



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO

Disciplina: População, Espaço e Ambiente

Docente: Silvana Amaral Kampel e Antônio Miguel Vieira Monteiro

Discente: Débora Joana Dutra

Análise da exposição potencial da população maranhense as queimadas

1. Motivação

As queimadas no estado do Maranhão não são apenas um fenômeno ambiental, mas também um desafio complexo que impacta diretamente a saúde pública e a qualidade de vida das comunidades locais. A extensão territorial vasta do Maranhão, cobrindo 217 municípios em uma área de 329.651,496 km², abriga uma população de aproximadamente 6.776.699 habitantes, cujas atividades econômicas incluem desde a extração de alumínio e babaçu até a produção de alimentos e indústria madeireira. Essa diversidade econômica e populacional torna o estado particularmente vulnerável aos efeitos das queimadas, que não apenas comprometem recursos naturais essenciais, mas também exacerbam desafios socioeconômicos existentes.

Compreender a distribuição geoespacial das queimadas e do material particulado PM 2.5 no Maranhão é crucial não apenas para monitorar o impacto ambiental desses eventos, mas também para identificar áreas onde a população está mais exposta.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a exposição potencial da população maranhense às queimadas no ano de 2020. Para isso, buscaremos responder os seguintes objetivos específicos:

- (1) Mapear a distribuição espacial das queimadas e do material particulado de 2.5 microns (PM 2.5) no Maranhão;
- (2) Avaliar a exposição potencial da população maranhense às queimadas por meio da aplicação de um índice de exposição às queimadas;

3. Métodos

3.1. Área de estudo

O espaço geográfico analisado neste estudo consiste nos 217 municípios que constituem a extensão territorial do estado do Maranhão (329.651,496 km²), Brasil. O estado possui uma população de 6.776.699 habitantes e uma economia local baseada na extração de alumínio, babaçu e alumina, na produção de alimentos e na indústria madeireira.

3.2. Dados

Para realizar uma análise abrangente da exposição potencial da população maranhense às queimadas, foram utilizados diversos conjuntos de dados que abrangem tanto indicadores demográficos quanto variáveis ambientais e de infraestrutura hospitalar (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados utilizados



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO

	Indicador	Fonte	Ano	Tipo	Categoria
População vulnerável	População entre 0 a 3 anos	IBGE	2020	Tabela	Susceptibilidade
	População acima de 60 anos	IBGE	2020	Tabela	Susceptibilidade
	População indígena	IBGE	2020	Tabela	Susceptibilidade
	População quilombola	IBGE	2020	Tabela	Susceptibilidade
Ambiente	Área queimada	Brasa	2020	Raster (30m)	Exposição
	Particulado PM 2.5	Mataveli et al (2023)	2020	Raster (100km)	Exposição
	Dias secos	CEMADEN	2020	Raster (100km)	Exposição
	Umidade	ESA	2020	Raster (1°)	Exposição
	Temperatura	ESA	2020	Raster (1°)	Exposição
Espaço	Quantidade de hospitais	Ministério da Saúde	2020	Tabela	Contato
	Quantidade de leitos	Ministério da Saúde	2020	Tabela	Contato



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO

	Atendimentos Hospitalares	Fiocruz	2020	Tabela	Contato
--	---------------------------	-------------------------	------	--------	---------

3.3. Análise

3.3.1. Mapeamento da Distribuição Espacial das Queimadas e do Material Particulado PM 2.5

- Utilizaremos o QGIS para processar dados raster de áreas queimadas e PM 2.5 e mostrar sua distribuição ao longo do estado do Maranhão

3.3.2. Criação do Índice de Exposição às Queimadas

- **Modelo de Regressão Logística**

No contexto do estudo, a regressão logística será usada para prever a probabilidade de exposição da população maranhense às queimadas com base em várias variáveis independentes (fatores de risco).

- Variável Dependente (Y): Exposição às queimadas (binária: 1 se exposto, 0 se não exposto).
- Variáveis Independentes (X): Área queimada, concentração de PM 2.5, dias secos, umidade, temperatura, população vulnerável.

O modelo fornecerá coeficientes que indicam a magnitude e direção da influência de cada variável independente na probabilidade de exposição às queimadas. Um coeficiente positivo indica que um aumento nessa variável aumenta a probabilidade de exposição, enquanto um coeficiente negativo indica o contrário. Para análise da eficácia do modelo analisaremos as informações sobre os coeficientes das variáveis, seus erros padrões e p-valores (indicando a significância estatística).

- **Criação do Índice de Exposição às Queimadas**

- Calcular as Probabilidades Preditas: Utilizaremos o resultado do modelo de regressão logística para prever a probabilidade de exposição às queimadas para cada município.
- Normalizar as Probabilidades: As probabilidades previstas serão normalizadas para criar um índice contínuo, facilitando a interpretação dos níveis de exposição.
- Adicionar o Índice aos Dados Geoespaciais: Integraremos o índice ao GeoDataFrame dos municípios para associar cada município ao seu nível de exposição.
- Visualizar o Índice no Mapa: Criaremos um mapa temático que mostra a distribuição espacial do índice de exposição às queimadas, permitindo a identificação visual de áreas mais vulneráveis.

- **Análise de Cluster**

A análise de cluster é uma técnica de agrupamento que visa identificar grupos (clusters) de objetos semelhantes dentro de um conjunto de dados. Neste estudo, identificaremos grupos de municípios com comportamentos semelhantes em relação à exposição às queimadas.

- Preparação dos Dados: Normalização dos dados para garantir que todas as variáveis estejam na mesma escala.



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SENSORIAMENTO REMOTO

- Determinação do Número de Clusters: Uso do método do cotovelo para identificar o número ideal de clusters.
- Aplicação do Algoritmo de Clustering: Agrupamento dos municípios usando o algoritmo K-Means.
- Interpretação dos Resultados: Análise dos padrões dentro de cada cluster para entender as características distintivas.
- Visualização dos Clusters no Mapa: Criação de um mapa temático para visualizar a distribuição geoespacial dos clusters.

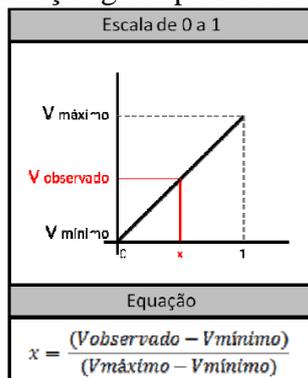


Figura 1 - Transformação linear para a escala de 0 a 1. Onde V: valor
Fonte: Anazawa (2012)

4. Resultados esperados

- Um mapa detalhado da distribuição espacial das queimadas e do PM 2.5 no Maranhão, destacando áreas de maior risco.
- Um índice de exposição contínuo que permita a identificação visual e quantitativa das áreas mais vulneráveis à exposição às queimadas.
- Grupos identificados pela análise de cluster que agrupem municípios com características semelhantes de exposição.

5. Referências

Anazawa TM. Vulnerabilidade e território no litoral norte de São Paulo: Indicadores, perfis de ativos e trajetórias. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2012).