

1. Usando a ciência de dados para mapear as barragens do Brasil

Um grupo de cientistas de dados trabalhou nos últimos dias com objetivo de criar um mapa de riscos das barragens de mineração do Brasil. Foram analisadas variáveis como localização das barragens, distância dos municípios, inspeções, dentre outras.

O objetivo principal é, através de modelos matemáticos, identificar os potenciais riscos dessas barragens. Foram criados mapas dinâmicos baseados em dados abertos, e no presente documento, estamos disponibilizando as descobertas e os códigos que foram criados para essas análises. Acreditamos que compartilhar essa construção/código pode estimular e acelerar outras iniciativas do mesmo tipo ao redor do Brasil.

2. Descobertas

Utilizando o relatório de Classificação de Barragens de Mineração Brasileiras, gerado pela Superintendência de Produção Mineral, extraído em Janeiro/19, foram criadas análises, com intenção de mapear localização e riscos dessas barragens.

Analisando inicialmente o tipo de minério extraído em cada barragem, descobrimos que a maioria das barragens, de acordo com este relatório, é de **Minério de Ferro**, totalizando **210 barragens**, que correspondente a **29,41% do total de barragens mapeadas pelo relatório**. A barragem da trágica tragédia de Brumadinho se encontra dentro dessa estatística.

Resumo Tipos de Minério Extraído

Visão resumida de quantidade de barragens por tipo de minério, e informações de Volume e altura médias

MINÉRIO PRINCIPAL	Quantidade Barragens	% AV	VOLUME ATUAL (m3)	Volume Médio (M³)	Altura Média (m)
Minério de Ferro	210	29,41%	1.076.957.365	5.128.368,40	24,32
Argila	72	10,08%	149.949.570	2.082.632,92	10,68
Minério de Ouro Primário	55	7,70%	672.149.495	12.220.899,91	27,74
Argila Arenosa	44	6,16%	4.260.683	96.833,71	8,23
Areia	41	5,74%	13.842.505	337.622,07	8,47
Sedimentos	30	4,20%	6.382.796	212.759,88	8,29
Minério de Cobre	26	3,64%	332.210.232	12.777.316,60	9,44
Caulim	20	2,80%	10.433.067	521.653,34	12,52
Fosfato	19	2,66%	306.543.327	16.133.859,34	28,68
Minério de Estanho Primário	16	2,24%	84.908.492	5.306.780,76	11,56
Rocha Aurífera	16	2,24%	33.544.187	2.096.511,66	14,65
Minério de Manganês	13	1,82%	19.570.554	1.505.427,24	13,72
Aluvião Estanífero	12	1,68%	31.731.384	2.644.282,00	11,36
Minério de Níquel	10	1,40%	29.920.464	2.992.046,36	14,14
Cascalho	9	1,26%	811.452	90.161,33	15,54
Areia e Cascalho	8	1,12%	2.284.092	285.511,47	11,31
Cromita	8	1,12%	513.838	64.229,75	6,71
Xisto	7	0,98%	22.601.438	3.228.776,86	26,64
Bauxita Grau Não Metalúrgico	6	0,84%	15.529.365	2.588.227,48	19,30
Total	714	100,00%	3.131.933.003	4.386.460,79	17,38

Figura 1 - Quadro resumo por tipo de minério extraído em cada barragem, conforme Superintendência de Produção Mineral (Dataviz:PowerBI)

Ao fazermos uma análise mais detalhada das barragens, entre a **Categoria de Risco- CRI**(diz respeito aos aspectos da própria barragem que possam influenciar na probabilidade de um acidente: aspectos de projeto, integridade da estrutura, estado de conservação, operação e manutenção e atendimento ao Plano de Segurança.) versus o **Dano Potencial Associado - DPA** (dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais.), notamos que do total de barragens, temos 3 na categoria de Alto Risco, e 197 classificadas com Alto Potencial de Danos.

Categoria de Risco e Dano Potencial das Barragens

Visão sobre qual é a classificação das barragens e seu dano potencial a comunidade e meio ambiente, segundo relatório

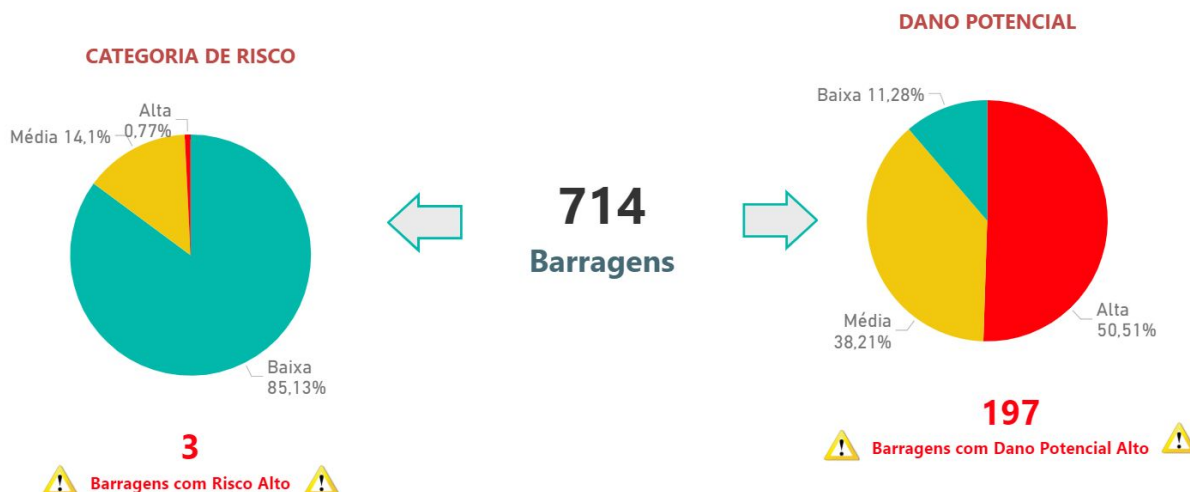


Figura 2 - Análise Categoria de Risco (CRI) x Dano Potencial(DPA).
(Dataviz: Power BI)

O próximo passo foi analisar um mapa geográfico, onde foi possível ver melhor a localização dessas barragens, sua concentração e onde podem oferecer maior risco.

2.1 Mapa de Calor das Barragens

Analisando ainda a questão do risco e dano potencial das barragens, construímos um mapa de calor para representar a relação entre a Classificação de Risco (CRI) e Dano Potencial das barragens (DPA), com relação à altura (m) e volume (m3).

Na imagem abaixo analisamos a classificação de risco vs. dano potencial das barragens com relação à altura média de cada uma delas, onde foi possível observar uma concentração percentual maior nos cruzamentos de alto e baixo risco com elevado dano potencial. Não foi registrado informação para a categoria de risco alta e dano potencial associado baixo.

Categoria de Risco vs. Dano Potencial Associado por Altura média das Barragens

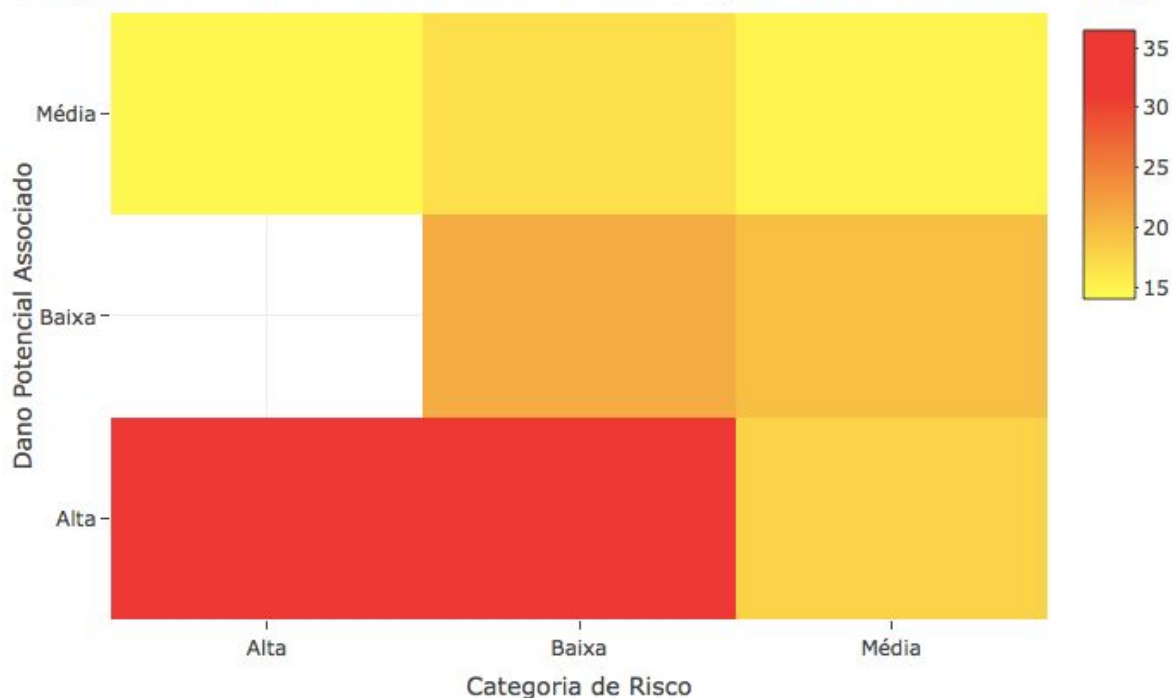


Figura 3 - Mapa de calor Categoria de Risco e Dano Potencial Associado por Altura Média das Barragens (Dataviz:R - ggplot)

No segundo mapa de calor trouxemos a mesma análise, mas com relação ao volume médio das barragens, sendo possível observar uma maior concentração percentual de volume nas categorias de baixo risco e dano potencial associado alto. Não foi registrado informação para a categoria de risco alta e dano potencial associado baixo.

Categoria de Risco e Dano Potencial Associado por Volume médio das Barragens

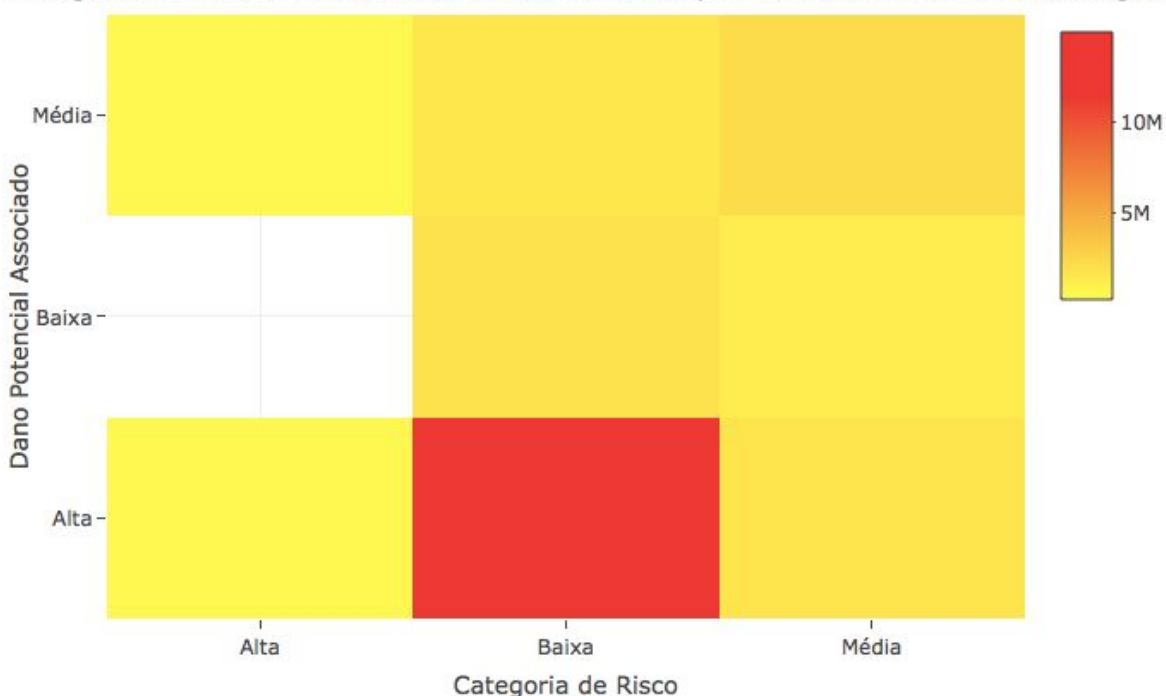


Figura 4 - Mapa de calor Categoria de Risco e Dano Potencial Associado por Volume médio das Barragens (Dataviz:R - ggplot)

Utilizando uma outra forma de visualização, representamos a concentração (em termos de quantidade) e classificação (em termos de risco) das barragens mapeadas ao longo do território brasileiro.

As análises consistiram na representação dos seus principais números , tais como: volume, classificação de risco, dano potencial e o quão próximo as pequenas cidades e grandes centros estão das barragens.

O mapa abaixo mostra a localização das barragens no Brasil, bem como o nível de risco associado. O objetivo é informar as localizações e as áreas de concentração das barragens, como podemos ver na Figura 5:

Mapa de Calor - Análise Risco



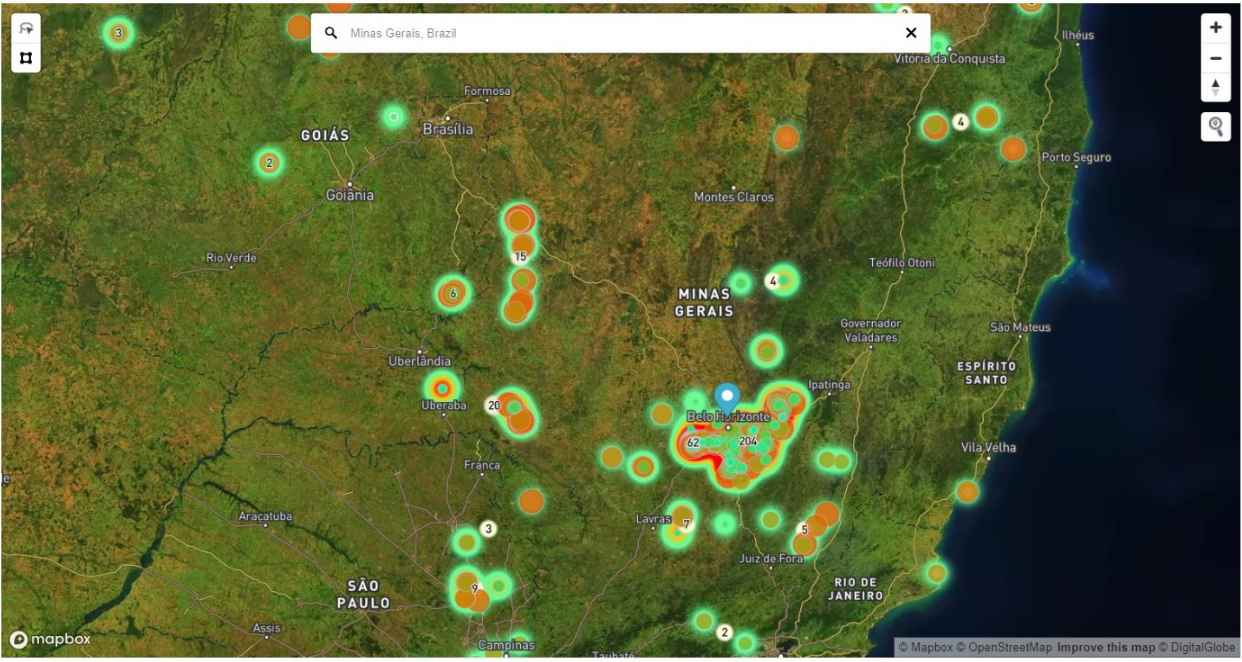
Risco: Alta Média Baixa

Figura 5 - Mapa de calor mostrando o nível de risco das barragens, conforme Superintendência de Produção Mineral (Dataviz:PowerBI)

No mapa de calor acima, foi utilizado a categoria de risco (CRI) das barragens, para criar as bolhas de calor. A cor vermelha representa um risco alto, a cor amarela representa o risco médio e a cor verde representa o risco baixo.

Ao buscarmos o local de maior risco, observamos que o Estado de Minas Gerais se destaca, quer seja pelo maior número de barragens ou pelo volume associado; situação em evidência na Figura 6 e na figura 7, onde temos a tabela "Resumo Barragens por Estado" .

Mapa de Calor - Análise Volume



Volume (m³): ■ Alta ■ Média ■ Baixa

Figura 6 - Concentração de Barragens Minas Gerais - Barragens concentradas no entorno de Belo Horizonte. (DataViz: Power BI)

No mapa de calor acima, foi utilizado o volume (M³) das barragens, para criar as bolhas de calor. A cor vermelha representa um alto volume (M³), a cor amarela representa médio volume (M³) e a cor verde representa o baixo volume (M³).

Minas Gerais possui a maior concentração de barragens de todo o país. Cerca de 45,38% do total das barragens nacionais, estão no estado. Em volume total, Mina Gerais concentra um volume de mais de 2 Milhões de M³. Para se ter noção de volume, isso corresponde a aproximadamente 831 mil piscinas olímpicas cheias.

Resumo Barragens por Estado

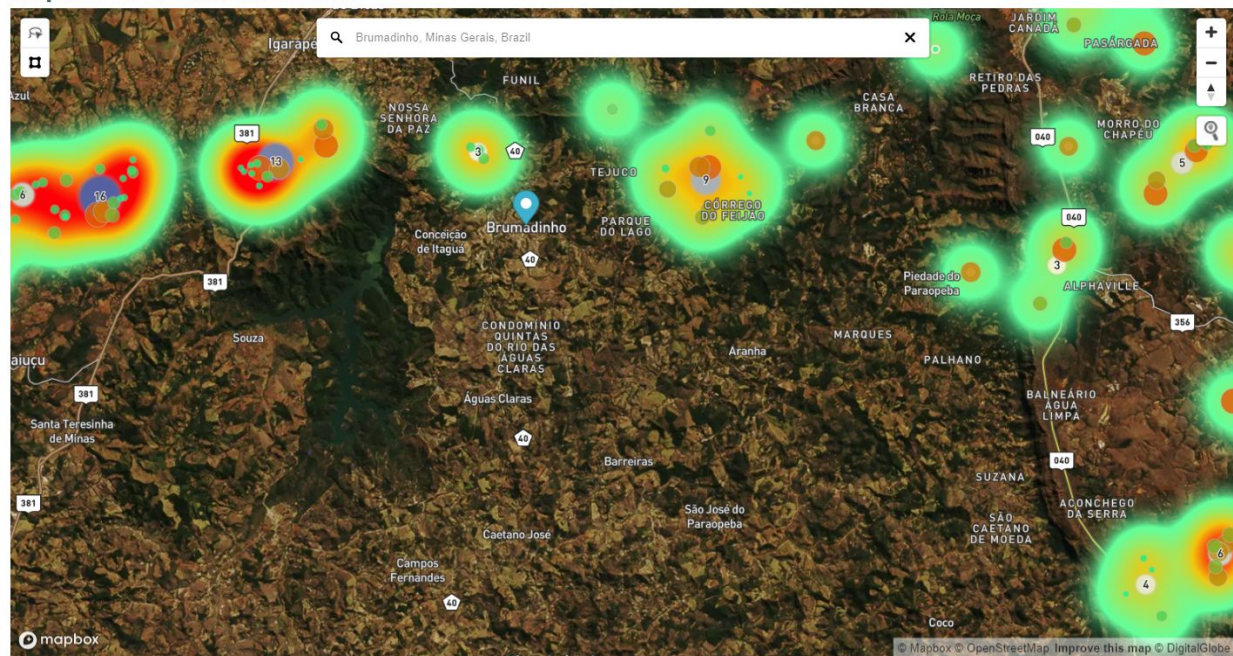
Visão resumida de quantidade de barragens por estado, e informações de Volume e altura médias

UF	Quantidade Barragens	% AV	VOLUME ATUAL (m3)	Volume Médio (M³)	Altura Média (m)
MG	324	45,38%	2.077.621.037	6.412.410,61	23,96
PA	98	13,73%	441.045.460	4.500.463,88	13,70
SP	66	9,24%	32.589.452	493.779,57	9,74
MT	62	8,68%	57.382.981	925.531,96	12,71
BA	46	6,44%	91.733.776	1.994.212,51	8,36
RO	22	3,08%	33.825.032	1.537.501,45	8,13
MS	19	2,66%	10.157.830	534.622,62	9,45
AM	15	2,10%	84.648.492	5.643.232,81	10,99
AP	12	1,68%	46.696.509	3.891.375,75	15,96
GO	12	1,68%	233.355.458	19.446.288,16	31,92
SC	11	1,54%	1.454.182	132.198,36	12,05
TO	6	0,84%	4.941.610	823.601,59	8,62
RS	5	0,70%	3.037.417	607.483,40	10,20
MA	3	0,42%	10.393.799	3.464.599,59	10,50
PR	3	0,42%	1.200.443	400.147,67	20,17
RJ	3	0,42%	617.438	205.812,67	10,50
SE	3	0,42%	58.637	19.545,75	5,17
PI	2	0,28%	1.400	700,00	1,25
ES	1	0,14%	1.171.600	1.171.600,00	7,00
PB	1	0,14%	450	450,00	3,00
Total	714	100,00%	3.131.933.003	4.386.460,79	17,38

Figura 7 - Tabela Resumo: Análise da quantidade de barragens por estado, e principais números . (DataViz: Power BI)

Ao analisarmos o município de Brumadinho, foi possível observar que existe uma grande concentração de barragens: um total de 26 barragens, sendo 21 para extração de minério de ferro. Dentre elas, está a barragem I, que estourou no dia 24 de janeiro de 2019, em Brumadinho.

Mapa de Calor - Análise Volume



Volume (m³): ■ Alta ■ Média ■ Baixa

Figura 8 - Mapa de Calor município de Brumadinho: concentração de barragens no município mineiro. (DataViz: Power BI)

Usando outra ferramenta, e adicionando ao mapa de calor, as cidades mineiras, e destacando somente as bolhas de calor, podemos observar o quanto as barragens de maior volume (identificadas pelo tamanho do círculo) e de dano potencial elevado (cores do círculo, sendo vermelho representando risco alto), estão próximas de vários domicílios na região metropolitana de Belo Horizonte e nas proximidades de Brumadinho:

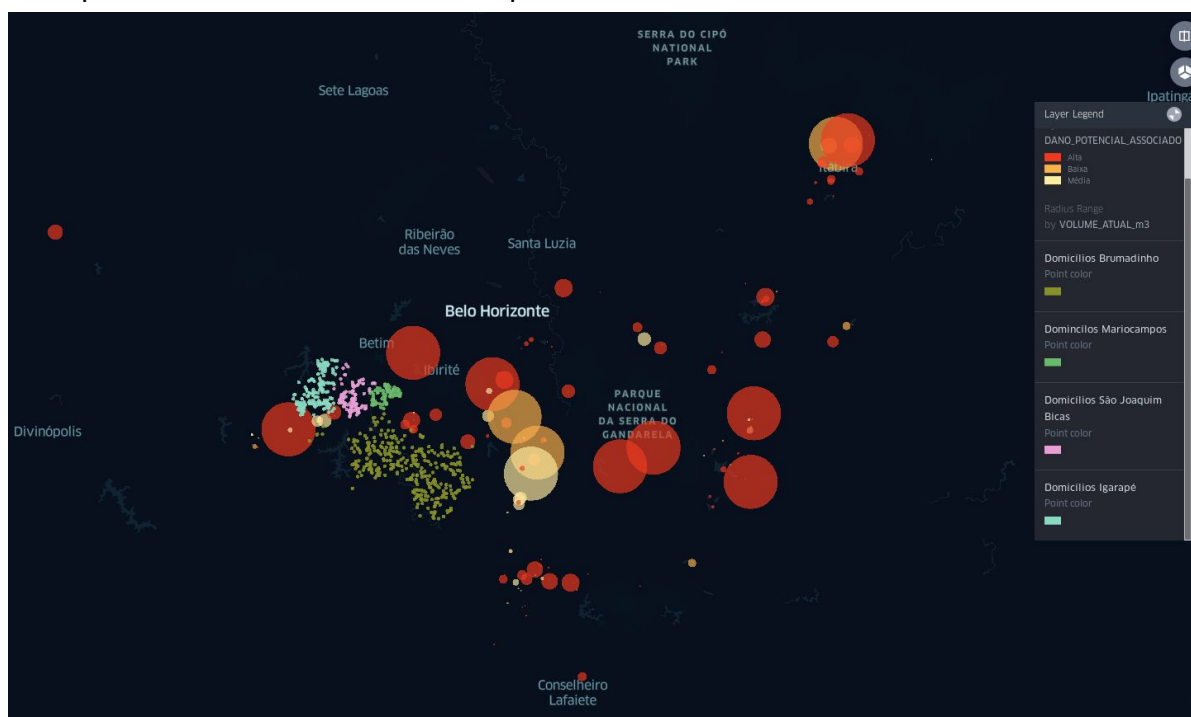


Figura 9 - Região Metropolitana de BH, com suas barragens e domicílios das cidades próximas à região de Brumadinho (Dataviz:Kepler.gl)

Se analisarmos mais de perto somente a região de Brumadinho, como mostra na figura abaixo, nota-se realmente como vários domicílios estão na chamada “linha de fogo” de barragens com alto potencial de dano associado, apesar de algumas delas terem classificação de risco baixo em relação à probabilidade de rompimento, como no caso da Barragem I que se rompeu recentemente.



Figura 10 - Região de Brumadinho, com suas barragens e domicílios das cidades próximas à região (Dataviz:Kepler.gl)

Para finalizar a nossa visualização de descobertas, se analisarmos a região próxima à Barragem I que rompeu, veja que ela quase fica imperceptível no mapa, pois em termos de volume, o tamanho do círculo representativo da Barragem I é bem menor em relação ao círculo que representa a Barragem VI. Entretanto, mesmo a Barragem I tendo um volume pequeno, o seu rompimento causou uma enorme tragédia. Lembrando que os pontos verde escuro e claro na figura abaixo representam os domicílios das cidades de Brumadinho e Mário Campos, respectivamente.

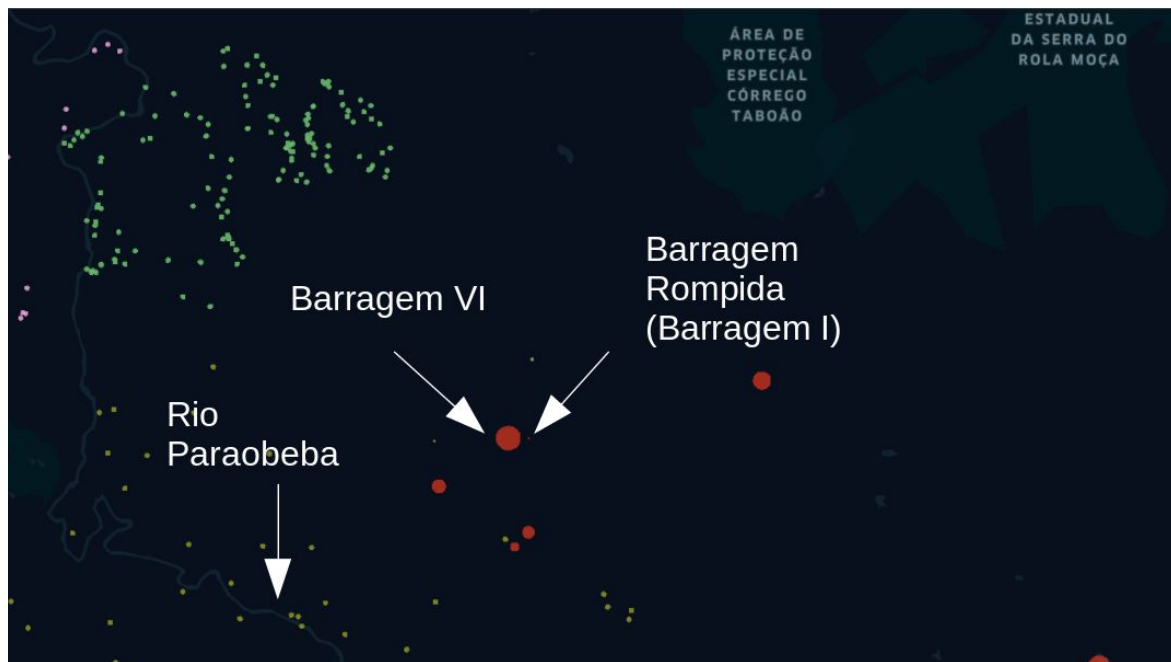


Figura 11 - Região de Brumadinho e Mário Campos mostrando a representatividade das Barragens I e VI no mapa, em termos de volume (tamanho círculo) e dano potencial associado (vermelho, alto). (Dataviz:Kepler.gl)

Considerações

Utilizando os dados abertos, foi realizado uma análise com intenção de gerar um mapa de risco de barragens de mineração, por meio da indicação da localização dessas barragens.

Uma análise exploratória, tem intenção de demonstrar quais minérios são explorados por essas barragens, assim como onde estão concentradas.

Com mapas de calor, a intenção maior é demonstrar que existem grandes danos ao meio ambiente e comunidade, mesmo a maioria das barragens estando com baixo risco de rompimento.

Como foi o caso da barragem I, no município de Brumadinho, que está classificada com baixo risco de rompimento, e Dano Potencial Alto. Infelizmente, não se foi levado em consideração o potencial de Danos, apenas a classificação de risco. Uma avaliação muito errada.

Com as descobertas encontradas, podemos notar que vários municípios estão cercados de barragens com alto potencial de Danos. Caso não sejam avaliadas com maior seriedade, outras tragédias poderão ocorrer .

Esse estudo, tem a intenção de iniciar uma plataforma de código aberto, com finalidade de evitar futuras tragédias, deixando disponível a todos, uma informação de fácil consumo, para uma fiscalização maior sobre essas barragens em nosso país.

Metodologia:

Para gerar as descobertas, utilizamos fontes de dados abertos já disponíveis por órgãos oficiais do Brasil, como ANM (Agência Nacional de Mineração) e IBGE. Os dados obtidos foram

tratados apenas com o objetivo de formatar os valores das coordenadas geográficas (latitude e longitude). Após esse tratamento, os dados foram exportados para um formato *.CSV.

De posse da base no formato ideal, utilizamos técnicas de análise exploratória de dados (estatística descritiva), utilizando as linguagens Python e R. Tais análises, permitiram um maior entendimento dos dados, possibilitando assim, gerar descobertas interessantes que foram materializadas em ferramentas de visualização de dados. A ferramenta de data-viz utilizada para construção do mapa de calor foi da biblioteca ggplot2, função ggplot, do R e, para gerar as visualizações de geolocalização, utilizamos o PowerBI (Versão: 2.65.5313.841 64-bit (dezembro de 2018)) e o [Kepler.gl](#) (open source).

Links:

Notebook em python na plataforma Google Collaboratory:

<https://colab.research.google.com/drive/1B0tbg3ZlIsYcDpsvfbyT1bKzAo2Oke82>

Notebook em python em repositório no github:

https://github.com/edumagol/Analise-Mapemaneto-Risco-Barragens-Brasil/blob/master/ProjetoVoluntarioCienciadeDados_GeoanaliseBarragenseMunicipios.ipynb

Arquivos em Power BI:

<https://github.com/bi85/Mapa-de-Riscos-Barragens>

Visualização de análise em Power BI:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjIwZmM4ODItNjQzYS00NDhmLWI3MjQtYTU3Y2ZiNWFlZWJiliwidCI6IjdlNjVmZWY2LWFKYjQtNGZmMC05YWQ3LTViNzM0ZGI4YmU5NiJ9>

Código em R:

[Arquivo Json de configuração do dataviz na ferramenta Kepler.gl](#)

Databases:

Fontes originais: [ANM \(mapeamento das barragens\)](#) e [IBGE \(censo, domicílios das cidades próximas à Brumadinho\)](#)

Fontes em formato mais útil para ciência de dados:

<https://www.kaggle.com/edumagalhaes/brazilian-dams-and-brumadinho-households>

Grupo de pesquisadores:

[Eduardo Magalhães Oliveira](#) - eng_eduoliveira@yahoo.com.br

[Márcio Ferreira dos Santos](#) - marcio@bi85.com.br

Anna Cristina Rezende Braga - annacristinarb@gmail.com

Olivian Rodrigues - olivianrodriguez@gmail.com

