

Análise da Distribuição Temporal dos Focos de Queimadas por Regiões Brasileiras entre os Anos 2000 e 2020

David S. Monte, Gabriel A. M. Fragoso, Priscila A. Lima, Wanderson R. Marques

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Caixa Postal 50670-901 – Recife – PE – Brasil

{dsm3,gamf,pal4,wrn}@cin.ufpe.br

Resumo. *O presente artigo tem por objetivo analisar os padrões de distribuição temporal dos focos de queimadas detectados por regiões brasileiras entre os anos de 2000 e 2020. A fonte de dados foi o programa Queimadas do INPE, que monitora a ocorrência e classificação de queimadas ativas na vegetação, incluindo seu risco, abrangência e severidade. Para cada uma das regiões, o estudo apontou seus piores e melhores anos, bem como singularidades dignas de atenção das autoridades competentes. O panorama nacional também foi avaliado. Os resultados deste trabalho demonstraram que a região Norte deteve a maior participação na quantidade de focos de queimadas em todo o Brasil, enquanto as regiões Nordeste e Centro-Oeste responderam por quase metade do total de queimadas no território nacional dentro do período avaliado.*

1. Introdução

No contexto das mudanças ambientais globais o mundo tem voltado suas atenções à alta incidência de desmatamento e queimadas, pois é um dos fatores que reflete a perda de serviços ecossistêmicos locais e globais. Um estudo realizado pelo MAPBIOMAS Brasil (2021) revelou um total aproximado de 150.957 km² queimados por ano, 1,8% da área do país. O resultado acumulado entre os anos 1985 e 2020 atingiu quase um quinto do território nacional: 1.672.142 quilômetros quadrados, ou 19,6% do Brasil, dos quais 65% foram de vegetação nativa.

Segundo Gatti et al. (2021), a emissão de gases de efeito estufa no Brasil aumentou em 9,6% em 2019, quando comparado ao ano de 2018, de acordo com relatório do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), elaborado pelo Observatório do Clima. O referido relatório indica que dos 2,18 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente lançados na atmosfera pelo país, 44% provêm de mudanças de uso da terra e 28% da agropecuária, seguidas pelo setor energético (19%), processos industriais (5%) e gestão de resíduos (4%).

Os números alarmantes encontrados nestes estudos demonstram a importância dos monitoramentos dos focos de queimadas ativos e a necessidade de ações governamentais e sociais de conscientização, controle e combate às queimadas, sejam elas naturais ou criminosas. Nesse cenário, o presente artigo tem o objetivo analisar os padrões de distribuição temporal dos focos de queimadas detectados por regiões brasileiras entre os anos de 2000 e 2020.

O projeto atual, aliado ao monitoramento em tempo real das queimadas, não está relacionado apenas à redução das emissões de gases de efeito estufa e da área de vegetação local, mas também à extinção de algumas espécies de fauna e flora. Flora,

fertilidade do solo causada pela erosão, proteção de áreas indígenas e incidentes de incêndio e poluição.

2. Focos de queimadas: Detecção e Definição

A fonte de informações sobre os focos de queimadas foi o Programa Queimadas do INPE, que monitora a ocorrência e classificação de queimadas ativas na vegetação, incluindo seu risco, abrangência e severidade. Os dados fornecidos pelo programa são obtidos por imagens de satélites, ao todo são dez satélites onde são recebidas e processadas essas imagens. Atualmente os processos operacionais acontecem na Divisão de Geração de Imagem (DGI) e na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais. No que se trata da captação desses dados, cada satélite de órbita polar produz pelo menos dois conjuntos de imagens por dia, e os geoestacionários geram seis imagens por hora, sendo que no total o INPE processa automaticamente mais de 200 imagens por dia especificamente para detectar focos de queimadas em vegetação.

Os satélites de referência que utilizam os seus dados diários de focos detectados formam uma série temporal ao longo dos anos, de forma que a tendência do número de surtos na mesma área e em áreas diferentes pode ser analisada durante o período relevante. O satélite NOAA-12 foi usado de 1 de junho de 1998 a 3 de julho de 2002, e o AQUA_M-T foi usado depois disso, essa mudança resultou em descontinuidades no número de focos observados na análise dos dados. Quando o satélite AQUA_M-T deixar de operar, o que é esperado em futuro próximo, pois ultrapassou bastante sua vida útil, o satélite de referência passará a ser o NPP-SUOMI da NASA+NOAA DoD dos EUA, lançado em outubro de 2011, utilizado no monitoramento de focos pelo INPE desde 2012, a compatibilidade entre as séries será então ajustada cautelosamente, o novo satélite detecta 10 vezes mais focos.

O ponto focal, detectado por esses satélites, indica a presença de incêndio no elemento de resolução da imagem (pixel), que varia de 375 m x 375 m à 5 km x 4 km, dependendo do satélite. Vale considerar que pode haver uma ou várias frentes de fogo ativas diferentes neste pixel, indicando que será um único foco ou ponto. Além disso, é comum que vários satélites detectem o mesmo evento em um dia, portanto, os mapas e tabelas que mostram o foco de todos os satélites ao longo do dia detectarão o mesmo evento, mas não repetirão o foco. Além disso, em muitos casos, devido à variação natural do tamanho do pixel entre diferentes satélites, o mesmo evento de incêndio em vegetação pode ser indicado a uma distância de vários quilômetros, dependendo do satélite que o detecta.

Entretanto, a detecção dos focos não é tão simples para a maioria das pessoas, pois apesar de ser feita com telescópios óticos, a informação utilizada não está no intervalo de luz visível, e sim dentro da faixa de energia infravermelha. Estes princípios físicos e os algoritmos utilizados para validar o foco está intimamente ligado ao tipo de sensor responsável pela detecção.

3. Metodologia

O Estudo trata de uma análise exploratória dos dados de focos de queimada entre os anos de 2000 e 2020, os *datasets* em questão foram retirados do programa de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). No total foram analisados 5 *datasets* referentes às regiões brasileiras, no decorrer do projeto houve a

necessidade de se criar um sexto *dataset* no objetivo de agrupar os dados de todo o país para entender o contexto nacional.

Inicialmente, foi necessário um aprofundamento no domínio do problema, feito através de estudos bibliográficos com artigos científicos e periódicos. Em um segundo momento foi efetuado o pré-processamento dos dados, no qual foram retirados dos *datasets* os dados não desejados, repetidos e/ou ausentes, possibilitando efetuar a análise estatística descritiva. Ademais, foram gerados gráficos e informações que possibilitaram entender a evolução histórica dos focos de queimadas nas regiões brasileiras, identificando os pontos críticos, máximos e mínimos e variações abruptas no intervalo de anos em questão.

A implementação dos códigos e algoritmos foi feita através do ambiente de desenvolvimento do *Jupyter Notebook* com a utilização da linguagem de programação Python e para compartilhamento de dados e informações foi usado um repositório no GitHub.

4. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos a partir das análises dos *datasets* foram agrupados em seis tópicos, sendo assim divididos:

- Um tópico para cada região brasileira, totalizando cinco tópicos, sendo distribuídos na seguinte ordem: região Nordeste, região Norte, região Centro-Oeste, região Sudeste e região Sul. Cada tópico apresenta uma avaliação estatística da distribuição temporal dos focos de queimadas ocorridos entre os anos 2000 e 2020, bem como uma perspectiva do último ano da série histórica;
- Um tópico final contendo uma síntese comparativa entre as regiões, bem como uma análise geral da distribuição temporal dos focos de queimadas em todo o território brasileiro.

4.1. Distribuição Temporal dos Focos de Queimadas na Região Nordeste

Segundo dados do IBGE, a região nordeste é a terceira maior do Brasil, constituída de 9 estados e ocupa cerca de 18,2% de todo o território nacional, sendo uma área de aproximadamente 1.552.175,412 km² [IBGE 2021]. No que se refere às queimadas, devido às suas grandes dimensões, apresenta o segundo maior número de focos no período analisado (1.198.958 focos), o equivalente a 24.86% do valor total do país.

A média do número de focos de queimadas anuais no Nordeste é 57.093, bem próximo a mediana (51.555). Apesar da pequena diferença entre os valores, a região tem um desvio padrão de 20.357, aproximadamente 36% do valor médio, o que demonstra uma grande variabilidade anual, que pode ser notado no histograma com os números de focos anuais da Figura 1.

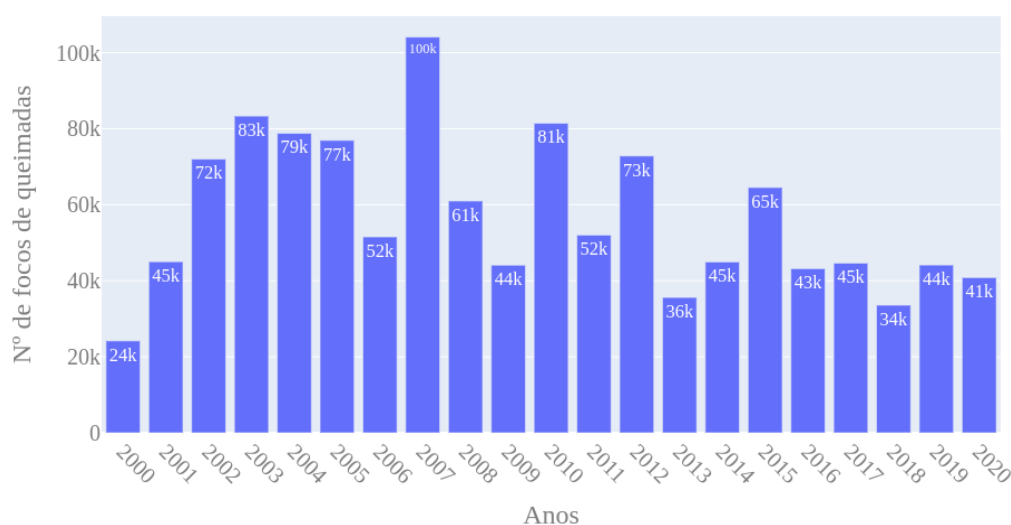


Figura 1. Série histórica do total de focos de incêndios para a região Nordeste no período de 2000 a 2020

Alguns dados do gráfico devem receber atenção especial, entre eles podemos citar:

- O ano de 2007 teve o maior número de focos no período analisado, 104.109 focos, cerca de 403% do ano com menor valor, a amplitude máxima é de 79.907, valor consideravelmente acima da média anual da região;
- Doze anos apresentaram valores menores do que a média, sendo 2000 o ano com menor número em toda a série, cerca de 24.202 focos.

Analisando a série em intervalos de 5 anos em busca dos meses que apresentaram as maiores e menores concentrações de focos de incêndio, tem-se o resumo apresentado na Tabela 1. Note que o mês de setembro de 2007 ostenta o máximo histórico ocorrido (27403 focos), enquanto o mês de março de 2001 ostenta o mínimo histórico (7 focos).

Tabela 1. Comparativo dos valores máximos e mínimos observados em intervalos de 5 anos para a região Nordeste

Intervalos	Mês/Ano	Focos - Máximo	Mês/Ano	Focos - Mínimo
2000-2005	Outubro/2005	23891	Março/2001	7
2005-2010	Setembro/2007	27403	Maio/2009	87
2010-2015	Setembro/2012	19031	Fevereiro/2014	196
2015-2020	Setembro/2017	13025	Fevereiro/2018	124

O gráfico representado na Figura 2 mostra os máximos mínimos e médias do intervalo do estudo em comparação com o ano de 2020. É possível observar que para a região nordeste todos os meses ficaram abaixo da média, com a concentração do número de focos no segundo semestre, devido ao baixo índice de chuvas.

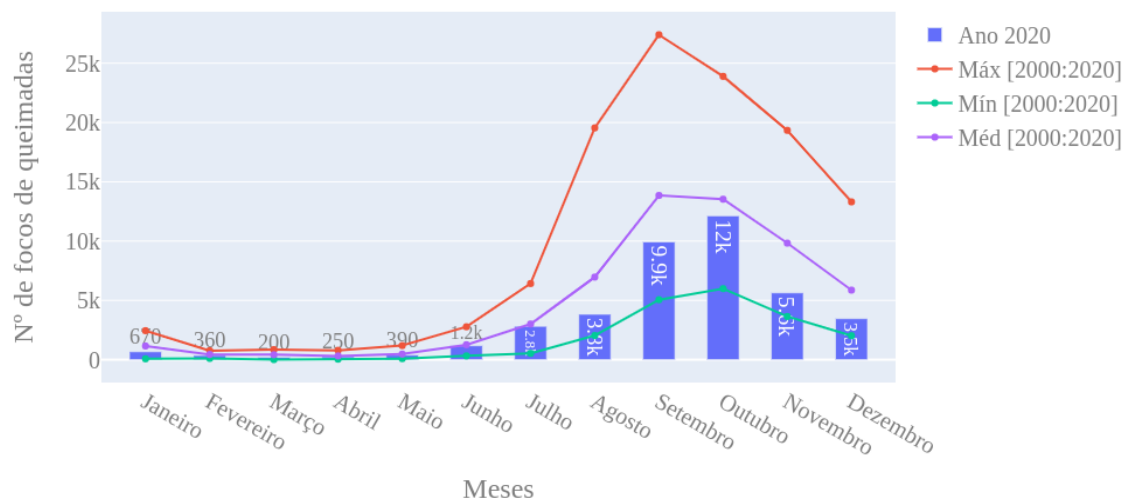


Figura 2. Comparativo dos dados do ano 2020 com os valores máximos, médios e mínimos, no período de 2000 a 2020 para região Nordeste

4.2. Distribuição temporal dos focos de queimadas na região Norte

O Norte é a maior região do país e é onde está localizada a maior parte da Amazônia atual, por esse motivo requer um cuidado maior com relação às queimadas. Com área total de 3.850.516,282 km² [IBGE 2021], a região norte ocupa cerca de 45,2% do território nacional e consequentemente é responsável por 40,66% do número de focos de queimadas no país, 1.961.282 focos distribuídos entre os anos 2000 e 2020.

Os dados de focos de queimadas para esta região devem receber atenção especial no que se refere a captação por satélite, pois, segundo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) o satélite de referência utilizado até o ano de 2012 havia limitações operacionais quanto a cobertura de monitoramento nas partes norte e noroeste do país, resultando em quantidade inferiores ao ocorrido. Os dados históricos anuais podem ser vistos no histograma da Figura 3.

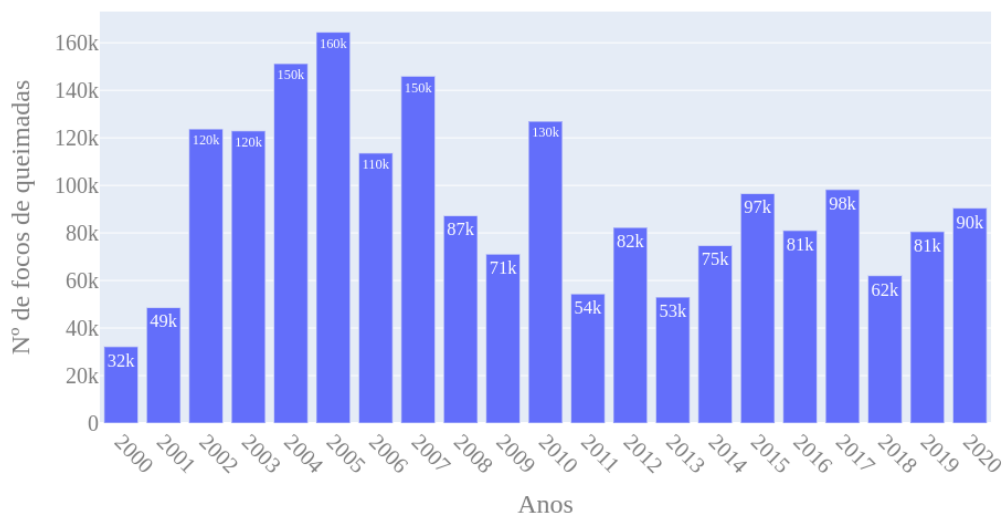


Figura 3. Série histórica do total de focos de incêndios para a região Norte no período de 2000 a 2020

A média do número de focos anuais para o norte é aproximadamente 93.394, com desvio padrão de 35.879,22, demonstrando grande valores com alta variabilidade. Os anos de maior e menor incidência foram respectivamente 2005 e 2000, com máximo de 164.458 e mínimo 32.162 focos de queimadas, sendo observado um aumento de 511,34% entre os extremos.

A Tabela 2 apresenta um comparativo dos valores mensais, máximos e mínimos, obtidos em intervalos de 5 anos dentro de todo o período (2000-2020) e alguns pontos podem ser destacados, são eles:

- O mês de setembro predomina com valores elevados, com máximo em setembro de 2007, 55.304 focos de queimadas;
- O mês de fevereiro predomina com números baixos, porém o mês de abril de 2000 foi o que concentrou o menor número de focos, apenas 59 focos de queimadas;
- Variação de 93.375,59 % entre o mês de maior e de menor valor entre os anos de estudo.

Tabela 2. Comparativo dos valores máximos e mínimos observados em intervalos de 5 anos para a região Norte

Intervalos	Mês/Ano	Focos - Máximo	Mês/Ano	Focos - Mínimo
2000-2005	Agosto/2005	52898	Abril/2000	59
2005-2010	Setembro/2007	55304	Fevereiro/2009	283
2010-2015	Setembro/2015	27301	Fevereiro/2013	169
2015-2020	Setembro/2017	33341	Fevereiro/2017	202

A partir do gráfico ilustrado na Figura 4 é possível perceber que os meses de julho, agosto e outubro tiveram número de focos acima da média para a região, isso ocorre devido ao fato de que é no terceiro trimestre do ano o intervalo de tempo no qual se predominam os maiores números de queimadas, pois o clima equatorial da região apresenta clima mais seco nesses meses.

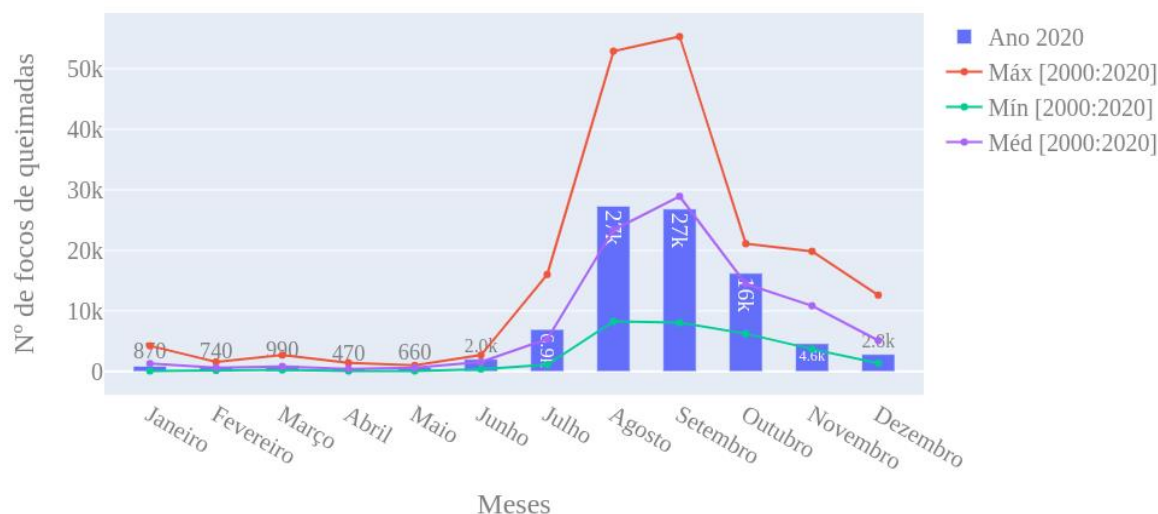


Figura 4. Comparativo dos dados do ano 2020 com os valores máximos, médios e mínimos, no período de 2000 a 2020 para região Norte

4.3. Distribuição Temporal dos Focos de Queimadas na Região Centro-Oeste

A região Centro-Oeste ocupa cerca de 19% do território brasileiro equivalente a uma área territorial de 1.612.000 km² [IBGE 2021]. É composta por 4 estados: Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal não são muito povoados, tendo uma das menores densidades demográficas do Brasil. No que se refere ao número de focos de queimadas durante o período analisado, a região centro oeste apresenta um total 1.148.614, equivale a 23.81% do volume total.

Com relação aos focos de queimadas na vegetação presente no Centro-Oeste, como podemos citar: Cerrado, Pantanal e uma pequena faixa da Floresta Amazônica estão relacionados com o desmatamento, principalmente destacamos o cerrado. Segundo Dados do Projeto MapBiomas (2019) apontam para taxas de desmatamento no Cerrado historicamente superiores às da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica, tendo em vista que no ano de 2018, cerca de 41,3% de sua cobertura natural já se encontrava convertida para usos antrópicos.

A média do número de focos de queimadas anuais no Centro Oeste é 54.695, e mediana de 43.043, possui um desvio padrão de 28.404, aproximadamente 52% do valor da média, o que caracteriza uma grande variabilidade ao longo dos anos sendo o percentual um pouco elevado comparado com outras regiões. A região possui um valor percentual significativo devido às queimadas possuírem estreita relação com o desmatamento e as atividades agropecuárias no Cerrado Brasileiro [Rocha e Nascimento 2021].

O Figura 5 representa o número total de focos de queimadas que a região Centro-oeste apresentou entre 2000 e 2020. Percebemos que o ano de 2004, com 114.952 focos apresentou o maior número de ocorrências, enquanto o ano de 2018, com 23.610 focos demonstrou o menor registro da região.

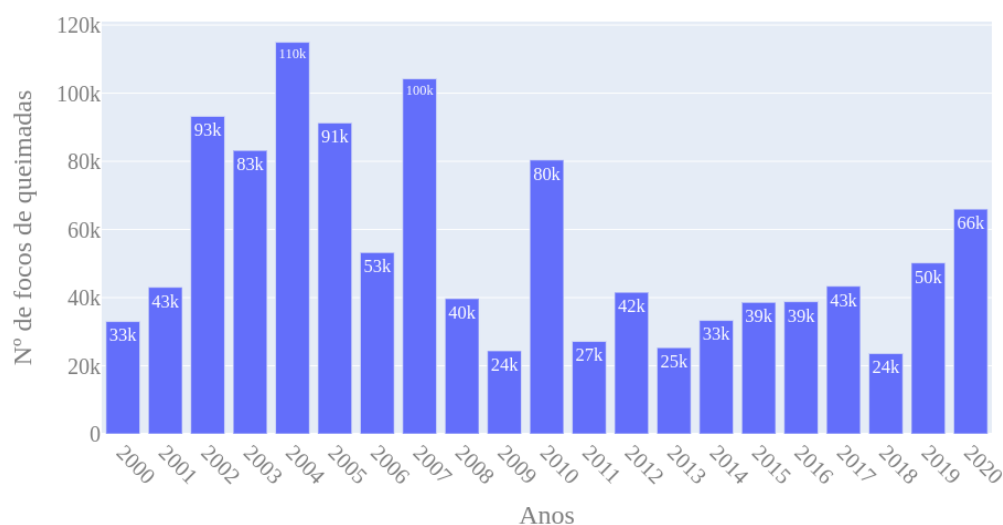


Figura 5. Série histórica do total de focos de incêndios para a região Centro-Oeste no período de 2000 a 2020

Vale a pena destacar o motivo pelo qual o ano de 2004 apresenta a maior quantidade de focos de queimadas. No estado do Mato Grosso, maior estado produtor de soja, a área de floresta desmatada correspondeu, entre 2003 e 2004, a um crescimento percentual de 6% em relação ao período anterior, ou seja, cerca de 26.130 quilômetros quadrados de desmatamento [Schlesinger e Noronha, 2006].

Em 2003 e 2004, o Brasil se configurou como o maior exportador mundial de soja, representando cerca de 8% das exportações do país. Os estados do Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são os principais produtores de soja do país, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor de soja do país, responsável por 27% da produção nacional, de acordo com dados de MAPA (2007).

Um estudo comparativo mensal pode ser observado na Tabela 3 que apresenta o número de focos de queimadas, máximos e mínimos, ao longo dos anos. O mês que predomina para a maior incidência de focos é setembro, tendo seu maior expoente sido no ano de 2007. Em contrapartida os meses de março, janeiro e fevereiro apresentaram predominantemente valores baixos, o ano 2001 se sobressai com um mínimo de 73 focos.

Tabela 3. Comparativo dos valores máximos e mínimos observados em intervalos de 5 anos para a região Centro-Oeste

Intervalos	Mês/Ano	Focos - Máximo	Mês/Ano	Focos - Mínimo
2000-2005	Setembro/2004	40818	Março/2001	73
2005-2010	Setembro/2007	47688	Janeiro/2008	324
2010-2015	Setembro/2012	15187	Fevereiro/2011	271
2015-2020	Setembro/2020	25317	Fevereiro/2018	357

O gráfico ilustrado na Figura 6 é possível observar que todos os meses se encontram abaixo da média, exceto no trimestre agosto, setembro e outubro onde há uma expressiva concentração das queimadas durante o período seco.

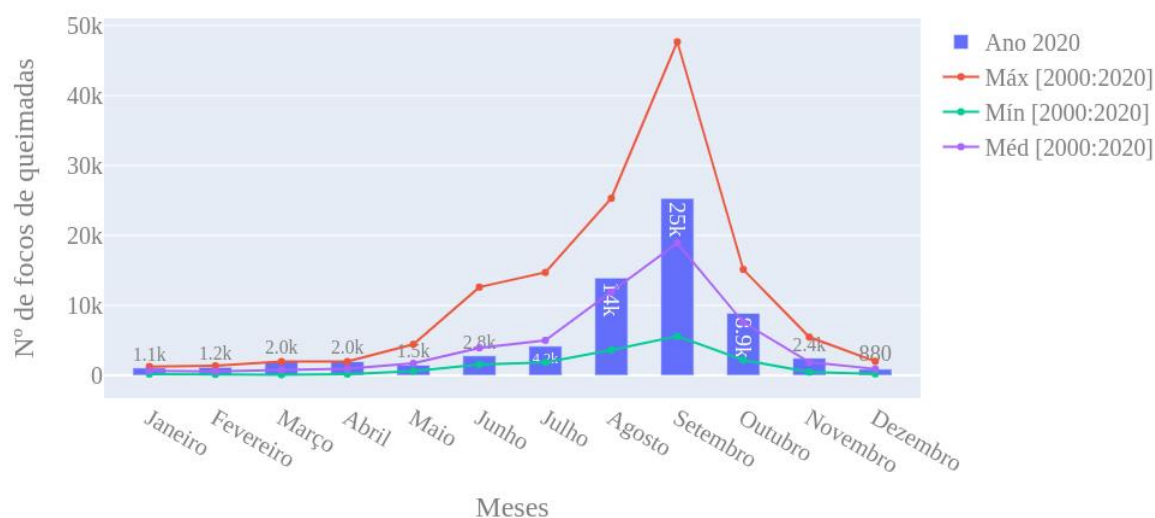


Figura 6. Comparativo dos dados do ano 2020 com os valores máximos, médios e mínimos, no período de 2000 a 2020 para região Centro-Oeste

4.4. Distribuição Temporal dos Focos de Queimadas na Região Sudeste

A região sudeste ocupa 10,85% do território brasileiro, possui uma extensão de aproximadamente 924.620,678 km² [IBGE 2021]. É composta pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Possui elevada concentração populacional devido a concentração das atividades econômicas como a indústria e o comércio, destaque para os estados: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

No que se refere ao número de focos de queimadas durante o período analisado, a região sudeste apresenta um total 321.323, equivalente a 6.66% do valor total. A média do número de focos de queimadas anuais no Sudeste é 15.301, e mediana de 15.686, possui um desvio padrão de 6.009, aproximadamente 39% do valor da média, o que caracteriza uma grande variabilidade para esta região.

A região sudeste faz parte da chamada "fronteira consolidada do desmatamento" são aqueles que têm a maior participação na faixa de desmatamento devido à pecuária. No Brasil, a maioria dos estudos já têm demonstrado que o desmatamento tem sido causado pela conversão de floresta, principalmente para pecuária, agricultura de corte e queima ou associada à exploração madeireira [Arima et al. 2005; Veríssimo et al. 1996; Ferreira et al. 2005].

No intervalo de anos do estudo, 2007 apresenta o maior foco de queimadas (29.116) e 2001 o ano com o menor número de focos (7.082). No histograma representado na Figura 7 é possível verificar esses valores e ver a evolução histórica anual total entre os anos de 2000 e 2020.

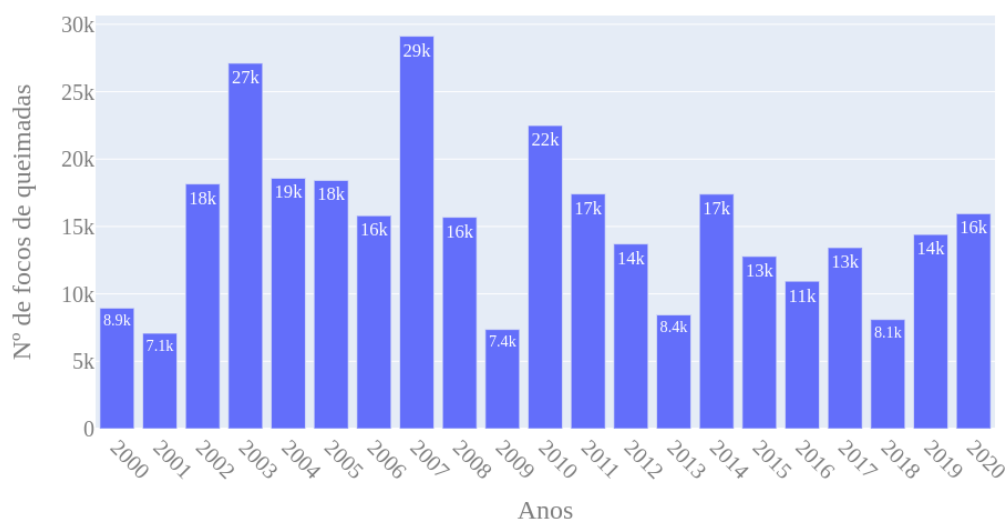


Figura 7. Série histórica do total de focos de incêndios para a região Sudeste no período de 2000 a 2020

Um estudo comparativo mensal pode ser observado na Tabela 4 que apresenta o número de focos de queimadas, máximos e mínimos, ao longo dos anos. A partir das informações apresentadas, note que, tal qual a região Centro-Oeste, o mês de setembro é o que concentra a maior quantidade de focos de queimadas. Por outro lado, os mínimos estão concentrados entre os meses de dezembro e fevereiro, com destaque para o ano 2000.

Tabela 4. Comparativo dos valores máximos e mínimos observados em intervalos de 5 anos para a região Sudeste

Intervalos	Mês/Ano	Focos - Máximo	Mês/Ano	Focos - Mínimo
2000-2005	Setembro/2003	9093	Dezembro/2000	40
2005-2010	Setembro/2007	8093	Janeiro/2009	122
2010-2015	Setembro/2011	7760	Dezembro/2011	124
2015-2020	Setembro/2020	6089	Fevereiro/2018	87

O gráfico ilustrado na Figura 8 é possível observar que o segundo semestre, principalmente os meses de setembro e outubro, tiveram focos de queimadas acima da média. Além disso, pode-se notar que os maiores valores estão concentrados, entre os meses de agosto a outubro, devido à estiagem e clima seco característico deste período.

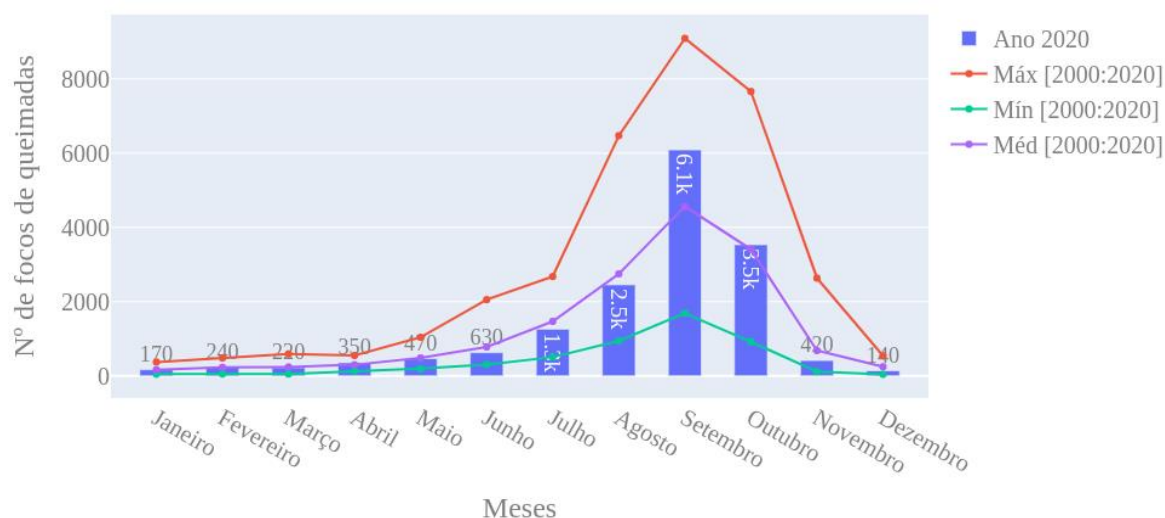


Figura 8. Comparativo dos dados do ano 2020 com os valores máximos, médios e mínimos, no período de 2000 a 2020 para região Sudeste

4.5. Distribuição Temporal dos Focos de Queimadas na Região Sul

Segundo a última contabilização territorial publicada pelo IBGE em 2021, a região Sul brasileira possui uma área com cerca de 576.736,815 km², respondendo por aproximadamente 6,8% do território nacional. É a menor região brasileira. Devido a sua baixa extensão territorial e a predominância do clima subtropical, é a região com menor participação no volume de queimadas contabilizado no período avaliado neste trabalho, aproximadamente 4% do volume total.

A região Sul, tendo por base os anos avaliados, apresentou média anual para a quantidade de focos de incêndios de 9199 e desvio-padrão de 5176 (cerca de 56,27% da média). Um desvio-padrão tão elevado implica em alta variabilidade anual, fato que se torna evidente quando observa-se a série histórica do total de incêndios apresentada na Figura 9. Nesta figura é possível observar algumas ocorrências singulares, destacando-se as seguintes:

- No ano 2001 foi registrado o menor número de focos de incêndio de toda a série histórica, 1720 focos, quando a média anual para a região foi de 9199 focos;
- O intervalo entre os anos 2001 e 2003 foi marcado por aumento espantoso na quantidade de focos, culminando com o ano de 2003 representando o pior ano de toda a série histórica acumulando um total de 8109 focos. O crescimento foi de aproximadamente 1333% em relação ao ano de 2001.

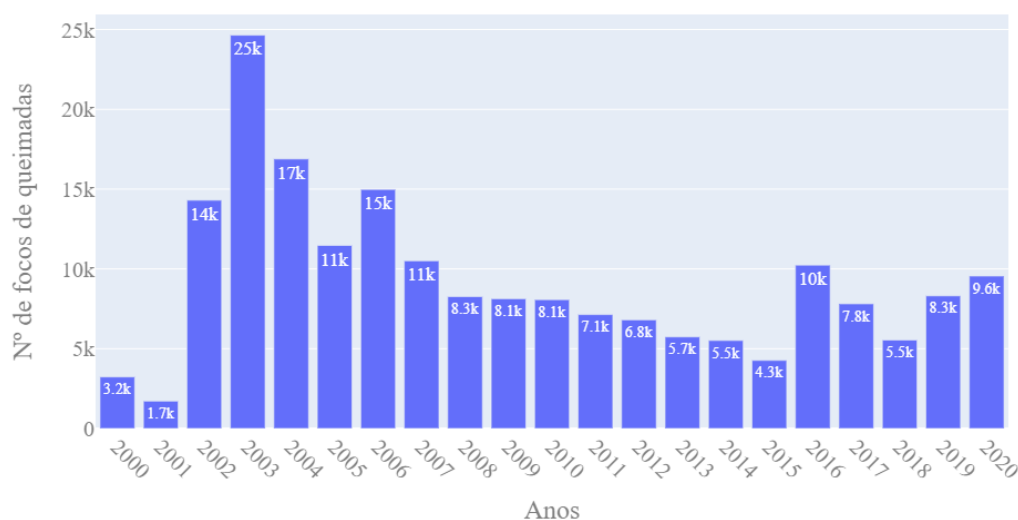


Figura 9. Série histórica do total de focos de incêndios para a região Sul no período de 2000 a 2020

Quando comparamos a quantidade de focos mensais ocorridos no último ano da série histórica analisada (2020) com os valores máximos, mínimos e médios referentes a cada mês, percebe-se que apesar do mês de agosto ser o pior mês de 2020, ele está muito abaixo do máximo verificado para este mês. O número de focos em agosto de 2020 foi de 3182, enquanto o maior valor verificado para este mês foi de 8109. Em termos percentuais representa uma diferença de aproximadamente 60,76% em relação ao valor máximo.

De forma geral, o mês de agosto é o que apresenta os piores resultados em relação às médias, aos máximos e aos mínimos mensais. Os meses que ficaram abaixo da média foram janeiro, julho, setembro, outubro, novembro e dezembro. Note que para a metade dos meses do ano, a quantidade de focos de incêndio do ano 2020, para a região Sul, esteve abaixo da média. O gráfico da Figura 10 ilustra essas considerações.

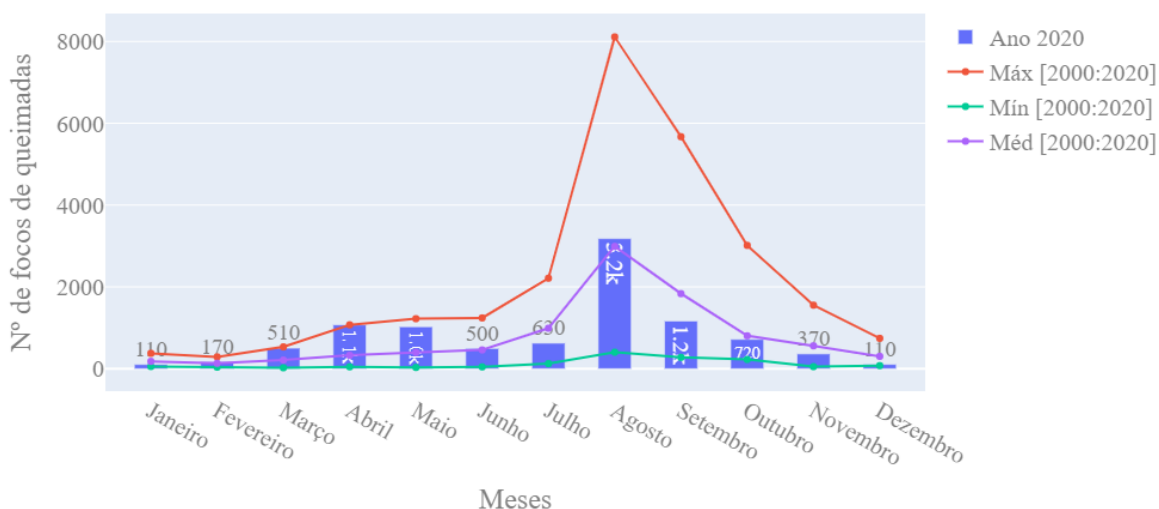


Figura 10. Comparativo dos dados do ano 2020 com os valores máximos, médios e mínimos, no período de 2000 a 2020 para região Sul

4.6. Panorama Nacional - Avaliação Geral das Regiões

A análise comparativa dos dados, levando em conta o número total de focos de incêndio a cada ano por região dentro do período avaliado (2000 a 2020), aponta a região Norte como aquela que concentrou maior participação na quantidade de focos de incêndio. Foram aproximadamente 1.961.282 focos de incêndio representando 40,66% do total contabilizado para o período. Em contrapartida, a região Sul apresentou a menor concentração, aproximadamente 193.180 focos de incêndio, respondendo por 4% do total nacional.

A região Sudeste também se destaca por sua baixa contribuição na quantidade total de focos de incêndio, em torno de 321.323 focos, o que corresponde a 6,66% do total nacional. Por outro lado, as regiões Centro-Oeste e Nordeste apresentaram contribuições muito próximas: 23,81% e 24,86%, respectivamente. Note que, somadas, essas duas regiões arcaram com cerca de 50% do total de focos de incêndio no Brasil. A Figura 11 resume essas considerações.

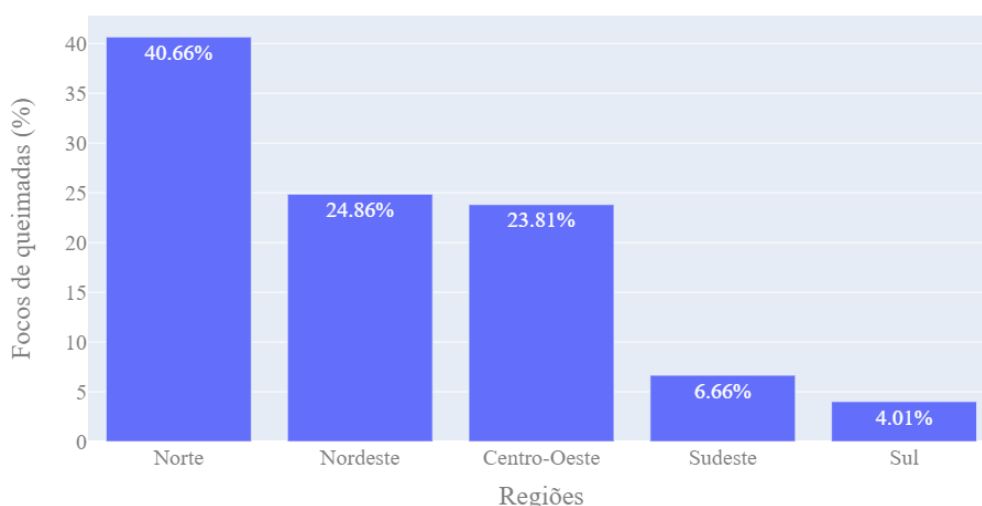


Figura 11. Distribuição percentual dos focos de queimadas por regiões brasileiras no período compreendido entre os anos 2000 e 2020

Do ponto de vista dos anos atípicos, ou seja, aqueles que reuniram a maior ou a menor quantidade de focos de incêndio por região, tem-se a síntese apresentada na Tabela 53. Observe que, excetuando-se a região Centro-Oeste, os dois anos iniciais do período avaliado são os que apresentaram as menores concentrações de focos de incêndio.

Tabela 5. Síntese dos anos com maior e menor quantidade de focos de incêndio por região entre os anos 2000 e 2020

Região	Maior	Menor
Centro-Oeste	2004	2018
Nordeste	2007	2000
Norte	2005	2000
Sudeste	2007	2001
Sul	2003	2001

Uma análise minuciosa realizada observando-se as variações dos números de focos de incêndio ano a ano para todas as regiões revelou alguns eventos singulares:

- a. De 2009 para 2010, as regiões Centro-oeste e Sudeste apresentaram crescimento expressivo na quantidade de incêndios, sendo verificado aumentos de 230% e 207% respectivamente;
- b. A menor redução na quantidade de focos de incêndio entre dois anos consecutivos ocorreu na região Centro-Oeste entre os anos 2010 e 2011, quando o número de focos diminuiu de 80.401 para 27.138 focos, representando uma redução de 66,2%;
- c. Observou-se ampla variabilidade anual das queimadas por região. Os valores obtidos para os desvios-padrões foram de no mínimo 36% do valor médio (região Nordeste) e no máximo 56% do valor médio (região Sul);
- d. No período de 2007 a 2009 ocorreu redução na quantidade de focos de incêndio em todas as regiões, ou seja, em todo o território nacional. Em nenhum outro momento do período avaliado verificou-se tal ocorrência em intervalo de amplitude semelhante;

No âmbito nacional, os anos 2007 e 2004, nesta ordem, foram os anos mais críticos, pois apresentaram as maiores quantidades de queimadas no período analisado. No ano de 2007 foram contabilizados 393.915 focos, evidenciando um acréscimo de aproximadamente 72% sobre a quantidade média de focos mensurada entre os anos de 2000 e 2020 que foi de 229.683.

Por outro lado, os anos 2000 e 2013, nesta ordem, foram os anos mais amenos, apresentando as menores quantidades de focos de incêndio, exibindo decréscimos em torno de 56% e 44% em relação à média nacional para o período. De forma geral, em todo o Brasil, 7 anos apresentaram valores superiores à média do período avaliado: 2002 a 2007 e 2010. Em compensação, 14 anos estiveram abaixo da média do período avaliado: 2000, 2001, 2008, 2009 e 2011 a 2020. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por [Martins et al 2020].

5. Conclusões

O presente trabalho apresentou de forma objetiva uma análise da distribuição temporal do número de focos de queimadas para as cinco regiões brasileiras, bem como uma visão geral de todo o território nacional entre os anos de 2000 e 2020. Os resultados obtidos mostraram que ao longo dos anos houve ocorrências atípicas caracterizadas em sua maioria por elevações abruptas na quantidade de queimadas, a exemplo da região Sul que entre os anos 2001 e 2003 apresentou uma elevação 1333% na quantidade de incêndios.

De forma geral, também foi verificado que, para todas as regiões, ao longo dos meses há um padrão de comportamento do número de focos de incêndio baseado nos máximos e mínimos acumulados em todos os anos, indicando sazonalidade. Assim dizendo, determinados meses são sempre caracterizados por elevados índices de focos, enquanto outros apresentam comportamento inverso.

Do ponto de vista das médias anuais de focos queimadas, todas as regiões apresentaram elevada variabilidade, no mínimo 36% e no máximo 56% do valor médio. Provavelmente, tal comportamento está associado à sazonalidade e a complexidade de classificação de um foco de calor como foco efetivo de incêndio. A região Nordeste foi a que apresentou menor variabilidade, ao passo que a região Sul ostenta a maior variabilidade.

Em se tratando de eventos comuns às regiões, o período entre os anos 2007 e 2009 merece destaque por ser caracterizado pela redução do número de queimadas em todas as regiões. Portanto, o Brasil experimentou tal fenômeno. Ainda no âmbito nacional, os anos de 2000 e 2013 foram os que obtiveram menores índices de queimadas.

Os resultados deste trabalho demonstraram que a região Norte, por ser a mais extensa e a menos povoada, é a que possui maior participação na quantidade de focos de queimadas em todo o Brasil, 40,66% no período avaliado, sendo desta forma ótima fonte de estudos para trabalhos futuros. As regiões Nordeste e Centro-Oeste, que responderam por aproximadamente 50% do número de queimadas no território nacional, também são excelentes opções para trabalhos futuros mais aprofundados. Acrescenta-se a sugestão de um estudo detalhado das políticas públicas realizadas nos períodos de máximo e mínimo para cada região, a fim de descobrir quais as melhores ações a serem tomadas para controle do número de focos de queimada. Uma vez que o INPE possui uma extensa base de dados, tais propostas são totalmente factíveis.

Referências

- Arima, E.; Barreto, P.; Brito, M. (2005) “Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental”, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Belém.
- Gatti, L.V., Basso, L.S., Miller, J.B. et al. (2021) “Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change”, *Nature*, v. 595, p. 388–393.
- IBGE (2021) “Áreas Territoriais”, <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=sobre>, Novembro.
- INPE (2021) “Programa de Queimadas - Apresentação: Queimadas e Incêndios Florestais”, <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/apresentacao>, Outubro.
- MAPA (2007) “Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Balanço anual da cana-de-açúcar e agroenergia”, <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/catalogo/REC000fjk9d97f02wyiv80sq98yq8ayzodp.html>, Novembro.
- Mapbiomas Brasil (2021) “A cada ano, Brasil queima área maior que a Inglaterra”, <https://mapbiomas.org/a-cada-ano-brasil-queima-area-maior-que-a-inglesa>, Outubro.

- Martins, G.; Rosa, A. S.; Setzer, A.; Rosa, W.; Morelli, F.; Bassanelli, A. (2020) “Dinâmica Espaço-Temporal das Queimadas no Brasil no Período de 2003 a 2018”, Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 4, p. 1558-1569.
- Rocha, M. I. S.; Nascimento, D. T. F. (2021) “Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo”, Revista Brasileira de Geografia Física, v.14, n.03, p.1220-1235.
- Schlesinger, S.; Noronha, S. (2006) “O Brasil está nu! - O avanço da monocultura da soja, o grão que cresceu demais”, FASE, Rio de Janeiro.