



DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE FOCOS DE QUEIMADAS NA ÁREA FISIAGRÁFICA DA MICRORREGIÃO DE PARAUPEBAS-PA, BRASIL

DOI: 10.19177/rgsa.v8e12019340-364

Thiago Fernandes¹
Sandra de Souza Hacon²; Jonathan Willian Zangeski Novais³
Rodrigo Lemos Gil⁴; Natalia Bianca Caires Medeiros⁵

RESUMO

O uso do fogo para limpeza do ambiente é uma técnica amplamente usada no mundo, de fácil manejo e de comum implementação em áreas agrícolas por produtores rurais. No Brasil, especificamente na Amazônia, uma das formas de controle eficiente desses incêndios é o monitoramento por imagens de satélites. Desta forma, objetivou-se com este estudo analisar a distribuição e quantificação de focos de calor na microrregião de Parauapebas-PA, no período de 2011 a 2016, a partir de dados do monitoramento por satélite de referência AQUA_M-T. Para isso, foram utilizados dados de focos de calor do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) e de precipitação pluviométrica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Como resultados, identificou na série temporal de 6 anos um total de 3.267 registros de focos de calor. Dentro desse quantitativo, a cidade de Água Azul do Norte-PA registrou o maior valor, cerca de 1.108 focos, representando aproximadamente 34% desse total. Verificou-se também relação entre variabilidade de registros de focos de calor com períodos das estações climáticas ao ano, com redução de focos de calor nos meses de novembro a abril, no chamado inverno amazônico e aumento de focos de calor de maio a outubro, período quente-seco. Pela análise de kernel, evidenciou que a maior concentração de densidade de focos de calor localiza-se próximos aos centros urbanos, região central e nordeste de alguns municípios e, principalmente entorno da rodovia PA 275 que liga os municípios de Parauapebas-PA a Eldorado dos Carajás-PA e rodovia PA 160 que interliga Canaã dos Carajás-PA a Parauapebas-PA. Portanto, conclui-se a localização geográfica das áreas estudadas é um fator agravante no número de focos de calor, visto que representa uma microrregião com intensas atividades de modificação do uso e ocupação do solo.

Palavras-Chave: Fogo, Mapeamento, Destruição, Floresta, Amazônia Brasileira.

¹ Doutorando em Ciências Ambientais no Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da UNEMAT. Mestre em Ciências Ambientais pela UNIC e graduado em Engenharia de Produção Agroindustrial pela UNEMAT. Atualmente, é docente do curso de Engenharia de Produção, na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), *Campus* de Parauapebas (PA). E-mail: thiago.ufra.pa@gmail.com

² Doutora em Geociências pela UFF. Mestre em Controle da Poluição Ambiental pela Manchester University, Reino Unido e graduada em Ciências Biológicas pela UFRJ. Atualmente, é docente da FIOCRUZ, Rio de Janeiro e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da UNEMAT. E-mail: sandrahacon@gmail.com

³ Doutor e Mestre em Física Ambiental pela UFMT. Atualmente, é docente do Programa da Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UNIC e Pós-Doutorando em Ciências Ambientais no Programa da Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da UNEMAT. E-mail: jonathan.novais@kroton.com.br

⁴ Doutorando em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da UNEMAT. Mestre em Ciências Ambientais pela UNIC e graduado em Engenharia Florestal pela UFMT. Atualmente, é docente do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), *Campus* de Juína (MT). E-mail: rodrigogil@florestal.eng.br

⁵ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Animal na Amazônia (PPGPAA) e graduada em Zootecnia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) com estágio Sanduíche na Universidad de La Salle (Bogotá, CO). E-mail: caires-medeiros@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O uso do fogo como uma técnica de preparo dos terrenos visando a agricultura é cominada equivocadamente aos povos tribais de floresta (LEONEL, 2000). Considerado um agente físico importante que pode levar a perturbações dos ecossistemas e ao mesmo tempo é um fenômeno natural e uma criação do homem. Na Amazônia, podemos encontrar fogo de ação humana e também fogo de combustão espontânea que ocorre nos períodos de seca, incluindo sinais de fogo e carvão que datam de milhares de anos (HECHT, 1989), a exemplo dos estudos feitos por Moran (1990), que comprovam causas naturais para queimadas na região do rio Negro. Para Thomaz et al. (2014) seu uso pode levar a alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas abaixo da superfície do solo.

Segundo Vasconcelos et al. (2005) essa prática mesmo que empregada de forma controlada causa vários danos ao meio ambiente como, por exemplo, emissões de gases do efeito estufa, perda da biodiversidade, redução ou eliminação da biomassa na superfície (NEARY et al. 1999), aumentando a susceptibilidade à erosão no solo (CAMPO et al. 2006, HUBBERT et al. 2006, LASANTA & CERDA 2005, GIMENO-GARCIA et al. 2000).

Os incêndios florestais são causados por processos antrópicos e naturais. As ações antrópicas iniciam-se pelo uso do fogo como ferramenta para atingir as mais variadas finalidades como ampliação das fronteiras de ocupação, convertimento da floresta em lavouras e pastagens, domínio de pragas e expurgação de terreno (CUNHA et al., 2007). Muitos incêndios que ocorrem por causas naturais são frequentemente ocasionados por raios (FIEDLER et al., 2006) e, podem ser ecologicamente entendidos como um entre muitos fatores que agem nos ecossistemas.

No Brasil, as queimadas são eixos propulsores muito utilizados na agricultura, tanto na sua forma primitiva, como em sistemas de produção intensivos, atuando no sentido de eliminarem resíduos, pragas ou ainda de renovação de pastos (MIRANDA, 2002). O Brasil é o líder entre os países da América do Sul em queimadas, demonstrando maior concentração nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste (INPE, 2015). Notavelmente, a Amazônia brasileira exibe um histórico de desmatamento desde a década de 70, com o início da ocupação da região que incentivou um processo migratório e um consequente adensamento urbano (FERREIRA e SALATI, 2005; BECKER, 2005).

Estudos realizados por Nepstad et al. (2001) indicaram que três quartos do desmatamento entre 1978 e 1994 ocorreu dentro de uma faixa de 100 km de largura ao longo das rodovias BR 010 (Belém - Brasília), BR 364 (Cuiabá - Porto Velho) e PA 150, assinalando a densidade demográfica como um fator motriz ao desmatamento. No Estado do Pará, umas das mesorregiões que apresenta altos índices de focos de calor devido a incêndios associados a mudança do uso da terra, é a Sudeste, a qual teve seus municípios originados a partir da exploração de minérios, ouro, madeira e pecuária intensiva. Esses municípios tiveram surgimento ligados as políticas públicas nacionais da década de 70, conforme a construção de rodovias que liga Santarém-Cuiabá (SCHIMITT et al. 2011), que por conseguinte favoreceu os precedentes de desmatamento no arco entorno da BR 163.

De acordo com dados do IBGE (2016) a região Sudeste do Pará é formada por sete microrregiões, sendo a microrregião de Parauapebas-PA umas das que, atualmente, expõe elevada ocupação territorial e teve o surgimento de seus municípios por meio do núcleo planejado na área do Projeto Carajás, em 1981, sendo a maioria desses desmembrado do município de Marabá-PA (TAVARES, 2010). Tem suas economias primarias baseadas principalmente na exploração de minérios. Além disso, existe proeminência das atividades de garimpos e madeiras, sendo essas atividades responsáveis por contribuir com a prevalência de focos de incêndios na região.

Mediante essa perspectiva, Assis et al. (2014) comentam que as geotecnologias surgem como um importante recurso de subsidio na assimilação das queimadas permitindo localizar, quantificar e fazer estudos de análises espaco-temporais das áreas onde ocorrem incêndios (GOMES, 2006; VETTORAZZI; FERRAZ, 1998).

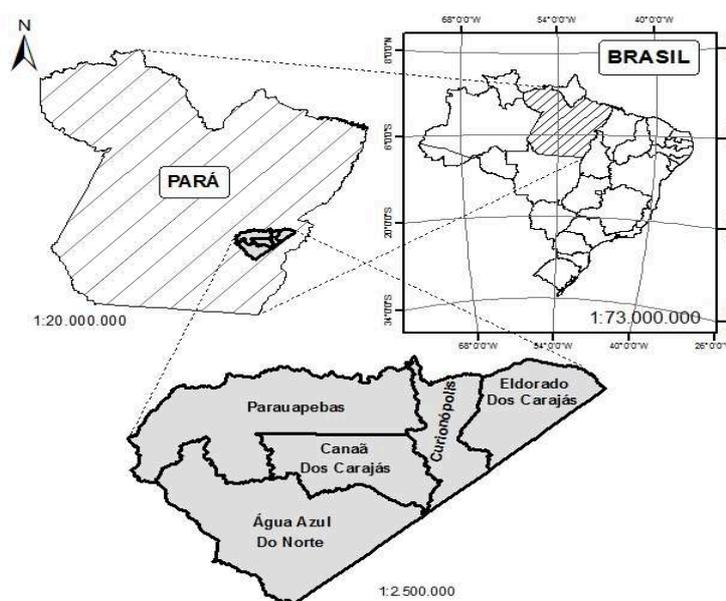
Assim, com intuito de trazer uma contribuição científica para se estabelecer uma política adequada de prevenção de queimadas, visando minimização dos impactos causados ao ambiente, o objetivo desta pesquisa foi analisar a distribuição e quantificação de focos de calor na microrregião de Parauapebas-PA, no período de 2011 a 2016, a partir de dados do monitoramento por satélite de referência AQUA_M-T.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Este trabalho teve como áreas de estudos os municípios que formam a microrregião de Parauapebas-PA (Figura 1), tais como, Água Azul do Norte-PA (50°28'01" W e 06°47'28" S), Canaã dos Carajás-PA (49°52'42" W e 06°29'49" S), Curionópolis-PA (49°35'53" W e 06°06'06" S), Eldorado dos Carajás-PA (49°21'19" W e 06°06'15" S) e Parauapebas-PA (49°54'08" W e 06°04'03" S). A seleção das áreas de estudos levou em consideração os relatórios produzidos pela Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa (2017), que identificou no Sudeste do Pará, regiões com densidade considerável de focos de calor sobrepostos às áreas urbanas em períodos quentes-secos.

Figura 1. Localização geográfica dos municípios que compõem a área de estudo.



Segundo Köppen, o clima predominante nos municípios pertencentes da microrregião de Parauapebas-PA é classificação como Aw. Estimado como um clima

tropical chuvoso (quente-úmido), possui duas estações climáticas bem definidas (verão chuvoso e inverno seco), caracterizando-se com temperatura média anual do ar de 26°C, com máxima em torno de 32°C e mínima de 22°C (SETUR, 2012). A umidade relativa do ar é elevada, expondo oscilações entre a estação mais chuvosa e a mais seca, com máxima média anual de 78% e mínima de 32%, respectivamente. O período chuvoso ocorre, notadamente, de novembro a maio, o mais seco, de junho a outubro, com precipitação média do mês mais seco inferior a 60 mm e média do mês mais chuvoso acima de 2.100 mm (AYOADE, 2003).

Na microrregião estudada, a vegetação é tipicamente de floresta de terra firme, a qual sofre alterações tipológicas, de acordo com as variações de solo e relevo, proporcionando a ocorrência dos subtipos: Floresta Densa dos Platôs, Floresta Densa Submontana, Floresta Aberta Latifoliada (cipoal) e Floresta Aberta Mista (cocal). Dominando o cimo de algumas cristas e chapadas, ao Sul da Serra de Carajás, encontram-se Campos e Cerrados, com predominância de vegetação Xerófitica (SETUR, 2012). A implantação de fazendas de pecuária bovina e de produção migratória desordenada de alguns cultivares como, por exemplo, mandioca (*Manihot esculenta*), açaí (*Euterpe oleracea*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), propiciou a ocorrência de pastagens cultivadas e vegetação de capoeira em elevada extensão territorial, assoreando leitos e nascentes, agravando tal cenário com a ocupação das terras para consolidação de assentamentos rurais (FAPESPA, 2016).

Consequente, Vieira et al. (1971) citam que os solos encontrados nesta região são de tipos distintos, desde rasos e pedregosos, arenosos, argilosos e férteis com abundância em matéria orgânica e foram agrupados em três categorias, sendo a 1ª) solos bem drenados; 2ª) solos hidromórficos; e 3ª) solos em desenvolvimento (MENDONÇA-SANTOS & SANTOS, 2007).

2.2 Aquisição, seleção e organização dos dados

Os dados utilizados são procedentes do BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, Instituto Nacional de Meteorologia e do Bdqueimadas, Banco de Dados de Queimadas do Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC, disponível no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), este em formato *shapefile*. Os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica foram obtidos a partir do processamento mensal das R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 8, n. 1, p.340-364, jan/mar. 2019.

estações climáticas de referência (INMET, 2016) localizadas na cidade de Parauapebas-PA (49°49' W e 06°04' S) e Marabá-PA (49°13' W e 05°36' S). Os dados de focos de calor foram obtidos a partir do processamento diário das imagens termais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrodiometer*) que está acoplado ao satélite meteorológico AQUA_M-T, que é o atual satélite de referência do INPE, cujos dados diários de focos de calor registrados compõe uma série temporal ao longo dos anos permitindo a análise de tendências nos números de focos para mesmas regiões (INPE, 2017).

Para Lopes et al. (2017) este satélite detecta focos com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura e são indicados em pixel, que variam de 1,00 km² ou mais. Um pixel pode indicar várias queimadas distintas de pequenas dimensões como um único foco, e se a queimada for muito extensa, ela provavelmente será detectada em um aglomerado de pixels, formando uma associação de focos (INPE, 2016). Pesquisas de validação de campo indicam que um material em chamas emite energia principalmente na faixa termal média de 3,7 um a 4,1 um do espectro óptico (ABREU et al. 2016).

Segundo o INPE (2011), há alguns fatores que limitam a detecção, como as frentes de fogo com menos de 30 m, fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores, ocorrência de nuvens cobrindo a região, queimada de pequena duração, fogo em uma encosta de montanha. Araújo et al. (2013), destaca que a detecção remota dos focos de calor não indica necessariamente a existência de fogo, apesar de a maioria estar relacionada diretamente a áreas com presença de fogo. Assim, os dados geoespaciais de focos de calor foram organizados por ano e em uma única base de dados, com a finalidade de facilitar a visualização das informações acumuladas, manipulação e edição de sua tabela de atributos. Outros dados vetoriais foram organizados da mesma forma.

2.3 Tratamento, interpretação e geração dos dados

Posteriormente a tabulação dos dados adquiridos, as *shapfiles* de focos de calor (2011 a 2016) foram sobrepostos à área de estudo, dispostos em uma única base de dados, para facilitar sua manipulação e iniciar o procedimento de interpretação das informações e geração de dados procedidos (anos e meses) dos focos de calor.

Todo o processamento de dados foi realizado no software ArcGis, versão 10. Logo após a sobreposição dos dados dos focos de calor e limites territoriais, dados matriciais de densidade de focos de calor acumulado para o período de estudo foram determinados por meio do algoritmo estimador de densidade de Kernel. As densidades foram classificadas em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, seguindo o modelo de legenda aplicado por Lopes et al. (2017) em seu estudo de monitoramento de focos de calor de 2010 e 2015, para a cidade de Novo Progresso-PA, que também adotou o algoritmo de Kernel na metodologia.

Decidiu-se pela utilização do algoritmo estimador de densidade de Kernel por esse ser um indicador de fácil uso e explanação (CABRAL & SOUZA, 2008). A priori, nota-se que a distribuição espacial dos focos de calor determinada no mapa de Kernel permite verificar quais as áreas de maior incidência nos anos mais críticos. Sendo assim, o objetivo da análise de Kernel é obter de forma sistêmica, estimativa suavizada da densidade de focos de calor por unidade de área.

Silva et al. (2009), argumentam que essa contagem é ponderada pela distância de cada evento ao ponto de referência dentro de um dado raio, uma propriedade de relevância para a análise da tendência de um processo estocástico espacial.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

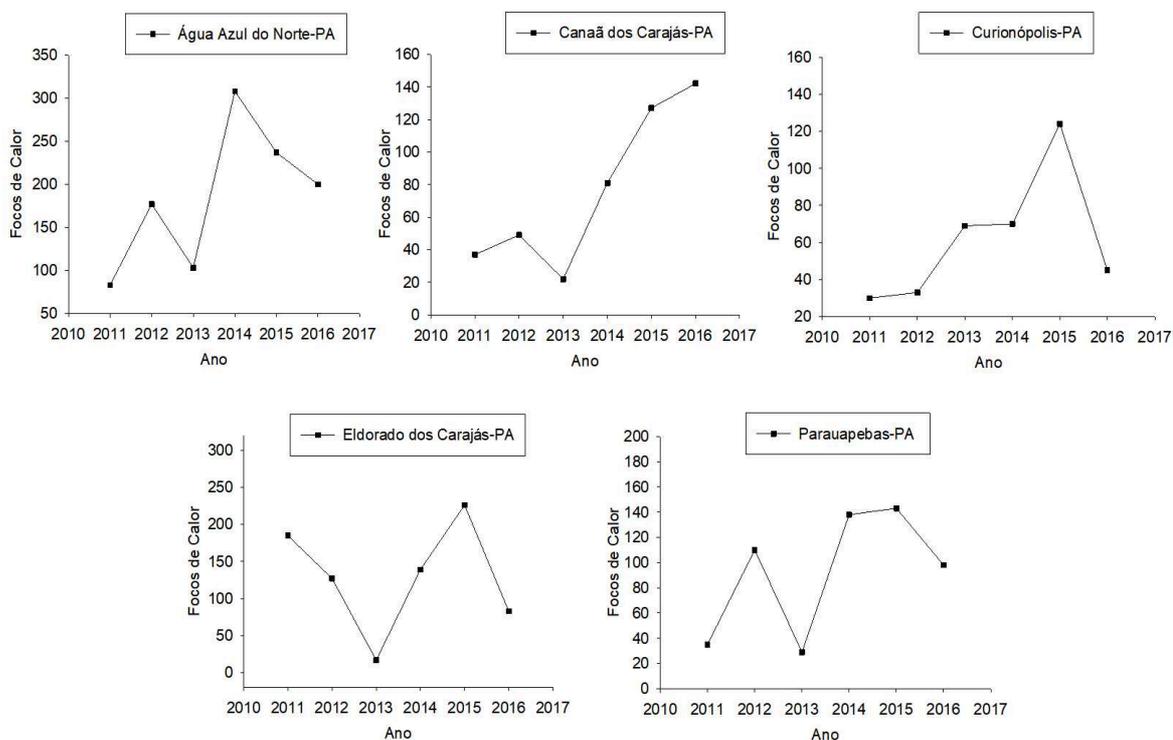
Conforme os dados coletados, na fase temporal de 6 anos, foram detectados por meio do satélite AQUA_M-T, um total de 3.267 focos de calor. Observou-se que dentre os municípios em estudo, a ocorrência de focos de calor foi maior em Água Azul do Norte-PA, com um quantitativo de 1.108 pontos de focos registrados pelo sensor do satélite, seguido de Eldorado dos Carajás-PA e Parauapebas-PA, com 777 e 553 focos de calor. No quantitativo anual, as ocorrências de focos de calor registradas foi maior em 2015, com 857 registros, seguido dos anos de 2014 e 2016, com 736 e 568 ocorrências, respectivamente.

Desse modo, do total registrado de focos de calor durante os anos analisados, o município de Água Azul do Norte-PA representou cerca de 33,91% dos focos, em seguida, Eldorado dos Carajás-PA com 23,78%, Parauapebas-PA com 16,93%, Canaã dos Carajás-PA com 14,02% e por fim, Curionópolis-PA com 11,36%. Lopes et al. (2017) analisando a distribuição de focos de calor entre os

anos de 2010 a 2015, no município de Novo Progresso, localizado na mesorregião Sudoeste paraense, cerca de 1.630 km da capital Belém-PA, concluíram que os anos de 2010, 2014 e 2015 corresponderam cerca de 71,86% do total de focos de calor, enquanto que os anos de 2011, 2012 e 2013 representaram índices de focos de calor considerados inferiores a taxa de estimativa padrão.

Para o presente estudo, o total registrado durante os anos de 2014, 2015 e 2016 corresponderam cerca 66,15% do total de focos de calor, enquanto que os anos de 2011, 2012 e 2013 exibem um indicador de focos muito inferior, evidenciando que o gráfico de distribuição anual total dos focos de calor (Figura 2) não possui um padrão de distribuição ao longo dos anos analisados.

Figura 2. Distribuição anual dos focos de calor para os anos de 2011 a 2016, dados do satélite de referência AQUA_M-T, dos municípios pertencentes a microrregião de Parauapebas-PA, Brasil.



Em relação a distribuição mensal dos focos de calor, verificou que os meses de julho, agosto, setembro e outubro (Figura 3) revelaram-se com os maiores valores, cerca de 2.989 ocorrências de focos de calor registrados pelo senso do satélite de referência AQUA_M-T. Esse quantitativo representa cerca de 91,5% do total de focos de calor registrados mensalmente em todos os anos de estudo.

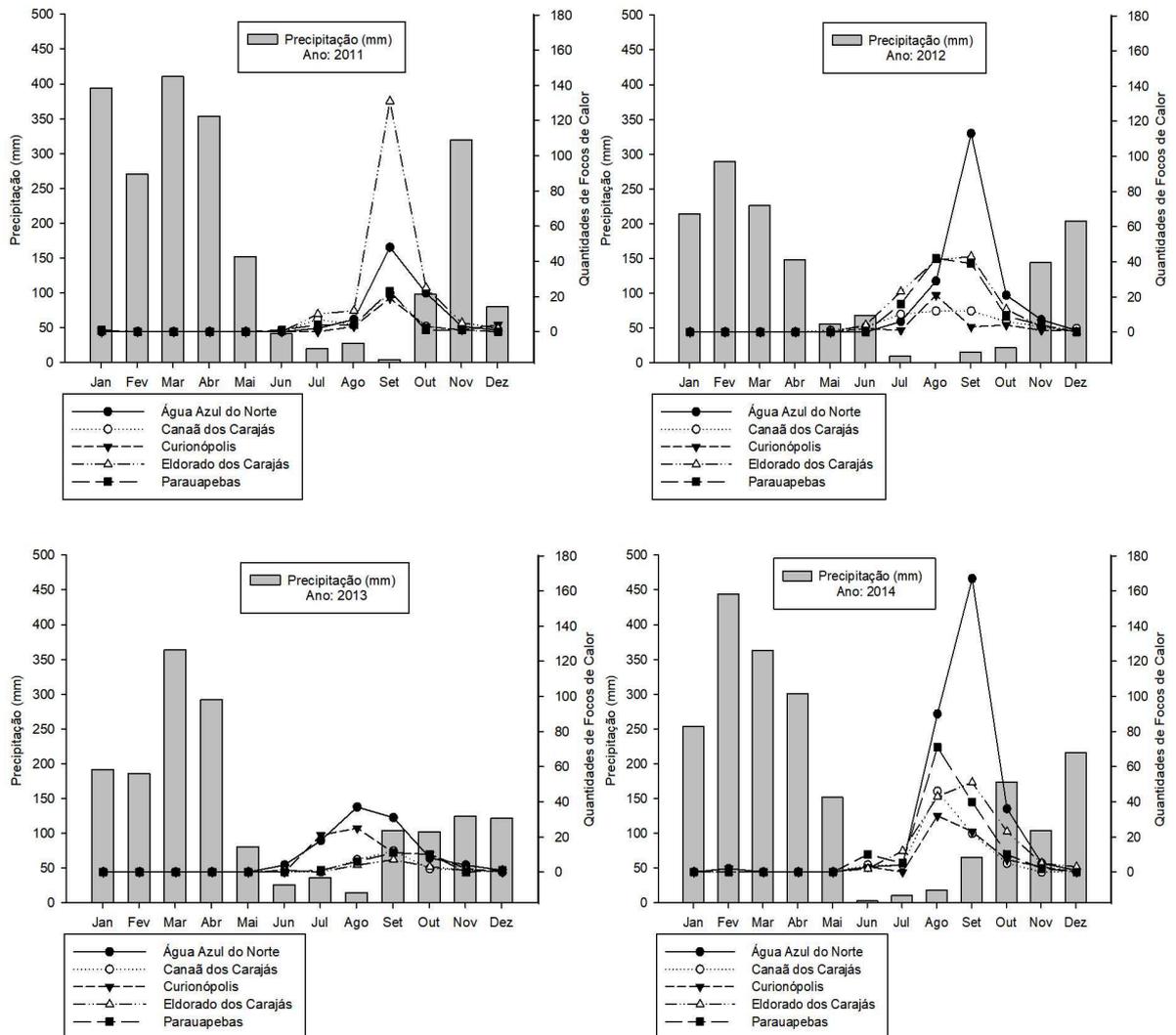
Anderson et al. (2017) ao realizarem análise espaço-temporal do uso do fogo no Estado do Acre, a partir da utilização de dados orbitais, concluíram que para a série temporal estudada, os meses de julho a outubro representaram mais de 97%

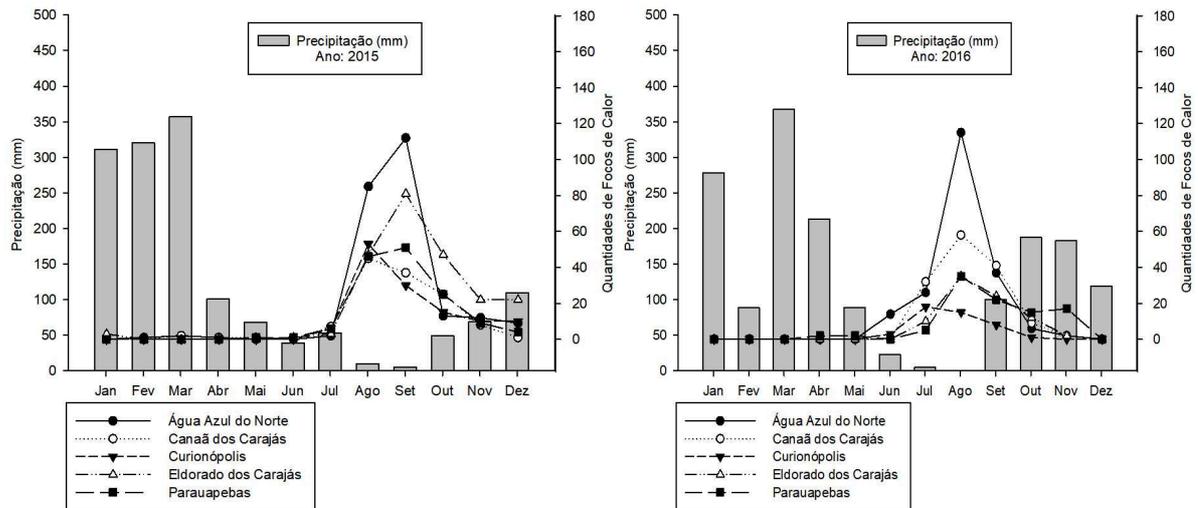
dos totais anuais de focos de calor. O valor mínimo observado foi em 2011, em que o quadrimestre contou com 93% das observações dos focos de calor. Neste mesmo período, observou-se também um número maior de detecções em junho e principalmente em novembro. Por outro lado, nos anos de 2001, 2003 e 2005, mais de 99% dos focos de calor foram observados entre julho e outubro. Agosto e setembro foram o bimestre principal de ocorrência de queimadas e incêndios, variando de 80% (em 2001) a 90% (em 2005) das detecções, exceto em 2002, 2008 e 2009. Com exceção do ano de 2001, o mês de pico para as observações de focos de calor foi setembro.

Na região Norte brasileira, já se observa a prevalência de períodos de seca no Leste da Amazônia e de chuvas intensas no Oeste da Amazônia. Segundo Carvalho et al. (2002), em um estudo utilizando o Índice Padronizado de Precipitação (IPP), mostrou uma queda de 0,32 por década entre 1970 e 1999 nos estados do Pará, Maranhão, Amazonas, Tocantins, Mato Grosso, Goiás e Rondônia (HUGHES e SAUNDERS, 2002). A tendência negativa observada foi explicada pela força antropogênica externa, e não pela variabilidade natural. Isto significa que as emissões humanas é um fator que contribui para o aumento da estiagem, e se continuarem, o IPP, provavelmente, se tornará mais negativo (SOUSA et al. 2016).

Neste cenário, em um período de médio prazo, a região da Amazônia vem demonstrando cada vez mais eventos frequentes de seca e estiagens mais intensa, levando a ocorrência de incêndios florestais e agravando as condições para produção agrícola e qualidade de vida (MACEDO, 2010).

Figura 3. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica (mm) e dos focos de calor detectados pelos sensores do satélite AQUA_M-T dos municípios da microrregião de Parauapebas-PA, para os anos de 2011 até 2016.





Com relação a distribuição da precipitação acumulada durante os anos de estudo, ressalta o comportamento de duas estações climáticas bem definidas para microrregião de Parauapebas-PA, sendo de novembro a abril (período chuvoso ou quente-úmido) ou até mesmo inverno amazônico e de maio a outubro (período seco ou quente-seco), considerando os períodos de transição de uma estação para outra. A precipitação total dos anos de estudo da microrregião corresponderam a 10.464 (mm), com ocorrências de crescimento e padronização do comportamento chuvoso a partir do mês de outubro.

Na análise entre os anos, observou-se que os meses mais chuvosos foram janeiro, fevereiro e março, com um total de 1.640, 1.599 e 2.088 mm, corroborando com 51% do total de chuvas acumuladas. Entretanto, os meses que revelaram menor pluviosidade foram julho, agosto e setembro, com um total de 130, 70 e 295 mm. Esse quantitativo representou cerca de 4,8% do total de chuvas registradas entre os anos de 2011 a 2016. Gonçalves et al. (2016), estudando a relação de ocorrências de focos de calor com o regime pluviométrico em 9 municípios que compõe a região Sudeste paraense entre os anos de 2010 a 2014, concluíram que os maiores índices de chuvas ocorreram entre outubro a abril, formando ilhas bem distribuídas.

Argumentaram também a ocorrência de eventos El Niño e La Niña entre os anos de estudo, enfatizando a existência de uma relação direta entre os índices pluviométricos e os focos de queimadas, influenciados pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

As ocorrências e intensificações de fenômenos climático/meteorológicos tal como El Niño (2012), pode aumentar ainda mais os riscos de focos de calor, causando incêndios florestais devido à redução de chuvas e baixa da umidade relativa do ar (COCHRANE, 2003; SIEGERT et al., 2001; KITZBERGER et al., 2001; SANTOS, 2011).

Nobre et al., (2007) pesquisando sobre períodos agravantes de estiagem na região Norte, pontuaram que o mês agosto do ano de 2005, persistiu com essa problemática, agravando a situação do rio Madeira, que atingiu o nível de 2,28 metros em Porto Velho (RO), a menor cota registrada no mês de agosto dos últimos dez anos, reduzindo em 30% a capacidade de cargas transportadas e aumento no tempo de viagem. Os efeitos do fenômeno El Niño, atuando desde 2015, influenciaram o padrão de chuvas em grande parte do Brasil. Na região Amazônica, as precipitações da estação chuvosa, verificadas no último trimestre de 2015, diminuíram cerca de 50% em relação à média e continuaram abaixo da média pelo primeiro semestre de 2016, deixando a região ainda mais seca (INMET, 2016).

Desta forma, na Figura 3 ressalta-se que a prevalência no crescimento de focos de calor na microrregião de Parauapebas-PA acontece na estação quente-seca (julho, agosto e setembro) em períodos de estiagem e/ou com poucas precipitações. Isso demonstra a existência de uma relação preliminar entre o número de focos detectados e fatores meteorológicos, tais como, a pouca ocorrência de precipitação pluviométrica, visto que nos meses aos quais se observam os maiores registros de focos são os mesmos que registraram os menores índices pluviométricos.

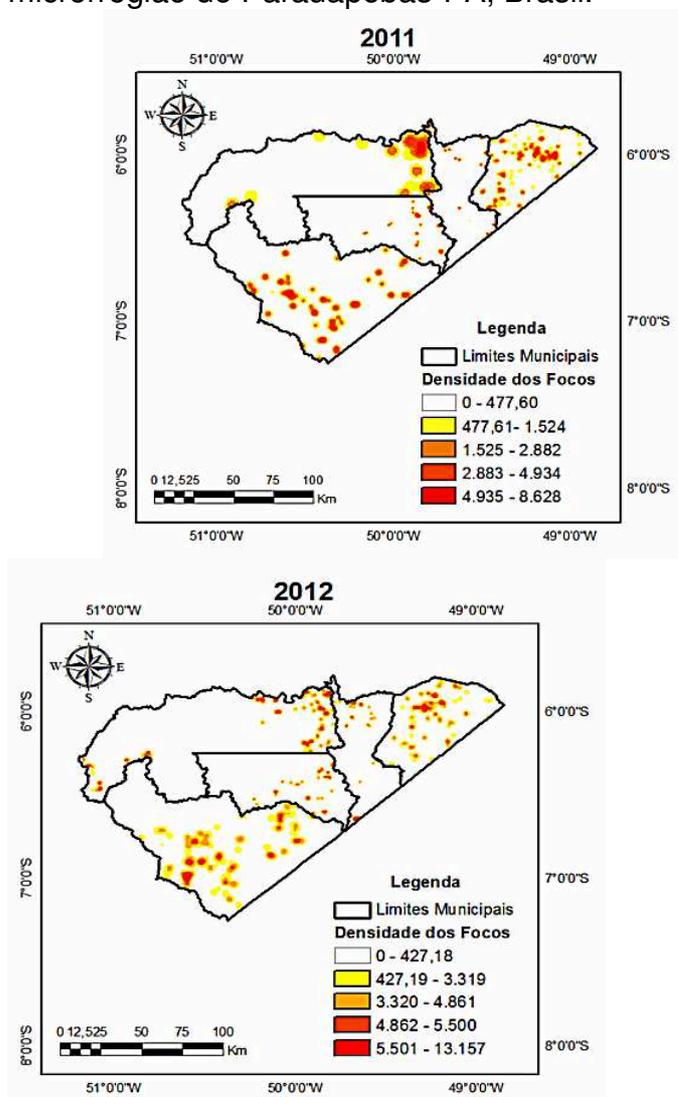
Estudo realizado por Brito e Ferreira (2015), que teve com objetivo central elaborar um mapa de susceptibilidade a ocorrência de incêndios florestais para o Estado de Goiás, por intermédio da interpolação e análise dos focos de calor para o ano de 2011, identificou-se que o mês com maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais é setembro, e as mesorregiões do norte e leste goiano são áreas prioritárias para a sua ocorrência.

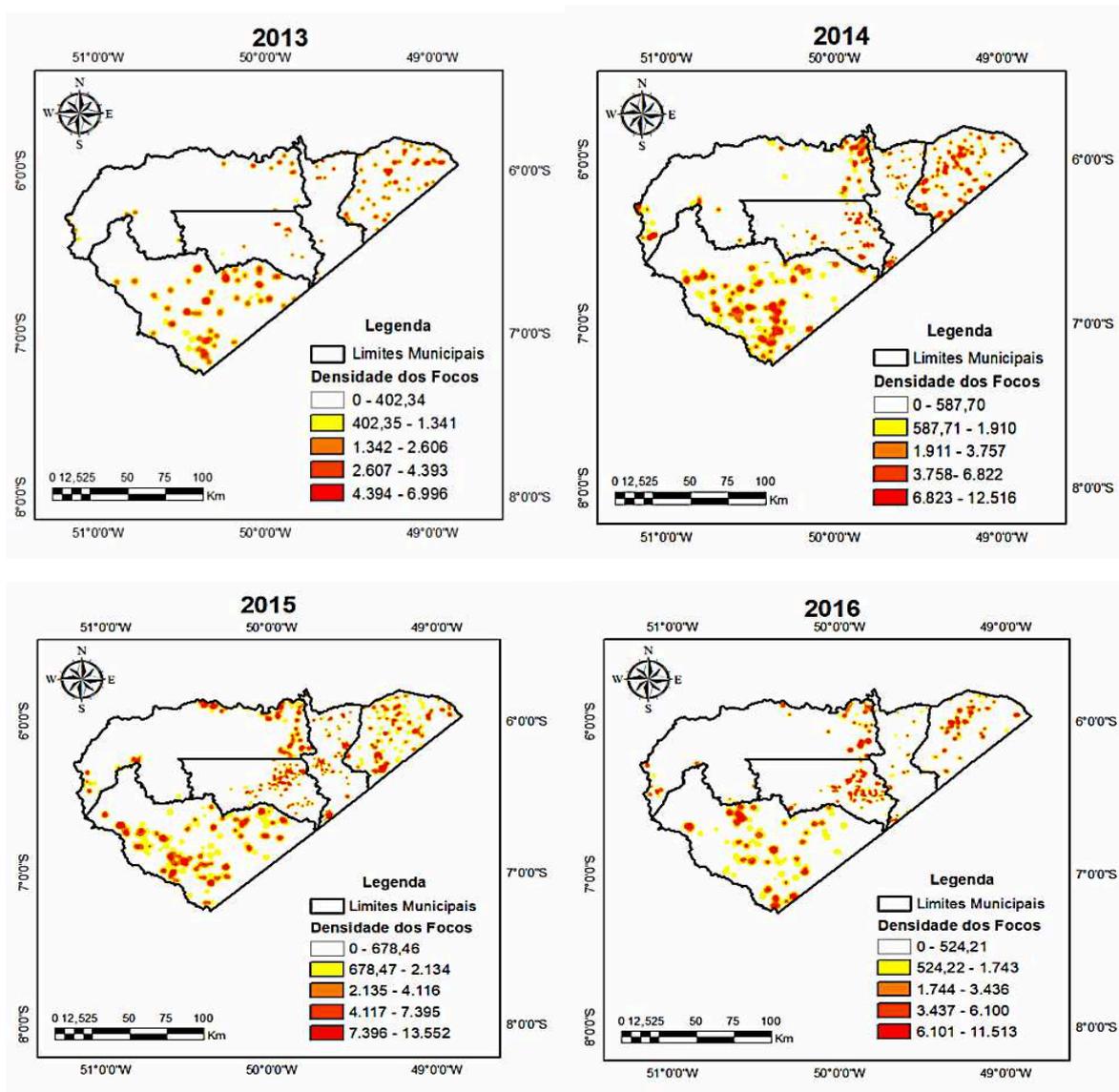
Outros estudos em conformidade com a mesma abordagem discutida, a exemplo do que foi concretizado por Gonçalves et al. (2016), que utilizando a análise de kernel para quantificar as ocorrências dos números de focos de calor em 9 municípios localizados no Sudeste Paraense e sua relação com o regime pluviométrico da região, concluíram que no ano de 2010 houve uma redução nos

índices de chuva dos municípios, principalmente nas áreas de Cumaru do Norte, Santa Maria das Barreiras e Santana do Araguaia, representadas pelos maiores números de foco de calor (31, 22 e 20% respectivamente) e precipitações inferiores a 200 mm/ano.

A relação existente nos mapas de densidade de Kernel (Figura 4), produto da interpolação dos focos de calor conforme os anos de estudos, ressalva-se a magnitude destas na área estudada, aferindo-se assim a sua densidade por meio das cinco classes estimadas.

Figura 4. Mapas de densidade dos focos de calor detectados pelos sensores do satélite AQUA_M-T para os anos de 2011 a 2016 nos municípios pertencentes a microrregião de Parauapebas-PA, Brasil.





Observou-se que nos anos de 2011 e 2012, o município de Parauapebas-PA foi um dos que sistematizaram maior densidade de focos de calor, em escala alto e muito alto, com prevalência de extensão de manchas na região nordeste perimetral, especificamente na área onde iniciou o núcleo urbano de Carajás, em função das primeiras ocupações e povoamento por migrantes a trabalho na Companhia Vale do Rio Doce - CVRD e terceirizadas.

Segundo informações disponíveis pelo projeto PRODES, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que sistematiza sobre desmatamento municipal nos municípios da Amazônia, a cidade de Parauapebas-PA constatou no ano de 2000 um desflorestamento de 16%, em 2005 com 18%, sobretudo com uma taxa média anual de desmatamento de 2% de 2000/2005. A grosso modo, essa taxa sobrepõe a do Estado do Pará, que apresentou um desflorestamento de 12% em 2000 e de 17%

em 2005, com uma taxa média anual de 6%, embora, a variação é mais expressiva em municípios considerados de base mineira.

Na mesma vertente de pensamento, Enríquez (2007) pesquisando sobre os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira, cita que no ano de 1970, município de Oriximiná localizado na mesorregião do Baixo Amazonas, foi o primeiro município paraense a abrigar um empreendimento mineral de larga escala de produção para o mercado internacional. Contudo, tanto esse como outros municípios ao seu redor contextualizaram as mais baixas taxas de desmatamento do Estado.

Com exceção do município de Parauapebas-PA, que nos últimos 20 anos, vem sendo palco de muitas ações ambientais e pelas estratégicas políticas de preservação de áreas protegidas pela CVRD, os demais pertencentes a região de exploração mineira da região de integração de Carajás e Araguaia resultaram as mais altas taxas de desmatamento, tais como, Água Azul do Norte-PA (56%) em 2000 e (64%) em 2005, Eldorado dos Carajás-PA (74%) e (88%), Canaã dos Carajás-PA (51%) e (54%) e Curionópolis-PA com (84%) e (86%), respectivamente.

Deste forma, uma explicação mais sensata sobre o nível de densidade observado no ano 2011, em especial para o município de Parauapebas-PA, pode ser devido ao uso e ocupação de terras para construção de casas residenciais, estradas, ocupação irregular de áreas frágeis, aterro das margens do rio, queimadas, desmatamento da vegetação ciliar para construção de projetos de empreendimentos comerciais, bem como, construção das linhas e ramais ferroviários, sustentando a produção e logística de minérios até os portos.

A priori, Parauapebas-PA, Curionópolis-PA e Canaã dos Carajás-PA são municípios do Brasil que sobrevive de uma economia baseada no segmento minerário e garimpeiro, em que a abundância de recursos naturais, como o minério de ferro e cobre, tem colocado o Estado do Pará em posição de destaque. Segundo a Agência Nacional de Mineração (2018), o Estado do Pará representa mais de 60% da produção de minérios no Brasil, assegurando no ranking, sete empresas das vinte e cinco maiores produtoras desta matéria-prima, permanecendo o município de Parauapebas-PA em primeira colocação, (MONTEIRO, 2005) a título como o maior em potencial de geração econômica a partir de operações minerais.

Outros municípios como Água Azul do Norte-PA e Eldorado dos Carajás-PA, que sobrevivem também da base mineira, bem como extração de madeira e

pecuária, evidenciaram manchas de densidade classificadas como muito alto, especificamente nas regiões centrais, sul/oeste e sul/nordeste do perímetro municipal. A maioria dessas manchas correspondem a áreas ocupadas próximas da passagem da rodovia PA 279 e 275, pois tendem a ser valorizadas por reduzirem os passivos de transportes e de produção. Segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (2017) atividades como produção de soja, carne bovina e extração de madeira no Estado do Pará lucraram cerca de 370% entre 2016 a 2017, concebendo equivalente a U\$ 201.231.746 dólares. Para Pfaff (1997), ao analisar os determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira para o período de 1970 a 1988, considerando a densidade populacional, construção de estradas, crédito e a qualidade do solo como variáveis de controle, concluiu que o aumento da densidade rodoviária e a qualidade do solo estão associados a maiores desmatamentos.

A partir do ano de 2013, observa-se que as manchas de densidade alto e muito alto reduzem em todos os municípios, principalmente naqueles que se sobressaíram em anos anteriores, com maior proporção entorno dos limites perimétricos. Ressalva-se apenas o município de Água Azul do Norte-PA, que de forma sistêmica, demonstrou equivalência ao ano de 2012, visto que a proporção de manchas de densidade de focos de calor permaneceu maiores na região central e sul/nordeste do perímetro municipal. A priori, esse ano foi considerado o de menor impacto para a microrregião estudada, devido exposição de uma proporção maior de densidade em classe muito baixo e baixo em todos os municípios.

Subsequente, ao analisar os anos de 2014 a 2016, observa-se uma evolução das densidades de focos de calor baixa, alta e muito alta, principalmente nas regiões centro, sul e noroeste do município de Água Azul do Norte-PA. Novamente, Enríquez (2007) comenta que as taxas de crescimento populacional em município não-minerais geralmente estão ligadas a “expansão da fronteira”, que por sua vez estão relacionadas a outras atividades produtivas, como por exemplo, assentamentos, pecuária intensiva, extrativismo de sementes, além da mineração. Outro importante entrave nesse mecanismo de expansão é o desflorestamento acumulado (Tabela 1), que é sinérgico a essas atividades primárias.

Tabela 1. Quantitativo do Desflorestamento Acumulado (km²) e Focos de Calor em 2016

Municípios/UF	Desflorestamento	Nº de focos
---------------	------------------	-------------

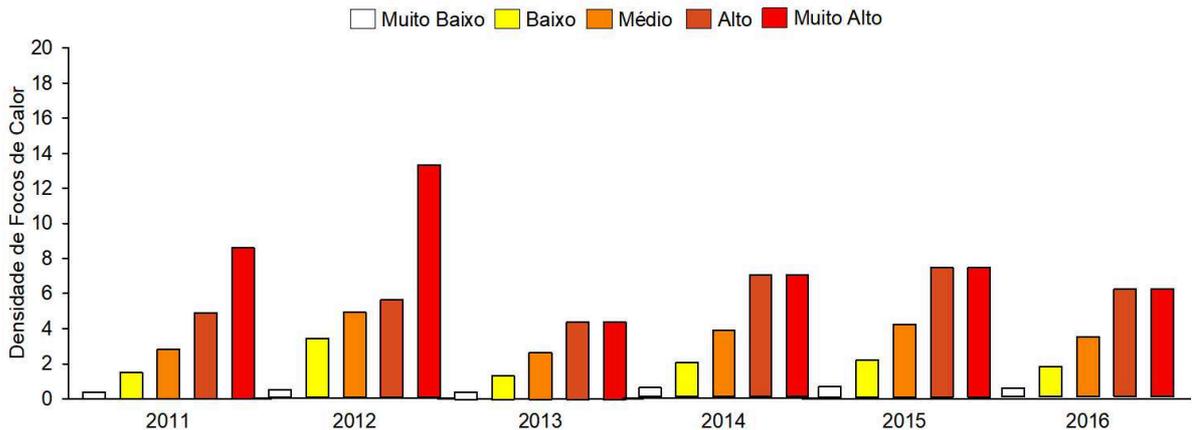
	Acumulado (km²)	de Calor
Pará-PA	262.037	29.316
Água Azul do Norte-PA	4.651	200
Canaã dos Carajás-PA	1.743	142
Curionópolis-PA	2.059	45
Eldorado dos Carajás-PA	2.749	83
Parauapebas-PA	1.323	98

Na tabela acima, percebe-se que em 2016 o município de Água Azul do Norte-PA destaca-se como o mais atingindo por atividades antrópicas, com 4.651 km² desflorestado, o que representou 1,78% em relação ao desmatamento ocorrido em todo o Estado. No mesmo ano, foi registrado 200 focos de calor, representando 0,68% comparado ao total de focos registrado em todo o Estado do Pará-PA. Ainda que Água Azul do Norte-PA seja uns dos municípios que pertença ao círculo dos não-mineradores, embora esteja no entorno dos minerais, como Parauapebas-PA e Canaã dos Carajás-PA, não sobrevive economicamente deste seguimento. Entretanto, apresentou entre os anos de 2000 e 2005, um intenso crescimento de 6,6%, provavelmente uma migração ligada a uma outra dinâmica produtiva.

Observou-se também que para os mesmos anos analisados, os municípios de Parauapebas-PA e Canaã dos Carajás-PA não demonstrou densidades expressivas de focos de calor na região norte e noroeste do perímetro municipal, devido ao fato de serem áreas de exploração contínua de minérios pela CVRD, e estando essas áreas preservadas pelas suas políticas ambientais, evitando a migração e/ou qualquer outro desenvolvimento de atividades produtivas. Sobretudo, é comum observar que todos os municípios pertencentes a microrregião de Parauapebas-PA expõe visualmente densidade de focos de calor de magnitude média, alta e muito alta, comumente nos centros urbanos, região que segundo Silva e Bacha (2014), provoca uma força motriz muito grande sobre a ocupação do solo, gerando zonas urbanas intrarregionais, devido resultante da concentração de renda.

Os resultados obtidos de densidade de focos de calor podem ser analisados na Figura 5, que expõe sua variação anual por valores e classes.

Figura 5. Variação anual das classes de densidade dos focos de calor detectados pelos sensores do satélite AQUA_M-T para os anos de 2011 a 2016, nos municípios pertencentes a microrregião de Parauapebas-PA.



Analisando os anos de 2011 e 2012, verificou-se aumento de densidade de focos de calor em todas classes. Entretanto, no ano de 2013, foi susceptível a uma redução dos focos de calor, o que reforça a afirmação observada de que as manchas de densidade alta e muito alta reduziram consideravelmente. Consequente, nos anos de 2014 à 2016, a densidade anual de focos de calor se manteve equilibrada, reforçando a mesma afirmativa discutida anteriormente, em que as manchas de densidade alta e muita alta se intensificam em um único local, sendo próximos aos centros urbanos e entorno da passagem das rodovias que cortam os municípios.

Um estudo desenvolvido por Costa et al. (2017), relacionando o monitoramento das alterações no uso e ocupação da terra e focos de calor, especificamente, as modificações no uso da terra na área de influência da rodovia BR-163, no trecho Cuiabá-Santarém, apresentaram resultados que reforçaram a afirmação de que, mudanças na cobertura vegetal primária estão relacionadas à agricultura e pecuária, usando a queimada, para a limpeza da área. Os autores também concluíram que apesar da significativa redução do desmatamento observada na última década, mudanças significativas vêm ocorrendo em razão das atividades produtivas predominantes na região Norte e Centro-oeste (arco do desmatamento), sendo nitidamente perceptíveis em análises de ampla escala espacial e temporal.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, concluiu-se que o município de Água Azul do Norte-PA foi o que registrou a maior concentração de focos de calor, com valores de 1.108 focos, representando aproximadamente 34% dos registros no período de 2011-2016.

Outros municípios como, Eldorado dos Carajás-PA e Parauapebas-PA também mantiveram proporções elevadas nos registros de focos de calor. No quantitativo anual, as ocorrências de focos de calor registradas foi maior em 2015, com 857 registros, seguido dos anos de 2014 e 2016, com 736 e 568 ocorrências.

Outra conclusão deste estudo foi que o total registrado durante os anos de 2014, 2015 e 2016 corresponderam cerca 66,15% do total de focos de calor, enquanto que os anos de 2011, 2012 e 2013 exibem um indicador de focos muito inferior, evidenciando que o gráfico de distribuição anual total dos focos de calor não possui um padrão de distribuição ao longo dos anos analisados.

A análise do regime pluviométrico feito para a microrregião contribuiu para corroborar com a afirmativa da existência de duas estações climáticas definidas, sendo de novembro a abril (quente-úmida) e maio a outubro (quente-seca). Em todos os anos analisados, houve prevalência de aumento de focos de calor em período de estiagem, com alta intensidade de focos nos meses de julho, agosto e setembro, logo, começando a reduzir no mês de novembro com a chegada das intensas chuvas no inverno amazônico. Assim, enfatizando a existência de uma relação entre os índices pluviométricos e os focos de queimadas na microrregião, pois o aumento de uma variável ocasiona a redução de outra, sendo que o comportamento das chuvas é influenciado pela ZCIT, a qual tem o fenômeno ENOS como fator de intensificação deste sistema.

Portanto, a localização geográfica das áreas estudadas é um fator agravante que corrobora com o número de focos de calor, visto que a microrregião apresentou em seu contexto histórico promoção de intensas atividades de modificação do uso e ocupação do solo, como a mineração, pecuária, extrativismo e outras, dos quais extensão concentrações de manchas de densidades concentraram-se nos centros urbanos (região central), com maior prevalência nas regiões norte e nordestes dos municípios, bem como também em áreas de passagem da PA 279 e 275, tornando essas áreas mais susceptível à ocorrências de fogo natural.

**SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF FIRE OUTBREAKS IN THE
PHYSIOGRAPHIC AREA OF NORTHEAST REGION OF PARAUPEBAS-PA,
BRAZIL**

ABSTRACT

The use of fire for environmental cleaning is a technique widely used in the world, easy-to-use and common implementation in agricultural areas by farmers. In Brazil, specifically in the Amazon, one of the forms of efficient control of these fires is the monitoring by satellite images. Thus, the objective of this study was to analyze the distribution and quantification of heat sources in the Parauapebas-PA microregion in the period from 2011 to 2016, based on AQUA_M-T reference satellite monitoring data. For that, data of heat sources of the National Institute of Space Research (INPE) and rainfall of the National Institute of Meteorology (INMET) were used. As results, identified in the 6-year time series a total of 3,267 records of heat sources. Within this amount, the city of Água Azul do Norte-PA recorded the highest value, about 1,108 outbreaks, representing approximately 34% of this total. There was also a relationship between variability of records of heat sources with periods of climatic seasons per year, with a reduction of heat outbreaks in the months of November to April, in the so-called Amazonian winter and increase of heat outbreaks from May to October, period hot-dry. The kernel analysis showed that the highest density of heat sources is located close to the urban centers, central and northeast of some municipalities, and especially around PA 275 connecting the municipalities of Parauapebas-PA to Eldorado dos Carajás-PA and highway PA 160 that connects Canaã dos Carajás-PA to Parauapebas-PA. Therefore, the geographic location of the studied areas is an aggravating factor in the number of heat sources, since it represents a microregion with intense activities of modification of the use and occupation of the soil.

Keywords: Fire. Mapping. Destruction. Forest. Brazilian Amazon.



REFERÊNCIAS

ABREU, F. A.; SOUZA, J. S. A. Dinâmica espaço-temporal de focos de calor em duas terras indígenas do estado de Mato Grosso: uma abordagem geoespacial sobre a dinâmica do uso do fogo por xavantes e bororos. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2016.

ANDERSON, L. O., YAMAMOTO, M., CUNNINGHAM, C., FONSECA, M. G., FERNANDES, L. K., PIMENTEL, A. & SALAZAR, N. Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, 2017.

ANM - Agencia Nacional de Mineração. **Novos rumos para o setor, 2018**. Disponível em: http://www.revistamt.com.br/index.php?option=com_contenido&task=printMateria&id=3031 Acesso em: 20 de fev. 2018.

ARAUJO, J. B.; OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, S.S.; CORREIA, M.F. Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em uma floresta primária no estado do Acre, Amazônia Brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 297-308, 2013.

ASSIS, F. R. V.; MENDONÇA, I. F. C.; SILVA, J. E. R.; LIMA, J. R. Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais no semiárido nordestino. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 133 - 142, jan. / mar. 2014.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.

BRITO, G. H. M.; FERREIRA, A. A. Identificação da susceptibilidade a ocorrência de Incêndios florestais para o Estado de Goiás no ano de 2011. **Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 135-144, 2015.

CABRAL, A. P. S.; SOUZA, W. V. Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU): análise da demanda e sua distribuição espacial em uma cidade do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 11, n. 4, p. 530-540, 2008.

CALDARARO, N. Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. **The Science of the Total Environment**, v. 292, n. 3, p. 141-165, 2002.

CAMPO, J.; ANDREU, V.; GIMENO-GARCIA, E.; GONZÁLES, O. & RUBIO, J.L. Ocurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment. **Geomorphology**, v. 82, n. 3-4, p. 376-387, 2006.

COCHRANE, M. A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 6926, p. 913, 2003.

COSTA, A. M. S.; BEZERRA, P. E. S.; DE OLIVEIRA, R. S. Mudanças no uso e ocupação da terra associadas a focos de calor na área de influência da Rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 119-125, 2017.

CUNHA, A. M. C.; LIMA, C. A.; DIETZSCH, L. Levantamento de áreas de maior risco de incêndios através de dados NOAA12. Estudo de caso: Reserva Biológica do Guaporé. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** [online]; 2007; Florianópolis, Brasil. São José dos Campos: INPE; 2007. p. 4439-4446. Disponível em: <http://bibdigital.sid.inpe.br/rep-/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.15.01> acesso em: 20 de fev. 2018.

ENRÍQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. **Maldição ou dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. 2007. 449 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FAPESPA - Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas. **Boletim informativo de pesquisas do Estado do Pará, 2016-2017**. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/> Acesso em: 20 de fev. 2018.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 25-44, 2005.

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no parque nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 153-161, 2006.

GIMENO-GARCIA, E.; ANDREU, V & RUBIO, J. L. Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. **European Journal of Soil Science**, v. 51, n. 2, p. 201-210, 2000.

GOMES, C. Geotecnologias da informação e remodelação do espaço urbano regional: Os sistemas de informação geográfica. **Interface**, v.3, n.3, p. 7-28, 2006.

GONÇALVES, E. D.; NEVES, R. R.; SOUSA, L. P. A de; ARAÚJO, C de. Interferência do regime pluviométrico na incidência de focos de calor no sudeste paraense considerando o fenômeno El Niño Oscilação-Sul. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2016.

HECHT, Susanna B.; COCKBURN, Alexander. **The fate of the forest: developers, destroyers, and defenders of the Amazon**. University of Chicago Press, Nova Iorque, Verso, 1989.

HUBBERT, K. R.; PREISLER, H. K.; WOHLGEMUTH, P. M.; GRAHAM, R. C. & NAROG, M. G. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. **Geoderma**, v. 130, n. 3-4, p. 284-298, 2006.

HUGHES, B. L.; SAUNDERS, M. A. A. Drought Climatology for Europe. **International Journal of Climatology**, v.22, p.1571-1592, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2016. **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pb>>. Acesso em: 20 de fev. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2018. **Municípios**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 de fev. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos - 2016**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> Acesso em: 20 de fev. 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. **Monitoramento de Queimadas em Tempo Quase-Real do INPE. Perguntas frequentes**. Disponível em <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>>. Acesso em: 20 de fev. 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 20 de fev. 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. **Dados pontuais de focos de calor. Programa de Monitoramento de Focos**. <<http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>>. Acesso em: 20 de fev. 2018.

KITZBERGER, T.; SWETNAM, T. W.; VEBLEN, T. T. Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño- Southern Oscillation. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, n. 3, p. 315-326, 2001.

LASANTA, T. & CERDA, A. Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees. **Catena, Catena**, v. 60, n. 1, p. 59-80, 2005.

LEONEL, Mauro. O uso do fogo: o manejo indígena e a piromania da monocultura. **Estudos Avançados**, v. 14, n. 40, p. 231-250, 2000.

LOPES, A. C. L.; FREITAS, A. V. M., DA COSTA, D. O., BELTRÃO, N. E. S., & TAVARES, P. A. Análise da distribuição de focos de calor no município de Novo Progresso, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 298-303, 2017.

MACEDO, M. J. H. **Análise do Índice Padronizado de Precipitação (IPP) na caracterização das secas do semiárido brasileiro**. 2010. [s. f.]. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; DOS SANTOS, H. G. The state of the art of Brazilian soil mapping and prospects for digital soil mapping. **Developments in Soil Science**, v. 31, p. 39-601, 2007.

MIRANDA J. B. Aplicações do monitoramento por satélite no controle de queimadas. **In: IV Encontro Nacional sobre Educação Ambiental na Agricultura**, 2002, Campinas-SP. Anais... Campinas-SP: EMBRAPA/CNPM, 2002. p.26.

MONTEIRO, Maurílio de Abreu. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos avançados**, v. 19, n. 53, p. 187-207, 2005.

MORÁN, E. F. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis, Vozes, 1990.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

SANTOS, S. R. Q.; DA SILVA, R. B. C.; BARRETO, P. N.; NUNES, H. G. G.; RODRIGUES, R. D. S.; CAMPOS, T. L. D. O. B. Regime térmico e hídrico do solo

para área de floresta tropical em anos de El Niño e La Niña, Caxiuanã-PA: estudo de caso. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 3, p. 367-374, 2011.

SECRETARIA DE TURISMO DO PARÁ-PA - SETUR. **Inventário da oferta turística de Parauapebas-PA**. 2012. Disponível em:

http://www.setur.pa.gov.br/sites/default/files/pdf/inventario_parauapebas_0.pdf

Acessado em: 15 de mar. 2018.

SIEGERT, F.; RUECKER, G.; HINRICHS, A.; HOFFMANN, A. A. Increased damage from fires in logged forests during droughts caused by El Niño. **Nature**, v. 414, n. 6862, p. 437, 2001.

SILVA FILHO, Ernesto; TELES, Luciana Sá; SANTOS, Luiz Alves. Ocorrências de focos de calor no estado de Rondônia em 2007. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 2, 2009.

SILVA, R. R da; BACHA, C. J. C. Acessibilidade e aglomerações na Região Norte do Brasil sob o enfoque da Nova Geografia Econômica. **Nova Economia**, v. 24, n. 1, p. 169-190, 2014.

SOUSA, F. de A. S., MACEDO, M. J. H., DE SOUZA GUEDES, R. V., & DA SILVA, V. D. P. R.O Índice de Precipitação Padronizada (IPP) na identificação de extremos de chuvas e secas na bacia do rio Paraguaçu (BA). **Ambiência**, 2016, 12.2: 707-719.

SCHMITT, J.; COSTA, D. P.; Novo Progresso (PA) – Acompanhamento E Análise De Indicadores Socioambientais Utilizando Geotecnologias. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 2011, Curitiba. Anais... Curitiba-PR: INPE, 2011. p.2870.

TAVARES, M. G. C. A Formação Territorial do Espaço Paraense: dos fortes à criação de Municípios. **Acta Geográfica**, v. 2, n. 3, p. 59-83, 2010.

TOMZHINSKI, G. W. T.; COURA, P. H. F.; DO COUTO FERNANDES, M. Avaliação da detecção de focos de calor por sensoriamento remoto para o Parque Nacional do Itatiaia. **Biodiversidade Brasileira**, 2011, 2: 201-2011.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V.; DOERR, S. H. Effects of fire on the physicochemical properties of soil in a slash-andburn agriculture. **Catena**, v. 122, p. 209-215, 2014.

VASCONCELOS, S. S; ROCHA, K. S; SELHORST, D; PANTOJA, N. V; BROWN, I. F. Evolução de focos de calor nos anos de 2003 e 2004 na região de Madre de Dios/Peru–Acre/Brasil–Pando/Bolívia (MAP): uma aplicação regional do banco de dados INPE/IBAMA. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 12, p. 3411-3417, 2005. Disponível em:

<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2005/02.12.16.31/doc/@sumario.htm>

Acesso em: 20 de fev. 2018.

VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Uso de sistema de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v 12, n 32, p. 11-115, 1998.

WHELAN, R. J. 1995. **The Ecology of Fire**. Cambridge University Press. 346p.

