

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS NO ESTUDO DA ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MARNOS ÚLTIMOS ANOS.

Gabriela Galhardo Rondon e Maria Fernanda Oliveira Campião

Rafael de Souza Santos e Lucas Fernandes Dervichian

Colégio Santa Rita

Resumo

O projeto inclui dados sobre o nível em que o mar das praias se encontravam décadas atrás e o seu aumento ano após ano, até chegar no seu atual estado, em 2025. Além disso o projeto explica como o método dos mínimos quadrados se aplica no cálculo desse aumento, criando a reta que melhor se ajusta aos dados analisados.

Palavras- Chave: Mar, altitude, reta.

Introdução

A revolução industrial que teve seu início no século XVIII deu início à emissão em grande escala de gases poluentes na atmosfera, devido a industrialização do setor econômico e a expansão das indústrias. Desde então, a Terra enfrenta diversos problemas devido as mudanças climáticas causadas principalmente pelos seres humanos que a habitam. A elevação do nível do mar é uma dessas grandes complicações, dada pelo derretimento das geleiras, pela expansão térmica dos oceanos entre outros fatores. Hoje existem diversas tecnologias e profissionais que se empenham na atividade de estudar a elevação do nível do mar, que tende a continuar subindo, causando agravamento na questão da invasão das zonas costeiras pelas águas marítimas. O método dos mínimos quadrados é uma técnica matemática que cria estatísticas usadas para determinar a linha que melhor se ajusta aos dados levantados sobre o nível do mar nas praias de Santos dos últimos anos até a atualidade.

Objetivo

O aumento do nível do mar traz conseqüências tanto ambientais quanto para os moradores das áreas litorâneas, podendo piorar a qualidade de água potável, causar danos irreversíveis a bens materiais pessoais. O objetivo do projeto é utilizar o método dos mínimos quadrados para calcular a dimensão da elevação do nível do mar dos anos passados para a atualidade, podendo assim planejar previsões posteriores, que auxiliem a prever cenários futuros, tendo a possibilidade de organizar melhores táticas para resolver esse problema ou ao menos preveni-lo.

Metodologia

O projeto consiste em uma pesquisa fundamentada em artigos científicos com referências bibliográficas e criação de uma tabela no Excel com base em dados coletados como nível do mar e ano. A partir dessa tabela, uso do método dos mínimos quadrados para elaboração da reta que melhor se aplica aos dados históricos.

Desenvolvimento

Nível do mar:

Dentre as diversas mudanças climáticas que o planeta Terra vem sofrendo, está o aquecimento global (aumento da temperatura considerada comum para os seres vivos) que ocorre por meio da emissão exacerbada de CO₂, influenciada também pelas ações do ser humano. Tamanho é o aquecimento da Terra, que provoca o derretimento das geleiras dos polos, sendo um dos fatores contribuintes para o aumento do nível do mar, e responsável por 40% desse problema. O nível do mar é a altitude alcançada por ele até sua superfície. De acordo com pesquisas feitas pelos especialistas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da Organização das Nações Unidas (IPCC), entre 2006 e 2015 mais de 430 gigatoneladas de água doce se difundiram nas águas oceânicas anualmente. Em cada região do mundo, esse aumento se dá de formas diferentes, fazendo com que cada país enfrente as consequências na medida que pode. No Brasil, as praias estão entre as mais impactadas pelo avanço do mar, podendo inclusive ficar submersas, ou seja, apresenta perigo constante aos seus habitantes. A segurança dos cidadãos é comprometida na medida em que estão sujeitos a vivenciarem inundações, perdas de bens materiais de valor simbólico ou até afetivo; diversas áreas de plantio e cultivo podem ser afetadas; o transporte público, que auxilia inúmeras pessoas no dia a dia, principalmente trabalhadores, pode ser prejudicado; patrimônios culturais e pontos turísticos perdidos; piora na qualidade da água potável, visto que a água salgada pode acabar contaminando as fontes de água doce com lixos e resíduos de esgotos que escoam no mar.

Pesquisas do serviço marítimo “Copernicus” afirmam que a média do nível do mar em escala global aumentou entre 15 e 25 centímetros entre os anos de 1901 e 2018 e tende a sempre crescer, no decorrer dos próximos séculos. O Copérnico Serviço Marítimo (publicado em 2020) em um de seus relatórios apresenta informações de que nos últimos 30 anos essa subida do nível do mar acelerou $0,12 + 0,073\text{mm/ano}$.

Conhecido por “Mar Báltico” é o mar que compreende sua localização no norte da Europa, próximo à península escandinava. É onde o nível do mar tem subido mais rapidamente do que o normal, em aproximadamente 4,8mm por ano entre 1993 e 2022, mais recente, de acordo com o Copernicus.

Modelo matemático:

Um modelo matemático é uma forma de simplificar dados da realidade, tornando-os menos detalhados e mais fáceis de analisar através de equações que usam os conhecimentos básicos da matemática.

O método dos mínimos quadrados é um desses modelos; este possui recursos matemáticos que fazem parte da grade curricular do Ensino Médio comum. Sua eficácia é muito alta quando se trata de criar estatísticas com base em dados coletados, já que é usado para criar uma só linha ou curva, que aproxime esses dados o mais correto possível. Resumidamente, é como ter diversos dados coletados que são diferentes entre si, mas através desse método tem suas diferenças quadráticas entre um dado e outro diminuídas, aproximando esses dados em uma linha que seja o mais precisa possível.

Dados reais:

O projeto aborda dados gerais sobre a média de aumento do nível do mar dos anos passados até a atualidade, retirados de pesquisas fornecidas pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) em julho de 2024, pela OMM (Organização meteorológica mundial) em agosto de 2024 e pela organização marítima Copernicus, em 2020, que aprofundam os conhecimentos que temos sobre o estudo do nível do mar.

De acordo com essas organizações, o aumento do nível do mar de 1993 até 2002 era cerca de 2,13mm por ano, e essa taxa dobrou, sendo 4,77mm por ano de 2014 até 2023. E ao todo, de 1993 para os dias atuais, a elevação acumulada da altitude marítima é de aproximadamente 9,4 cm, como registra o INPO- (Instituto Nacional de Pesquisas Oceânicas), cuja organização é vinculada ao Ministério da Ciência e tem o objetivo de promover o conhecimento sobre oceanos no país, superando as dificuldades referentes aos problemas enfrentados nos oceanos e buscando soluções práticas, eficientes e revolucionárias voltadas para políticas públicas de sustentabilidade.

A USP conduz uma grande quantidade de pesquisas científicas sobre o assunto e apontou em um estudo de 2010 feito por Afranio Rubens de Mesquita, Joseph Harari & Carlos Augusto de Sampaio França, um aumento médio do nível do mar no Brasil de 4mm/ano - o que é equivalente a 40cm por século, coletando dados a partir de 1980.

Algumas cidades específicas do Brasil possuem índices mais preocupantes aos seus moradores, que podem vir a precisar tomar medidas de segurança e prevenção para não serem tão afetados pela subida do mar. Recife por exemplo, tem regiões que possuem

vulnerabilidades sociais e econômicas, impossibilitando medidas econômicas para solucionar o problema.

O Professor de Oceanografia, Marcus Silva, da Universidade Federal de Pernambuco, explicou em uma matéria publicada no Eco Nordeste em 2022 que além do mar estar avançando, está faltando areia, tudo isso em decorrência das ações do ser humano.

Já em Santos, também existe situação agravada há alguns anos, preocupando tanto seus moradores, quanto o governo. Estima-se que cerca de 1,2mm/ano tem sido o aumento do nível do mar na cidade de Santos desde 1940.

Resultados e Discussões

Analizando os dados coletados a partir de pesquisas aprofundadas sobre o aumento do nível do mar em um contexto geral, é possível enfim, aplicar o método dos mínimos quadrados na criação de uma tabela via Excel, que calcula o quanto o nível do mar subiu de 1993 até 2002 (2,13mm/ano) e 2014 até 2023 (4,77mm/ano) , possibilitando uma visão mais ampla sobre o quão importante é a sensibilização do governo e da população em prol de melhorias significativas para que o aumento futuro do nível do mar não seja tão exacerbado ao ponto de causar extremos danos ambientais e sociais como tem causado.

Fonte: autoria própria

Aumento do nível do mar			
Ano	Aumento em mm/ano	Ano	Aumento em mm/ano
1993	0	2014	0
1994	2,13	2015	4,77
1995	4,26	2016	9,54
1996	6,39	2017	14,31
1997	8,52	2018	19,08
1998	10,65	2019	23,85
1999	12,78	2020	28,62
2000	14,91	2021	33,39
2001	17,04	2022	38,16
2002	19,17	2023	42,93

Considerações Finais

Conclui-se que o projeto destaca as principais médias registradas por organizações marítimas de pesquisas científicas, que promovem dados e informações sobre o aumento do

nível do mar. A produção de uma tabela através do modelo matemático do método dos mínimos quadrados, possibilita a elaboração de hipóteses e estatísticas sobre o aumento do nível do mar nos próximos 25 anos, por exemplo. Isto posto, é de suma importância que sejam tomadas medidas preventivas contra esse aumento, assim como medidas de segurança a serem adotadas pelos cidadãos, com auxílio e acompanhamento do governo.

Referências Bibliográficas

RENATO NEVES DE ALMEIDA O MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS : ESTUDO E APLICAÇÕES PARA O ENSINO MÉDIO UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO -UENF CAMPOS DOS GOYTACAZES -RJ MAIO DE 2015. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/matematica/wp-content/uploads/sites/14/2017/09/28052015Renato-Neves-de-Almeida.pdf>>.

RUBENS DE MESQUITA, A. et al. **Nível do Mar no Litoral do Brasil.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.mares.io.usp.br/aagn/aagn11/nivel_do_mar_no_litoral_do_brasil.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

Aumento do nível do mar - Iberdrola. Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/aumento-do-nivel-do-mar>>.

Nível do mar | CMEMS. Disponível em: <<https://marine.copernicus.eu/pt/ocean-climate-portal/sea-level>>.

LEITÃO, J. O. **Mar Báltico - localização, mapa, importância econômica - Geografia.** Disponível em: <<https://www.infoescola.com/geografia/mar-baltico/>>.

A USP – USP – Universidade de São Paulo. Disponível em:
<<https://www5.usp.br/institucional/a-usp/>>.

Elevação do nível do mar ameaça praias e mangues em Santos | Acervo | ISA.

Disponível em:

<<https://acervo.socioambiental.org/index.php/acervo/noticias/elevacao-do-nivel-do-mar-ameaca-praias-e-mangues-em-santos>>. Acesso em: 24 set. 2025.

RENATO NEVES DE ALMEIDA O MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS : ESTUDO E APLICAÇÕES PARA O ENSINO MÉDIO UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO -UENF CAMPOS DOS GOYTACAZES -RJ MAIO DE 2015. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/matematica/wp-content/uploads/sites/14/2017/09/28052015Renato-Neves-de-Almeida.pdf>>.

RUBENS DE MESQUITA, A. et al. Nível do Mar no Litoral do Brasil. [s.l: s.n.].

Disponível em:

<http://www.mares.io.usp.br/aagn/aagn11/nivel_do_mar_no_litoral_do_brasil.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

NASA. Sea Level | NASA Global ClimateChange. Disponível em:

<<https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/?intent=121>>.