

ANÁLISE DE FOCOS DE QUEIMADAS NO PARQUE ESTADUAL DO MIRADOR UTILIZANDO UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – SIG, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

J. M. Caldas¹, F. B. Silva², C. H. L. Silva Junior³

Abstract — *The present study presents the fire spots in the conservation area of the Mirador State Park, which is nestled in this region of the headwaters of the Rio Itapecuru which its waters supplying the capital of Maranhão State, among other municipalities. The study period is from 2002 to 2012, taking into consideration the fire spots available by INPE, using MODIS Aqua satellite and Earth. This work has as main objective the study of the focuses in PE Mirador as well as a spatial analysis of these foci in the park through Kernel method, and also, through an analysis of weather data available on BDMEP. It is very important to protect these areas, for this reason it is interesting to use various technologies to monitor these outbreaks, one of these is the remote sensing this tool that is becoming essential for environmental analysis.*

Index Terms – *Conservation Units; Spotlights Fires; Remote Sensing.*

INTRODUÇÃO

As unidades de conservação (UC's) representam a melhor estratégia de proteção aos predados e patrimônio naturais. Nessas áreas protegidas, fauna e flora são preservadas, assim como os processos que regem os ecossistemas, garantindo a manutenção da biodiversidade, além da proteção dos costumes de populações originais (ARRUDA, 1999).

De acordo com Dean (1996), número de UC's vem crescendo aceleradamente nas últimas décadas no Brasil, nas três esferas governamentais. Esse crescimento é fundamental para garantir a conservação da biodiversidade. O território brasileiro é enorme, é quase todo tropical, é povoado por uma imensa variedade de seres vivos, espalhada por vários biomas e ecossistemas. Entretanto, ele vem sofrendo com sucessivos episódios de degradação, alteração e conversão da sua biota, para dar lugar a atividades produtivas e instalações de infraestrutura.

Entretanto Morelli et al (2009) afirma que, o fato do estabelecimento de restrições de uso e ocupação promovidos pela implementação de unidades de conservação não impede que ocorram queimadas e incêndios florestais no interior das áreas protegidas.

Esse problema ocorre geralmente em unidades de conservação, já que, em muitas delas a fiscalização não é

adequada, particularmente aquelas, ao qual, a gestão é pertencente ao Estado.

O PE do Mirador foi escolhido como área de estudo por se tratar de uma unidade de conservação Estadual e de suma importância para a regulamentação ambiental do Estado, uma vez que, este parque abriga as nascentes do rio Itapecuru e Alpercatas.

Porém a incidência de focos de queimadas neste parque é exorbitante, e pode acarretar vários impactos ambientais para esta região.

A ocorrência de fogo em regimes intensos ocasiona efeitos negativos sobre a fauna e a flora, como redução da camada lenhosa das espécies nativas e redução da biodiversidade. Os incêndios causam prejuízos ambientais, causando poluição do ar, emissão de gases de efeito estufa e mineralização da matéria orgânica do solo, tornando-o mais pobre em nutrientes e mais suscetível à erosão (MMA, 2010).

Entretanto, o uso de tecnologias que mensurem e monitorem os agentes causadores destes impactos é essencial nos estudos ambientais atuais, desta forma o sensoriamento remoto surge como ferramenta indispensável. Nos dias atuais os satélites e radares nos dão informações da Terra de maneira precisa, o que é de grande ajuda para o monitoramento de agentes causadores de impactos, a saber: o desmatamento, as queimadas, a erosão e o uso e ocupação do solo, dentre outros.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, fornece informações dos focos de queimadas através do Banco de Dados de Queimadas – BDQ, este fornece as coordenadas dos focos, data e hora, bem como dias sem chuva, etc. Estas informações estão na tabela de atributos dos *shapes* que são fornecidos pelo Instituto.

Estes *shapes* foram transpostos para o banco de dados elaborado para este estudo e trabalhados no software ArcGIS 10.3. Através deste SIG (Sistema de Informações Geográficas) foram feitos os mapas apresentados neste trabalho.

O presente trabalho apresenta os focos de queimadas registrados no PE do Mirador no período de 2002 a 2013, sendo que, os dados relativos ao ano de 2013 foram analisados do período de Janeiro à Agosto, relacionando-os com as variáveis climáticas, pluviosidade e Umidade relativa do ar.

¹ Jonatan Muniz Caldas, Universidade CEUMA - UniCEUMA, Rua Josué Montello, 1, Renascença II, 65.075-120, São Luís, MA, Brasil, jonatan.engamb@yahoo.com

² Fabrício Brito Silva, Doutor em Sensoriamento Remoto – INPE e Professor Titular das disciplinas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado do Curso de Engenharia Ambiental na Universidade CEUMA - UniCEUMA, Rua Josué Montello, 1, Renascença II, 65.075-120, São Luís, MA, Brasil, fabricaoagro@gmail.com

³ Celso Henrique Leite Silva Junior, Voluntário do Programa de Iniciação Científica do Curso de Engenharia Ambiental na Universidade CEUMA - UniCEUMA, Rua Josué Montello, 1, Renascença II, 65.075-120, São Luís, MA, Brasil, celsohlsj@gmail.com

METODOLOGIA

O Parque Estadual do Mirador se encontra na parte sul do estado e está localizado entre as coordenadas geográficas: -06°16'00,28" e -06° 51'00,12" de latitude Sul e -44° 40'3,93" e -45°57'24,32" de longitude Oeste. De acordo com a SEMA (2013), o parque foi criado pelo Decreto Estadual nº 7.641, de 04 de junho de 1980, apresenta uma área de aproximadamente 438 mil hectares, que protege as nascentes dos rios Alpecartas e Itapecuru. Está situado, em sua maioria, no município Mirador e uma pequena parte em Formosa da Serra Negra.

Os focos de queimadas foram adquiridos junto ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em formato *shapefile* no banco de dados de queimadas do instituto, disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>.

Estes focos são captados pelo sensor MODIS, instalado nos satélites Terra e Aqua da NASA. O sensor MODIS capta as imagens e identifica as cicatrizes de focos de queimadas nestas

Os dados de focos de queimadas foram separados por ano, especificando o primeiro dia do ano e o último, assim teve-se uma relação dos focos por ano. Dessa forma foi estipulado o período de 2002 até 2012, obtendo um período de 11 anos para uma análise mais adequada se houve um crescimento dos focos ou decréscimo.

Os *shapes* das UC's Federais e Estaduais foram obtidos a partir do banco de dados do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, disponibilizados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA.

A partir da obtenção dos focos de calor no P.E. Mirador, foi estimada sua densidade através da extensão *Spatial Analyst Tools* no software ArcGIS 10.1. Foi utilizado o método *kernel*.

De acordo com Silverman (1986), o método *kernel* projeta uma vizinhança circular ao redor de cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, ao redor da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores *kernel* sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa.

Para uma melhor interpretação dos dados de focos, foi dividido o período estudado em dois períodos secundários: de 2002 a 2006 e 2007 a 2012. Os focos por ano foram agrupados em dois *shapes* distintos, formatados de acordo com o período secundário. Desta forma obteve-se a concentração desses períodos através do método citado acima.

Em seguida essas concentrações foram distribuídas em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Estas variam da cor verde até vermelho, ou seja, na escala de verde significa que existe baixa concentração de focos e na vermelha alta concentração.

Esta concentração de focos pode variar pela quantidade de focos, ou seja, quanto mais amostra de focos tiver em um *shape* maior será a densidade adquirida.

Os dados de pluviosidade, temperatura média e umidade foram adquiridos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Foi utilizada a estação do município de Colinas – MA.

A estação de Colinas se encontra nas coordenadas geográficas: -06 01' 48' de latitude sul e -44 15' 00" de longitude oeste. Esta dista 81,4 km do parque mirador e encontra-se ativa.

Estes dados foram comparados com o número de focos registrados por mês e relacionados com o a média de precipitação e umidade relativa do ar na estação citada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

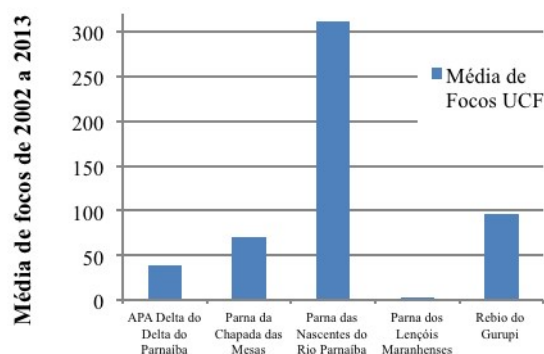
Focos nas UC do Estado

Para este estudo foi selecionado somente as unidades de conservação que não estão sobrepostas umas nas outras, é o caso de algumas RESEX que estão inseridas em outras unidades de conservação, como por exemplo.

A partir dos dados dos focos de queimadas registrados através dos satélites AQUA e TERRA, alocados no banco de dados elaborado nesta pesquisa, foram feitas as análises destes nas Unidades de Conservação do Estado, tanto na esfera Estadual quanto na Federal.

Na esfera Federal a UC que mais apresentou focos foi o PARNA das Nascentes do Rio Parnaíba (Gráfico I) obtendo uma média de 311 focos no período estudado, apresentando um total de 3.732 focos neste período. Em contra partida a UC Federal que menos registrou focos foi o PARNA dos Lençóis Maranhenses, com média de 2,83 focos e 34 focos no total no período de estudo. Esta discrepância entre as quantidades de focos pode ter relação com o fato de o PARNA dos Lençóis Maranhenses ser composto por Dunas, enquanto as outras UC apresentam vegetação na maior parte.

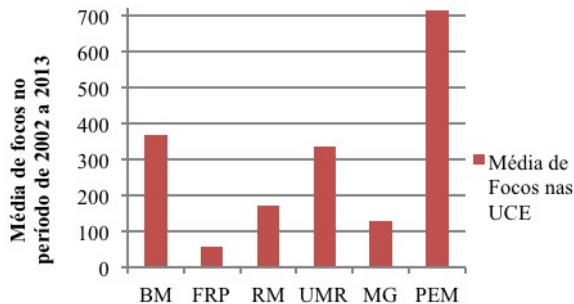
GRÁFICO I
MÉDIA DE FOCOS POR PERÍODO ESTUDADO NAS UC FEDERAIS



Entretanto na esfera Estadual as médias de focos no período estudado foram muito elevadas em relação às UC Federais, destacando-se: as APA da Baixada Maranhense, APA da Foz do Rio Preguiças, APA das Reentrâncias Maranhenses, APA Upaon-Açu/Miritiua/Alto preguiças e PE do Mirador. Estas médias podem ser visualizadas no gráfico II.

GRÁFICO II

MÉDIA DE FOCOS POR PERÍODO ESTUDADO NAS UC ESTADUAIS. BM: APA DA BAIXADA MARANHENSE; FRP: APA DA FOZ DO RIO PREGUIÇAS; RM: APA REENTRÂNCIAS MARANHENSES; UMR: APA UPAON-AÇÚ/ MIRITIUA/ ALTO PREGUIÇAS/; MG: APA DOS MORROS GARAPENSES; PEM: PARQUE ESTADUAL DO MIRADOR.



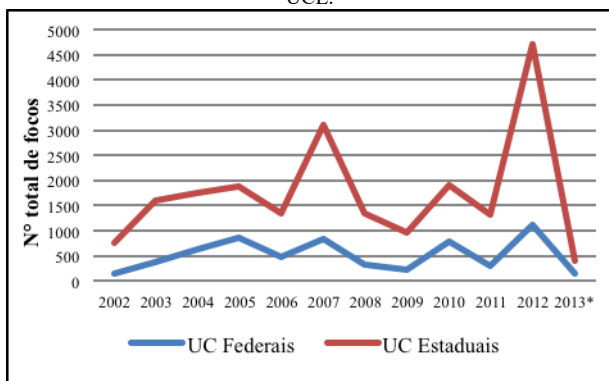
Unidades de Conservação

Nota-se a partir do gráfico acima que o PE do Mirador destacou-se no cenário das UC Estaduais, apresentando média de 733 focos no período de 2002 a 2013. Por outro lado, a UC que obteve menor média de focos neste período foi a APA da Foz do Rio Preguiças apresentando média de 55,6 focos.

Em relação às médias de focos de 2002 a 2013, houve uma diferença muito grande dentre as UCE e UCF, demonstrando que deve haver uma fiscalização maior nas UC Estaduais. No gráfico III pode-se observar a relação dos focos por ano entre estas UC's.

GRÁFICO III

RELAÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE FOCOS POR ANO NAS UCF E UCE.



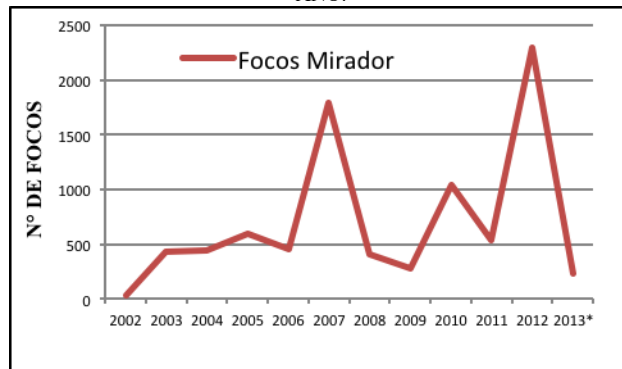
Como se pode observar no gráfico acima, nas UCE houve um crescimento significativo no período de 2002 a 2006, porém em 2007 houve um crescimento de 129,3% em relação ao ano anterior. Em 2012 o número de focos total nas UCE subiu para 4.729 um número bem maior do que o registrado no mesmo ano nas UCF que foi de 1.130 focos no ano.

Contudo a UC que mais apresentou focos dentre todas foi o PE do Mirador que obteve destaque pelo grande número de focos registrados no período estudado. Por esta razão este trabalho foi direcionado para esta UC que é uma das mais importantes do Estado.

Segue abaixo a o gráfico que mostra a ascendência dos focos de queimadas no Parque Estadual do Mirador:

GRÁFICO IV

NÚMERO DE FOCOS DE QUEIMADAS NO PE DO MIRADOR POR ANO.



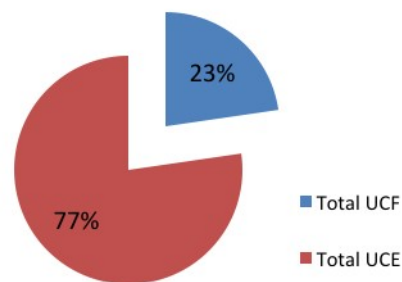
Pode-se notar que os focos no PE do Mirador acompanharam os picos nos anos 2007 e 2012 no geral das UC, isto pode ter relação com vários fatores como a quantidade de chuva que teve nesses anos, ou o aumento das atividades antrópicas como por exemplo.

Através dos resultados aqui expostos, pode-se observar que dentre as UC estudadas o PE do Mirador foi o que mais registrou focos dentre o período estudado totalizando 8.560 focos.

Nas UC situadas na Ilha do Maranhão, não houve registros de focos nesse período através dos Satélites utilizados como referência para este estudo. Outra informação relevante é que a maioria dos focos ocorridos neste período ocorreu nas UC Estaduais (Gráfico V), o que ressalta que, de alguma forma, a fiscalização nas UC Federais dentro do Estado do Maranhão são mais eficazes em relação às Estaduais. Dessa forma é necessário o apoio do governo Estadual em criar políticas públicas que minimizem esses impactos e conscientizem a população a não ocasionar incêndios nas áreas protegidas.

GRÁFICO V

TOTAL DE FOCOS NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FEDERAIS (UCF) E ESTADUAIS (UCE) EM PORCENTAGEM.



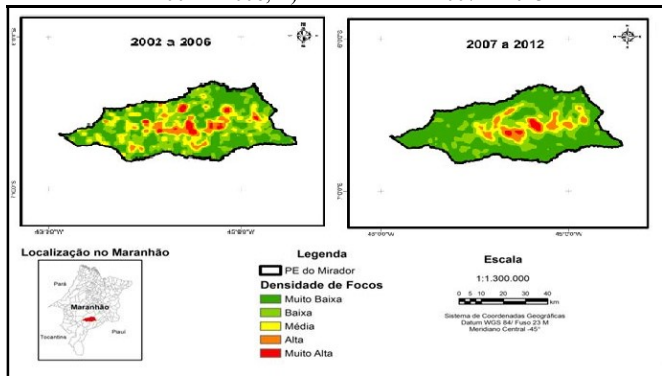
Densidade de Queimadas

Estes focos quando baixados no site do banco de dados de queimadas estão espacializados através das coordenadas geográficas, então se pode obter uma análise da quantidade de queimadas na área de estudo e onde se obteve mais focos.

Através do método *kernel* é possível localizar as áreas de densidade de focos de queimadas com maior ocorrência destes, desta forma identifica-se as áreas com maior

fragilidade e que precisa de mais fiscalização. Neste estudo separaram-se os focos em dois períodos distintos, desta forma foram avaliados os focos de 2002 a 2006 e de 2007 a 2012 para uma observação mais clara e objetiva. A Figura I mostra o mapa de densidade de queimadas no PE do Mirador nos períodos estudados.

FIGURA I
DENSIDADE DE QUEIMADAS NO PARQUE MIRADOR. A) PERÍODO DE 2002 A 2006, B) PERÍODO DE 2007 A 2013.



No período de 2002 a 2006 foram registrados 1.957 focos de queimadas em todo o parque, porém pode-se observar através do mapa acima que os focos foram bem dispersos na área de estudo e as concentrações variaram bastante. Nas partes verdes os focos variaram de 0 até 0,42 focos por km², enquanto as cores mais claras variaram de 0,42 até 2,64 focos por km².

Já no período de 2007 a 2012 foram registrados 6.603 focos e a densidade deste foi mais centralizada, já que, este se concentrou nas partes centrais do parque. Por outro lado, nas áreas verdes do mapa as concentrações de focos variam de 0 a 2,41 focos por km², enquanto as cores mais claras variam de 2,41 até 11,6 focos por km² na área mais vermelha do mapa. Esta concentração é bem maior do que o primeiro período estudado, mostrando que houve um aumento significativo de queimadas no PE do Mirador.

De acordo com Ramos (1995), a prevenção de incêndios florestais está intimamente associada ao nível de conscientização e sensibilidade da comunidade, esta que, deve estar plenamente ciente da necessidade de se preservar as florestas. Atualmente, no Brasil, mais de 90% dos Incêndios Florestais são provocados pelo homem.

Pode-se observar que a densidade de focos nos últimos anos está concentrada na parte central do PE do Mirador, esta área está situada sobre a serra do Itapicuru, a grande questão nesta determinada área, por se tratar de uma serra, a altitude varia pouco e isso pode dar condições para práticas agropecuárias na região.

O PE do Mirador sofre pressão das práticas de agricultura intensa ao seu redor, destas, destacam-se a agricultura de alto impacto que traz práticas destrutivas para o meio físico ao redor da UC estudada, este fator agrava ainda mais o quadro do parque.

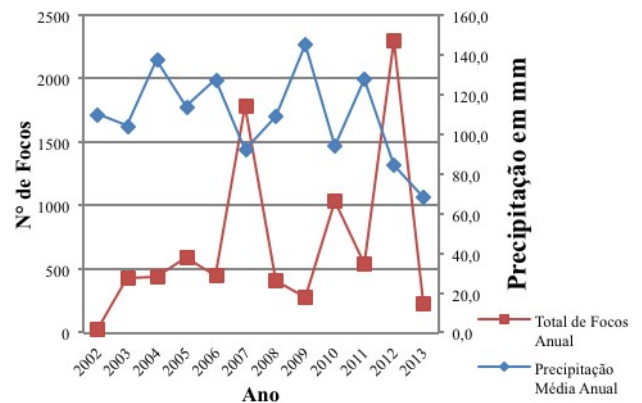
Focos de Queimadas x Variáveis Climáticas

De acordo com Corrêa & Alencar (2013), a incidência de focos se torna cada vez mais frequentes principalmente em

áreas de conservação ambiental, podendo ser iniciadas por meios naturais como por raios e associação das condições de baixa umidade e pouca precipitação. Desta maneira foram feitos os tratamentos dos dados de precipitação tabulados através da estação meteorológica de Colinas – MA.

Segue abaixo o gráfico mostrando a relação entre o número de focos e a média de precipitação por ano no PE do Mirador.

GRÁFICO VI
NÚMERO DE FOCOS DE CALOR X PRECIPITAÇÃO NO PE DO MIRADOR E 2002 A 2013.



Como pode ser observado no gráfico acima a quantidade de focos variou consideravelmente em relação à quantidade de precipitação, pois, nos períodos de maior precipitação ocorreu simultaneamente a queda do número de focos, isto aconteceu no sentido inverso, ou seja, nos anos em que a precipitação foi baixa, como os anos de picos de número de focos 2007 e 2012, os focos tiveram um aumento abundante.

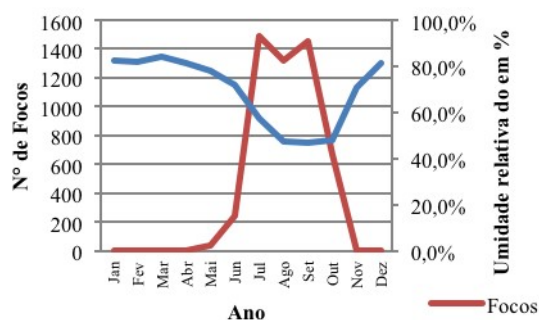
Segundo Rosa e Ribeiro (2013), diversos são os efeitos deste fenômeno ao meio ambiente entre os quais se pode destacar a perda da biodiversidade do bioma, o aumento dos problemas atmosféricos, perda da fertilidade do solo, poluição do ar e elevação do número de doenças respiratórias.

Os anos de 2007, 2010 e 2012 obtiveram a menor média de pluviosidade dentre os outros anos obtendo média de 92.4 mm, 94.4 mm e 68.4 mm respectivamente. Todos os outros anos obtiveram média maior que 100 mm, isso explica que quanto menor a pluviosidade maior o número de focos em uma determinada área.

Outra variável que pode ser analisada é a umidade relativa do ar está que, assim como a pluviosidade, são variáveis inversamente proporcionais em relação ao número de focos de queimadas.

GRÁFICO VII

UMIDADE RELATIVA DO AR X FOCOS DE QUEIMADAS NO ANO DE 2012 NO PE DO MIRADOR.



Através do gráfico acima nota-se que com a diminuição da umidade relativa do ar os focos de queimadas aumentaram bastante em relação aos outros meses, de janeiro a junho os o número de focos era zero, já no mês de julho onde houve queda de 70% para cerca de 58% na umidade relativa do ar, o número de focos subiu para cerca de 1500 focos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde, os índices de umidade relativa do ar inferiores a 30% caracterizam estado de atenção; de 20% a 12%, estado de alerta; e abaixo de 12%, estado de alerta máximo. Os principais efeitos da baixa umidade são secura na garganta e nos olhos e problemas respiratórios (OMS, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PE do Mirador é uma Unidade de Conservação bastante importante para o Estado do Maranhão, porém esta vem sofrendo com o avanço do homem tanto dentro da UC como fora. Como em quase todas UC do Estado, esta sofre com o desmatamento e queimadas mais frequentemente.

Através dos dados expostos neste estudo, o PE do Mirador apresentou os maiores números de focos no período de 2002 a 2013. Neste período, a área de estudo destacou-se obtendo média de aproximadamente 700 focos no total, ou seja, de 2002 a 2013, enquanto as unidades de conservação federal, a que obteve maior número de focos aproximou-se da média de 300 focos de queimadas no período.

O PE do Mirador apresentou picos de focos intensos nos anos de 2007 e 2012 esse fator, através dos dados aqui expostos, teve relação com a diminuição da precipitação e da umidade do ar nesses anos. Por outro lado alguns autores como Ramos (1995), alegam que 90% das queimadas realizadas nas vegetações no Brasil é responsabilidade do homem. Os fatores antrópicos contribuem para o aumento da intensidade de queima principalmente no bioma Cerrado onde o fator clima já contribui para as queimadas naturais.

Outros fatores que podem vir a colaborar com o aumento dos focos nas UC podem ser citados, como: baixa escolaridade, índice de pobreza, práticas agrícolas de alto impacto, dentre outros. Estes influenciam as práticas que afetam e geram mais impactos ambientais nas UC.

Através dos mapas de densidade de queimadas foi possível observar que as densidades muito altas, caracterizadas pela cor vermelha, estavam situadas nas áreas de maior densidade de vegetação e também próximo às

nascentes dos rios ao qual o PE do Mirador protege. Dessa forma, se tem como fator preocupante essa concentração nessas áreas, visto que, o impacto das queimadas traz impactos consideráveis, estes já mencionados neste estudo.

Por fim, como já citado anteriormente, é necessário maior fiscalização na região do PE do Mirador para que se possa realmente proteger essa área que é de tanta importância para a região ao qual ela pertence e para o Estado do Maranhão.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, R. "Populações tradicionais e a proteção dos recursos naturais em unidades de conservação". *Ambiente e Sociedade*, Vol.5#, 1999, p.79-92.
- DEAN, W. "A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira". *Cia das Letras*, 1996.
- MORELLI, F.; SETZER, A.; JESUS, S.C. "Focos de Queimadas nas Unidades de Conservação e Terras Indígenas do Pantanal, 2000-2008". *Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.505-515.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 19/11/2013.
- RAMOS, P.C.M. "Sistema Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais". *I forum Nacional sobre Incêndios Florestais*. Anais/IPEF: 29-38, ABRIL, 1995.
- CORRÊA, C.R.; ALENCAR, R.C.C. "Focos de Queimadas em Unidades de Conservação". *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- ROSA, W.S.S. da.; RIBEIRO, S.R.A. "Detecção e estimativa de área queimada entre o limite do Parque Estadual de Vila Velha - PR e sua zona de amortecimento mediante sensoriamento remoto". *Sociedade e Território*, Natal, v. 25, nº 1, p. 102 - 118, jan./jun. 2013.
- OMS - Organização Mundial da Saúde. Disponível em: <http://www.paho.org/bra/>.