

# **PROJEÇÃO DO VOLUME DE CONCRETO COMO FERRAMENTA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO ESTRATÉGICA PARA GESTORES DE CENTRAIS DOSADORAS DE CONCRETO - ROCHA E NAVES<sup>1</sup>**

**Willian Jonathan Rocha Pereira<sup>2</sup>**

**Alysson Alexander Naves Silva<sup>3</sup>**

## **RESUMO**

O mercado de concreto é considerado um dos mais competitivos do mundo. Por isto muitas empresas que não utilizam métodos tecnológicos como a projeção de produção, acabam enfrentando dificuldades e podem até mesmo falir. Por outro lado, os que se destacam no cenário mundial podem estar relacionados com o uso da tecnologia em seus negócios. Os méritos da tecnologia neste mercado é que ela pode auxiliar na gestão e solução de problemas. O presente trabalho tem como objetivo principal evidenciar que a tecnologia pode proporcionar praticidade e comodidade para os gestores de concreteiras no planejamento operacional e gerencial. Neste mercado, o planejamento e organização de recursos se torna essencial para obter um melhor resultado em todas as áreas. Com o enorme número de equipamentos, materiais e concreto que são movimentados diariamente, o controle manual se torna inviável e acarreta em prejuízos devido ao mal planejamento. Como proposta de solução para este tipo de transtorno foram analisadas duas diferentes formas de regressão para auxiliar no planejamento de concreteiras.

**Palavras-chaves:** concreto; projeção; tecnologia.

<sup>1</sup> Artigo submetido em 14/10/2022, e apresentado à Libertas – Faculdades Integradas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação, em 09/11/2022.

<sup>2</sup> Willian Jonathan Rocha Pereira - Graduando em Sistemas de Informação pela Libertas – Faculdades Integradas - E-mail: [wilaan32@gmail.com](mailto:wilaan32@gmail.com)

<sup>3</sup> Alysson Alexander Naves Silva - Mestre em Ciências da Computação e Matemática Computacional pelo ICMC/USP. Docente na Libertas – Faculdades Integradas – E-mail: [alyssonsilva@libertas.edu.br](mailto:alyssonsilva@libertas.edu.br)

## 1 INTRODUÇÃO

Vivemos hoje na era da informação, devido a isso, as organizações precisam de uma gestão de seus recursos, que pode ser facilitada pela adoção de recursos da área de sistemas de informação e tecnologia da informação. Com o avanço da tecnologia, as organizações se veem cada vez mais apoiadas pelas mesmas, com isso, a aquisição de novos softwares e equipamentos parou de ser vista como um gasto e se tornou um investimento. Devido a globalização, os processos organizacionais precisam ser precisos, eficientes e confiáveis.

Uma das principais dificuldades dos gestores de centrais dosadoras de concreto é gerenciar de maneira inteligente, reduzir custos e transformar os dados que possui em uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Devido a este desafio enfrentado, os gestores se encontram desamparados e como consequência, não conseguem aprimorar os processos, levando a perda da vantagem competitiva de mercado e até mesmo a falência.

Este trabalho tem como objetivo auxiliar na gestão de centrais dosadoras de concreto, desde o processo de compra de matéria prima à produção do concreto usinado. Através da projeção do volume de concreto é possível calcular a quantidade de matéria prima necessária para suprir a produção projetada, calcular a quantidade de viagens que um caminhão betoneira terá que realizar e até mesmo o tempo que será gasto nas obras para entregar o produto. Este auxílio promoverá boas práticas que permitam otimizar a organização e controle dos setores.

O projeto em questão surgiu em decorrência de uma análise quanto à dificuldade que os gestores de diversas centrais dosadoras de concreto em se-organizar seus processos. Devido a essa dificuldade enfrentada pelos gestores, verificou-se então, a necessidade de uma ferramenta para apoiar as decisões estratégicas dos gestores dessa área, proporcionando uma melhor organização e diminuição de gastos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Regressão Linear Simples

De acordo com (BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. Estatística Básica. 9 a ed. - São Paulo: Saraiva, 2017), regressão é uma técnica que permite quantificar e inferir a relação de uma variável dependente (variável de resposta) com variáveis independentes (variáveis explicativas). A análise da regressão pode ser usada como um método descritivo da análise de dados (por exemplo, o ajustamento de curvas).

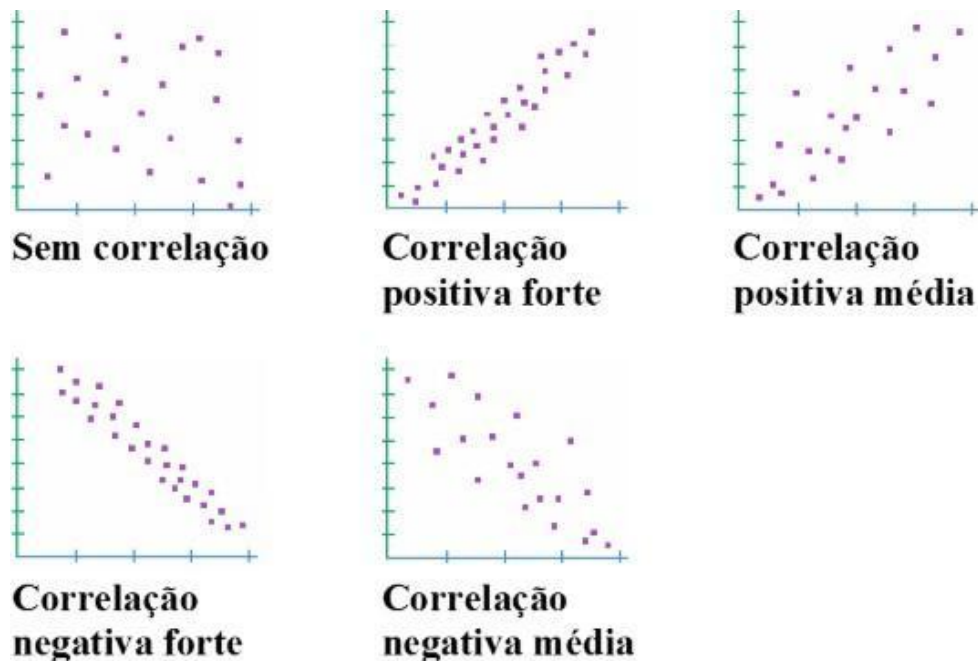
Evidência a relação casual entre duas variáveis por meio de uma reta. Uma variável é denominada dependente, e outra denominada independente. Também tem por objetivo determinar a equação da reta ajustada (modelo matemático linear).

O cálculo de uma regressão linear simples se dá pela equação:  $y = a + bx$ . Para estimar os valores (x, y) possuindo apenas alguns valores específicos (x1, y1), (x2, y2). O intuito é identificar mudanças na variável independente x que afetam a variável dependente y.

## 2.2 Correlação

Para (BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. Estatística Básica. 9 a ed. - São Paulo: Saraiva, 2017), a correlação é um método estatístico utilizado para medir as relações entre duas variáveis ( $X$  e  $Y$ ). O objetivo da correlação é compreender como o comportamento de uma variável quando outra se varia, procurando identificar uma relação entre ambas.

Figura 1 – Diagrama de correlação



Fonte: <https://dataunirio.github.io/AulaCorrelacao/#3>

## 2.3 Coeficiente de correlação de Pearson

É uma variável que demonstra a intensidade e a forma da correlação linear entre duas variáveis. Com base no resultado da análise, é possível determinar se o modelo linear é adequado ou não para a modelagem do fenômeno.

Onde o  $n$  é o número de termos. Os valores e limites de  $r$  são: -1 e +1:

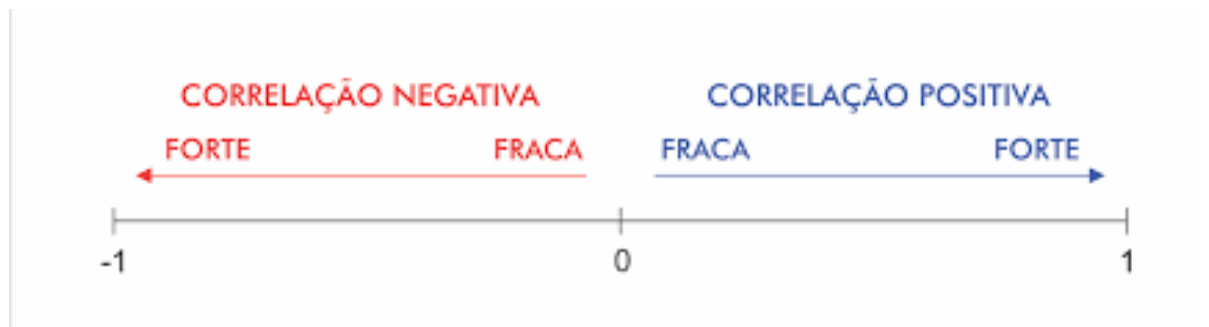
- Se a correlação é perfeita positiva, então:  $r = +1$
- Se a correlação é perfeita negativa, então:  $r = -1$ . Ou seja, se o valor de uma variável aumenta, a outra diminui linearmente.
- Se não há correlação, então:  $r = 0$ . Quando isto ocorre, significa que as duas variáveis não estão linearmente associadas.

Para (COHEN, 2013), a correlação pode possuir três diferentes graus, sendo eles:

- Quando  $0,5 \leq r \leq 1$  significa que há uma forte correlação.
- Quando  $0,3 \leq r \leq 0,49$  significa que há uma correlação média.
- Quando  $0,1 \leq r \leq 0,29$  significa que há uma correlação fraca

A figura 2 ilustra os graus de correlação, conforme explicado acima.

Figura 2 – Representação gráfica da correlação



Fonte: <https://dataunirio.github.io/AulaCorrelacao/#15>

## 2.4 Concreteiras

De acordo com (REGANATI, 2020), as concreteiras são centrais dosadoras de concreto, sendo elas responsáveis por todo o processo de fabricação do concreto, juntamente com o caminhão betoneira elas são capazes de fabricar todos os tipos de concreto com precisão. (REGANATI, 2020) complementa ainda que a função principal de uma central dosadora de concreto é dispor de equipamentos que mensuram a quantidade de material necessário para a produção do concreto usinado. Como a qualidade e característica dos materiais influenciam no resultado final, a empresa deve possuir um conhecimento técnico para assegurar que a composição do concreto esteja correta.

### 2.4.1 Crescimento

A CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), entidade que estuda o segmento, revisou a previsão de crescimento do PIB da construção civil brasileira no ano de 2021 de 2,5%, divulgado em abril, para 4%. De acordo com CBIC (2021a):

Mesmo com pandemia e desafios impostos por escassez e aumento nos custos dos materiais, a expectativa da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) para o PIB do setor em 2021 subiu de 2,5% para 4%, o que seria seu maior crescimento desde 2013.

## 2.4.2 Gastos

Segundo a CBIC (2021b):

O aumento nos custos dos insumos continua sendo fonte de preocupação para os empresários do setor. Conforme a Sondagem Nacional da Indústria da Construção, realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), com o apoio da CBIC, há quatro trimestres consecutivos este é o principal problema enfrentado pelo setor. No segundo trimestre de 2021, 55,5% dos empresários pesquisados na Sondagem Indústria da Construção apontaram que esse é o principal problema do setor. A persistir o cenário atual este também deverá ser o principal problema do trimestre do ano.

Houve um aumento de 17,68% de janeiro a julho, a maior variação para o período desde que a FGV começou a divulgação dos indicadores, em 1996. Vale ressaltar que o setor da Construção Civil é prejudicado por estas altas, o que vem contribuindo com o incremento das atividades econômicas do País.

Figura 3 – Evolução das variações (%) acumuladas de janeiro a julho de cada ano INCC Materiais e Equipamentos



Fonte: <https://cbic.org.br/incc-materiais-e-equipamentos-sobem-1768-em-7-meses/>

## 2.4.3 O impacto da Tecnologia

O uso da tecnologia em meio ao segmento da construção civil visa a otimização e controle dos processos com o intuito de aumentar a produtividade e aprimorar a qualidade de entrega. Com a projeção, é possível calcular a quantidade de material e viagens necessárias em um determinado período e/ou obra, o que facilita todos os processos, desde a compra de materiais à entrega.

Segundo o SEBRAE (2018), o investimento em tecnologias que aumentem a produtividade na construção pode ser vantajoso a curto, médio e longo prazo. Entre estas vantagens, vale citar:

- Redução no tempo da construção

- Redução do desperdício de materiais
- Padronização das atividades

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas as ferramentas e conceitos descritos a seguir:

#### **3.1 Linguagem Python**

A linguagem de programação escolhida para desenvolver o algoritmo de regressão foi Python. A escolha foi feita baseada nas bibliotecas (conjunto de algoritmos) voltadas para regressão e estatística. Durante o desenvolvimento, foram utilizadas as seguintes bibliotecas: Pandas, Numpy, Scikit-learn e Matplotlib.

Python é uma linguagem de programação que possui um conjunto integrado de recursos de software para manipulação de dados, cálculos e exibição gráfica. Python fornece uma ampla variedade de técnicas estatísticas (modelagem linear e não linear, testes estatísticos clássicos, análise de série temporal, classificação, agrupamento e técnicas gráficas, e é altamente extensível. A linguagem Python é frequentemente o veículo de escolha para pesquisa em metodologia estatística, e ele fornece uma rota de código aberto para a participação nessa atividade.

Todos os cálculos e análises realizados durante o desenvolvimento deste trabalho foram feitos com base nesta linguagem.

#### **3.2 Ambiente de desenvolvimento**

Antes de começar a desenvolver o algoritmo, o primeiro passo é escolher uma IDE (Integrated Development Environment), também conhecido como ambiente de desenvolvimento integrado. A IDE é importante pois ela possui características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento únicas com fim de agilizar e facilitar o desenvolvimento.

Para este trabalho, foi escolhido a IDE Google Collaboratory, um ambiente desenvolvido e disponibilizado pela Google que possui um foco maior na linguagem de programação Python.

#### **3.3 Bibliotecas de programação**

Na área da programação, a biblioteca é uma coleção de códigos que auxiliam no desenvolvimento de um algoritmo, podendo ser desde uma conjunto que contenha funções matemáticas básicas como a multiplicação e divisão até mesmo conjuntos mais avançados, como por exemplo os cálculos de regressão utilizados.

Para o desenvolvimento do algoritmo, o primeiro passo é importar as bibliotecas necessárias para o algoritmo, conforme figura 4.

Figura 4 – Importação das bibliotecas no ambiente de desenvolvimento

```
# Importando as bibliotecas necessárias
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

A biblioteca numpy está voltada para as matrizes de dados, possuindo uma coleção de rotinas para manipulação e processamento desses, contemplando desde simples manipulação de dados até complexos modelos de machine learning (aprendizado de máquina).

A biblioteca pandas tem como foco a manipulação e análise de dados, facilitando o processo de manipular tabelas e séries temporais.

Para uma análise visual do modelo, foram utilizadas as bibliotecas matplotlib, que contempla a análise por meio de gráficos visuais.

Por último, a biblioteca scikit-learn tem o foco no machine learning, contemplando ferramentas mais complexas, como a de regressão linear utilizada.

### 3.4 Criação e manipulação do conjunto de dados

Os data frames são essenciais para a criação do modelo, pois eles armazenam os dados que iremos utilizar em todo o algoritmo.

Para a criação do conjunto de dados, foi utilizada a biblioteca pandas.

Figura 5 – Criação dos data frames através da biblioteca Pandas

```
# Criando o conjunto de dados
dados = pd.read_csv('Dados_TCC.csv')
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

A partir do código apresentado na figura 5, criamos a variável dados, que representa todo o nosso conjunto de dados e logo em seguida, separamos nosso conjunto em dois subconjuntos: eixo x e eixo y. Esta separação foi necessária pois mais à frente do processo, foi utilizado um subconjunto para treinar o algoritmo e outro para testes.

Após a criação do conjunto de dados, o próximo passo foi separar as colunas em outras variáveis. Este processo foi necessário pois precisamos manipular individualmente as duas colunas do conjunto de dados para processos distintos. Para isso, a coluna que

representa a data foi armazenada na variável X e a coluna que representa o volume foi armazenada na variável Y.

Figura 6 – Separação das colunas do conjunto de dados

```
#Separando as colunas do conjunto de dados
X = dados['Data'].values
Y = dados['Volume'].values
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

Com as colunas já separadas, as convertemos num conjunto de dados do tipo Matriz. Esta transformação do tipo de dados é necessária pois as funções da biblioteca scikit-learn que serão utilizadas, exige que o tipo de dados seja matriz. Para isso, a função reshape que é padrão da linguagem Python foi utilizada, conforme a figura 7.

Figura 7 – Transformação do conjunto de dados para o tipo matriz

```
#Convertendo os dados do formato Lista para Matriz
Eixo_x = Eixo_x.reshape(-1,1)
Eixo_y = Eixo_y.reshape(-1,1)
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

### 3.5 Banco de dados MySQL

Segundo Manzano (2011):

"MySQL" é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional que utiliza a linguagem SQL como interface de acesso e extração de informações do banco de dados em uso. É rápido, multitarefa e multiusuário."

A principal função de um banco de dados é armazenar as informações registradas dentro de uma aplicação de forma organizada, padronizada e segura.

Como o sistema analisado TopCon utiliza este modelo de banco dados em suas aplicações, ou seja, todas as ações e processos realizados são armazenados no MySQL.

### 3.6 Raiz Quadrática Média dos Erros (RMSE)

Essa métrica calcula a raiz quadrática média dos erros entre os valores reais, e previsões feitas pelo modelo.

A métrica RMSE (Root Mean Squared Error) é calculada através da equação:



Figura 8 – Equação RMSE

$$RMSE(y, \hat{y}) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Fonte: <https://www.alura.com.br/artigos/metricas-de-avaliacao-para-series-temporais>

Nesta equação há o cálculo da diferença entre o valor  $y$  e  $\hat{y}$ , contudo com a elevação do resultado ao quadrático. Mas para deixar o resultado na mesma escala que os dados, é aplicado a raiz quadrada no resultado.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Extração de Dados

Foi utilizado uma base de dados unificada, ou seja, uma base de dados que contém dados de diversos clientes diferentes centralizados em uma única base. Após o acesso a base de dados, foi realizado o processo de coleta, limpeza e carregamento dos dados (ETL - Extract, Transform and Load), com intuito de padronizar, tratar e garantir a integridade dos dados que serão utilizados no modelo de projeção.

Para a elaboração deste estudo, efetuou-se análises para obter informações quanto ao gerenciamento e organização do processo de produção, desde a aquisição da matéria prima à entrega do concreto usinado. Foram consideradas, portanto, nos anos de 2020, 2021 e 2022, as centrais dosadoras de concreto que consomem matérias primas diversas e que produzem tipos diferentes de concreto.

### 4.2 Desenvolvimento do algoritmo de Regressão

O primeiro passo do desenvolvimento é dividir o conjunto de dados em dois tipos: treino e teste. O conjunto de dados de treino é o que será apresentado ao algoritmo durante a criação do modelo e costumam representar cerca de 70% da totalidade dos dados. Já o conjunto de dados de teste é o que será apresentado ao modelo após sua criação, que irá simular previsões reais do modelo, avaliando o desempenho do modelo.

Para realizar esta divisão do conjunto de dados, será utilizado a função `train_test_split` da biblioteca `scikit-learn`. Para este modelo, foi determinado que o conjunto de teste será composto por 20% dos dados e o de treino por 80%.

Figura 9 – Criação do conjunto de treino e teste

```
#Dividindo os dados em dois tipos: treino e teste
x_treinamento, x_teste, y_treinamento, y_teste = train_test_split(
    Eixo_x,
    Eixo_y,
    test_size=0.2
)
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.2.1 Criação do modelo

Após separar os dados em conjuntos de treino e teste, o próximo passo é criar o modelo de regressão utilizando a função `LinearRegression` da biblioteca `scikit-learn`. A função `LinearRegression` aplica todo o cálculo estatístico da regressão linear ao conjunto de dados informado, figura 10.

Figura 10 – Criação do modelo de regressão linear usando a biblioteca `scikit-learn`

```
#Criando o modelo de regressão
Funcao_Regressao = LinearRegression()
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.2.2 Treinando o modelo

Com a função de regressão linear pronta conforme apresentado na figura 10, é necessário treinar o modelo. Para isto, utilizamos a função `FIT` da biblioteca `scikit-learn` ao modelo. A função `FIT` tem por objetivo encontrar o melhor coeficiente da regressão para o conjunto de dados passado e treinar os dados.

Figura 11 – Treinamento do modelo de regressão

```
#Treinando o modelo
Funcao_Regressao.fit(x_treinamento, y_treinamento);
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a criação e treino do modelo, é importante visualizar como ficou a reta de regressão, para isso, a biblioteca `matplotlib` foi utilizada para criar o gráfico do modelo.

A biblioteca `matplotlib` não suporta o tipo de dados no formato de data nas funções, como por exemplo: 01/2020, 02/2020, etc. Por isso, foi realizada uma tratativa na coluna de data para que fosse possível utilizar a biblioteca e função em questão. A tratativa aplicada foi remover o separador de barras (/) entre mês e ano e representar como mês 1, 2, exemplo: 01/2020 → 01.

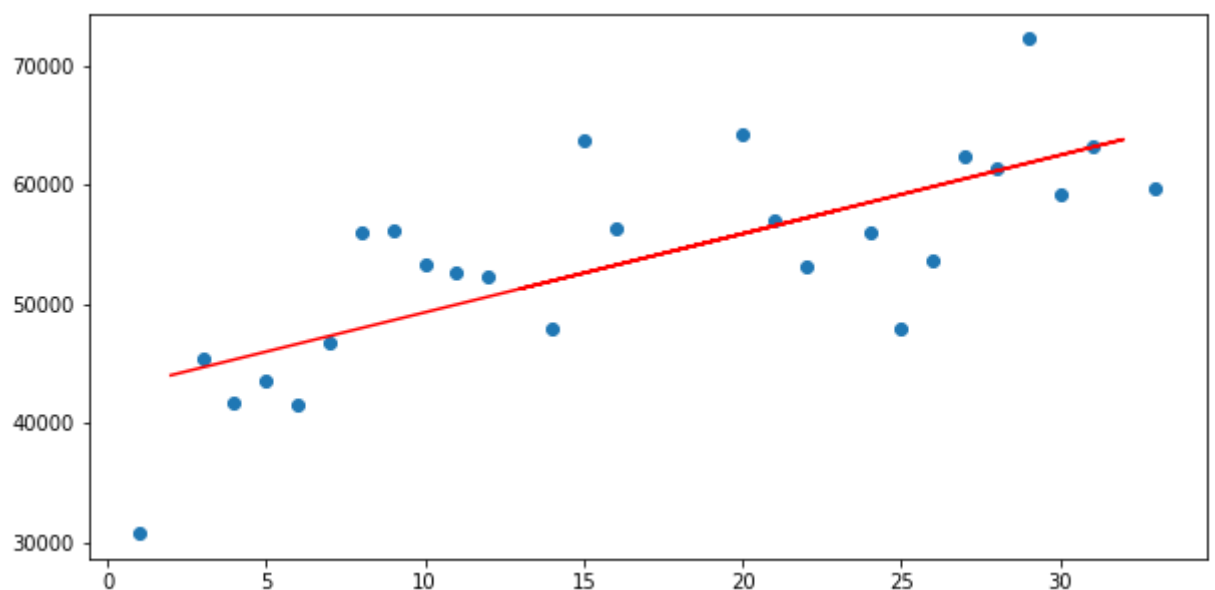
Figura 12 – Código para construção do gráfico do modelo

```
#Plotando a regressão linear
plt.figure(figsize=(10,5))
plt.scatter(x_treinamento, y_treinamento)
plt.plot(x_teste, Funcao_Regressao.predict(x_teste), color='red');
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

Após executar o código da figura 12, é possível visualizar como o modelo de regressão ajustou os valores tratados, ilustrado na figura 13.

Figura 13 – Visualização gráfica da regressão linear



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.2.3 Análise do modelo

A última etapa foi a análise do modelo, para que seja possível verificar algumas métricas importantes, como a raiz quadrada do erro médio (RMSE) e a correlação das variáveis envolvidas. A primeira métrica a ser calculada é o RMSE.

Para realizar o cálculo no Python, duas bibliotecas foram utilizadas: numpy e scikit-learn.

Figura 14 – Cálculo do RMSE

```
#Calculando o erro médio
Previsoes = Funcao_Regressao.predict(x_teste)
print('Raiz Quadrada do Erro Médio',
      np.sqrt(metrics.mean_squared_error(y_teste, Previsoes)))
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

A partir do código apresentado na figura 14, obtivemos que o RMSE é de aproximadamente 6,16. Este valor atingido é aceitável pois significa que comparando os valores reais com os preditos, há uma variação de apenas 6,16% dos valores preditos para os valores totais, classificando assim, um ótimo modelo.

#### 4.2.4 Correlação das variáveis

Por fim, pode-se analisar a correlação entre as variáveis presentes no modelo: tempo e volume de produção. Para o cálculo, a função escolhida é a `corrcoef` da biblioteca `numpy`.

Para utilizá-la, devemos passar nosso conjunto de dados já separados em dois eixos: `x` e `y`, conforme explicado no item 4.2.4.

Figura 15 – Cálculo de correlação

```
#Calculando a Correlação
correlacao = np.corrcoef(Eixo_x, Eixo_y)
```

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

Após executar o código conforme a figura 15, obtivemos o resultado de 0.38 o que classifica esta correlação como média, pois está entre 0,3 e 0,49, conforme explicado no item 2.3.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu, por meio de análise, entender como o tempo (mês/ano) impacta na produção efetiva do concreto. Além disso, com os resultados da análise, foi possível avaliar se a estratégia adotada é interessante para o problema apresentado.

Os resultados foram atingidos, ou seja, através do histórico de dados de uma concreiteira, foi possível desenvolver um modelo de regressão linear capaz de, entender a relação entre os dados analisados e a partir disso, conseguir elaborar um plano de ação tomando como base os valores preditos no modelo.

O desenvolvimento do modelo poderia ter sido aprimorado se o conjunto de dados analisado fosse maior, isso porque na análise, foi utilizado um pequeno volume de dados, o que pode prejudicar no desenvolvimento e resultados finais do modelo.

Tendo os resultados em vista, concluímos que, com este trabalho, é possível o desenvolvimento de um modelo de projeção do volume de concreto como ferramenta de apoio a tomada de decisão estratégica para gestores de centrais dosadoras de concreto, utilizando apenas o histórico de produção contendo as variáveis de data e volume.

## REFERÊNCIAS

CBIC. Expectativa da cbic para o pib de 2021. In: CBIC (Ed.). [s.n.], 2021. Disponível em:

<<https://cbic.org.br/expectativa-da-cbic-para-o-pib-do-setor-em-2021-subiu-de-25-para-4->>. Citado na página 5.

CBIC. Incc: materiais e equipamentos sobem 17,68% em 7 meses. In: CBIC (Ed.). [s.n.], 2021. Disponível em:

<<https://cbic.org.br/incc-materiais-e-equipamentos-sobem-1768-em-7-meses->>. Citado na página 5.

COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. [S.l.]: Academic press, 2013. Citado na página 4.

GIL, A. C. et al. *Como elaborar projetos de pesquisa*. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2002. Citado na página 8.

MANZANO, J. A. N. G. *MySQL 5.1 - Interativo*. 3rd. ed. [S.l.]: Érica - São Paulo, 2011. 19 p. Citado na página 7.

ORG, R. P. Introdução a linguagem r. In: ORG, R. P. (Ed.). [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/about.html>>. Citado na página 7.

REGANATI, E. B. O que é uma concreteira. In: CONCRETOUSINADO (Ed.). [s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.concretousinado.com.br/noticias/usina-concreto/>>. Citado na página 5.

SEBRAE. O uso da tecnologia na construção civil pode aumentar a produtividade. In: CBIC (Ed.). [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/uso-da-tecnologia-na-construcao-civil-pode-aumentar-a-produtividade/>>. Citado na página 6.

BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. *Estatística Básica*. 9 a ed. - São Paulo: Saraiva, 2017. Citado na página 2 e 3.