auxiliam no monitoramento, detecção e controle dos incêndios. Apesar da ferramenta ser importante, ela possui redundância, ou seja, um mesmo satélite que gera o banco de dados pode detectar uma queimada duas vezes, ou diferentes satélites podem captar o mesmo incêndio, fazendo esses dados sejam superestimados. Os sensores acoplados nesses satélites não captam queimadas com menos de 1 hectare, gerando também uma limitação nos dados. Assim, o presente trabalho teve como objetivo identificar as redundâncias de focos de calor disponibilizados pelo Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE), e ainda analisar a distribuição espacial de focos no estado do Rio de Janeiro para o período de 2009 a 2014 de acordo com variáveis como uso de terra e bioclima, avaliando também a densidade de focos no estado através do Índice de Densidade Kernel. Foi usada metodologia automática para redução do número de focos redundantes em termos de focos de incêndios ou queimadas. Do total de 8.891 focos de calos obtidos, apenas 4.291 foram mantidos no intervalo entre 2009 a 2014. Foram identificadas e mapeadas cicatrizes de diferentes tamanho ao longo do estado, indicando o limite de 1 ha de queimada para ser detectada pelos satélites utilizados no sistema de detecção de focos de calor do INPE. Cicatrizes acima de 50 ha foram detectadas em sua totalidade. As maiores concentrações de focos de calor ocorreram na região do norte fluminense, onde se concentra o cultivo de cana-de-açúcar no estado, e na região da baixada fluminense nas cidades de Seropédica, Itaguaí, Pirai, Queimados e Nova Iguaçu, que envolvem uma área de pastagem predominante e uma malha rodoviária extensa, além de ser uma região climática mais favorável a ocorrência de queimadas no estado.

**Palavras-chave:** Focos de Calor. Queimadas. Geoprocessamento.



## ABSTRACT

Forest fires are beneficial and harmful at the same time and can devastate ecosystems or being part of its cycle breaking dormancy of seeds or fulfilling other ecological functions. Therefore, this is a high potential aspect for studies, and one of its many ways of analysis is through geoprocessing tools that assist in monitoring, detection and control of fires. Although the tool is significant, it can be redundant because the same satellite which generates the database can detect fires twice, or different satellites can catch the same fire, making the data overestimated. The sensors coupled in these satellites do not capture fires with less than 1 hectare, also generating a limitation on the data. Thus, this study aimed to identify redundancies of hotspots, information available by the National Institute of Space Research (INPE), and examining the spatial distribution of hotspots in the state of Rio de Janeiro from 2009 to 2014 in accordance with variables as land use and bioclimate and also, evaluating the hotspots density in the state, through the Kernel Density Index. It was used automatic methodology to reduce the number of redundant focus in terms of fire or forest fire. Of the total of 8,891 hotspots registered, only 4,291 were kept in the range between 2009 to 2014. Moreover, were identified and mapped fire marks of different size throughout the state, indicating the limit of 1 ha of fire to be detected by satellites used in the INPE system of hotspots detection. Fire marks over 50 ha were detected in its entirety. The biggest hotspots concentrations occurred in Rio de Janeiro northern region, which concentrates the sugarcane cultivation in the state, and in the region called Baixada Fluminense, in the cities of Seropédica, Itaguaí, Piraí, Queimados and Nova Iguaçu, involving a predominant pasture area and an extensive road network, besides the region climate being more favorable to the occurrence of fires in the state.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Mapa de regiões de governo do estado do Rio de Janeiro .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2: Altimetria do estado do Rio de Janeiro. ....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3: Clima do estado do Rio de Janeiro e bacias compartilhadas .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4: Chuvas mensais médias, período 1961-1990, no Rio de Janeiro (INMET). ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 5: Temperaturas mensais médias, período 1961-1990, no Rio de Janeiro (INMET).....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 6: Regiões Bioclimáticas do estado do Rio de Janeiro. ....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 7: Gráfico da % de Área de Terra no Estado do Rio de Janeiro. ....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 8: Fluxograma Model Builder.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 9: Focos de calor no estado do Rio de Janeiro de 2009 a 2014.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 10: Focos após retirada de dados redundantes de modo automático e de modo manual no estado do Rio de Janeiro de 2009 a 2014 .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 11: Esquema de retirada da redundância de dados.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 12: Aglomerado de focos de calor gerados pela altas temperaturas geradas pela CSN na cidade de Volta Redonda .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 13: Distribuição anual de focos de calor estado do Rio de Janeiro (2009-2013) ..</b>	<b>20</b>
<b>Figura 14: Focos de calor nos determinados usos de terra.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 15: Focos de calor por área bioclimática .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 16: Densidade de focos de calor. Classificação de frequência por quantile.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 17: Mapa indicando a localização das cicatrizes.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 18: Porcentagem de cicatrizes identificadas com foco de calor por cada sensor ..</b>	<b>25</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1: Lista de satélites usados na detecção de focos usado pelo INPE e suas características.....</b>	<b>5</b>
<b>Tabela 2: Tabela mostrando a porcentagem de queimadas detectadas. (Fonte de dados Google, INPE) .....</b>	<b>25</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Revisão de Literatura .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.</b>	<b>Queimadas e Incêndios florestais .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2.</b>	<b>Monitoramento de incêndios florestais.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Área de estudo .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Coleta de dados.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3</b>	<b>Exclusão de focos redundantes .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise de cicatrizes por meio do software Google Earth Pro .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Exclusão de focos redundantes .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2</b>	<b>Análise de cicatrizes por meio do <i>software</i> Google Earth Pro .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>27</b>



# 1 INTRODUÇÃO

O fogo é um fator que causa alterações nos sistemas ecológicos e ao mesmo tempo um fenômeno espontâneo e uma ferramenta do homem, moldando a natureza na forma que lhe for mais proveitosa. Um dos usos desse elemento pelo homem é na agricultura, sendo usado para limpeza de áreas por meio de queimadas, técnica usada até os dias atuais, causando certa discussão sobre sua implicação desse tipo de manejo. Junto a isso, a falta de informação sobre a verdadeira localização do incêndio e do seu tamanho de área queimada, dificulta o conhecimento do real prejuízo que foi causado pelo incêndio no ambiente.

O Estado do Rio de Janeiro possui 43.778 km<sup>2</sup> e está inserido, em sua totalidade, no Bioma da Mata Atlântica. Este bioma representa um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas em termos de diversidade biológica do planeta e está diretamente relacionado com qualidade de vida de milhares de brasileiros. A Mata Atlântica é considerada ainda um dos 34 *hotspots* mundiais, os quais correspondem a um mosaico de biodiversidade com mais de 60% das espécies terrestres do planeta (Conservation International do Brasil, 2005; MYERS et al., 2000).

No entanto, este bioma vem sofrendo uma devastação durante séculos, muitas vezes, relacionadas ao uso indiscriminado do fogo. No passado a Mata Atlântica cobria mais de 1,5 milhões de km<sup>2</sup>, estendendo-se de forma contínua ao longo da costa brasileira, penetrando até o leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua porção sul, sendo com 92% desta área pertencente ao Brasil (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2001; GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2003). Atualmente, estima-se que a floresta já perdeu mais de 93% de sua área (MYERS et al., 2000) e restam menos de 100.000 km<sup>2</sup> de sua vegetação original.

Diante desta situação de devastação do Bioma da Mata Atlântica, ainda hoje, tem-se o agravante das queimadas como uma prática recorrente na mudança de uso da terra, ou mesmo, utilizadas para renovação das pastagens. As queimadas trazem diversos danos ao ambiente, como o empobrecimento dos solos, diminuição da biodiversidade, além dos enormes prejuízos às propriedades privadas e a sociedade de modo geral (PIROMAL et al., 2008). Além disso, as queimadas são responsáveis por grande parte da emissão global de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, as quais são responsáveis pelo aumento da absorção da radiação infravermelha pela atmosfera, ocasionando o aquecimento da mesma e, conseqüentemente, do planeta (KAUFMAN et al., 1994; KLINK et al., 1995).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibiliza uma série de registros de ocorrência de focos de calor provenientes de queimadas e/ou incêndios para toda a América do Sul, diariamente, em tempo quase real. Estes dados, algumas vezes necessitam de um processamento prévio para evitar erros na detecção dos focos de calor.

São utilizados todos os satélites que possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4 $\mu$ m e que o INPE consegue receber. Cada satélite de órbita polar produz pelo menos um conjunto de imagens por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 100 imagens por dia especificamente para detectar focos de queima da vegetação.

Nesse sentido, a fim de elucidar essas questões, o presente projeto de pesquisa tem como objetivo avaliar e buscar alternativas, através de técnicas de geoprocessamento, de minimizar a redundância de focos de calor além de fazer diversas análises espaciais no estado do Rio de Janeiro utilizando imagens de satélites e atributos do meio físico e uso da terra.

## **2 OBJETIVOS**

O presente trabalho tem como objetivo identificar as redundâncias de focos de calor disponibilizados pelo INPE, e ainda analisar a distribuição espacial de focos no estado do Rio de Janeiro para o período de 2009 a 2014 de acordo com variáveis do meio físico como uso de terra, bioclima, avaliando também a densidade de focos no estado através do Índice de Densidade Kernel. Avaliar a capacidade de detecção de queimada dos satélites usados pelo INPE.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Queimadas e Incêndios florestais**

Segundo o Ministério da Agricultura, nos 50 anos Brasil se tornou referência mundial em produção e exportação de alimentos. Com isso, o avanço da fronteira agrícola vem aumentando e com ele vem sendo usadas técnicas rudimentares de “limpeza” de áreas para implementação de cultivares agrícolas. Uma das principais técnicas utilizadas é a queimada.

De acordo com Koppmann, 2005, a biomassa sofre a queima através de uma combinação de processos físicos e químicos. Sua evolução é descrita em: ignição, chamas, brasas e extinção. Segundo Freitas, 2005, os fatores climáticos são os que mais influenciam a ignição, a evolução e o comportamento da queima da biomassa e suas emissões.

De acordo com a Portaria no. 94 (IBAMA, 1998) a queima controlada é permitida apenas como um *“fator de produção e manejo em áreas de atividades agrícolas, pastoris ou florestais, assim como com finalidade de pesquisa científica e tecnológica, a ser executada em áreas com limites físicos preestabelecidos.”* O Novo Código Florestal (Lei 12.651, de 28 de maio de 2012) proíbe o uso do fogo, exceto quando considerado como queima controlada, ou ainda quando relacionados às práticas de prevenção e combate aos incêndios e as de agricultura de subsistência exercidas pelas populações tradicionais e indígenas. Os incêndios florestais são considerados como todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, seja ela florestal, arbustiva ou campestre, podendo ter sido provocado pelo homem (intencional ou negligência) ou por fonte natural. Neste texto, queimadas e incêndios são considerados sinônimos.

Dias (2007) diz que as principais causas de queimadas e/ou incêndios no Brasil são o analfabetismo ambiental, fenômenos naturais – raios, combustão natural, efeito lupa; cultura /costumes; fogos de artifício, balões, rituais religiosos, queima de lixo, distúrbios psíquicos (piromania), fogueiras de acampamentos, litígios com o IBAMA e outros órgãos, extrativismo – extração da flora, extração de madeira, extração de mel, caça e “limpeza” de área de extração mineral, fagulhas de máquinas, rompimento de cabos de alta tensão e re-ignição; política Agrária – incentivo para práticas agropecuárias não sustentáveis, como o uso do fogo para realizar “limpeza” de áreas, queima de restos de exploração florestal, queima de cana; e despreparo dos rurícolas, que realizam manejo / controle inadequado das queimadas dentre outros.

O conhecimento das causas e da frequência das queimadas e/ou incêndios florestais é de extrema importância de acordo com Santos, (2004), principalmente porque para iniciar o plano de prevenção é saber quem ou o que iniciou o fogo.

Os gases emitidos durante a queima de biomassa são responsáveis pelo aumento da temperatura e fluxos de gases CO<sub>2</sub> no solo, resultando perda de carbono para a atmosfera em pouco tempo. As emissões de gases, principalmente as de CO<sub>2</sub>, são responsáveis pelo aumento da absorção da radiação infravermelha pela atmosfera, causando o aquecimento da mesma e do planeta (Kaufman *et al.*, 1994; Klink *et al.*, 1995).



### 3.2. Monitoramento de incêndios florestais

A rapidez e a eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para a viabilização do controle do fogo. Essas características interferem nos cursos das operações de combate e atenuação dos danos. Além disso, localização inexata ou desconhecimento sobre a precisão da localização do incêndio prejudica a estimativa do impacto do fogo no ambiente. (Batista, 2004)

A disponibilidade de informações detalhadas e atualizadas sobre a localização e tamanho das áreas queimadas é importante para avaliar perdas econômicas e efeitos no ambiente, monitorar mudanças no uso e cobertura da terra e elaborar modelos atmosféricos e de impactos climáticos devidos à queima de vegetação. O sensoriamento remoto representa uma ferramenta extremamente útil para obter essas informações, principalmente em áreas grandes que foram afetadas pelo fogo e/ou áreas de difícil acesso (Pereira *et al.*, 1997).

A computação, ao longo das últimas décadas, tem evoluído consideravelmente, sobretudo com relação ao desenvolvimento de gráficos e modelos de banco de dados. Além do uso de uma série de ferramentas de uso generalizado, como editores de textos, planilhas, banco de dados, etc., desenvolveram-se também os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). (Thomé, 1998)

Para CÂMARA *et al.* (1996), SIGs são sistemas computacionais que permitem a captura, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados referenciados geograficamente.

Segundo Lillesand e Kiefer (1994), Sensoriamento Remoto (SR) é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno, ou seja, está localizado remotamente. Slater (1980) apresenta o SR como um conjunto de atividades de coleta de informações relacionadas à superfície terrestre, utilizando sensores instalados em satélites ou aeronaves, sendo as medições feitas em campo e laboratório. Sensores são equipamentos capazes de coletar energia e convertê-la em sinal passível de registro e extração de informações.

De acordo com Liu (2007), a detecção de fogos via satélite é controlada por vários fatores, dentre eles, o ângulo de visada dos sensores, iluminação e propriedades da superfície e sub superfície. Esses fatores podem ser caracterizados, por exemplo, como a variação de

relevos, podendo as áreas serem côncavas ou convexas, diferentes altitudes, emissividade dos alvos principalmente decorrente da data e horário de ocorrência da queimada, cobertura de vegetação, umidade, condutividade e capacidade calorífica do solo e mudanças atmosféricas como a presença de nuvens intensidade e direção de ventos.

Segundo Gontijo et al. (2011), o INPE vem se melhorando o seu sistema de detecção de queimadas. São feitas por meio de imagens de sensores a bordo de satélites de órbita polar ou geoestacionária (Tabela 1). Quando um sensor detecta uma área mínima de 900m<sup>2</sup> da superfície uma temperatura superior a 47°C se gera um ponto geográfico chamado “foco de calor” Gontijo et al. (2011).

Entretanto, nem todo “foco de calor” é uma queimada. Algumas queimadas podem ser despercebidas pelos sensores. Por isso, é de grande importância fazer pesquisas que tenham como objetivo validar esses produtos, aperfeiçoando a tecnologia do monitoramento de queimadas.

**Tabela 1: Lista de satélites usados na detecção de focos usado pelo INPE e suas características.**

Satélite	Sensor	Lançamento	Situação atual	Órbita	Altitude	Resolução espacial	Resolução temporal
NOAA-12	AVHRR	14/05/1991	ATIVO	Polar	833 km	1,1 km	Diária (no máximo)
NOAA-14	AVHRR	30/12/1994	ATIVO	Polar	870 km	1,1 km	Diária (no máximo)
NOAA-15	AVHRR/3	13/05/1998	ATIVO	Polar	833 km	1,1 km	Diária (no máximo)
TERRA	MODIS	18/12/1999	ATIVO	Polar	705 km	1 km	1 a 2 dias
GOES 10	VAS	25/04/1997	INTATIVO	Geoestacionário	36000 km	4 km	15 minutos
GOES 12	VAS	23/07/2001	ATIVO	Geoestacionário	36000 km	5 km	30 minutos
GOES 13	VAS	24/05/2006	ATIVO	Geoestacionário	36000 km	6 km	30 minutos
AQUA	MODIS	04/05/2002	ATIVO	Polar	705 km	1 km	1 a 2 dias
ERS-2	ATSR-2	21/04/1995	ATIVO	Polar	785 km	1 km	3, 35 e 176 dias
TRMM	VIRS	01/11/1997	ATIVO	Geoestacionário	350 km	2,1 km	3 horas
METEOSAT	SEVIRI	21/11/2005	ATIVO	Geoestacionário	36000 km	3 km	15 minutos

### 3.3 Índice de densidade de Kernel

Em estatística, estimativa de densidade Kernel (EDK) é uma forma não-paramétrica para estimar a função de densidade de probabilidade de uma variável aleatória. A estimação da densidade Kernel é um problema fundamental de suavização de dados onde inferências sobre a população são feitas com base numa amostra de dados finita. Seja  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  uma amostra iid tirada de alguma distribuição com uma densidade  $f$  desconhecida. Estamos interessados em estimar a forma desta função  $f$ . O estimador de densidade Kernel é

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right),$$

Onde  $K(\cdot)$  é o kernel - uma função simétrica, mas não necessariamente positivo que integra a uma - e  $h > 0$  é um parâmetro de alisamento chamado de largura de banda. Um kernel com índice  $h$  é chamado de kernel dimensionado e definido como  $K_h(x) = 1/h K(x/h)$ . Intuitivamente se quer escolher  $h$  tão pequeno como os dados permitem, no entanto, há sempre um trade-off entre o viés do estimador e sua variância, mais na escolha da largura de banda abaixo.

Uma gama de funções do kernel são comumente usadas: uniforme, triangular, biweight, triweight, Epanechnikov, normal, e outras. O kernel Epanechnikov é o ideal no sentido de variância mínima<sup>[3]</sup>, embora a perda de eficiência seja pequena para as funções kernel listadas anteriormente<sup>[4]</sup>, e devido às suas propriedades matemáticas convenientes, o kernel normal é muitas vezes usado  $K(x) = \varphi(x)$ , onde  $\varphi$  é a função de densidade normal padrão.

A construção de uma estimativa de densidade kernel encontra interpretações em campos fora da estimativa da densidade. Por exemplo, em termodinâmica, este é equivalente à quantidade de calor gerado quando os kernels de calor (a solução fundamental para a equação de calor) são colocados em cada localização de pontos de dados  $x_i$ . Métodos similares são usados para construir operadores de Laplace discretos em nuvens de pontos para a manifold learning.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

O Estado do Rio de Janeiro está localizado na Região Sudeste do país e faz fronteira com o Espírito Santo, São Paulo e Minas Gerais, formando uma área de 43.696,054 Km<sup>2</sup>. Possui 92 municípios incluindo a sua capital, Rio de Janeiro, os quais são distribuídos em oito regiões de governo (Figura 1).

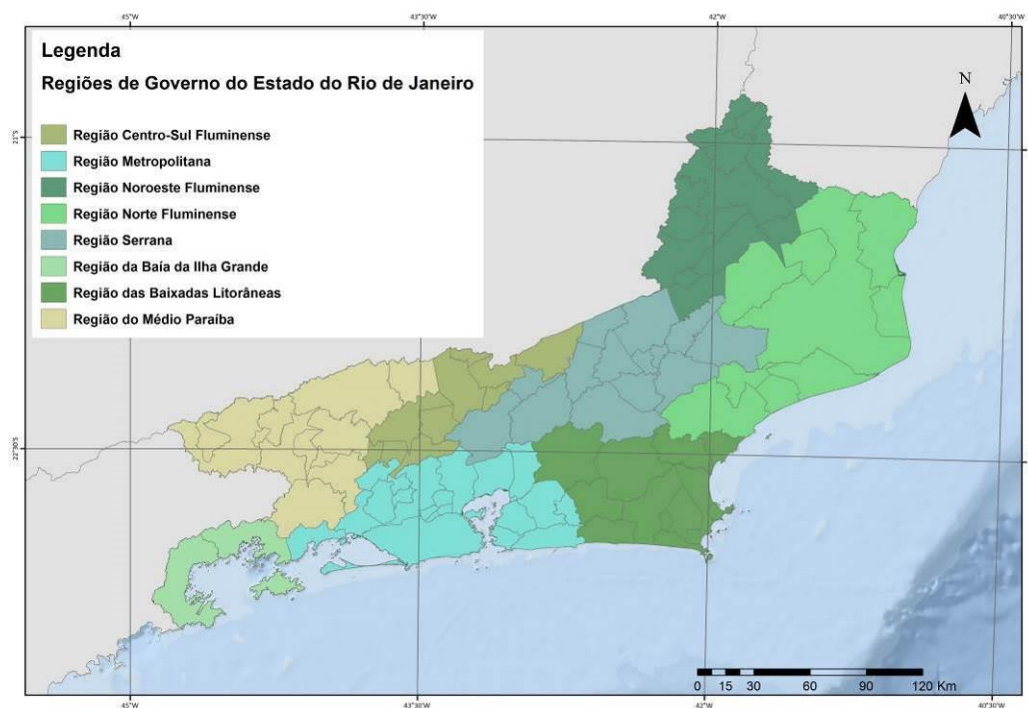
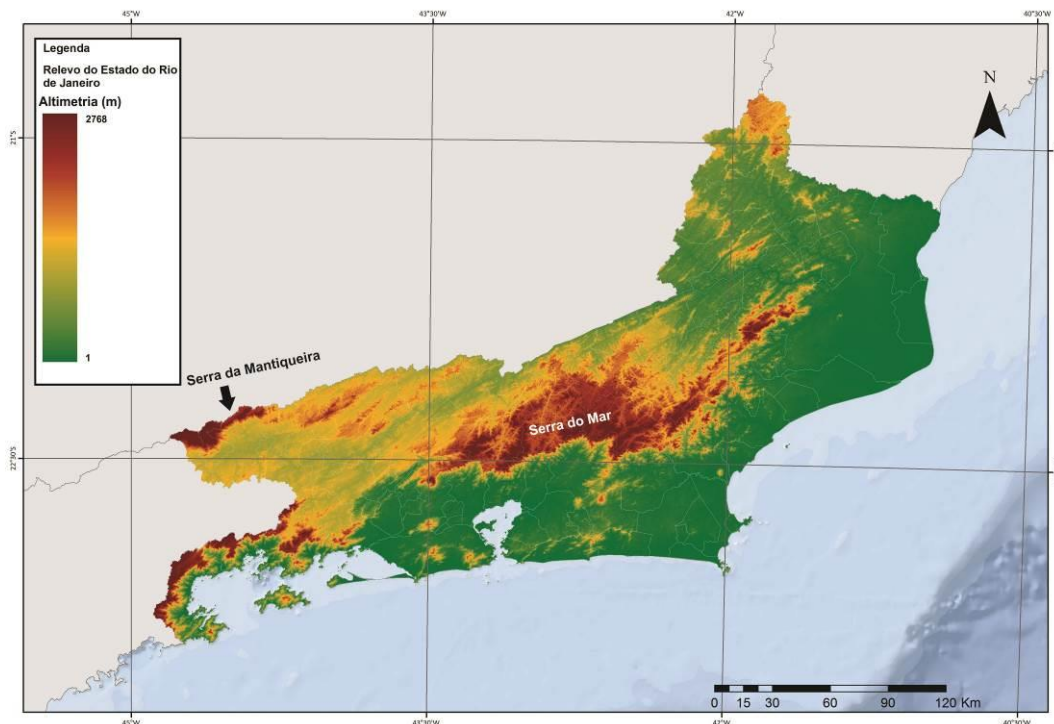


Figura 1: Mapa de regiões de governo do estado do Rio de Janeiro (Elaborado pelo autor. Fonte de dados INEA)

O relevo do estado é caracterizado pela presença da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar e entre elas, formou-se o Vale do Paraíba do Sul, compartilhado com os estados de Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP) com o Rio de Janeiro (RJ), ocupando grande parte do estado fluminense.

O território do estado possui altitude média de 222 m, com máxima de 2.768 m e mínima ao nível do mar (Figura 2).



Geographic Coordinate System: SIRGAS 2000  
 Datum: D\_SIRGAS2000

Figura 2: Altimetria do estado do Rio de Janeiro. (Elaborado pelo autor. Fonte de dados IBGE)

Segundo Köppen e Geiger (1948) a classificação do clima do estado do Rio de Janeiro é Am e Geiger (clima tropical monçônico) .

O clima é muito variado e fortemente influenciado pelo relevo. Como se pode observar no recorte do Mapa de Clima do Brasil (Figura 3) as serras (do Mar e da Mantiqueira) (Figura 2), as quais auxiliam a passagem de um clima quente e úmido que vem das regiões de planícies e colinas (localizadas entre a linha costeira e a Serra do Mar), para um clima mais ameno com temperaturas mais baixas nas áreas mais altas e um clima mais seco nas regiões interiores, entre as serras.

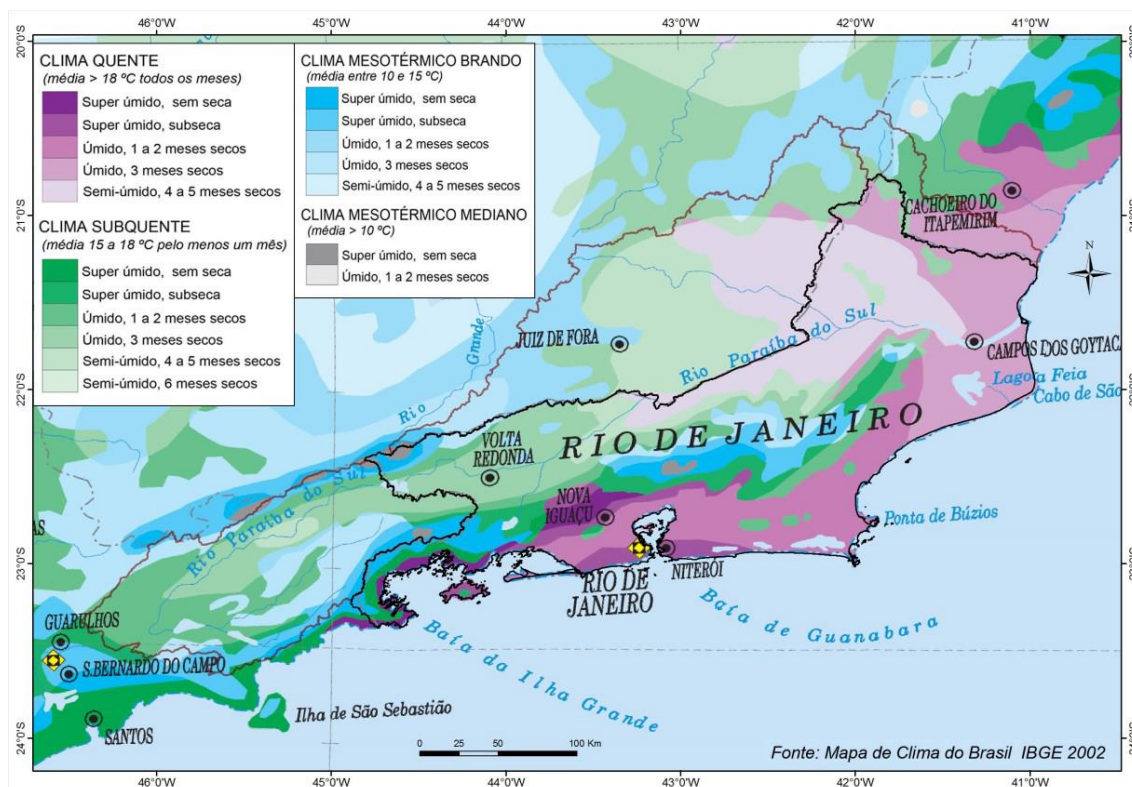


Figura 3: Clima do estado do Rio de Janeiro e bacias compartilhadas (PEEL, 2007).

Nas regiões norte e nordeste do estado, a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira termina e se distancia e perde altitude, respectivamente. Isso faz com que cesse o efeito de barreira natural dos ventos úmidos litorâneos e aumenta uma área de clima quente com marcada estacionalidade (4 a 5 meses secos no ano) em grande parte do Baixo Paraíba do Sul.

A pluviosidade é sempre maior nos locais de aclave das serras, onde ocorre a condensação e a precipitação, que são resultantes do encontro dos ventos úmidos do mar com as temperaturas mais frias, chegando a atingir mais de 2000 mm/ano. Para o interior do estado, a partir das bordas dos aclives, a precipitação começa a diminuir, chegando ao Vale do Paraíba com médias anuais em torno de 1100 a 1200 mm/ano.

Este padrão (aumento das chuvas de acordo com a elevação altimétrica) atinge maiores intensidades nas faces mais íngremes voltadas para o mar. Também se observa na região do Médio Paraíba junto a Serra da Mantiqueira e no trecho sul da Serra do Mar, na bacia da baía da Ilha Grande, sendo que, nesta última, a serra está praticamente junto ao mar, assim verificando-se que as chuvas médias anuais já são superiores a 2000 mm/ano desde a costa, atingindo 2500 mm/ano nas partes mais altas, próximo ao topo de morro.

Em todo o estado a pluviosidade é maior nos meses de verão, ou seja, de dezembro a março, e menor nos meses de inverno, de julho a setembro. Essa informação também vale para as temperaturas. Os gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5, obtidos no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, exemplificam essas variações, com as séries históricas do período 1961-1990.

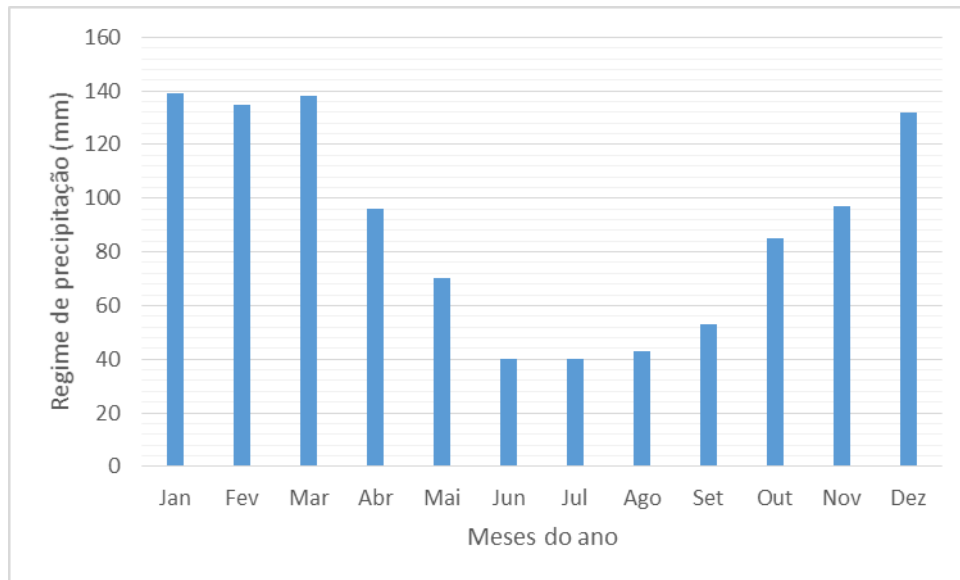


Figura 4: Chuvas mensais médias, período 1961-1990, no Rio de Janeiro (INMET).

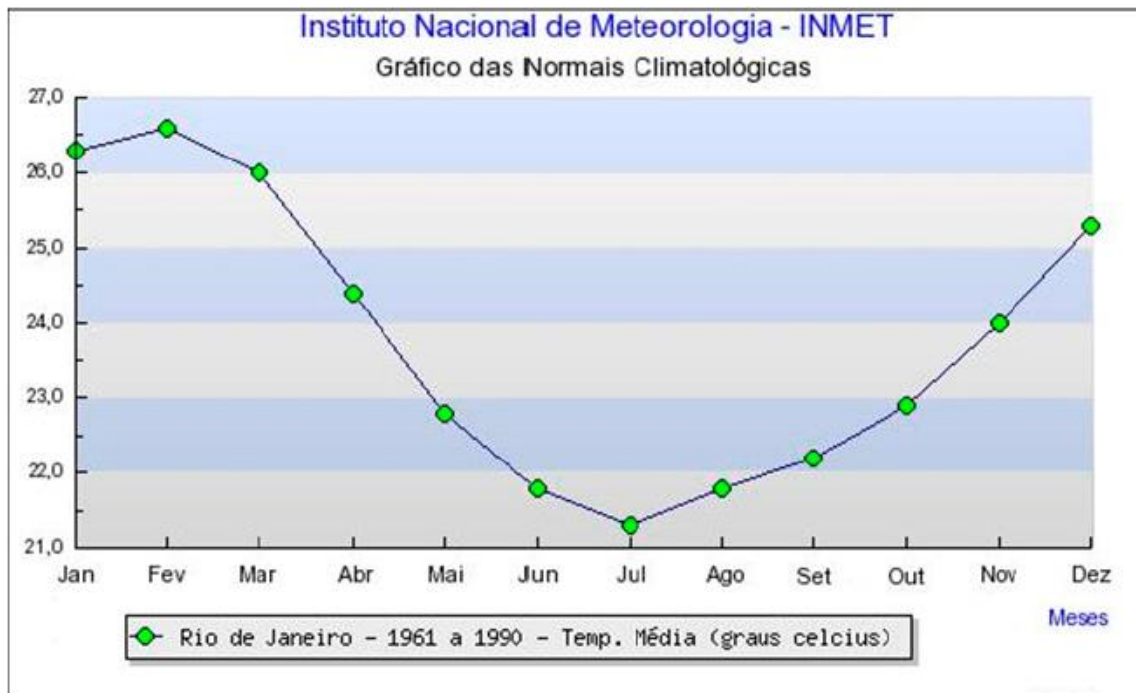


Figura 5: Temperaturas mensais médias, período 1961-1990, no Rio de Janeiro (INMET).

Nas chuvas de verão ocorrem frequentes inundações e deslizamentos na maior parte das regiões do estado. Segundo Brandão (1992), chuvas torrenciais nessa época são peculiares de regiões tropicais e evidências de chuvas intensas foram descritas desde o primeiro registro do clima na cidade do Rio de Janeiro, feito em 1851.

O estado do Rio de Janeiro está inseridos na região do bioma Mata Atlântica, considerado um dos biomas *Hotspots*. (mais ricos e mais ameaçados). Esse bioma ocupava, originalmente, a maior parte do território fluminense. Além das florestas, fazem parte no estado as restingas e os mangues, que podem também atingir porte arbóreo, e os campos de altitude, que ocorrem em regiões elevadas e com temperaturas mais baixas. A Figura 6 indica as regiões Bioclimáticas do estado do Rio de Janeiro segundo INEA (2011).



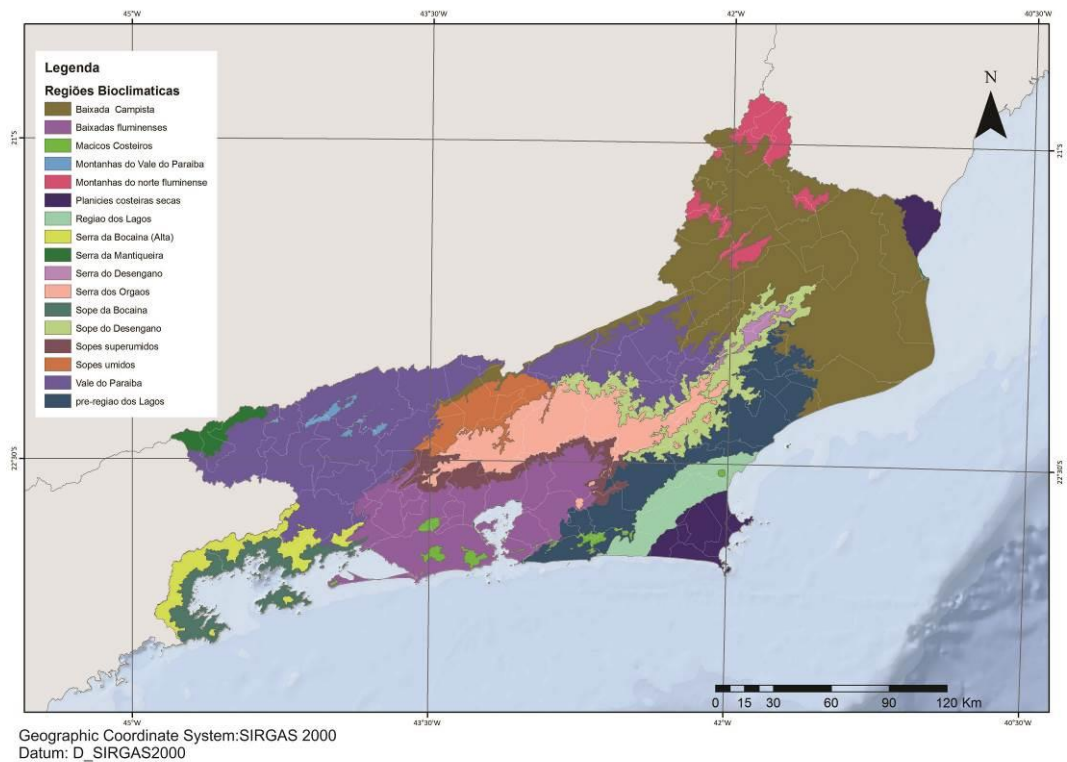


Figura 6: Regiões Bioclimáticas do estado do Rio de Janeiro. (Elaborado pelo autor. Fonte de dados INEA)

Segundo o monitoramento do bioma Mata Atlântica, realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as florestas remanescentes no estado do Rio de Janeiro tem se mantido próximo de 20% desde o ano 2000. Porém, segundo o mapeamento de vegetação e uso do solo, realizado para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro (UFRJ/SEA, 2009), as florestas do bioma Mata Atlântica ocupam uma área aproximada de 27% (figura 7) do território estadual. Já o percentual de formações pioneiras (restinga e mangue) é semelhante em ambos os mapeamentos (1,3%).

Apesar das diferenças percentuais, os mapeamentos dos remanescentes florestais mostrados acima demonstram o mesmo padrão de fragmento florestal no estado do Rio de Janeiro, com as mesmas áreas de escassez de florestas e de concentração de mata.



Figura 7: Gráfico da % de Área de Terra no Estado do Rio de Janeiro. (Elaborado pelo autor. Fonte de dados INEA)

Com as limitações de análise em escala regional, o mapeamento realizado por UFRJ/SEA (2009) foi utilizado para avaliação de dados secundários para a caracterização ambiental do estado. Além da vegetação remanescente, também é contemplada a identificação das principais formas de uso do solo, importantes para a análise integrada dos aspectos ambientais relacionados aos recursos hídricos.

## 4.2 Coleta de dados

O site do INPE permite ao usuário fazer o download de focos em um sistema e SIG com opções de período e regiões de interesse.

(<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>).

Nesse trabalho foram usados somente os dados de focos de calor no estado do Rio de Janeiro no formato shapefile(\*.shp) e para o Google Earth(\*.kmz) no período de 03/01/2009 até 01/01/2014, utilizando todos os satélites disponíveis.

### 4.3 Exclusão de focos redundantes

Com o objetivo de filtrar os focos de calor observados por mais de um satélite obtidos numa mesma data, gerando dados mais próximos a realidade, os dados disponibilizados pelo site do INPE foram processados ao software ArcGIS 10.2.2.

Inicialmente, alguns dados da tabela de atributos do shapefile dos focos de calor tiveram que ser corrigidos, como a resolução espacial de cada satélite ajustada para metros quadrados, e a data dos focos ajustadas para o formato de data, pois o INPE nos fornece o campo das datas no formato de texto e o software só aceita essa informação no formato data-DD/MM/AAAA. Desta forma, foi necessário a edição dos dados no software Microsoft Excel 2013. Após ajustada, a data foi recolocada na tabela de atributos.

Para a validação dos focos de calor foi utilizada metodologia desenvolvida por Santos (2015), a qual elaborou um modelo automatizado (*Model Builder*) para exclusão de focos redundantes no software ArcGIS 10.2.2 (Figura 8) e consiste em: 1) Identificar focos com a mesma data (ferramenta *Find Identical*); 2) Gerar um buffer a partir da resolução espacial do sensor de detecção do foco; 3) União dos polígonos que estão num mesmo alcance da resolução espacial; 4) Desmembrar (ferramenta *Multipart to Singlepart*) as informações referentes a cada polígono na tabela de atributos; 5) Transformação do polígono para ponto (*Feature to point*), criando um ponto central referente ao novo foco sem duplicidade de informação.

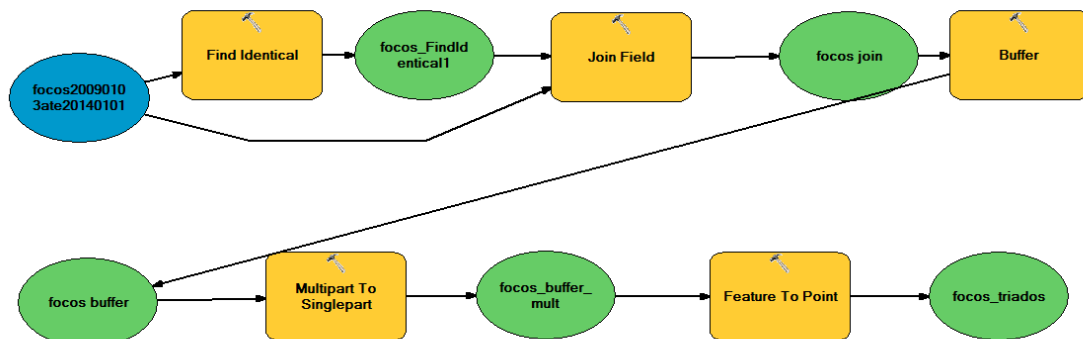


Figura 8: Fluxograma Model Builder. (Elaborado com base em SANTOS. 2015)

A Figura 11 mostra como a metodologia adotada age na retirada de focos redundantes.

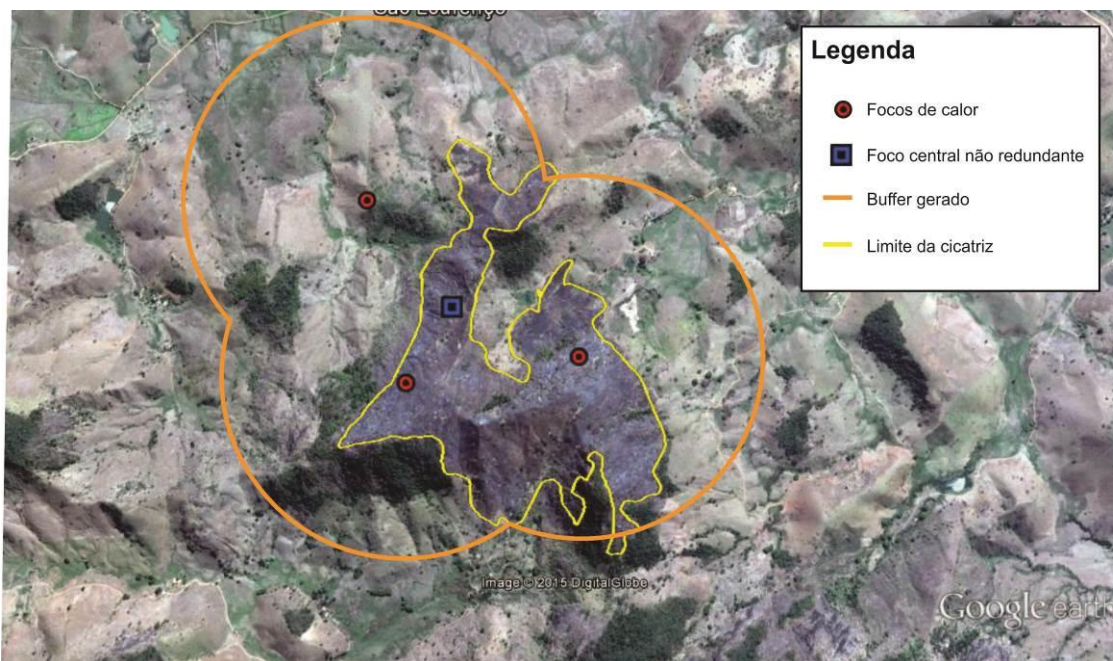


Figura 9: Esquema de retirada da redundância de dados. (Elaborado pelo autor. Base de dados INPE, INEA, Google)

Antes da aplicação do filtro, existiam três focos com a mesma data representando um único incêndio, no município de Natividade. Dessa forma existiria uma super estimativa do número de queimadas da área. No entanto, esses pontos receberam um *buffer* correspondente a resolução espacial do satélite que captou o foco e logo após foi gerado um ponto no centro do *buffer*, que representa os três focos eliminando a redundância dos dados.

No mapa são analisadas a intensidade pontual de fenômenos por toda região de estudo por meio de método de interpolação. Assim, tem-se a intensidade do processo em todas as regiões do mapa.

Após a execução da validação dos focos, os dados dos vetores foram exportados para análise no software Microsoft Excel 2013 para melhor comparação com os dados dos focos redundantes.

Assim, com a eliminação dos focos redundantes e a obtenção dos dados de queimadas do estado, foi realizado o cruzamento desses dados com os dados secundários obtidos pelo site do INEA, a saber: dados bioclimáticos e uso da terra.

Essa análise permitiu relacionar aspectos ambientais à ocorrência e distribuição das queimadas.

#### **4.4 Análise de cicatrizes por meio do software Google Earth Pro**

Com o intuito de verificar a capacidade dos diferentes sensores em detectar queimadas de diferentes tamanhos, foram examinadas 60 cicatrizes de queimadas, selecionadas de forma a compreender todas as meso regiões do estado também procurando cicatrizes de diferentes tamanhos as mesmas foram identificadas e mapeadas de forma manual no software Google Earth Pro, sendo levada em consideração uma distribuição que representasse as diferentes regiões do estado do Rio de Janeiro.

As cicatrizes foram delimitadas e identificadas quanto a data e se houve ou não detecção por algum satélite. Após isso, os dados foram exportados como arquivo (\*.kmz) para serem importados no software ArcGIS 10.2.2. Por meio da ferramenta *KMZ to Layer*, ainda no ArcGIS, a camada foi adicionada a ferramenta *Merge* com o intuito de converter o *layer* em um *shapefile* que possa ser mensurado dentro do programa. Dentro da tabela de atributos foi calculada a área de cada cicatriz por meio da ferramenta *Calculate Geometry*. As datas dos focos também foram adicionadas a tabela.

Após a mensuração da área de cada cicatriz, as mesmas foram divididas em intervalos de áreas (ha) 0,1-1; 1-10; 10-20; 20-50; 50-100; 100-500; 500-1500, a fim de avaliar a relação entre a detecção da queimada pelos satélites, e o tamanho total da área queimada.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1 Exclusão de focos redundantes

Os focos adquiridos pelo INPE para o estado do Rio de Janeiro somam 8.891 no espaço de tempo do dia 03/01/2009 até 01/01/2014. Nas figuras 9 e 10 podemos ver respectivamente a distribuição dos focos de calor adquiridos pelo INPE, e os focos de calor após a triagem de focos redundantes.

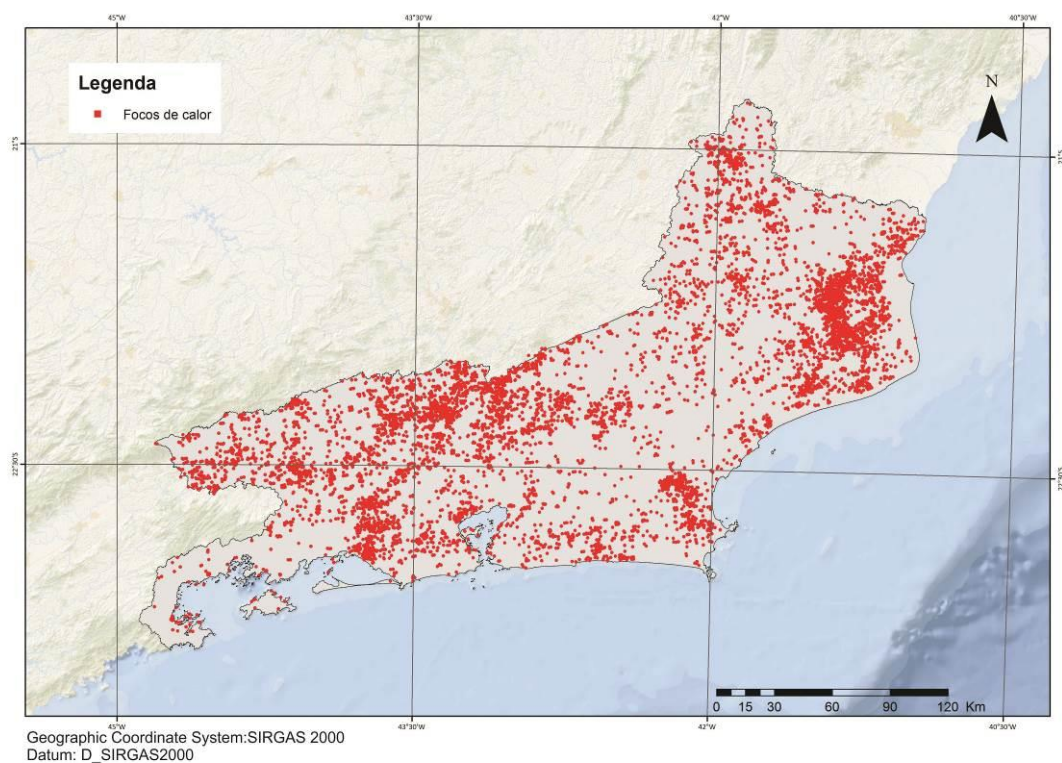


Figura 10: Focos de calor no estado do Rio de Janeiro de 2009 a 2014 (elaborado pelo autor. Base de dados INPE)

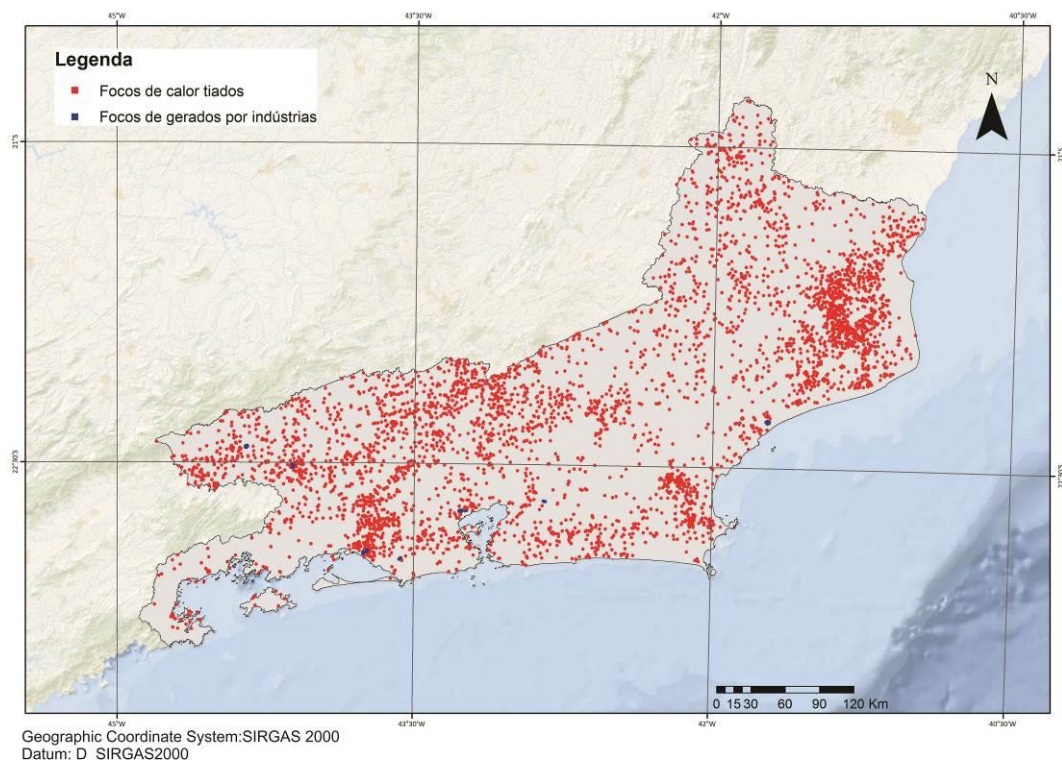


Figura 11: Focos após retirada de dados redundantes de modo automático e de modo manual no estado do Rio de Janeiro de 2009 a 2014 (elaborado pelo autor. Base de dados INPE)

Os focos passaram de 8891 para 5165, o que representa uma redução de 41,91%, indicando a diminuição representativa dos focos redundantes.

Contudo, foi observado uma enorme aglutinação de pontos em grandes siderúrgicas ou indústrias com potencial de geração de calor (Figura 10 e 12), como montadoras de automóveis os quais foram retirados de modo manual, por não representarem queimadas propriamente ditas. As indústrias mais representativas foram:

1. Central Siderúrgica Nacional, a CSN, na cidade de Volta Redonda, localizada na região Sul Fluminense (Lat: 22°30'44.77"S Long: 44° 6'48.57"O) com 442 focos;
2. Central Siderúrgica do Atlântico, CSA, localizada no polo industrial de Santa Cruz na cidade do Rio de Janeiro (Lat: 22°54'35.61"S Long:43°44'13.90"O) com 315 focos;
3. Polo Urbo Agro Industrial onde se localiza a montadora PSA Peugeot Citroën Brasil na cidade de Porto Real, inserida na região Sul Fluminense, representou (Lat: 22°28'54.79"S Long: 44°32'49.03"O) 35 focos;

4. Outros focos somaram 82 focos. Esses pontos somaram em seu total 874 focos, representando 9,83% dos dados obtidos pelo site do INPE que foram retirados de maneira visual e manual.

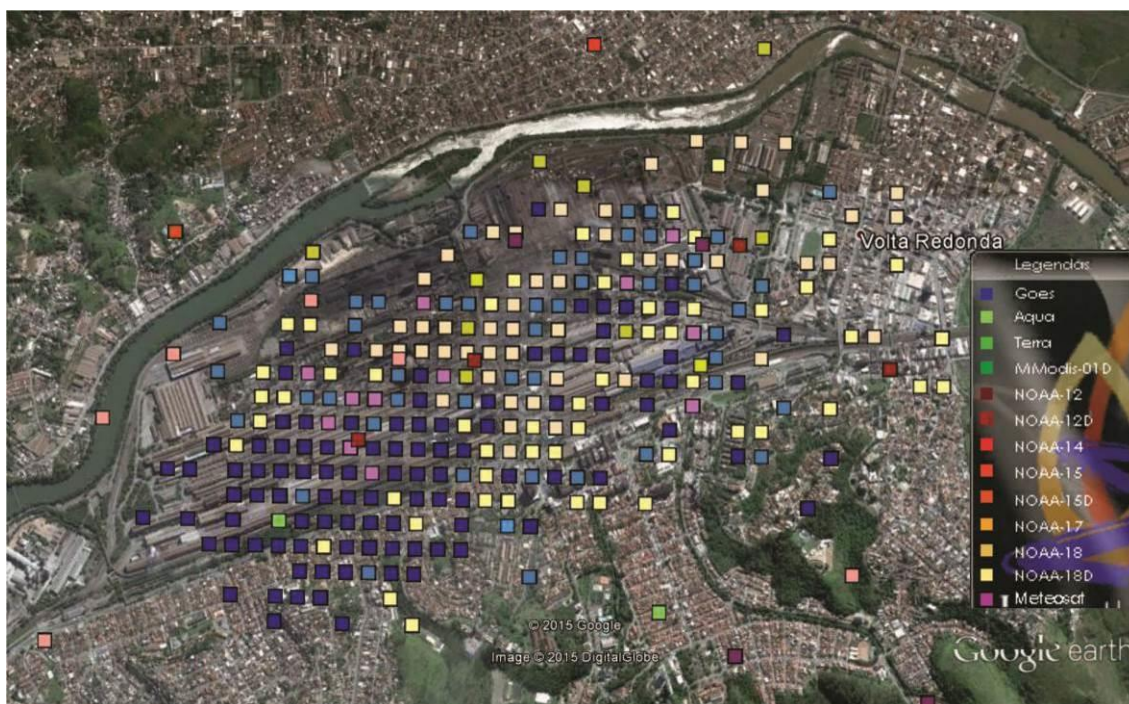


Figura 12: Aglomerado de focos de calor gerados pelas altas temperaturas geradas pela CSN na cidade de Volta Redonda (Fonte de dados Google, INPE 2015)

Assim, após a exclusão completa dos focos redundantes ou não considerados queimadas, houve uma redução de 8.891 para 4.291 focos, totalizando uma redução de 48,26% dos dados.

A Figura 13 mostra a variação anual das queimadas no período estudado e a média anual de precipitação. Essa variação provavelmente foi causada pela baixa precipitação no ano de 2010 e 2011. Esses dados revelam a estreita relação existente entre os dados climáticos, especialmente a precipitação média anual, com a ocorrência de queimadas (SOARES et al. 2007; TORRES et al 2011; WHITE & RIBEIRO, 2011).



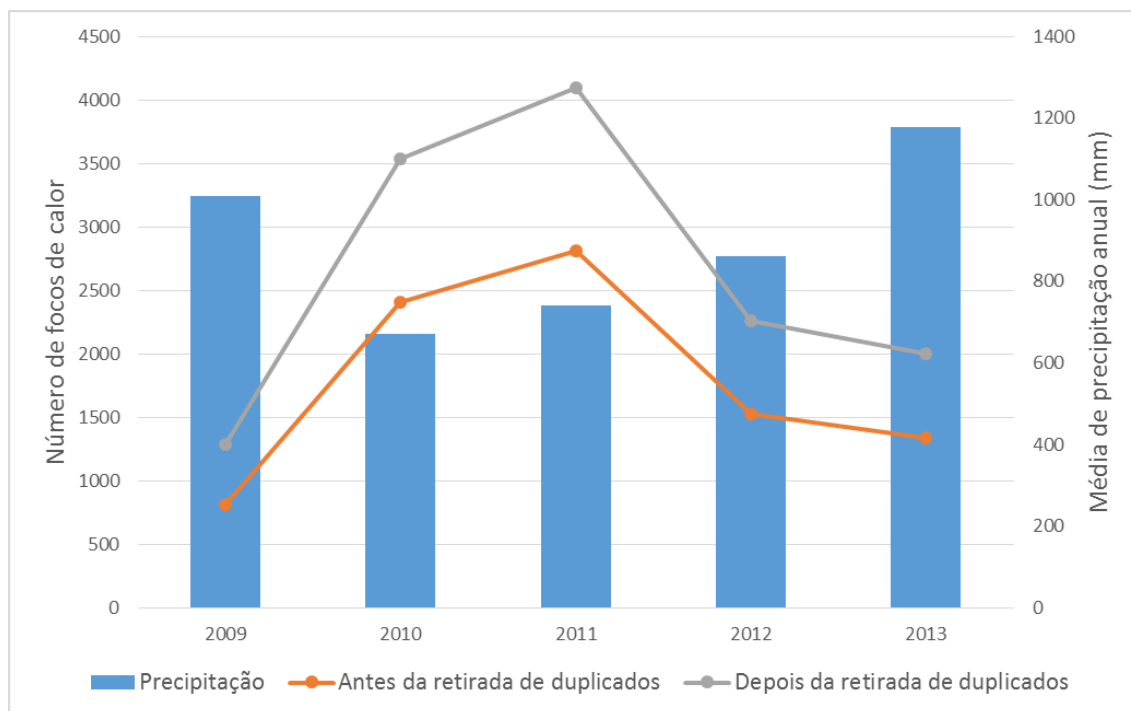


Figura 13: Distribuição anual de focos de calor estado do Rio de Janeiro (2009-2013) (Elaborado pelo autor. Base de dados INPE, INEA, INMET)

Outro motivo que possivelmente tem influência na variação dos dados, indicando o progressivo decréscimo das queimadas nos anos de 2012 e 2013 foi a implementação da lei estadual nº 5990, de 20 de Junho de 2011, que sanciona:

*“Art.1º As agroindústrias, produtoras de açúcar e etanol, e demais plantadores de cana-de-açúcar que utilizam a prática de queimada como método despalhador e facilitador do corte da cana estão obrigados a adotar as providências necessárias à eliminação gradativa da prática:*

*I Nas lavouras já implantadas em áreas passíveis de mecanização da colheita: 20% (vinte por cento) até o ano de 2012; 50% (cinquenta por cento) até o ano de 2014; 80% (oitenta por cento) até o ano de 2018 e 100% (cem por cento) até o ano de 2020;*

*II Nas lavouras já implantadas em áreas não passíveis de mecanização da colheita: 20% (vinte por cento) até o ano de 2016; 50% (cinquenta por cento) até o ano de 2018; 80% (oitenta por cento) até o ano de 2022 e 100% (cem por cento) até o ano de 2024.*

*§ 1º Para os efeitos deste artigo, considera-se mecanizável a área cuja declividade seja inferior a 12% (doze por cento), em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte da cana;”*

Esse tipo de cultura é uma das maiores contribuidoras de focos de calor, como mostra a Figura 14, que relaciona o número de focos por tipo de uso de terra do estado.

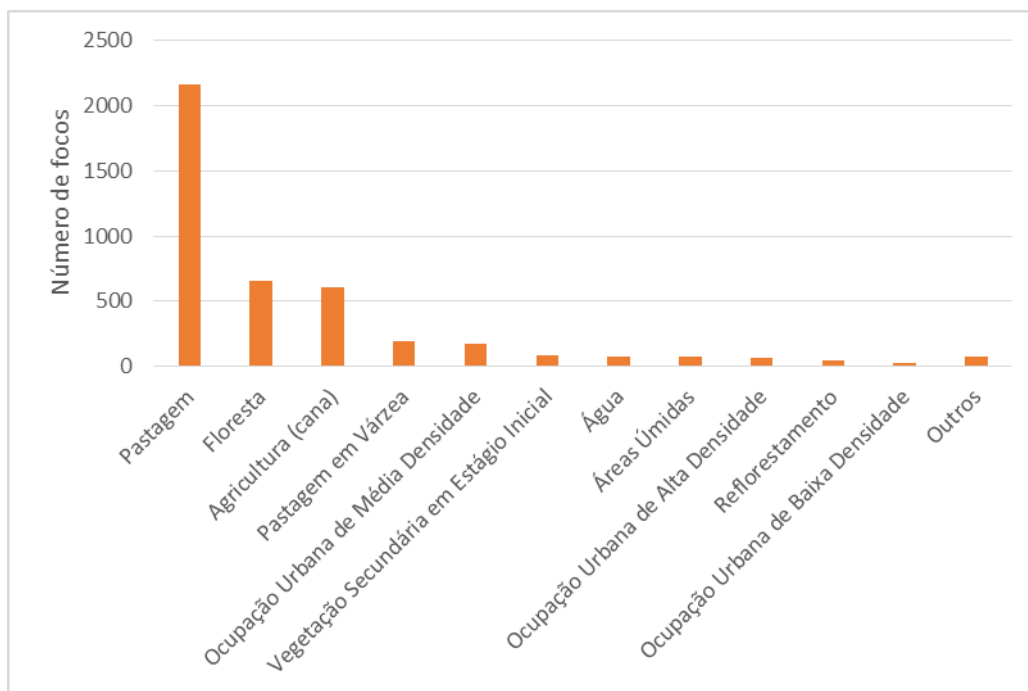


Figura 14: Focos de calor nos determinados usos de terra. (Elaborado pelo autor. Base de dados INPE, INEA)

A queima da palha da cana-de-açúcar é o terceiro maior causador de focos de queimada no estado, com um total de 612 focos (14,26%). O avanço contínuo em direção as florestas a coloca como a área com a segunda maior quantidade de focos, com um total de 661 focos (15,40%). E com maior destaque dentre os focos de queimadas observados é a pastagem, com 2163 focos, representando 50,41% dos dados. Esse alto valor da pastagem se deve ao fato de 2.253.218,744 hectares do estado (51,48% do território total) serem usados para pastagem. Junto a isso, essas áreas são extremamente susceptíveis a incêndios, tanto por motivos naturais quanto para renovação da área.

Existe também um dado contraditório, que indica que existem focos de calor em áreas de uso de terra com cobertura de água. Isso se deve a diferença de resolução espacial, pois os dados do INPE são obtidos em matrizes com maiores resoluções espaciais (1,1 a 6 km) que a dos dados de uso de terra cedidos pelo INEA obtidos a partir de dados Landsat com resolução

espacial de 30 m. Sendo assim, os focos cobrem uma área muito grande podendo, nesse caso, sobrepor uma área com água, justificando essa anomalia.

Com relação aos focos em áreas bioclimáticas, foi possível constatar que a Baixada Campista é responsável por 1505 focos (35,07%). Essa ocorrência é possivelmente causada pela grande utilização dessa área para agricultura, sendo uma delas o cultivo de cana-de-açúcar.

O Vale do Paraíba e as Baixadas Fluminenses, respectivamente com 808 focos (18,83%) e 551 focos (12,84%) possuem um domínio de pastagem e áreas degradadas, sendo esses os motivos responsáveis por uma maior geração de focos (Figura 15).

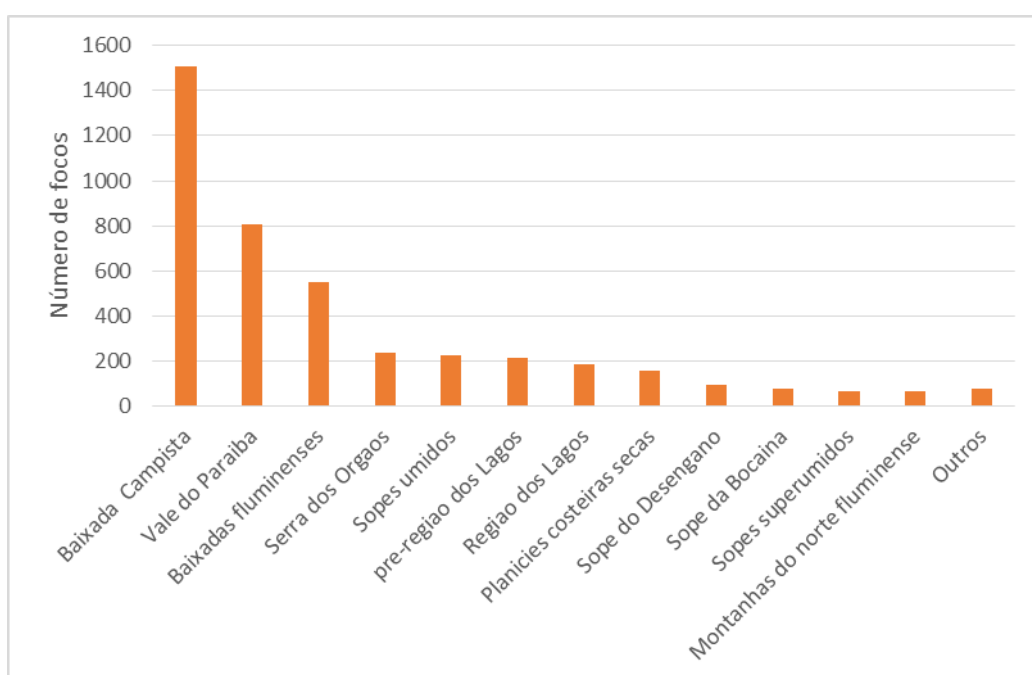


Figura 15: Focos de calor por área bioclimática. (Elaborado pelo autor. Base de dados INPE, INEA)

Quanto mais fragmentada a floresta, maior a probabilidade de que sejam matas secundárias e empobrecidas quanto à composição e estrutura originais. Essa informação pode gerar diferentes interpretações quanto ao limite de uma fisionomia florestal nos padrões de imagens de satélite de menor resolução, como as imagens do Landsat-TM utilizadas em ambos os mapeamentos citados acima.

A análise de densidade de focos através do índice de densidade de kernel é apresentada na Figura 16 e mostra uma maior densidade de focos no norte fluminense, exatamente na área de maior cultivo de cana-de-açúcar do estado. Essa ocorrência confirma que essa cultura está diretamente ligada ao número de queimadas. A baixada fluminense, nas cidades de Seropédica, Itaguaí, Piraí, Queimados e Nova Iguaçu, envolve uma área de

pastagem além de uma malha rodoviária (Rodovias BR-116, BR-465, BR-101, RJ-099 e RJ-105) justificando essa grande densidade de focos de calor nessa região. Além disso, em ambas as regiões, baixada e norte fluminense predominam no estado regimes climáticos quente e mais seco, chegando a períodos com 3 a 5 meses de estiagem (Figura 3).

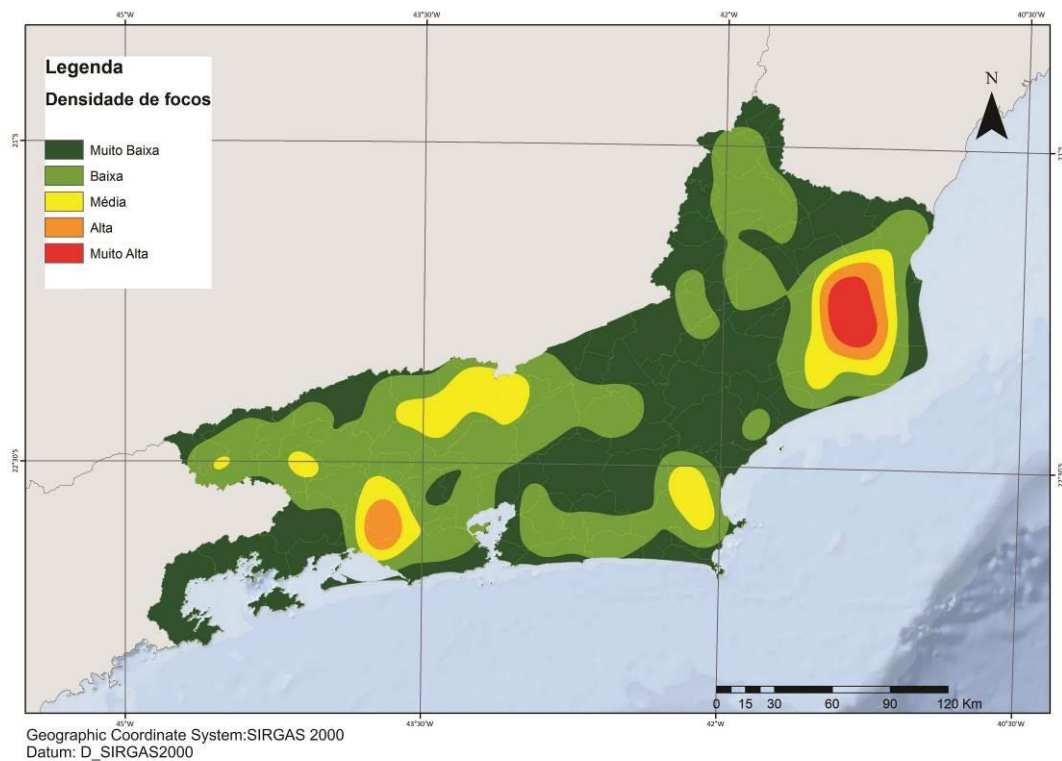


Figura 16: Densidade de focos de calor. Classificação de frequência por quantil. (Elaborado pelo autor. Base de dados INPE)

## 5.2 Análise de cicatrizes por meio do *software* Google Earth Pro

Foi analisado um total de 60 cicatrizes distribuídas e espacializadas aleatoriamente em todo o estado de maneira a representar todas as regiões do estado. Essas cicatrizes variaram de 0,6 a 1080,26 hectares (Figura 17).

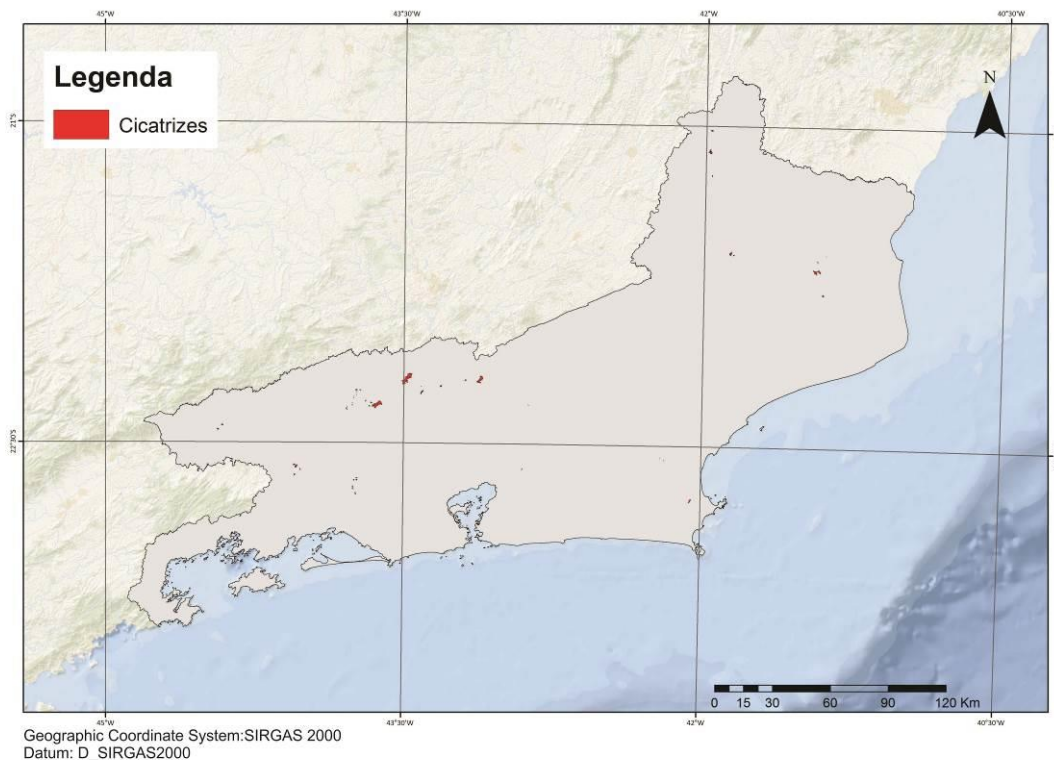


Figura 17: Mapa indicando a localização das cicatrizes. (Base de dados Google)

De acordo com os dados mapeados, não foram detectadas pelos satélites de monitoramento do INPE as cicatrizes com menos de 1 ha de área e todas as cicatrizes acima de 50 ha foram detectadas. Sendo assim, espera-se uma forte relação entre a detecção e o tamanho da cicatriz pois quanto maior o incêndio, mais facilmente ele será detectado pelos sensores, como mostra a Tabela 2. Desta forma, existe uma subestimativa quanto aos incêndios em pequenas áreas, principalmente quando menores que 1 ha.

Os resultados desse estudo coincidiram com o de Santos (2015), que conclui que a porcentagem de focos de calor identificados pelos satélites é proporcional a área queimada, e que queimadas abaixo de 1 ha não são contabilizadas.

Tabela 2: Tabela mostrando a porcentagem de queimadas detectadas. (Fonte de dados Google, INPE)

Área (ha)	Número de cicatrizes	Queimadas detectadas	% de queimadas detectadas
0,1-1	7	0	0%
1-10	21	4	19%
10-20	12	4	33%
20-50	11	3	27%
50-100	2	2	100%
100-500	5	5	100%
500-1500	2	2	100%

Também foi analisada a porcentagem de detecção das queimadas por satélite (Figura 18). Esse gráfico nos mostra a porcentagem de cicatrizes identificadas como foco de calor para cada sensor. Como resultado, temos a confirmação da eficiência do satélite AQUA usado como referência pelo INPE.

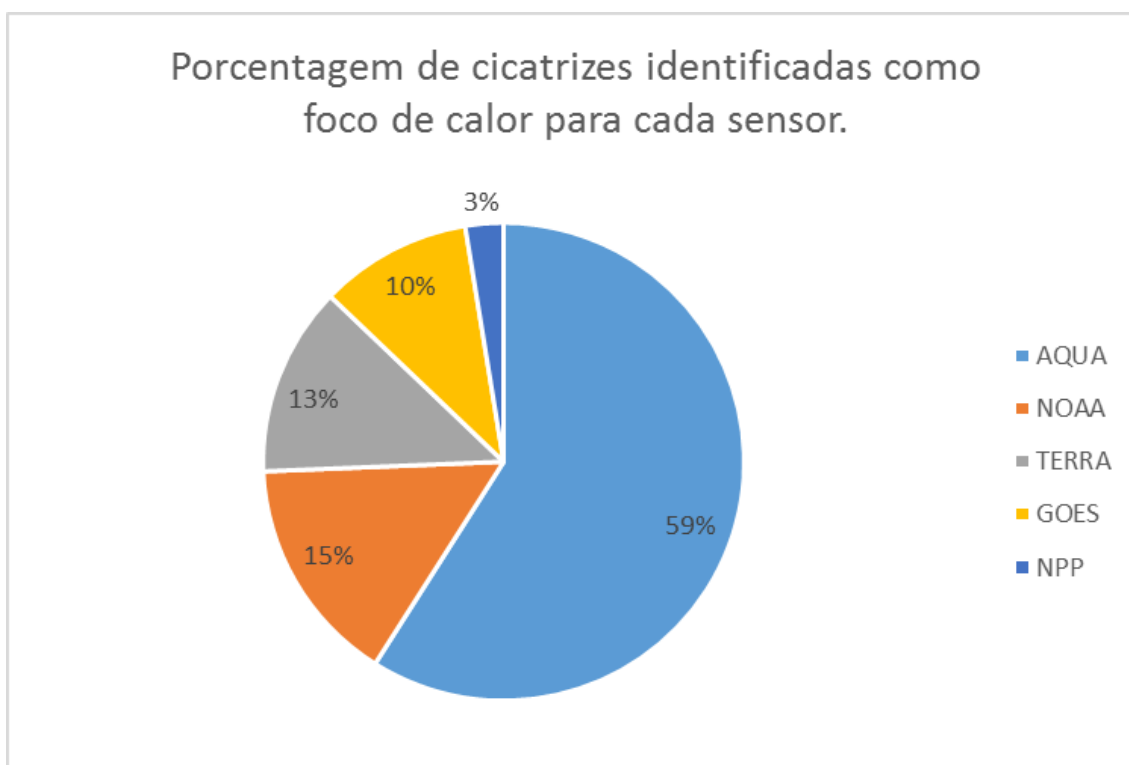


Figura 18: Porcentagem de cicatrizes identificadas com foco de calor por cada sensor \* Os sensores que não estão no gráfico não geraram focos detectados.

## 6 CONCLUSÕES

- A metodologia de exclusão de pontos redundantes se mostrou eficaz na eliminação dos focos de calor e detecção das queimadas. Com uma redução total de 48,26% dos dados.
- As áreas de pastagem, floresta e o cultivo de cana-de-açúcar, são as mais representativas em número de focos de calor com relação ao uso da terra.
- O número de focos de calor identificados pelos satélites cresce em relação a área queimada. Queimadas com um tamanho menor que 1 hectare não foram detectadas pelos satélites. Todos os focos de calor com mais de 50 hectares foram detectados pelos satélites do INPE.
- As maiores concentrações de focos de calor estão na região do norte fluminense, onde se concentra o cultivo de cana-de-açúcar no estado.
- O sensor AQUA identificou 59% dos focos detectados, justificando sua escolha como satélite de referência do INPE.
- Melhores sensores são necessários para a detecção de menores focos de calor, já que os atuais não captam queimadas menores que 1 hectare.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélite. **Floresta** 34 (2), Mai/Ago, 2004, 237-241, Curitiba, Pr

CÂMARA, Gilberto; et al. **Análise espacial e geoprocessamento**. Disponível em:<<http://www.dpi.inep.br/gilberto/livro/analise/cap.1-intro-pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2005.

DIAS, G.F. “**Mudança Climática Global e Educação Ambiental**”, Prelo, 2007.

FREITAS, S.R.; LONGO, K.M.; DIAS, M.A.F.S.; DIAS, P.L.S. **Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul**. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, 2005.

GONTIJO, A. B; PEREIRA, A. A; OLIVEIRA, D.S.O; JUNIOR, F.W.A; **Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7966.

KOPPMANN, R.; VON CZAPIEWSKI, K.; REID, J. S. **A review of biomass burning emissions, part I: gaseous emissions of carbon monoxide, methane, volatile organic compounds, and nitrogen containing compounds**. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 5, 10455-10516, 2005.

KAUFMAN, Y.J.; Setzer, A.W.; Justice, C.; Tucker, C.J.; Pereira, M.C.; Fung, I. 1990. **Remote sensing of biomass burning in the tropics**. *In*: Goldammer, J.G., Ed. *Fire in the tropical biota*. New York, Springer-Verlag. Cap. 16, p. 371-399.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 750 p.



LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007. 881p.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403 p. 853-845, 2000.

Pereira, J.M.C.; Chuvieco, E.; Beaudoin, A.; Desbois N. 1997. Remote sensing of burned areas: a review. In: Chuvieco, E.; Ed. *A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires*. Alcalá de Henares. p. 127-183.

SANTOS, Eliana Elizabet, M.Sc.. **Uso da Geotecnologia na detecção e espacialização de queimadas no Estado de Minas Gerais**. UFV, Viçosa, 2015.

SANTOS, J. F. **Estatística de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002**. Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 2004

SOARES, R. V.; PAEZ, G. Correlações entre alguns fatores meteorológicos e ocorrências de incêndios florestais na região Centro Paranaense. **Floresta**, v.4, n.2, p.58-67, 1972.

THOMÉ, Rogério. **Interoperabilidade em geoprocessamento: conversão entre modelos conceituais de sistemas de informação geográfica e comparação com o padrão Open Gis**. 1998.193 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais – INPE, São José dos Campos, 1998.

TORRES, F. T. P. Ocorrências de Incêndios Florestais na Área Urbana de Juiz de Fora, Mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.143-150, 2011

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011.