

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**Previsão de consumo nos estados do Brasil**

Julia Leite da Silva

MONOGRAFIA FINAL

MAC 499 — TRABALHO DE  
FORMATURA SUPERVISIONADO

Supervisor: Prof. Dr. Marcelo Finger

São Paulo  
2022

*O conteúdo deste trabalho é publicado sob a licença CC BY 4.0  
(Creative Commons Attribution 4.0 International License)*

*Dedico este trabalho a minha família, meu pai e minha mãe que têm iluminado meu dia e me dado força, alegria e paz. Acima de tudo, dedico a Deus, quem me presentou com capacidade, com uma família maravilhosa e que foi adicionando pessoas no meu caminho para me apoiar e me ajudar em cada passo da jornada.*



# Agradecimentos

*Fight with determination, embrace life and live it with passion. Lose your battles with class and dare to win because the world belongs to those who dare to live. Life is worth too much to be insignificant.*

— Charles Chaplin

Queria agradecer, antes de tudo, a Deus por tudo que Ele tem me dado. Uma vez minha mãe me disse que Deus abençoa o trabalho das nossas mãos, que várias vezes onde ela pensou que não daria certo ou não daria conta, ela pedia ajuda e, no final, tudo se endireitava. Ela me disse também que Deus colocava pessoas na vida dela que a ajudavam e orientavam a encontrar um caminho. Fico muito grata de enxergar isso acontecendo na minha vida também.

Agradeço aos meus pais, que têm sido minha força, alegria e lar. Agradeços aos meus amigos e amigas, por colorir meus dias e encher meu rosto de sorrisos.

Quero também agradecer ao Marcelo Finger, meu orientador obrigada para o Felipe, que me surpreendeu com a parceria e a nessa jornada. Muito ajuda. Agradecer também ao Gabriel, pelo apoio para escrever esse trabalho.



## Resumo

Julia Leite da Silva. **Previsão de consumo nos estados do Brasil**. Monografia (Bacharelado). Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

[illegible]

**Palavras-chave:** Palavra-chave1. Palavra-chave2. Palavra-chave3.





# Abstract

Julia Leite da Silva. . Capstone Project Report (Bachelor). Institute of Mathematics and Statistics, University of São Paulo, São Paulo, 2022.

[illegible]

**Keywords:** Keyword1. Keyword2. Keyword3.



## Lista de Abreviaturas

MLP	Perceptron Multi-Camadas ( <i>Multilayer perceptron</i> )
LSTM	( <i>Long Short Term Memory</i> )
RMSE	Raíz Média de erros Quadrados ( <i>Root Mean Squared Error</i> )
MAPE	Erro Percentual Absoluto Médio ( <i>Mean Absolute Percentage Error</i> )

## Lista de Símbolos

$\omega$	Frequência angular
$\psi$	Função de análise <i>wavelet</i>
$\Psi$	Transformada de Fourier de $\psi$

## **Lista de figuras**

## **Lista de tabelas**

## **Lista de programas**

# Sumário



# Introdução

O que prédios, pontes, hidrelétricas e aeroportos têm em comum? Todos são frutos da indústria da construção civil, um importante componente do investimento brasileiro e, consequentemente, uma das grandes engrenagens responsáveis por movimentar a atividade econômica no Brasil. Em 2021, por exemplo, o Produto Interno Bruto (PIB) desse setor registrou alta de 9,7%, enquanto o PIB do Brasil cresceu 4,6%, assim, o setor da construção figura como importante impulsionador da economia do país. **cbic-report** O cimento, nesse contexto, por ser um ingrediente central da argamassa e do concreto, caracteriza-se como um dos principais insumos da indústria.

## Motivação

Contudo, a falta de um modo bem fundamentado para prever a demanda de cimento é uma dor entre as empresas cimenteiras, uma vez que a construção de uma fábrica é custosa e demorada, além disso, aumentar a capacidade de produção de uma fábrica também é um processo custoso.

Dessa forma, um modelo que permitisse prever a demanda a nível de estados do Brasil poderia auxiliar gestores a tomar melhores decisões e a estruturar a estratégia de forma mais embasada, de modo a reduzir os riscos do setor. Além disso, poder-se-ia apoiar órgãos governamentais a direcionar ações para mitigar o impacto ambiental da fabricação desse produto.

## Objetivos

Este trabalho, então, propõe-se a aplicar modelos de aprendizado de máquina para determinar qual é mais eficiente para prever a demanda por cimento nos estados do Brasil. Os modelos avaliados são: regressão linear, redes neurais *multi-layer perceptron* (MLP) e redes neurais recorrentes.





# Capítulo 1

## Fundamentação teórica

### Aprendizado de máquina

Atualmente, inteligência artificial (IA) permeia diversos momentos do cotidiano. É o caso da empresa norte-americana de *streaming* Netflix, que utiliza um conjunto de técnicas de IA para recomendar conteúdo personalizado aos usuários da plataforma de acordo com os interesses particulares de cada um. Dessa forma, proporciona uma experiência única a cada indivíduo que acessa a plataforma com o objetivo de aumentar a satisfação a longo prazo e, conseqüentemente, garantir a retenção dos membros, uma vez que a plataforma é monetizada com assinaturas mensais.

Além disso, não há um modelo ou algoritmo único utilizado para todas as recomendações de conteúdo. Essa tarefa é dividida em subtarefas realizadas por diferentes modelos de acordo com a atividade a ser realizada e os dados disponíveis. Por exemplo, a sub tarefa de decidir qual vídeo será exibido para cada usuário ao logar no perfil da plataforma é executada por um modelo diferente do que o que elenca os vídeos já assistidos que o membro pode continuar a ver. **netflix**

Mas a final, o que é inteligência artificial (IA)? O termo "inteligência artificial", *artificial intelligence* em inglês, foi elaborado por John McCarthy e utilizado oficialmente pela primeira vez em 1956 no seminário de Dartmouth, um *workshop* sobre essa área que reuniu os maiores estudiosos do ramo durante dois meses. **aima** Esse termo apresenta várias definições, de acordo com o pioneiro Arthur Samuel, pode ser definida como o campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados. **dl-oreilly**

Aprendizado de máquina, por sua vez, do inglês *machine learning*, são sistemas de IA capazes de adquirir seu próprio conhecimento por meio da extração de padrões dos dados brutos. Configura-se, portanto, como uma sub-área de inteligência artificial. **Goodfellow-et-al-2016**. O aprendizado profundo, ou *deep learning*, é uma categoria específica de *machine learning* que compreende modelos de redes neurais com várias camadas de neurônios. **d2l**