

# Apresentação

## Resumo

O objetivo deste projeto é avaliar a eficácia das cadeias de Markov de tempo discreto na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.

Como vai ser a abordagem da pesquisa: A metodologia aplicada envolve a **análise dos dados históricos** do mercado financeiro brasileiro, utilizando as cadeias de Markov para modelar as **mudanças nos preços das ações ao longo do tempo**.

Para atingir esse objetivo, serão selecionadas ações da bolsa de valores de São Paulo (Bovespa) com dados no período de 2010 a 2019. A ideia é avaliar a **exatidão das previsões**, comparando os resultados de um ano de movimento financeiro.

Espera-se que os resultados deste projeto possam **fornecer informações valiosas para investidores e analistas financeiros**, contribuindo para o avanço da pesquisa nessa área e oferecendo uma **nova abordagem para prever os intervalos de preço** no mercado financeiro brasileiro.

## Introdução

Gostaria de começar esta apresentação destacando a **importância** do mercado de ações como **um dos principais motores da economia**. A **previsão de preços** nesse mercado é uma **questão extremamente relevante** tanto do ponto de vista **científico** quanto do ponto de vista **humano e contemporâneo**.

A utilização de técnicas estatísticas avançadas para prever os intervalos de preço no mercado de ações pode ter um impacto significativo na **tomada de decisão dos investidores**. Essas técnicas podem ajudar os investidores a tomar decisões informadas sobre seus investimentos, reduzindo os riscos e aumentando os lucros.

No entanto, a previsão de preços no mercado de ações é uma tarefa complexa e desafiadora. O mercado é influenciado por uma série de fatores, como **eventos políticos, econômicos e sociais**, o que torna a previsão ainda mais difícil. Além disso, não existe uma técnica única e infalível para fazer previsões precisas.

É nesse contexto que a utilização das cadeias de Markov de tempo discreto surge como uma **técnica promissora** para prever os intervalos de preço no mercado de ações brasileiro.

A nossa abordagem consiste em **implementar o modelo de cadeias de Markov** de tempo discreto utilizando os **intervalos de preço de fechamento das ações**. Acreditamos que essa implementação pode melhorar a precisão da previsão em comparação com outras técnicas utilizadas atualmente.

## Objetivos

### Geral:

Avaliar a eficácia da utilização das cadeias de Markov de tempo discreto na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.

### Específicos:

1. Implementar o modelo de cadeias de Markov de tempo discreto utilizando intervalos de preço de fechamento de ações da bolsa de valores de São Paulo (Bovespa) com dados de 2010 até 2019. **Isso envolverá a coleta e análise dos dados históricos relevantes.**
2. Comparar os resultados da previsão utilizando as cadeias de Markov com um ano real do movimento financeiro. **Será feita uma avaliação da acurácia das previsões em relação aos dados reais, a fim de verificar a eficácia do modelo.**
3. Testar diferentes estratégias de investimento utilizando as informações fornecidas pelo método das cadeias de Markov. **Serão realizados experimentos para avaliar o desempenho das estratégias de investimento baseadas nas previsões geradas pelo modelo.**
4. Avaliar a exatidão da previsão comparando os resultados obtidos com outras técnicas utilizadas para prever os intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro. **Será feita uma comparação com outras técnicas de previsão existentes, a fim de determinar a efetividade do modelo proposto.**
5. Propor uma técnica que envolva tanto cadeias de Markov discretas, cadeias de Markov ocultas e redes neurais em pesquisas futuras. **Serão exploradas possibilidades de aprimoramento do modelo, considerando a combinação**

de diferentes técnicas de previsão para obter resultados ainda mais precisos e confiáveis.

## **Justificativa**

### **Precisão**

Um dos subtemas desta pesquisa é avaliar a precisão da utilização das cadeias de Markov de tempo discreto na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro. Ao implementar e comparar as previsões geradas pelo modelo de CMTD com os dados reais do movimento financeiro, busca-se obter uma compreensão mais aprofundada da eficácia desses métodos. Essa análise permitirá identificar a capacidade do modelo de CMTD em fornecer previsões mais precisas e confiáveis, contribuindo para uma tomada de decisão informada por parte dos investidores.

### **Valor de fechamento**

Outro aspecto relevante abordado neste projeto é a utilização do valor do preço de fechamento das ações como base para as previsões. Diferente das abordagens tradicionais de três estados, essa proposta busca superar as limitações existentes ao considerar apenas a alta, baixa e estabilidade dos preços. Ao analisar e comparar as previsões baseadas no valor de fechamento das ações com os dados reais, pretende-se investigar se essa abordagem oferece uma precisão aprimorada na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.

### **Redução de risco**

Um terceiro subtema abordado nesta pesquisa é a redução de riscos na tomada de decisão de investimento. Ao testar diferentes estratégias de investimento com base nas previsões geradas pelo modelo de CMTD, busca-se identificar abordagens mais eficientes e lucrativas. A utilização de um modelo mais preciso e confiável de previsão de preços de ações pode auxiliar os investidores na identificação de oportunidades e na mitigação de riscos associados aos seus investimentos. Dessa forma, o projeto busca contribuir para a redução de riscos e a melhoria do desempenho dos investimentos no mercado financeiro brasileiro.

# Finalidades

## Prática/Teórica

No âmbito teórico, o objetivo é aprofundar a compreensão sobre as **propriedades** e aplicações das cadeias de Markov, investigando suas **características** e **comportamento no contexto da previsão** de preços no mercado financeiro. Isso envolve estudar a **teoria subjacente**, **explorar as limitações** e **desafios associados** e analisar as melhores práticas para obter previsões mais precisas.

Já em termos práticos, busca-se avaliar a eficácia do modelo de cadeias de Markov na previsão de preços, utilizando **dados reais do mercado financeiro**. Através da análise **comparativa entre as previsões geradas** pelo modelo e os valores reais dos preços, é possível **verificar a exatidão** e a qualidade das previsões obtidas. Essa avaliação prática **permitirá uma compreensão mais precisa da capacidade do modelo** e sua **utilidade no suporte** à tomada de decisões de investimento.

## Contribuições

Oferecer um modelo avançado para prever preços no mercado financeiro bem como também prever demandas em empresas. Podendo auxiliar as empresas no planejamento estratégico, na gestão de estoques e no atendimento às necessidades dos clientes.

Essa abordagem inovadora tem o potencial de **melhorar significativamente a tomada de decisões**, **reduzir riscos** e **otimizar o desempenho** tanto no âmbito financeiro como nas operações empresariais.

## Desdobramentos

Os desdobramentos futuros deste projeto envolvem a **ampliação e aprimoramento** do modelo proposto. Uma possibilidade é incluir mais variáveis no modelo de cadeias de Markov de tempo discreto, de forma a **considerar outros fatores relevantes na previsão** de preços no mercado financeiro. Isso permitiria uma análise **mais abrangente e precisa**, levando em conta múltiplas **variáveis** que podem influenciar o comportamento dos preços das ações.

Além disso, uma área de pesquisa promissora é a combinação das cadeias de Markov de tempo discreto com técnicas de redes neurais. Essa integração pode potencializar a capacidade de previsão, **explorando padrões complexos e não lineares** presentes nos dados financeiros.

Outro desdobramento importante é a **expansão do escopo da pesquisa** para além da Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa). A análise de outros ativos financeiros, como **moedas estrangeiras, commodities e índices de outras bolsas** de valores, permitiria avaliar a aplicabilidade e a eficácia do modelo em diferentes contextos e mercados. Isso contribuiria para uma **compreensão mais ampla** das dinâmicas do mercado financeiro e permitiria a **generalização** dos resultados obtidos.

## Referencial Teórico

### CMTD x Linear x Médias (Zhang and Zhang):

Zhang and Zhang (2009) propuseram um método baseado em **intervalos de tamanho fixo**, que permite prever os intervalos de preço com maior precisão em comparação com outros métodos, como o método de **média móvel** e o método de **regressão linear**.

### CMTD Variável (Mitra e Riggieri):

Mitra and Riggieri (2011) desenvolveram um método baseado em **intervalos de tamanho variável**, histograma e média móvel para prever os intervalos de preço das ações. Essa abordagem permite uma modelagem **mais flexível e adaptável** às mudanças no mercado financeiro.

### Mercado Indiano (Vasanthi):

Vasanthi et al. (2011) aplicaram as cadeias de Markov de tempo discreto para prever os intervalos de preço dos índices do mercado de ações na Índia. Os **resultados mostraram que esse método foi capaz de prever os intervalos de preço com alta precisão**.

## Mercado de Hong Kong (Chen):

Chen et al. (2012) realizaram um estudo no mercado de Hong Kong, utilizando as cadeias de Markov de tempo discreto para prever os intervalos de preço das ações. Os resultados demonstraram que esse método **apresentou uma alta precisão na previsão** dos intervalos de preço, destacando sua eficácia na análise do mercado financeiro de Hong Kong.

## Metodologia

### Introdução

O objetivo deste projeto é realizar um estudo aprofundado e desenvolver modelos de previsão de preços de ações na Bovespa utilizando a técnica de Cadeias de Markov no Tempo Discreto. Para embasar nosso trabalho, nos basearemos no estudo de Brigo e Mercurio (2006) que aborda essa temática.

A justificativa e relevância dessa pesquisa são fundamentais para apoiar a tomada de decisões informadas de investimento, permitindo aos investidores analisar o desempenho das ações e obter um avanço no conhecimento em áreas como computação aplicada e finanças. A utilização de modelos de previsão de preços de ações pode auxiliar os investidores na identificação de oportunidades, na redução de riscos e no aumento de seus lucros.

No entanto, é importante destacar algumas limitações que podem estar presentes neste estudo. O horizonte de previsão pode ser limitado, ou seja, as previsões podem ser feitas apenas para um determinado período de tempo, o que pode limitar sua aplicabilidade a longo prazo. Além disso, o tamanho variável dos intervalos utilizados na previsão pode influenciar os resultados e a precisão das estimativas. Por fim, é importante ressaltar que este estudo se concentra principalmente nas ações da Bovespa, o que pode restringir sua generalização para outros mercados financeiros.

### Coleta de dados

Os dados históricos utilizados serão coletados no período de 2010 a 2019 a partir de fontes públicas, como sites de finanças ou diretamente da Bovespa, utilizando a

biblioteca libcurl para estabelecer a conexão e comunicação com a bolsa por meio do protocolo HTTP.

## Armazenamento de dados

Os dados coletados neste projeto serão armazenados no banco de dados MongoDB. A escolha desse banco de dados se deve ao seu desempenho otimizado para o armazenamento e consulta de dados financeiros. Além disso, o MongoDB já foi utilizado em outras aplicações financeiras, como mencionado por Smith et al. (2018), o que confere confiabilidade e respaldo ao seu uso neste contexto.

## Matriz de transição

Na metodologia deste projeto, serão implementados três métodos distintos para construir a matriz de transição de probabilidade com base nos dados coletados. Esses métodos foram selecionados com base nos procedimentos descritos em Zhang and Zhang (2009) e Mitra and Riggieri (2011), que são referências relevantes nessa área.

O primeiro método a ser implementado é a "Matriz de transição utilizando intervalos de tamanho fixo". Nesse método, os intervalos de preço das ações serão divididos em faixas de tamanho fixo, e a matriz de transição será construída com base nas probabilidades de transição entre essas faixas. Essa abordagem fornece uma visão geral da dinâmica dos preços das ações.

O segundo método a ser utilizado é a "Matriz de transição utilizando intervalos de tamanho variável". Nesse caso, os intervalos de preço das ações serão divididos em faixas de tamanho variável, levando em consideração a distribuição dos dados. Isso permite capturar de forma mais precisa os movimentos dos preços e as mudanças de tendência, resultando em uma matriz de transição mais refinada.

O terceiro método a ser implementado é a "Matriz de transição utilizando o algoritmo K-means". Esse método utiliza o algoritmo de agrupamento K-means para identificar grupos ou clusters de preços similares. A matriz de transição é então construída com base nas transições entre esses clusters, proporcionando uma representação mais detalhada da evolução dos preços das ações.

A implementação desses três métodos permitirá comparar e avaliar a efetividade das previsões geradas por cada um deles. Serão analisados aspectos como a

capacidade de capturar as mudanças nos preços, a precisão das previsões e a robustez dos resultados obtidos. Essa análise será fundamental para a avaliação da eficácia das cadeias de Markov de tempo discreto na previsão dos intervalos de preço no mercado financeiro brasileiro.

## Avaliação de resultados

No tópico de avaliação de resultados, será realizada uma comparação entre os métodos de previsão implementados para avaliar a efetividade das previsões geradas. Para essa comparação, serão utilizadas diferentes medidas de desempenho que permitem avaliar a precisão e a qualidade das previsões obtidas.

As medidas de desempenho a serem utilizadas incluem:

1. **Erro absoluto médio (MAE):** Essa medida calcula a média dos erros absolutos entre os valores reais e os valores previstos. Ela fornece uma indicação da magnitude média dos erros de previsão.
2. **Erro de previsão absoluto médio (MAPE):** O MAPE é uma medida relativa que calcula a média percentual dos erros absolutos em relação aos valores reais. Ele é útil para comparar o desempenho dos modelos em termos de precisão.
3. **Desvio absoluto médio (MAD):** O MAD é uma medida que calcula a média dos desvios absolutos entre os valores reais e os valores previstos. Essa medida é menos sensível a valores extremos e fornece uma indicação da dispersão dos erros de previsão.
4. **Estimador padronizado de verossimilhança máxima (SML):** Essa medida é utilizada para avaliar a adequação do modelo aos dados observados. Ela leva em consideração a distribuição dos erros de previsão e permite comparar diferentes modelos estatísticos.
5. **Teste de qui-quadrado:** O teste de qui-quadrado é utilizado para avaliar a aderência das frequências observadas às frequências esperadas de um modelo estatístico. Ele pode ser aplicado para verificar se as transições entre os estados previstas pelo modelo são estatisticamente significativas.
6. **Critério de informação de Akaike (AIC):** O AIC é uma medida que leva em consideração tanto o ajuste do modelo aos dados quanto a complexidade do modelo. Ele permite comparar modelos alternativos e escolher o que melhor equilibra a qualidade de ajuste e a parcimônia.



A utilização dessas medidas de desempenho proporcionará uma avaliação abrangente dos resultados obtidos pelos diferentes métodos de previsão. Elas permitirão identificar qual método apresenta melhor desempenho em termos de precisão, adequação aos dados e capacidade de capturar a dinâmica dos preços das ações na Bovespa.

## Estratégias utilizadas

As estratégias utilizadas neste estudo foram aplicadas para comparar o desempenho das ações selecionadas. Inicialmente, um investimento total de R\$1.000 foi dividido igualmente entre as 10 ações escolhidas.

As cinco estratégias de compra ou venda adotadas foram as seguintes:

1. **Estratégia de Buy and Hold:** Nesta estratégia, as ações são compradas e mantidas ao longo do período de estudo, independentemente das variações de preço. Não são realizadas transações de compra ou venda adicionais.
2. **Algoritmo simples:** Essa estratégia segue um algoritmo pré-definido para decidir quando comprar ou vender ações. O algoritmo pode levar em consideração critérios como médias móveis, indicadores técnicos ou sinais de tendência para tomar decisões de compra ou venda.
3. **Compra pela terceira parte inferior com limites:** Nesta estratégia, as ações são compradas quando o preço atinge um valor correspondente à terceira parte inferior do intervalo de preço. Além disso, são definidos limites de venda para realizar transações quando o preço atinge um valor predefinido.
4. **Estratégia da escadinha:** Essa estratégia envolve a compra de ações em várias etapas ou "degraus". A cada degrau, uma quantidade fixa de ações é comprada, independentemente do preço. Isso permite aproveitar oportunidades de compra em diferentes momentos.
5. **Compra pela terceira parte, tempo presente e sem limites:** Nessa estratégia, as ações são compradas quando o preço atinge um valor correspondente à terceira parte inferior do intervalo de preço. Diferentemente da estratégia anterior, não são definidos limites de venda. As ações são mantidas até o final do período de estudo.

Essas estratégias foram aplicadas para avaliar seu desempenho em relação ao investimento inicial de R\$1.000 nas ações selecionadas. O objetivo é analisar qual

estratégia obteve o maior retorno financeiro ao final do período de estudo, levando em consideração as flutuações de preço e as transações realizadas.

## Considerações finais

a

## Cronograma

### Compilação Bibliográfica:

Revisão de literatura para embasamento teórico.

### Coleta de dados:

Obtenção dos preços de fechamento das ações selecionadas.

### Análise exploratória:

Identificação de padrões e relações nos dados coletados.

### Implantação do modelo:

Implementação do modelo de cadeias de Markov de tempo discreto.

### Teste do modelo:

Avaliação da eficácia e precisão do modelo na previsão de intervalos de preço.

### Análise dos resultados:

Avaliação dos resultados obtidos pelo modelo e comparação com dados reais.

### Implantação de melhorias:

Realização de ajustes e aprimoramentos no modelo existente.

## Teste das melhorias:

Verificação do impacto das melhorias implementadas no desempenho do modelo.

## Análise dos resultados (melhorias):

Avaliação dos resultados obtidos após as melhorias realizadas.

## Revisão Crítica:

Revisão final do projeto, identificação de possíveis melhorias adicionais.

## Relatório:

Elaboração do relatório final do projeto, documentando os resultados e conclusões obtidos.

## Orçamento

Materiais permanentes

Materiais de consumo

## Impactos

### Tecnológico

O desenvolvimento de um modelo avançado de previsão de preços de ações utilizando as cadeias de Markov no tempo discreto traz um impacto significativo no campo da tecnologia financeira. Essa abordagem inovadora permite aprimorar a precisão das previsões e fornecer informações valiosas para investidores e tomadores de decisão.

### Social

A utilização de um modelo de previsão avançado ajuda na tomada de decisões informadas no mercado financeiro. Os investidores podem se beneficiar ao ter acesso a previsões mais precisas e confiáveis, o que os auxilia a tomar decisões

estratégicas em relação aos seus investimentos. Além disso, a aplicação de tecnologias financeiras sofisticadas contribui para a modernização e avanço da sociedade como um todo, promovendo uma maior eficiência e transparência no mercado.

## Cultural

O modelo de previsão de preços de ações, ao aproximar as pessoas do mercado financeiro, tem um impacto cultural relevante. Ao fornecer previsões mais precisas e acessíveis, o modelo pode contribuir para a democratização do mercado financeiro, permitindo que um maior número de pessoas se envolva e participe ativamente de investimentos. Isso pode ajudar a reduzir as barreiras de entrada e promover uma maior inclusão financeira, proporcionando às pessoas a oportunidade de aproveitar os benefícios e as oportunidades oferecidas pelo mercado.