



Avaliação dos Focos de Queimadas e Densidade de Calor na Área do Antigo Lixão do Timbuba/Pau-Deitado, São José de Ribamar – MA, Brasil

Jeferson Botelho Rodrigues¹, Adeildo Cabral da Silva², Débora Danna Soares da Silva³

¹Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Núcleo de Estudos e Política Ambiental (NEPA), Avenida João Dagnone, nº 1100 - Jardim Santa Angelina, CEP 13563-120 - São Carlos – SP. E-mail: jefersonbotelho@usp.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6371-7912>

²Professor Titular. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Laboratório de Energia Renováveis e Conforto Ambiental (LERCA), Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza – CE. E-mail: cabral@ifce.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5433-6437>

³Doutoranda em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Endereço: Campus do Pici – Bloco 713 (1º andar) – Fortaleza – CE. E-mail: dannasilva94@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8239-655X>

Artigo recebido em 16/01/2024 e aceito em 12/08/2024

RESUMO

A queima de resíduos sólidos é uma técnica irregular que tem como objetivo eliminar resíduos de forma inadequada, sem segregação ou qualquer outro tipo de separação dos resíduos. É possível definir queimadas como práticas realizadas em áreas de pastagem, de florestas e demais áreas, com objetivo de “limpar” o ambiente ou eliminar algum material indesejado. A prática irregular de queimadas, ocasionadas pela coletividade, traz prejuízos à saúde populacional e aos atributos ambientais. Para a avaliação dos focos de queimadas e elaboração do mapa de calor foram aplicadas técnicas de geoprocessamento do *software* livre QGIS versão 3.26, que foram responsáveis por tratar as imagens espaciais fornecidas pelos satélites Landsat 8 e satélites Acqua, ambos disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) nos anos de 2018, 2019 e 2020. Para a elaboração dos Mapas de Calor foi utilizada a metodologia conhecida como “Mapa de Densidade de Kernel”. Segundo Rizzatti *et. al.*, (2020) a densidade de Kernel parte do princípio de quantificar e catalogar as relações de pontos sobre um raio ® de influência. Através dos dados obtidos sobre as queimadas na área de influência do antigo lixão, pode-se concluir que após o encerramento do lixão do Timbuba/Pau-deitado, as práticas de queimadas foram aos poucos sendo paralisadas, uma vez que em entre 2018 e 2020 a presença dos focos diminuíram consideravelmente.

Palavras-chave: Focos de queimadas; Lixão do Timbuba/Pau-deitado; Resíduos sólidos.

Analysis of Burning Spots and Heat Density in the Old Dump Area of Timbuba/Pau-Deitado, São José de Ribamar – MA, Brazil

ABSTRACT

The burning of solid waste is an irregular technique that aims to dispose of waste improperly, without segregation or any other type of waste separation. It is possible to define burnings as practices carried out in pasture areas, forests and other areas, with the aim of “cleaning” the environment or eliminating some unwanted material. The irregular practice of burning, caused by the community, harms population health and environmental attributes. Geoprocessing techniques of the free software QGIS version 3.26 were applied to evaluate the fires and prepare the heat map, which were responsible for dealing with the space images provided by the Landsat 8 and Acqua satellites, both available in the Institute's database. Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) in the years 2018, 2019 and 2020. For the elaboration of the Heat Maps, the methodology known as “Kernel Density Map” was used. According to Rizzatti *et. al.*, (2020) Kernel density starts from the principle of quantifying and cataloging the relationships of points over a radius ® of influence. Through the data obtained on the burnings in the area of influence of the old dump, it can be concluded that after the closure of the Timbuba/Pau-deitado dump, the practices of burning were gradually being paralyzed, since in between 2018 and 2020 the presence of foci decreased considerably.

Keywords: Fire outbreaks; Timbuba/Pau-deitado landfill; Solid waste.

Introdução

Os incêndios florestais são um fenômeno global que envolve graves consequências para a ecologia, ao meio ambiente, a saúde e o bem-estar população. (Sastry, 2002; Kala, 2023).

Os focos de queimadas, que dão origem a incêndios florestais, são um dos distúrbios dominantes nas florestas que impacta amplamente a ecologia, o meio ambiente e a socioeconomia das nações em todo o mundo (Kala, 2023).

De acordo com o Art. 225 da Constituição Federal de 1988, todos os seres humanos têm o expresso direito viver em um meio ambiente ecologicamente equilibrado, visando a íntegra qualidade de vida. Junto a isso, o Poder Público e a sociedade têm o dever de defender e preservar os recursos ambientais para que as futuras gerações possam usufruir.

Segundo a Lei Federal nº 9.605 do ano 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, Art. 54, descreve que ocasionar poluição de qualquer natureza em níveis que possam resultar danos à saúde humana é considerado crime e o infrator passa por sanções administrativas e penais.

Fonseca-Morello et al. (2017) é possível definir queimadas como práticas realizadas em áreas de pastagem, de florestas e demais áreas, com objetivo de “limpar” o ambiente ou eliminar algum material indesejado. A prática irregular de queimadas, ocasionadas pela coletividade, traz prejuízos à saúde populacional e aos atributos ambientais.

O Brasil tem formações vegetais extensas ao logo do seu território, e tais espécies da flora são afetadas de maneira negativa devido a ocorrência de focos queimadas irregulares. Em um estudo realizado por Jesus et al. (2020) a incidência de queimadas ocorre em todos os biomas do Brasil, todavia, de forma mais intensa no Cerrado e Amazônia, consecutivamente.

No Brasil, a identificação e o monitoramento de incêndios florestais e dos focos de queimadas, ocorre através dos satélites que se encontram em órbita e, logo, o cálculo, a estatística e a previsão de risco de focos de fogo nas vegetações são realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Programa Queimadas (Jesus et al., 2020).

Os incêndios ou queimadas em áreas que possuem vegetação pode ocasionar prejuízos em grande escala aos recursos naturais, como por exemplo, à flora nativa, à fauna, aos seres humanos, inclusive com a perda de vida dos indivíduos. O desequilíbrio ambiental ocasionado por práticas de queimadas é caracterizado, além da

ameaça de extinção da biodiversidade, a destruição de habitats (Silva et al., 2021).

Ainda de acordo com Silva et al. (2021) a maior parcela dos incêndios florestais é de origem da humanidade, principalmente os que são provocados de forma intencional, seja por motivos passionais ou desinformação técnica. Embora saiba que os incêndios naturais sejam inferiores aos praticados pela sociedade, ainda há negligência do governo contra às sanções penais e administrativas referentes ao crime, uma vez que as queimadas irregulares crescem anualmente.

Segundo o Departamento de Economia do Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana – SELURB (2019) a existência de lixões e outros locais inadequados onde são depositados resíduos no Brasil, respondem por cerca de pouco mais que 6 milhões de toneladas de gases de efeito estufa anualmente.

A queima de resíduos sólidos é uma técnica irregular que tem como objetivo eliminar resíduos de forma inadequada, sem segregação ou qualquer outro tipo de separação dos resíduos. Tal técnica é encontrada, principalmente, em locais onde há ausência de saneamento básico, uma vez que o manejo de resíduos faz parte dos pilares de saneamento (Cardozo; Mannarino; Ferreira, 2021).

Durante as queimas de resíduos há liberação de agentes físicos e químicos prejudiciais aos fatores presentes no meio ambiente, quanto à saúde pública. A presença de monóxido de carbono (CO), por exemplo, é formada por objetos ou materiais que não tem a combustão correta, devido a quantidade reduzida de oxigênio durante o processo de queima (Strobel; Waldner; Gablinger, 2018).

Os processos de queimas de resíduos sólidos ocasionam a deterioração dos atributos ambientais, ou seja, enfraquece os nutrientes do solo, elimina a vegetação e ameaça os componentes da fauna que estão próximos dos focos de queimadas, além de provocar danos à saúde do ser humano, uma vez que a liberação de particulados inaláveis acarretam problemas de saúde (Fearnside, 2002).

A queima de plásticos em locais inadequados é uma das principais fontes de poluição da qualidade do ar. Pouco mais de 10% dos resíduos sólidos municipais é composto por resíduos plásticos (sacolas, sacos, copos, etc.) independente da composição do material e 40% desses resíduos são queimados (Rinku Verma; Vinoda; Papireddy, 2016).

A aplicação futura do plástico aumenta e seu uso continua a crescer nas economias através do desenvolvimento e criação de produtos e

objetos. Sem uma gestão adequada de resíduos, o aumento dos resíduos plásticos aumenta ainda mais o histórico de resíduos plásticos já existentes. Não há um número acordado sobre o tempo que o plástico leva para se degradar, mas pode ser centenas ou milhares de anos, e durante esse tempo, os resíduos causam impactos socioambientais (Kershaw et al., 2011).

Segundo Arthur et al. (2009) o crescimento da produção e uso dos plásticos em países que estão em desenvolvimento é uma preocupação atenuantes, pois a sofisticação da infraestrutura do gerenciamento dos resíduos pode não ser eficiente em uma taxa adequada para lidar com os níveis em que a geração dos resíduos é desenvolvida.

O aumento da temperatura e das condições do ambiente afetam o processo de degradação do plástico em microplásticos secundários ou até mesmo na liberação de substância químicas contidos ou transportados em resíduos sólidos. Os microplásticos secundários são compostos e caracterizados a partir da quebra de plásticos maiores (Rinky Verma; Vinoda; Papireddy, 2016).

A Organização das Nações Unidas – ONU (2019) relata que a queima de resíduos sólidos, além de ocasionar forte odor, também causa sensação de sufoco em pessoas que estão próximas à área de queima. Os resíduos, durante a queima, liberam gases tóxicos/toxinas na atmosfera, como mercúrio, dioxinas, furanos e bifenilos policlorados, mais conhecidos como PCB.

Os gases tóxicos quando liberam dioxinas, segundo a ONU (2019), se depositam em vegetações ou quando possível, nos cursos de água, infiltrando em alimentos e, conseqüentemente, na vida do ser humano. As dioxinas são poluentes de

origem orgânica e são potencialmente letais, que causam câncer e prejudicam o sistema respiratório humano e a tireoide.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo avaliar a quantificação dos focos de queimadas, nos anos de 2018, 2019 e 2020, na área de um lixão desativado no município de São José de Ribamar – MA, Brasil.

Materiais e métodos

Área de estudo

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021) o município de São José de Ribamar (Figura 1) obteve a sua emancipação em 24 de setembro do ano de 1952. O município está devidamente localizado no estado do Maranhão e compõe os municípios da Região Metropolitana da Ilha de São Luís e fica a 30 quilômetros da capital maranhense.

A sua área territorial corresponde a 180.363km², com uma população estimada em 180.345 habitantes (IBGE, 2021). Referente a densidade demográfica, o município tem 419,82 habitantes/km² (IBGE, 2010), com um PIB de R\$12.007,36 (IBGE, 2019). Devido ao município estar localizado no Golfão Maranhense, a sua hidrografia é formada através das águas das baías de São Marcos e São José.

O clima do município de São José de Ribamar, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso, com temperatura média anual oscilando em torno de 28°C, tratando-se de uma região quente e semiúmida, com 4 a 5 meses secos (Araújo et al., 2019; IBGE, 2002).

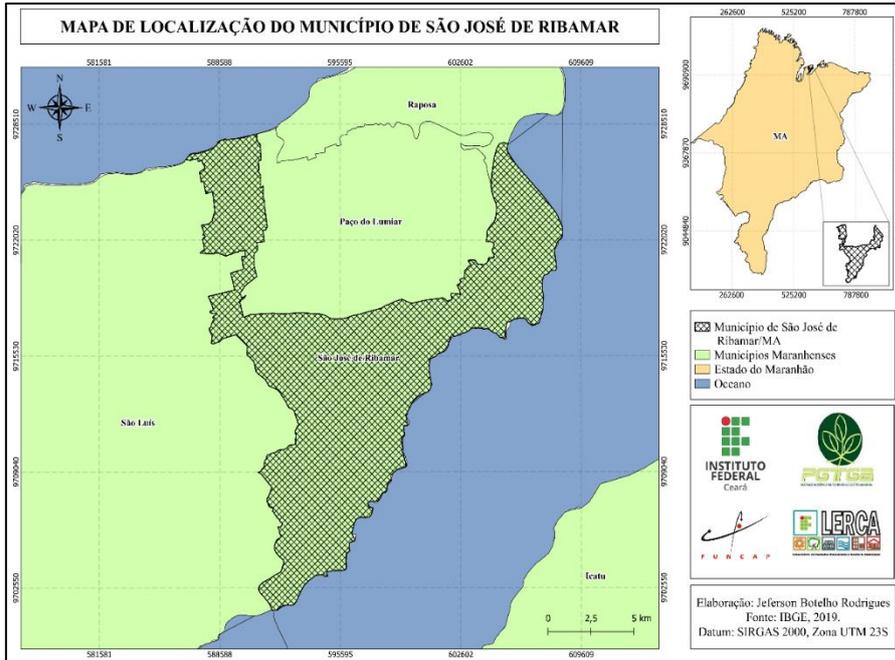


Figura 1. Mapa de localização de São José de Ribamar (Área de Interesse)

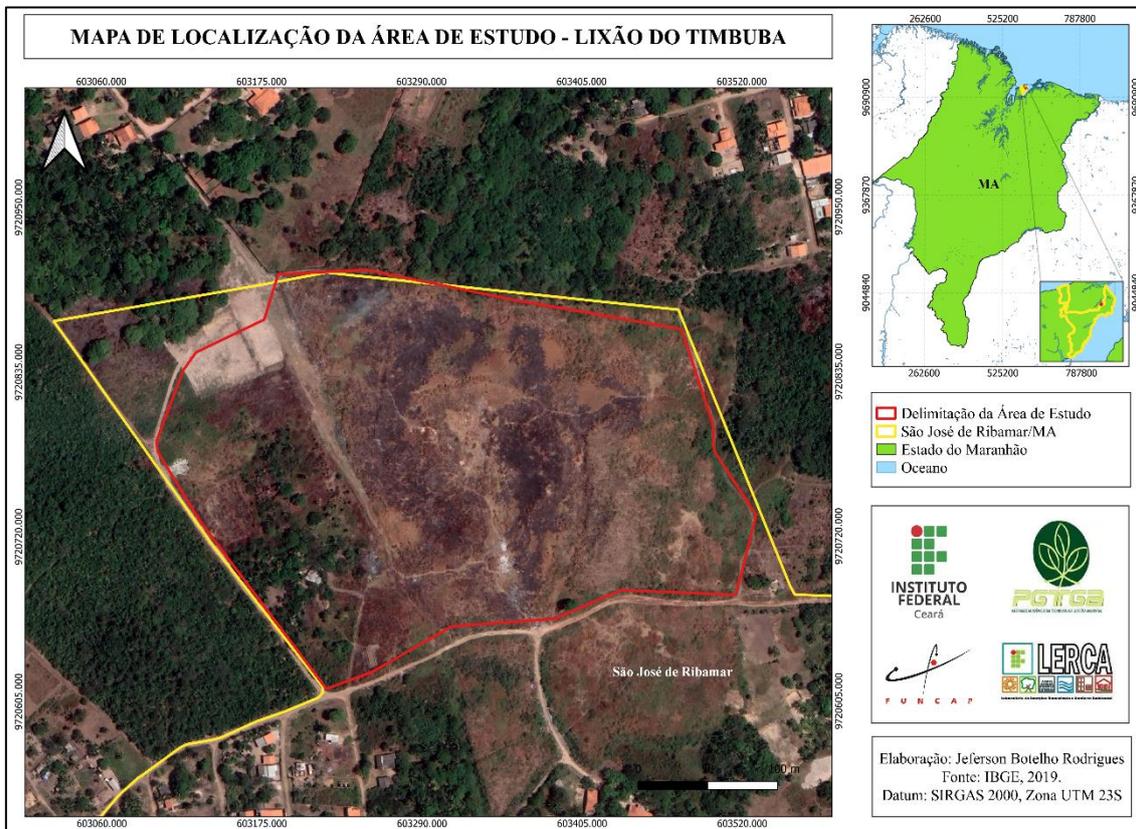


Figura 2. Área de Estudo: Área Potencialmente Contaminada

Logo, se tem os dois itens do Manual de Áreas Contaminadas devidamente atendidos, quando:

Área de Interesse: Município de São José de Ribamar e, logo, o Povoado Timbuba (Zona Rural);

Junto a determinação da Área de Interesse, logo após se tem:

Identificação da Área Potencialmente Contaminada: O Lixão do Timbuba/Pau-Deitado, que está localizado no Povoado Timbuba. Como mencionado, tal fato se dá devido a área ter

recebido elevadas quantidades de resíduos sólidos e, atualmente, não possui nenhum Plano de Recuperação da Área Degradada/Contaminada.

A comunidade do povoado Timbuba, que faz parte da Área de Interesse do estudo, está localizada na Zona Rural da região do município de São José de Ribamar, estado do Maranhão, sob às margens do Rio Paciência. O lixão (Área Potencialmente Contaminada) está localizado na cidade de São José de Ribamar, como mostra a Figura 2 anteriormente exibida.

O lixão recebeu durante muitos anos os resíduos sólidos urbanos (resíduos de construção civil, resíduos hospitalares, resíduos orgânicos, dentre outros) do município de Paço do Lumiar/MA, como de São José de Ribamar/MA. De acordo com a ABRELPE (2020), na área do lixão do Timbuba/Pau-Deitado eram depositados cerca de 03 (três) caçambas de resíduos sólidos diariamente, sem qualquer segregação ou gestão ambientalmente adequada.

Para determinação da Área de Influência Direta, se utilizou a metodologia já empregada por pesquisadoras maranhenses que estudaram os impactos ambientais em um lixão da Zona

Metropolitana de São Luís/MA. Através de um estudo realizado em Paço do Lumiar/MA por Pinheiro e Mochel (2018) fora definida que a Área de Influência Direta do Lixão do Timbuba compreendesse um raio de 1km, o mesmo raio que as autoras utilizaram durante sua pesquisa no Lixão do Iguaíba e que foi suficiente para a identificação de contaminantes no solo e nas águas subterrâneas e superficiais.

Segundo a Resolução CONAMA nº 001 do ano de 1986 as Áreas de Influência Direta são conhecidas e definidas por corresponderem às áreas que sofrerão impactos ambientais no decorrer de atividades antrópicas. Para Marques (2011) são áreas territoriais onde as interações econômicas, culturais, ambientais e sociais podem sofrer diversos impactos ambientais negativos do empreendimento ou atividade que está próximo ou circunvizinha a área, podendo afetar de maneira direta as características ambientais originais.

Na Figura 3 é possível verificar a o buffer da Área de Influência Direta (AID) do antigo Lixão do Timbuba/Pau-Deitado.

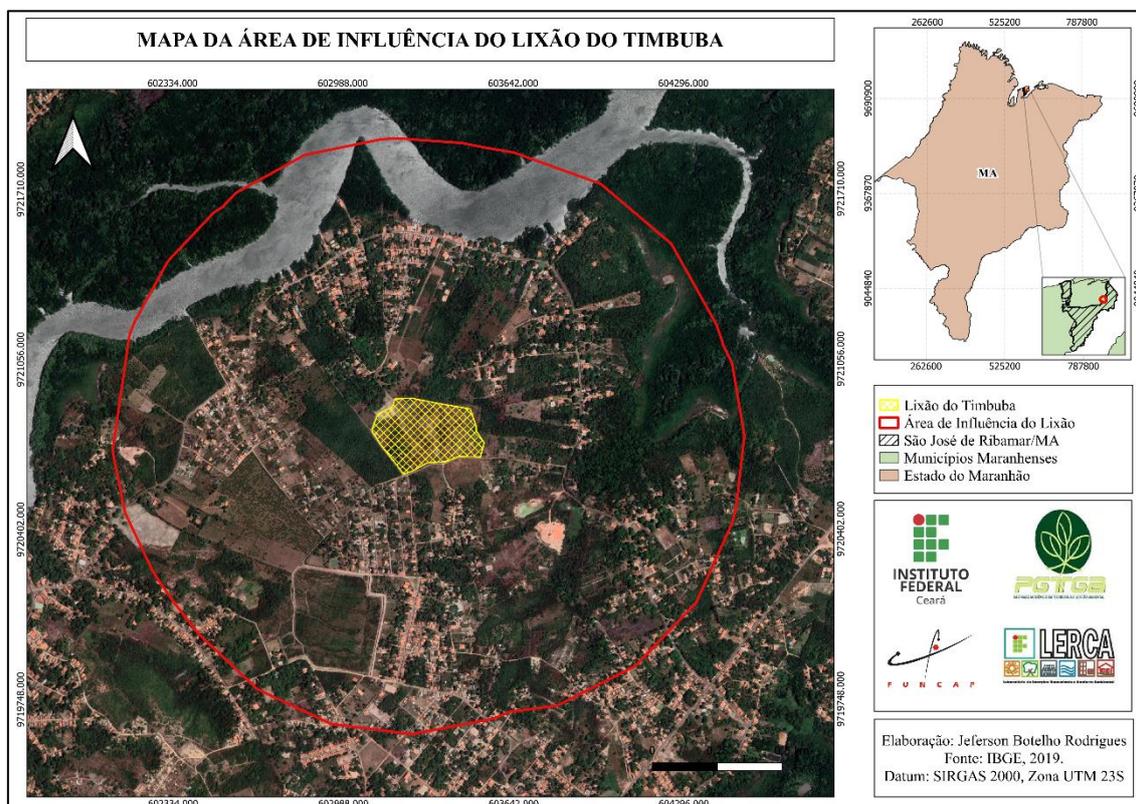


Figura 3. Área de Influência Direta (AID) do Lixão do Timbuba

Quantificação dos Focos de Queimadas

Para a quantificação dos focos de queimadas e elaboração do mapa de calor foram aplicadas técnicas de geoprocessamento do

software livre QGIS versão 3.26, que foram responsáveis por tratarem das imagens espaciais fornecidas pelos satélites Landsat 8 e satélites Acqua, ambos disponíveis no banco de dados do

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) nos anos de 2018, 2019 e 2020.

Inicialmente foi acessado do Banco de Dados de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), logo após, foram determinados os satélites e as datas requeridas para

obtenção dos dados, neste caso, foram escolhidos os anos já mencionados no parágrafo anterior. Os dados foram exportados, baixados e tabulados para, por fim, serem adicionados ao QGIS para plotagem dos mapas, como mostra a Figura 4.

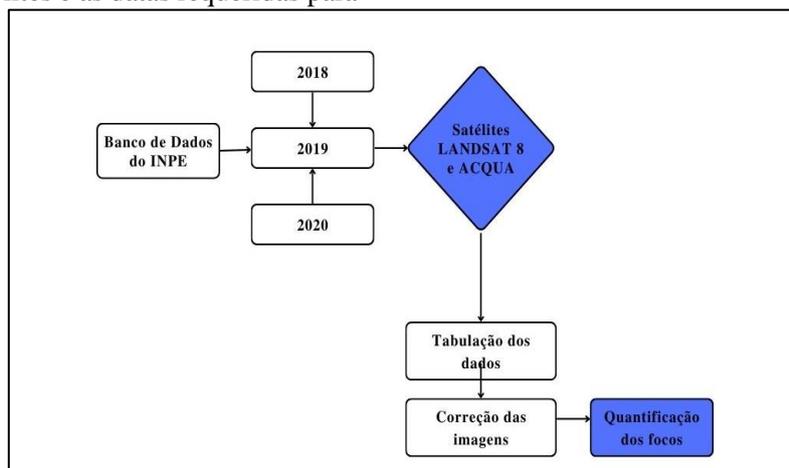


Figura 4. Fluxograma da metodologia para quantificação dos focos de queimadas

Após a obtenção dos dados em shapefile, os mesmos foram tabulados e aplicados no software QGIS para que pudesse ser realizada a análise. Em seguida, após a identificação e quantificação dos focos de queimadas, fora realizada a dispersão do calor sobre os focos encontrados no perímetro do lixão e na sua área de influência direta, equivalente a 1km, como estabelecido por Pinheiro e Mochel (2018).

Espacialização da Zona de Calor

Para a elaboração dos Mapas de Calor foi utilizada a metodologia conhecida como “Mapa de Densidade de Kernel”. Segundo Rizzatti et al. (2020) a densidade de Kernel parte do princípio de quantificar e catalogar as relações de pontos sobre um raio \otimes de influência, com base em função estatística, ou seja, a densidade de Kernel analisa os padrões traçados de um determinado conjunto de pontos, neste caso os Focos de Queimadas/Calor, estimando a sua densidade na área em que está sendo objetivo do estudo.

Ainda de acordo com Rizzatti et al., (2020) a estimativa de Kernel visa proporcionar a suavização das probabilidades multivariada ou univariada a partir de um determinado histograma ou de amostras estritamente pontuais. A aplicação da densidade de Kernel parte de dois únicos parâmetros que definem a análise amostral estatística, sendo o raio de influência (R) e a função de estimativa (K).

Baseado na metodologia de Rizzatti et al. (2020) foram aplicados raios de 350m, devido ao

tamanho da área ser de pouco mais de 9 hectares, configurado na caixa de ferramentas de geoprocessamento “Mapa de Calor”. Em seguida, é selecionada a camada em pontos a ser reprojeta pela ferramenta, para que a estatística da dispersão estabelecida pelo raio plotado seja alcançada, ou seja, 350m do raio de influência sobre o foco de queimada estabelecido.

De acordo com Rizzatti (2020), a determinação do raio é baseada no objetivo, logo, nesse estudo foram testados raios aleatórios diferentes, como: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 (ambos em metros). Após os testes realizados, verificou-se que em um raio de 350m foi possível obter as intensidades desejadas (da alta à baixa). Enquanto de 100 a 300m, se apresentou intensidade (alta à média), e 400m apresentou áreas descontínuas que comprometem a interpretação do fenômeno.

O raio de influência que foi utilizado para o estudo, definiu a área centrada do ponto de estimação u , que indicou quantos eventos contribuiu para a estimativa da função intensidade λ . Neste caso, a amplitude do raio sobre o ponto do foco de queimada foi definido desde a intensidade alta à baixa (Figura 05 da próxima seção), assim possuindo um raio de 350m sobre o foco de queima, sendo analisado com precisão no conjunto de dados pontuais, corroborando com Kawamoto (2012), quando o autor relata que a escolha do raio (R) é de fundamental importância para a densidade final e à correta interpretação do fenômeno que está sendo analisado.

Logo após foi configurado o tamanho do pixel que projetou raio da densidade de Kernel. Para o tamanho do pixel, Rizzatti et al. (2020) utiliza 0,1m sobre o raio dimensionado, levando em consideração o tamanho do lixão, área objeto desse artigo.

Para finalização do Mapa de Calor, logo após a configuração das ferramentas, é processado

Resultados e discussão

A quantificação de queimadas para o ano 2018 foi levantada para identificar os focos de queimas que ocorreram um ano antes do encerramento da área do lixão do Timbuba/Pau-Deitado. Após os resultados adquiridos, verificou-se que os focos de queimadas registrados pelos satélites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais foram de 02 (dois) focos de queimadas

por meio de algoritmos e linguagem de computação automáticos, que são capazes de determinar a densidade de Kernel e a concentração dos pontos de focos de queimada por meio de raster.

que estavam sob o perímetro da área de influência direta do ambiente estudado.

Abaixo na Figura 5 tem-se a ilustração em mapa dos focos de queimadas referente ao ano de 2018 (quando o lixão ainda estava recebendo resíduos sólidos) e da área que compreende a dispersão da densidade do calor que é oriunda do foco central da queima.

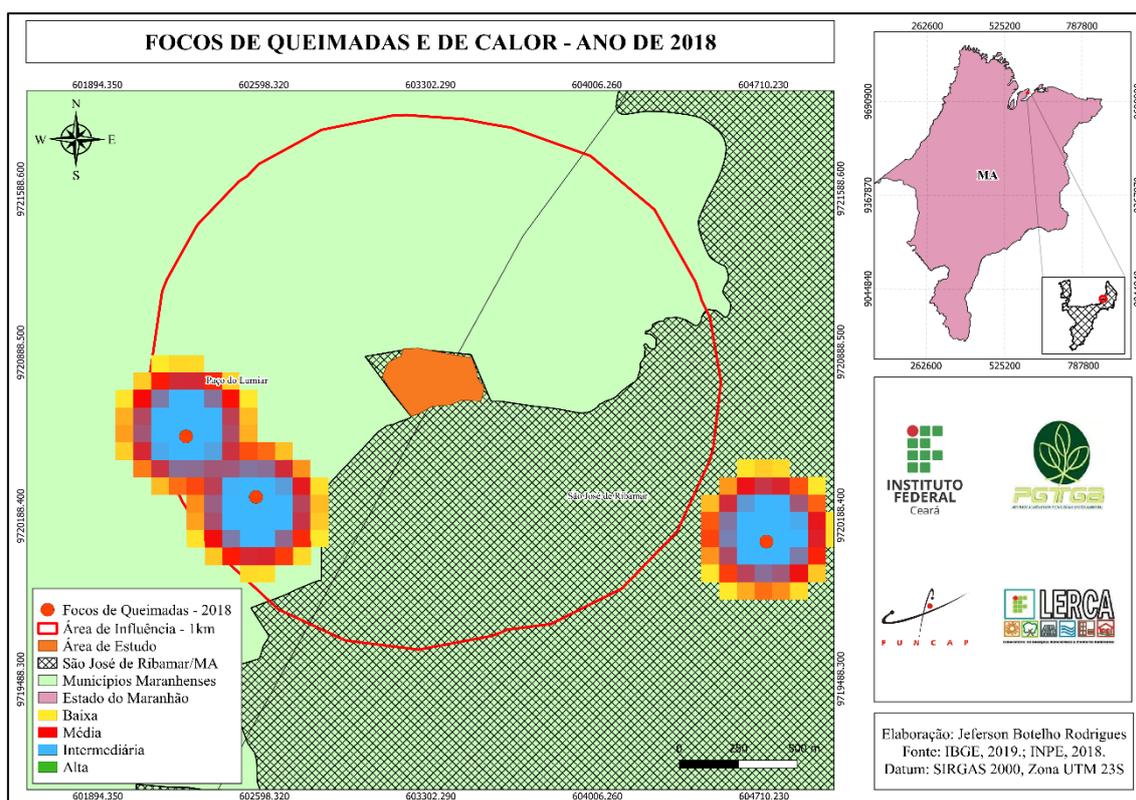


Figura 5. Espacialização dos focos de queimadas e calor em 2018

Verifica-se na Figura 5 acima que a espacialização da densidade de calor encontrada sobre o raio dos focos de queimadas são: intermediária, média e baixa. É evidente, de acordo com a Figura 5, que quanto mais próximo do núcleo central, maior será a intensidade da densidade de calor.

Os focos de queimadas e a dispersão de calor que se encontram identificados dentro do perímetro da área de influência direta do lixão, atingem, além dos atributos ambientais, o bem-

estar da população que está habitada na circunvizinhança da área estudada.

A presença das práticas de queimadas no ano de 2018 na área de estudo determina que há presença de queimas de lixo no perímetro da área. Os dois focos de queimadas detectados no ano de 2018 possuem uma dispersão em um raio de 375 metros, que evidencia que a densidade que o foco possui está associada à perda de atributos ambientais locais.

Como se sabe, o despejo a céu aberto de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma prática comum no Brasil, segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2022 foram gerados aproximadamente 77,1 milhões de toneladas de RSU e desse volume 39% (o que representa 28 milhões de toneladas de RSU) foram encaminhados para lixões e aterros controlados, ambos considerados locais inadequados para o descarte de resíduos (ABRELPE, 2023).

E essa prática leva a uma série de problemas, que vão desde efeitos menos nocivos, como a degradação da paisagem urbana e problemas de estabilidade, compactação e erosão do solo, até a contaminação e perda dos recursos naturais (solo e água) e proliferação de insetos vetores de doenças. Também leva a vários outros problemas, como a limpeza manual (catação) e a queima deliberada de resíduos. Durante o processo de degradação de resíduos, uma enorme quantidade de calor e gases, como o dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) são gerados. As reações biológicas e químicas que ocorrem tanto na superfície quanto no interior dos bolsões de resíduos contribuem para a produção de calor, o que, combinado com a prática de queima de resíduos, é uma das principais causas de incêndios em lixões (Chavan et al., 2019).

Ainda para esses autores (Chavan et al., 2019), a principal preocupação reside na operação e manutenção inadequadas em lixões, na queima deliberada de resíduos, no contínuo despejo de resíduos e na produção de calor resultante de reações biológicas e químicas na superfície e subsuperfície das pilhas de resíduos, o que pode resultar em incêndios de grandes proporções ao inflamar diferentes materiais residuais.

Somado a isso, alguns estudos indicam que a queima de resíduos domésticos está se tornando mais comum nos centros urbanos, não se limitando apenas às áreas rurais (Krecl et al., 2021). Essas queimas podem ocorrer individualmente em cada residência, com o objetivo de eliminar os resíduos produzidos, muitas vezes devido a falhas no serviço público de coleta de resíduos, ou podem ser realizadas no próprio ambiente do lixão, a fim de elevar a vida útil do local ou por catadores em busca de materiais para venda ou reciclagem, como alumínio e cobre, visto que a queima dos resíduos facilita a atividade de catação (Estrellan e Iino, 2010).

Segundo estudo conduzido por Krecl et al. (2021) na cidade de Londrina, foram identificados

1.034 casos de queima de resíduos a céu aberto em 300 locais de disposição ilegal de resíduos sólidos. Adicionalmente, foi observada a prática frequente de queima de resíduos sólidos no lixão. De acordo com Wiedinmyer, Yokelson e Gullett (2014) o Brasil é o terceiro maior emissor de poluentes atmosféricos pela queima a céu aberto de resíduos, atrás apenas da China e da Índia.

Em linhas gerais, a queima de RSU a céu aberto é um processo de combustão muito ineficiente devido à sua baixa temperatura e fornecimento limitado de oxigênio. Além disso, como não são utilizados equipamentos de controle da poluição do ar, uma variedade de espécies químicas com diferentes níveis de toxicidade é emitida na atmosfera, tais como material particulado em suspensão (SPM), compostos de enxofre, dioxinas e furanos, monóxido de carbono (CO), entre outros, que representam uma grande ameaça à saúde humana e ao meio ambiente (Estrellan e Iino, 2010; Zhang; Buekens; Li, 2017; Krecl et al., 2021). Por exemplo, Kodros et al. (2016) estimou que a exposição crônica a partículas finas (PM_{2,5}) provenientes da queima de resíduos a céu aberto resulte em 270.000 mortes prematuras de adultos por ano em todo o mundo.

Abaixo na Figura 6 é possível verificar a quantidade de focos de queimadas que foram detectados nos anos de 2019 (ano de encerramento oficial do lixão). Verifica-se que há presença de focos de queimadas na área de influência direta do lixão do Timbuba/Pau-Deitado, o que determina que houve presença de queimas irregulares.

Foram quantificados 02 (dois) focos de queimadas na área mencionada, porém, ambos focos com mais proximidade do perímetro do lixão, em comparação ao ano de 2018. Nota-se diante a Figura 6 que embora 2019 tenha sido o ano de encerramento oficial do lixão, há presença de queimas dentro da área de influência.

O Jornal Imirante (2019) esclarece que a área do lixão foi suspensa no ano de 2019, como destacada na data da matéria publicada. Junto a isso, o Ministério Público Estadual determinou que houvesse a elaboração de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas que fosse apresentado à Justiça do Maranhão.

A existência de incêndios florestais revela o potencial de eventos extensos de fogo regional, causando impactos nos âmbitos social e ambiental. Essa ocorrência está em conformidade com a previsão de um aumento na incidência de queimadas devido às condições climáticas mais quentes e à frequência crescente de períodos de seca na região (Liu et al., 2012, Mitchell et al., 2014; Vose e Elliott, 2016).

Devido a gestão inadequada do manejo e destinação final dos resíduos sólidos do município de São José de Ribamar, as práticas de queimadas, mesmo no ano de paralisação de recebimento dos resíduos, ainda foram detectadas por meio dos satélites do INPE.

Em pesquisa realizada por Baerbel Sinha (2022) é evidenciado que as projeções de geração de resíduos para o século 21 são importantes para a investigação de problemas ambientais globais de

longo prazo e emissões de gases de efeito estufa associadas ao gerenciamento de resíduos.

Tal fato citado no parágrafo anterior mostra que com o crescimento da geração de resíduos sólidos, e uma gestão sem eficácia, compromete a qualidade dos recursos naturais, desde a perda dos componentes dos ecossistemas à prejuízos à saúde da população, logo uma melhoria da gestão de resíduos sólidos nos países em desenvolvimento podem trazer co-benefícios significativos para a saúde e o clima.

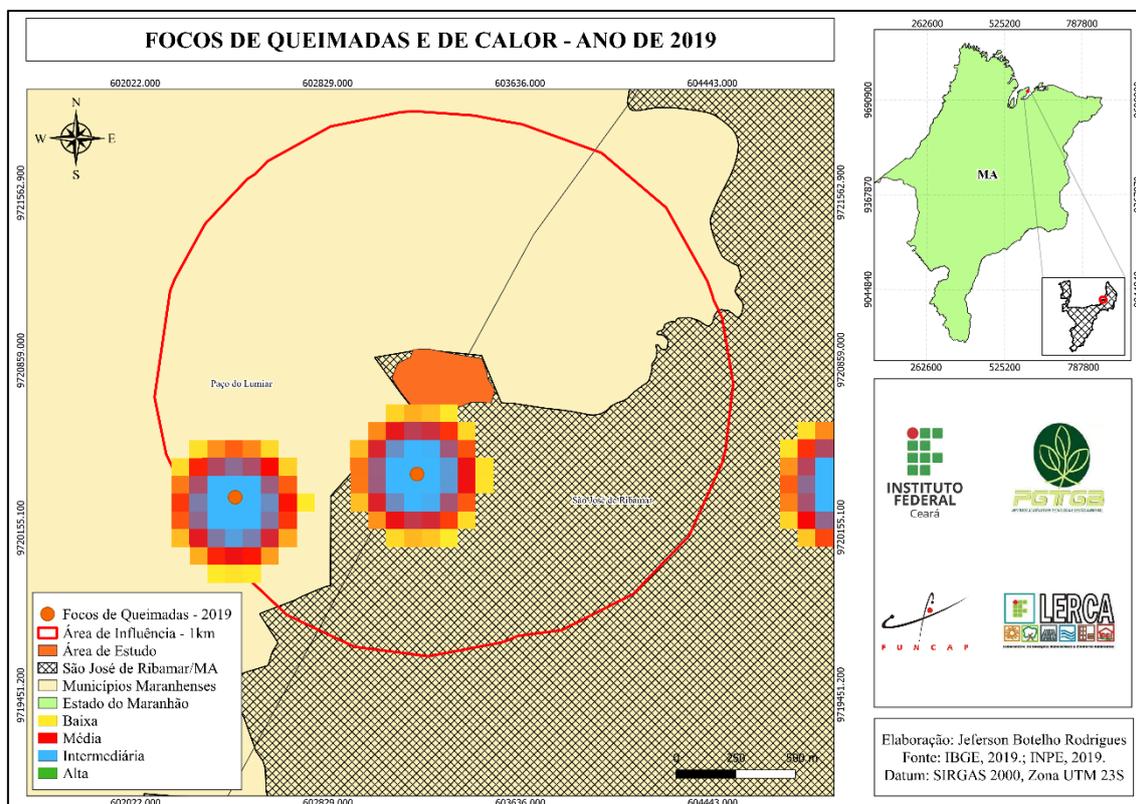


Figura 61. Espacialização dos focos de queimadas e calor em 2019

Tendo em conta os maiores impactos ambientais e socioeconômicos dos incêndios florestais, tem havido um interesse crescente na gestão dos incêndios florestais, que subsequentemente reconhece a necessidade de cooperação internacional. Alguns países estabeleceram cooperações bilaterais e multilaterais, no entanto, há necessidade de envolvimento e cooperação multinacionais para combater os impactos adversos dos incêndios florestais, através dos focos de queimadas (Kala, 2023).

Além disso, algumas organizações não governamentais também promovem iniciativas para monitorar, controlar e implementar medidas visando reduzir as emissões de partículas finas provenientes da queima de resíduos a céu aberto. Por exemplo, a iniciativa de resíduos sólidos

municipais da Coligação para o Clima e o Ar Limpo (CCAC) presta assistência aos municípios na adoção de sistemas de gestão integrados para melhorar a coleta de resíduos e diminuir a ocorrência de lixo nas ruas ou lixões ilegais, onde podem ocorrer queimadas a céu aberto (CCAC, 2020).

Como se sabe, as queimadas não apenas causam danos imediatos aos ecossistemas, mas também têm repercussões a longo prazo na saúde do planeta. A prevenção e o manejo adequado são essenciais para mitigar esses impactos ambientais.

Entre os impactos das queimadas na saúde do planeta, pode-se citar: a destruição de habitats naturais, levando à perda de biodiversidade e impactando a fauna e flora locais; ainda as queimadas podem alterar o ciclo de nutrientes no solo, afetando a fertilidade e a capacidade de

regeneração dos ecossistemas; após as queimadas, o solo fica mais suscetível à erosão, podendo resultar em perda de nutrientes e degradação do ambiente (Nunes et al., 2023).

A saber, as queimadas têm impacto no clima e considera-se que as alterações climáticas provocam um aumento na frequência e gravidade dos incêndios, o que subsequentemente leva ao fracasso do recrutamento pós-fogo e à perda permanente de floresta (Burrell et al., 2022).

Além disso, a seca contribui significativamente para a origem dos incêndios florestais (Wang et al., 2021). Os eventos de seca extrema aumentam o impacto dos incêndios florestais e as atuais alterações climáticas podem resultar em eventos de seca mais e mais frequentes (Kala, 2017; Reis et al., 2021).

As queimadas que foram detectadas no ano de 2019 na área de influência direta do lixão, por estarem mais próximas ao perímetro da área estudada, podem afetar ainda mais a qualidade dos fatores ambientais locais (solo, água e ar). Nota-se que um foco de queimada ocupa pequena parte da área que corresponde o lixão, mesmo que seja

numa densidade considerada baixa, pelo método de Kernel.

É possível observar também que no raio que foi estabelecido para analisar a dispersão de calor, se tem uma densidade baixa, média e intermediária. Ambas as densidades são compostas pelo grau (°) de temperatura que os focos de calor transmitem após a captura dos sensores.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2022) as queimadas causam empobrecimento do solo, são responsáveis por reduzir a penetração da água no subsolo e, em diversos casos, podem causar mortes, além de ocasionar a perda de propriedades da população e prejudicar à atividade de aviação.

Referente ao número de focos de queimadas no ano de 2020 (lixão encerrado), dentro da área do lixão e no perímetro da área de influência, não foram detectados focos de queimadas no ano seguinte ao ano oficial de encerramento. Abaixo na Figura 7 é possível verificar a localização dos focos de queimadas e, junto, observar que os mesmos não se fazem presente na área de interesse.

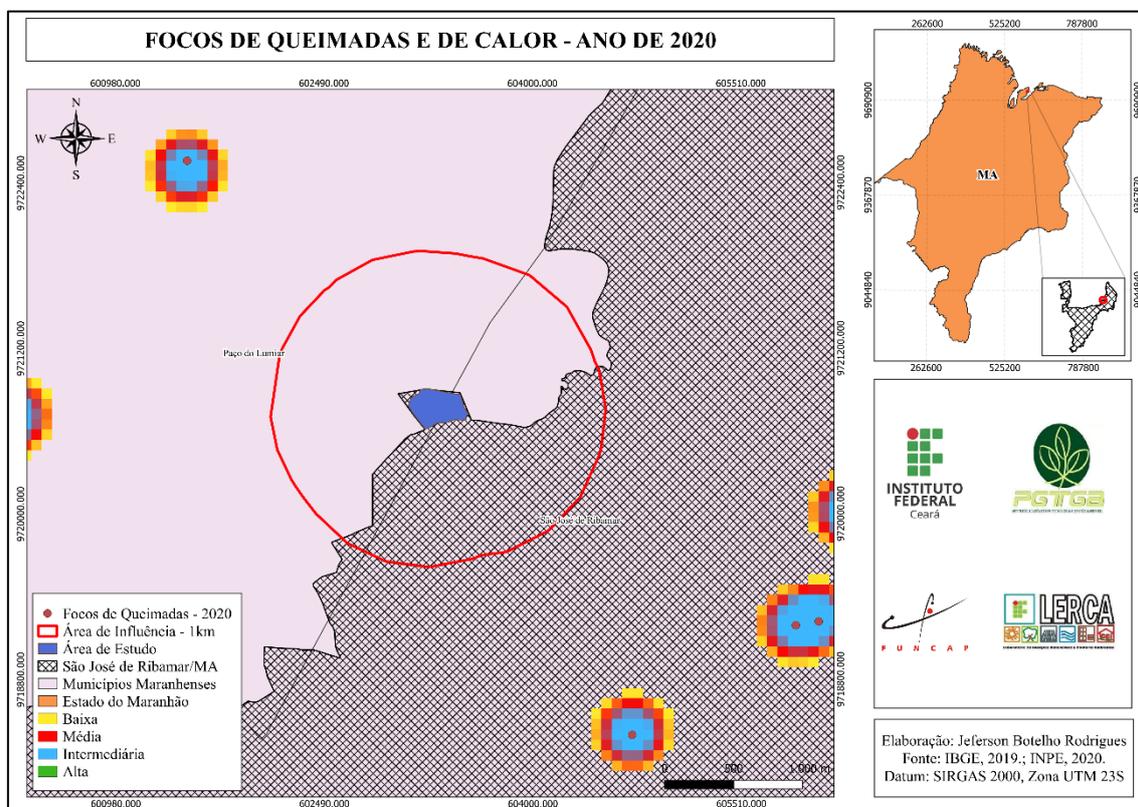


Figura 2. Espacialização dos focos de queimadas e calor em 2020.

O ano de 2020 sucede ao ano em que o lixão foi oficialmente encerrado, o que determina que a presença de resíduos sólidos tecnicamente não deve ocorrer na referida área. Expõe-se que

dentro da área de influência direta, ocorreram práticas de queimadas por parte dos moradores que circunvizinhavam a área sem seleção de local para o ato de queima, logo, a combustão dos resíduos e

demais atributos, ocorriam em qualquer local e horário.

Ressalta-se que os focos de queima e calor não são detectados por satélites se possuem as seguintes características da Tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Impeditivos para detecção de queimadas
Frentes de fogo inferior a 30m

Fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores;
Nuvens cobrindo a região (atenção - nuvens de fumaça não atrapalham!);
Queimada de pequena duração, ocorrendo entre o horário das imagens disponíveis;
Fogo em uma encosta de montanha, enquanto que o satélite só observou o outro lado;
Imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 375m, mas chegando a 6km.

Fonte: INPE (2022).

É possível discutir que embora os satélites possuam requisitos mínimos para capturar imagens dos focos de calor, há outros pontos de queimadas na área estudada, pontos esses que devido suas características não são diagnosticados pelos satélites orbitais.

No entanto, essas “pequenas” queimadas podem ocasionar efeitos nocivos tanto ao meio ambiente quanto à saúde da população, porém, em proporções consideradas menores. Segundo Leão, Ferreira e Strauch (2020) a aquisição dos focos de calor e incêndio ocorrem em determinado local devido o mesmo possuir características específicas de calor dentre os “parâmetros” que os satélites são capazes de capturar as imagens.

Em todo o mundo, 31% da área terrestre está coberta por florestas, mas, ao mesmo tempo, uma média de 36% das terras florestais são afetadas por incêndios florestais. Em 2015, cerca de 98 milhões de hectares de floresta foram afetados pelo fogo, principalmente na zona tropical (Kala, 2023).

De acordo com Rodrigues e Silva (2024) o lixão do Timbuba, anteriormente, era “área” de floresta, tendo a presença elevada de vegetação na área. Os autores ainda afirmam que a ausência de vegetação e os impactos sobre a área são decorrentes da queima irregular dos resíduos sólidos.

Rodrigues e Silva (2024) afirmam ainda que a da queima dos resíduos sólidos nesse lixão ocorria com o objetivo de minimizar a quantidade de resíduos que eram existentes na área.

As evidências da pesquisa realizada por Rodrigues e Silva (2024) na área do lixão do Timbuba, afirmam que há presença de metais pesados no perímetro do antigo lixão. Os autores destacam que os metais pesados encontrados na área foram: chumbo, mercúrio, cádmio, zinco, níquel, cobre e cromo, ambos em desconformidade com os parâmetros aceitos pela legislação brasileira vigente.

Diante dos três levantamentos realizados para quantificação das queimadas (um ano antes do encerramento do lixão (2018), no ano de encerramento do lixão (2019) e após o encerramento das atividades do lixão (2020)), verificou-se que a incidência e ocorrência de queimadas diminuíram quando comparadas aos anos que foram detectados focos.

No ano de 2018 e 2019 notou-se a presença de dois focos em cada ano e, em seguida, no ano de 2020, verificou-se que não foram detectados quaisquer focos de calor, sendo possível afirmar que as queimadas intensas cessaram após o encerramento do lixão, mesmo que ainda sejam realizadas “pequenas” queimas na área.

Essa mudança de padrão pode estar atrelada a fatores socioeconômicos, políticos e ambientais, tais como limpeza da área, remoção de materiais recicláveis antes do encerramento dos lixões reduz a quantidade de material combustível, diminuindo o potencial para queimadas, além disso como não foi mais depositado resíduos de conteúdo orgânico na área, espera-se a redução das queimadas; revegetação e reflorestamento, a implementação de programas de revegetação e reflorestamento sobre os lixões encerrados pode ajudar a estabilizar o solo e reduzir a exposição do lixo, além de diminuir a temperatura da superfície, o que pode reduzir o risco de incêndios; deslocamento de atividades ilícitas, após o encerramento e o controle mais rígido dos lixões, atividades ilegais que poderiam incluir a queima de resíduos tendem a ser reduzidas ou deslocadas para outras áreas; adoção de Políticas Públicas, políticas públicas efetivas e o planejamento adequado para a pós-gestão de lixões encerrados contribuem para a redução dos riscos de queimadas; essas estratégias entre outras podem ter contribuído significativamente para a redução das queimadas no antigo lixão Timbuba/Pau-deitado, transformando a área em um local mais seguro.

Estudos detalhados e abrangentes, junto a Prefeitura Municipal e Secretaria Municipal de Meio Ambiente são necessários para determinar de fato quais mudanças ocorreram na área, após encerramento das atividades do lixão, que possam ter contribuído com a redução das queimadas.

Conclusões

Referente as queimadas na área de influência do lixão, pode-se concluir que após o encerramento do lixão do Timbuba/Pau-deitado, as práticas de queimadas foram aos poucos sendo paralisadas, uma vez que em 2018 (antes do encerramento do lixão) houve presença de focos de queimadas, em 2019 (ano de encerramento do lixão) ocorreram focos de queimadas e, no ano de 2020 (após o encerramento) não foram identificados focos de queimadas.

A presença de vegetação que se encontra atualmente na área pode ter relação com a redução das queimadas ao longo do tempo, uma vez que com a ausência de queimadas a vegetação estar suscetível a se estabelecer na área.

Os incêndios florestais são um assunto de risco global, que pode aumentar devido a secas prolongadas, ondas de calor, variabilidade climática e padrões climáticos regionais. As principais causas dos incêndios florestais são antrópicas e dependendo de onde e como ocorrem as incidências do fogo, elas podem ser prejudiciais, benéficas ou benignas.

. Os impactos dos incêndios florestais não se restringem à área atingida, mas sim às áreas distantes, devido ao transporte de grandes quantidades de cinzas, carbono e materiais tóxicos através do ar e da água. A fumaça dos incêndios florestais pode ter efeitos adversos no sistema respiratório humano.

O ar, a água e o solo contaminados afetam os nutrientes, a ciclagem de nutrientes e os microrganismos do solo que alteram o solo produtividade e subsequentemente degradar o ecossistema e o meio ambiente.

O encerramento oficial do lixão, antigo local de disposição irregular de resíduos sólidos, contribuiu de maneira satisfatória para a redução de queimadas dos materiais que eram descartados no perímetro e na área de influência do mesmo, assim sendo importante à sociedade e ao meio ambiente que os demais lixões sejam definitivamente encerrados no ano de 2024, como prevê o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi desenvolvido com apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e ao Laboratório de Energia Renováveis e Conforto Ambiental (LERCA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus de Fortaleza.

Referências

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos Especiais. 2020. Panorama dos Resíduos Sólidos do ano de 2020. São Paulo/SP.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos Especiais. 2023. Panorama dos Resíduos Sólidos do ano de 2023. São Paulo/SP.
- Araújo, K. K. S de. 109 f. (2019)A influência do lixão desativado na qualidade da água do rio Estiva em Marechal Deodoro, Alagoas. Programa de Pós-Graduação em Geografia (Dissertação de Mestrado). Maceió, Alagoas: Universidade Federal de Alagoas.
- Arthut, C.; Baker, J.; Bamford, H. 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Memorandum NOSOR&R-30, p. 14-31.
- Baerbel Sinha, G. S. 2023. Future emissions of green house gases, particulate matter and volatile organic compounds from municipal solid waste burning in India. Science of the Total Environment, 858, 145-158.
- Burrell, A. L.; Sun, Q.; Baxter, R.; Kukavskaya, E. A.; Zhila, S.; Shestakova, T.; Rogers, B. M.; Kaduk, J.; Barret, K. 2022. Climate change, fire return intervals and the growing risk of permanent forest loss in boreal Eurasia. Science of The Total Environment. v.831, 1-16.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. Lei Federal Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Conselho do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 1986.

- CCAC. Coligação para o Clima e o Ar Limpo. 2020. Prevenção de queima de resíduos a céu aberto. São Paulo/SP.
- Chavan, D.; Lakshmikanthan, P.; Mondal, P.; Kumar, S.; Kumar, R. 2019. Determination of ignition temperature of municipal solid waste for understanding surface and sub-surface landfill fire. *Waste management*, 97, 123-130.
- Cardozo, B. C.; Mannarino, C. F.; Ferreira, J. A. 2021. Análise do monitoramento ambiental da incineração de resíduos sólidos urbanos na Europa e a necessidade de alterações na legislação brasileira. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. 26, 123-131.
- Estrellan, C. R.; Iino, F. 2010. Toxic emissions from open burning. *Chemosphere*, 80(3), 193-207.
- Fearnside, P. M. 2002. Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira. *Portal de Revistas da Universidade de São Paulo – Estudos Avançado*. 16, 06-19.
- Fonseca-Morello, T.; Ramos, R.; Steil, L.; Parry, L.; Barlow, J.; Markusson, N.; Ferreira, A. 2017. Queimadas e incêndios florestais na Amazônia Brasileira: por que as Políticas Públicas têm efeito limitado? *Revista Ambiente & Sociedade*, 20, 19-38.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. Brasil em Síntese: Território dos biomas brasileiros. São Paulo. Rio de Janeiro/RJ.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Panorama: Cidades. São Paulo. Rio de Janeiro. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Panorama: Cidades. São Paulo. Rio de Janeiro/RJ.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Panorama: Cidades. São Paulo. Rio de Janeiro. 2021.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2022. Banco de Dados do Programa de Queimadas. São José dos Campos/SP.
- Jesus, J. B de.; Rosa, C. N de.; Barreto, I. D. C.; Fernandes, M. M. 2020. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. *Revista de Ciência Florestal*, 30, 176-191.
- JORNAL IMIRANTE. 2022. Município de São José de Ribamar é condenado por danos ambientais. *Notícia: Meio Ambiente*. São Luís/MA.
- Kala, C. P. 2017. Environmental and socioeconomic impacts of drought in India: lessons for drought management. *Appl. Ecol. Environ. Sci.* 5(2),43–48.
- Kala, C. P. 2023. Environmental and socioeconomic impacts of forest fires: A call for multilateral cooperation and management interventions. *Natural Hazards Research*. 03, 286-294.
- Kawamoto, M. T. Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro–SP. 69 f. Programa de Pós-graduação em Biometria (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu: Botucatu, SP, 2012
- Kemenes, A. 2013. Distribuição espacial da flora terrestre fanerogâmica do Parque Nacional Marinho de Abrolhos, BA. *Brazilian Journal of Botany*, 6, 141- 150.
- Krecl, P.; de Lima, C. H.; Dal Bosco, T. C.; Targino, A. C.; Hashimoto, E. M.; Oukawa, G. Y. 2021. Open waste burning causes fast and sharp changes in particulate concentrations in peripheral neighborhoods. *Science of the Total Environment*, 765, 142736.
- Kodros, J. K.; Wiedinmyer, C.; Ford, B.; Cucinotta, R.; Gan, R.; Magzamen, S.; Pierce, J. R. 2016. Global burden of mortalities due to chronic exposure to ambient PM_{2.5} from open combustion of domestic waste. *Environmental Research Letters*, 11(12), 124022.
- Leão, R. S.; Ferreira, G DA. S.; Strauch, J. C. M. 2020. Análise do espaço-temporal dos focos de queimadas e incêndios em Mato Grosso, Brasil. *Revista RAOEGA*, 41, 99-119.
- Liu, Y. Q.; Goodrick, S. L.; Stanturf, J. A. 2012. Future U.S. wildfire potential trends projected using a dynamically downscaled climate change scenario. *Forest Ecology Management*. 294, 120–135.
- ONU. Organização das Nações Unidas. 2022. ONU News: Perspectiva Global Reportagens Humanas. Nova Iorque.
- Marques, R. F DE. P. V. Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas (Dissertação de Mestrado). Lavras, Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2011.
- Mitchell, R. J.; Liu, Y. Q.; O'Brien, J. J.; Elliott, K. J.; Starr, G.; Ford Miniati, C.; Hiers, K. J. 2014. Future climate and fire interactions in the southeastern region of the United States. *Forest Ecology Management*. 327, 316–326.
- Oliveira, B. O. S DE.; Tucci, C. A. F. Neves Júnior, A. F. Santos, A. A DE. 2016. Soil and water assessment in the areas of influence of urban solid waste disposal of Humaitá, Amazonas.

- Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 593- 601.
- Pinheiro, N. C. A.; Mochel, F. R. 2018. Diagnóstico de áreas contaminadas pela disposição final de resíduos sólidos no município de Paço do Lumiar (MA). Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 26, 1173-1184.
- Reis, M.; Graça, P. M. L. A.; Yanai, A. M.; Ramos, C. J. P.; Fearnside, P. M. 2021. Forest fires and deforestation in the central Amazon: effects of landscape and climate on spatial and temporal dynamics. *J. Environ. Manag.* 288, 112310.
- Rinku Verma, K. S.; Vinoda, M.; Papireddy, A. N. S. 2016. Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708.
- Rizzati, M.; Batista, N. L.; Spode, P. L. C.; Erthal, D. B.; Faria, R. M DE.; Scotti, A. A. V.; Trentin, R.; Petsch, C.; Costa, I. T.; Quoos, J. H. 2020. Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. *Revista de Metodologias e Aprendizado*, 3, 44-53.
- Rodrigues, J. B.; Silva, A. C da. 2024. Análise da presença de metais pesados da área do antigo lixão do Timbuba/Pau-Deitado em São José de Ribamar/MA. *Revista DAE*. 72, 134-146
- Sastry, N.; 2002. Forest fires, air pollution, and mortality in South East Asia. *Demography* 39 (1),1–23.
- Silva, E. M.; Carvalho, H. C. M.; Silva, L. L DA.; Barbosa, W. A. 2021. Registros de Queimadas em Vegetação (Incêndios) e a Climatologia da Chuvas no Estado do Ceará: Estudo de Caso no Período de 2015 a 2019. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36, 571-577.
- SELURB. Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana. 2022. Sindicato nacional das empresas de limpeza urbana (SELURB). Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana. São Paulo/SP.
- Strobel, R.; Waldner, M. H.; Gablinger, H. 2018. Highly efficient combustion with low excess air in a modern energy-from-waste (EfW) plant. *Waste Management*, 73, 301-306.
- Vose, J. M.; Elliott, K. J. 2016. Oak, fire, and global change in the eastern USA: What might the future hold? *Fire Ecology* 12, 160–179.
- Wang, Z.; Huang, J. G.; Ryzhkova, N.; Li, J.; Kryshen, A.; Voronin, V.; Li, R.; Bergeron, Y.; Drobyshvej, I. 2021. 352 years long fire history of a Siberian boreal forest stands its primary driving factor. *Global Planet. Change* 207, 103653.
- Wiedinmyer, C.; Yokelson, R. J.; Gullett, B. K. 2014. Global emissions of trace gases, particulate matter, and hazardous air pollutants from open burning of domestic waste. *Environmental science & technology*, 48(16), 9523-9530.
- Zhang, M.; Buekens, A.; Li, X. 2017. Open burning as a source of dioxins. *Critical reviews in environmental science and technology*, 47(8), 543-620.