



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO TRÊS RIOS

CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**A ESTRATÉGIA DE LONG & SHORT NO MERCADO BRASILEIRO: UMA
ANÁLISE DO PERÍODO DA PANDEMIA**

TAINÁ ASSUNÇÃO DUARTE DA SILVA

Davi Riani Gotardelo

TRÊS RIOS/RJ

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO TRÊS RIOS

CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

**A ESTRATÉGIA DE LONG & SHORT NO MERCADO BRASILEIRO: UMA
ANÁLISE DO PERÍODO DA PANDEMIA**

TAINÁ ASSUNÇÃO DUARTE DA SILVA

Orientador: Davi Riani Gotardelo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Administração, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Três Rios

2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586e Silva, Tainá Assunção Duarte da, 1999-
A estratégia de Long & Short no mercado brasileiro
de ações: uma análise do período da pandemia / Tainá
Assunção Duarte da Silva. - Três Rios, 2024.
29 f.

Orientador: Davi Riani Gotardelo. Trabalho de
conclusão de curso(Graduação). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Administração, 2024.

1. Long & Short. 2. Cointegração. 3. Correlação. 4.
CMIG4 e CMIG3. 5. PETR4 e PETR3. I. Gotardelo, Davi
Riani, 1981-, orient. II Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro. Administração III. Título.



CADASTRO Nº 233 / 2024 - DeptCAdmS (12.28.01.00.00.00.16)

Nº do Protocolo: 23083.027414/2024-94

Três Rios-RJ, 11 de junho de 2024.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO,
INSTITUTO DE DE TRÊS RIOS
CURSO DE BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO

A ESTRATÉGIA DE LONG & SHORT NO MERCADO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE DO PERÍODO DA PANDEMIA

TAINÁ ASSUNÇÃO DUARTE DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Administração, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em 07/06/2024

Banca examinadora:

(Assinado digitalmente em 11/06/2024 14:05)

DAVI RIANI GOTARDELO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCAdmS (12.28.01.00.00.00.16)
Matrícula: 1766609

(Assinado digitalmente em 12/06/2024 09:30)

MARCIO DE LIMA DUSI
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCAdmS (12.28.01.00.00.00.16)
Matrícula: 1735014

(Assinado digitalmente em 11/06/2024 19:20)

REINALDO RAMOS SILVA

CHEFE DE DEPARTAMENTO
DeptCADmS (12.28.01.00.00.00.16)
Matrícula: 1945259

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **233**, ano: **2024**, tipo: **CADASTRO**, data de emissão: **11/06/2024** e o
código de verificação: **59affe938b**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado sabedoria e discernimento para conduzir este trabalho e por ter me iluminado em todos os momentos de dúvida e incerteza. Agradeço também por ter me guiado e dado perseverança em toda a trajetória acadêmica.

Agradeço ao professor Davi Riani por ter me orientado neste trabalho, e por todo conhecimento compartilhado.

Agradeço aos meus pais, que me ensinaram a importância da disciplina, do esforço e da dedicação desde a infância. Em especial a minha mãe Alessandra e a minha irmã Tainara por todo apoio e por sempre comemorarem comigo cada conquista.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar como a estratégia *Long & Short* performou em pares de ações da CEMIG e Petrobras no mercado brasileiro de ações. O estudo ocorre durante o período de 2019 a 2022 como amostra de teste e como período de validação de 2023 a 2024. A metodologia utilizada foi a pesquisa quantitativa do tipo exploratória e os métodos foram a correlação e a cointegração. A pesquisa é relevante para os potenciais investidores, pois busca analisar a performance da estratégia *Long & Short* nas ações do mercado brasileiro, fazendo com que o investidor tenha comprovação da validação da estratégia. O pilar teórico do trabalho é a Teoria de Mercado Eficiente que sugere que os preços das ações refletem todas as informações disponíveis. Por outro lado, a estratégia de *Pairs Trading* visa explorar discrepâncias temporárias nos preços de dois ativos correlacionados, com o objetivo de obter lucros independentes da direção geral do mercado. Metodologicamente, o primeiro passo foi calcular a correlação, o segundo a cointegração, terceiro foi aplicado o teste ADF de Dickey-Fuller para calcular a não-estacionariedade das séries e por último foi realizada a análise dos resíduos. Os resultados mostram que a estratégia *Long & Short* teve bom desempenho nos pares de ações de CEMIG e, por outro lado, a estratégia não funcionou nos pares de ações da Petrobras. Em síntese, a estratégia *Long & Short* pode ser aplicada no mercado brasileiro de ações como uma alternativa de investimento.

Palavras chaves: CMIG4 e CMIG3; PETR4 e PETR3; Correlação; Cointegração; Long & Short.

ABSTRACT

The objective of this study is to verify how the Long & Short strategy performed on pairs of stocks from CEMIG and Petrobras in the Brazilian stock market. The study covers the period from 2019 to 2022 as a test sample and the period from 2023 to 2024 as a validation sample. The methodology used was exploratory quantitative research, and the methods were correlation and cointegration. The research is relevant for potential investors as it seeks to analyze the performance of the Long & Short strategy on Brazilian market stocks, providing investors with evidence of the strategy's validation. The theoretical pillar of the work is the Efficient Market Hypothesis, which suggests that stock prices reflect all available information. On the other hand, the Pairs Trading strategy aims to exploit temporary discrepancies in the prices of two correlated assets to achieve profits independent of the general market direction. Methodologically, the first step was to calculate the correlation, the second was cointegration, the third was applying the Dickey-Fuller ADF test to calculate the non-stationarity of the series, and finally, the residual analysis was performed. The results show that the Long & Short strategy performed well on CEMIG stock pairs, whereas the strategy did not work on Petrobras stock pairs. In summary, the Long & Short strategy can be applied in the Brazilian stock market as an investment alternative.

Keywords: CMIG4 and CMIG3; PETR4 and PETR3; Correlation; Cointegration; Long & Short.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resíduos CMIG4 e CMIG3 - 2019 a 2022	21
Gráfico 2. Resíduos PETR4 e PETR3 - 2019 a 2022.....	22
Gráfico 3. Comparativo de Performance 2023	23
Gráfico 4. Comparativo de Performance 2024	24
Gráfico 5. Resíduos Efetivado CMIG4 e CMIG3	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Teoria do Mercado Eficiente	11
2.2 Estratégias <i>Pairs trading: Long & Short</i>	12
3 METODOLOGIA	16
3.1. Método de Pesquisa	16
3.2. Coleta e Análise de Dados.....	16
3.2.1 - Correlação	16
3.2.2 - Cointegração	17
3.2.3 - Análise de Resíduos.....	19
4 ANÁLISE DE DADOS	20
4.1 Cálculo da Correlação.....	20
4.2 Cálculo da Cointegração e estacionariedade dos resíduos:	21
4.3 Análise dos Resultados da Estratégia Long & Short.....	22
5 CONCLUSÕES	25
6 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A formulação da hipótese de mercado eficiente teve início na década de 1960 através da dissertação de mestrado do economista americano Eugene Fama e visa explicar o comportamento dos investimentos. Desde quando a teoria foi formulada há um debate entre os pesquisadores e especialistas do mercado, tendo posições a favor e outras que questionam sua eficácia (REIS, 2018).

O primeiro artigo publicado por Fama foi em 1970 com o título *Efficient Capital Markets: a review of theory and empirical work*, onde fala sobre a eficiência do mercado de capitais. Com base neste estudo, para que um mercado seja eficiente é necessário que os custos da transação de negociação de títulos sejam inexistentes. Deve ser disponibilizado ao mercado as informações, sem custo, sobre os possíveis retornos futuros dos títulos (PEREIRA, 2017).

Em 1991, Fama publicou seu segundo artigo sobre o tema denominado *Efficient Capital Markets II*, e após nova avaliação definiu que a hipótese do mercado eficiente provoca uma situação onde os títulos revelam através dos preços todas as informações disponíveis (FAMA, 1991, p. 1.575). Com base nas pesquisas desenvolvidas, Fama reconheceu que a visão anterior dos retornos constantes é rejeitada pelos novos testes.

Bodie, Kane e Marcus (2010) contribuíram com a visão de Fama através da definição que para um mercado financeiro seja eficiente os preços dos ativos a serem negociados representa todas as informações disponíveis sobre eles.

Em um mercado eficiente, os investidores têm o retorno do que foi pago na compra do título e as empresas ficam com o que realmente vale das suas ações ao vender seus títulos. Sendo assim, não haverá diferença entre o valor de mercado e o custo de investimento, conseqüentemente as oscilações dos preços não tem relação com a não eficiência dos mercados, e sim com o fluxo de informações (ROSS, WESTERFIELD E JORDAN, 2008, p. 393).

De acordo com Reilly e Norton (2008), a hipótese de mercado eficiente tem três versões, sendo elas: hipótese da forma fraca, hipótese da forma semiforte e hipótese da forma forte. Todas as formas tratam sobre o comportamento dos preços das ações e serão explicadas ao logo deste trabalho.

A estratégia de *Long & Short* é utilizada para fazer investimentos em ações, que significa assumir uma posição comprada em ações subavaliadas, visando que tenha aumento de valor, e ao mesmo tempo assumindo uma posição vendida em ações sobre avaliadas, visando que tenha diminuição de valor. *Long & Short* pode ser uma estratégia lucrativa, ainda que o valor da posição comprada caia, a partir do momento que a posição vendida tenha um aumento que seja maior. A estratégia tem como objetivo reduzir a exposição aos riscos do mercado, e ao mesmo tempo, obter lucro com as variações das diferenças entre o valor de duas ações (SOUSA, 2013).

Visto isso, a hipótese de mercado eficiente e a estratégia *Long & Short* estão relacionadas no contexto da eficiência dos mercados financeiros e das estratégias de investimento que buscam explorar possíveis ineficiências.

A estratégia *Long & Short* ainda não é muito utilizada com as ações do mercado brasileiro, por não ter comprovação da sua eficiência no Brasil. Com a declaração da pandemia o mundo todo teve reflexos econômicos e impactou significativamente a bolsa de valores.

Através do estudo sobre a teoria do mercado eficiente e estratégias pairs-trading, este trabalho busca verificar a performance da estratégia *Long & Short* nas ações do mercado brasileiro durante o período de 2019 a 2022. As ações selecionadas para análise serão PETR3, PETR4, CMIG3, CMIG4. As ações foram escolhidas por pertencerem a mesma empresa, ou seja, ações ordinárias e preferenciais e que apontam uma relação de equilíbrio nos preços a longo prazo.

A pesquisa é relevante para os potenciais investidores, pois busca analisar a performance da estratégia *Long & Short* nas ações do mercado brasileiro, fazendo com que o investidor tenha comprovação da validação da estratégia, podendo assim selecionar os pares de ações utilizando os métodos de cointegração e correlação.

O objetivo geral do trabalho é verificar como a estratégia *Long & Short* performou em pares de ações da CEMIG e Petrobras no mercado brasileiro durante o período de 2019 a 2024, através dos métodos da correlação e cointegração.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- i) Verificar se os pares de ações selecionados são correlacionados e cointegrados;

- ii) Verificar como se comportam os resíduos e a estacionariedade das séries temporais;
- iii) Avaliar comparativamente o desempenho de operações de *Long x Short* com o desempenho do Índice IBOVESPA no período estudado.

O trabalho está dividido em 4 partes. Na parte 1, é apresentada a fundamentação da Teoria do Mercado Eficiente e as estratégias *Pairs trading* de *Long & Short*. Na parte 2 é apresentado o método de pesquisa utilizado, é feito o detalhamento de como foi feita a coleta e análise de dados das ações escolhidas e dos métodos de correlação e cointegração. Na parte 3 é relativa às análises são apresentados os resultados dos cálculos da correlação, cointegração e estacionariedade dos resíduos de CEMIG e Petrobras. E por fim, na parte 4 é apresentada a conclusão dos resultados dos testes utilizando a estratégia *Long & Short*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria do Mercado Eficiente

Fama (1970) diz que um mercado é eficiente quando o preço dos ativos representa totalmente as informações disponíveis. O foco dos primeiros estudos foi testar a eficiência do uso de modelos de estratégias com base nas séries históricas dos ativos. Fama chamou essa etapa de forma fraca, que é baseada na ideia de que os preços dos ativos têm mudança aleatória, mudanças na média e variância com o tempo, ou seja, sem probabilidade de previsão, e englobadas na definição de passeio aleatório. Na segunda parte da pesquisa, o objetivo foi observar como os preços do ativo se ajustam de acordo com a velocidade das informações da empresa quando são públicas e divulgadas. A forma semi forte diz que quando os preços respondem instantaneamente às novas informações é eficiente. E, a forma forte é baseada no teste da possibilidade de algum agente ter acesso à informação privilegiado ou exclusivo no mercado (XAVIER, 2014).

Segundo com Damodaran (1996) um mercado eficiente não necessita que o preço de um ativo no mercado e seu valor real sejam coincidentes. O que se espera é que os desvios encontrados entre os valores sejam aleatórios (*Random Walk*), com a mesma possibilidade de um ativo ser encontrado subvalorizado ou supervalorizado em qualquer momento e que não há presença de correlação entre esses ativos, independente da variável.

De acordo com Reilly e Norton (2008), a hipótese de mercado eficiente está dividida em três versões. Todas as informações sobre o histórico dos preços anteriores refletem no preço das ações, a quantidade de negociações ou operações e a observação de tendência não seria aproveitada, essa hipótese é chamada de forma fraca. A hipótese da forma semiforte diz que o preço das ações reflete, apesar dos preços anteriores, administração de qualidade e lucros previstos. Já a hipótese da forma forte observa-se que o preço das ações reflete todas as informações que forem pertinentes para a empresa, junto com informações e dados restritos.

Uma das contestações da hipótese de mercado eficiente foi feita por Lima (2003) e diz que as frequentes inovações no sistema financeiro é um motivo para contestar a Teoria da Hipótese de Mercados Eficientes. Ao surgir uma inovação é fundamental um tempo considerável para analisar e identificar o efeito nos preços dos

ativos. De acordo com que mais agentes aderem à inovação, durante o período de mudança, terão mais vantagens sobre os retardatários os agentes que são mais familiarizados, gerando lucros pela arbitragem entre produtos novo e produtos antigos. Ainda assim, há probabilidade de os investidores terem seus títulos negociados no mercado secundário, sem vínculo com informações e diagnósticos fundamentais das empresas emitentes, por ausência de motivação ou meios para fazer avaliações de rentabilidade, tomando todas as informações fornecidas pelo mercado financeiro, até quando as variáveis ocorridas não influenciam as empresas que emitem os títulos, gerando assim, interpretação e assimetria das informações.

Bodie, Kane e Marcus (2010), afirmam que uma crença em mercados eficientes pode parar o investidor fazendo com que não se justifique o esforço de pesquisa. No entanto, observam a presença de anomalias que fundamentam a busca por títulos subprecificados, entretanto, investimentos com estratégias superiores demais necessitam ser levadas em considerações com limitações, exigindo muita criatividade, diligência e inteligência do gestor.

2.2 Estratégias *Pairs trading*: Long & Short

Nos anos 80, os trabalhos de Bamberger e Tartaglia deram início às estratégias *Pairs trading*. Através de técnicas estatísticas criaram um algoritmo que identificasse e aproveitasse chances de arbitragens por meio de duas ações com alta correlação (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Rayes (2012) *Pairs trading* são estratégias que tem por objetivo analisar os desvios de curto prazo nas relações de equilíbrio de longo prazo nos preços de duas ações. Espera-se que a longo prazo os desvios sejam corrigidos e voltem ao equilíbrio. No mercado há diversas operações de *Pairs trading*, porém a mais conhecida no Brasil é a *Long & Short*.

As estratégias de *Long & Short* entre ações mais usadas são:

- Mesma empresa de classes e tipos diferentes;
- Empresas que pertencem ao mesmo setor econômico, com relação histórica estabilizada;
- Ação e índice setorial do mesmo setor da ação;

- Ações de holding e suas controladas (RAYES, 2012).

Caldeira (2010) afirma que *Pairs trading* é considerado um tipo de arbitragem estatística, utilizada por *hedge-funds*, com o objetivo de investigar os desvios de curto prazo relacionados em equilíbrio de longo prazo entre os preços de dois ativos. *Pairs trading*, através dos seus métodos tradicionais, procuram descobrir os pares de ações baseados em correlação juntamente com demais regras não-paramétricas. Para utilização de *Pairs trading* são considerados pares de ações que possuem relação de cointegração entre seus preços. Através da cointegração é possível atingir uma combinação linear de um par de ações de maneira que o portfólio resulte em um processo estacionário. A formação do portfólio é representada por comprando (longing) a ação subvalorizada e vendendo (shorting) a ação sobrevalorizada.

Para Gatev et. Al. (2006) a elaboração de uma estratégia *Pairs trading* simples consiste em encontrar dois ativos que tem a mesma movimentação no preço historicamente. Ao analisar o aumento na diferença entre os preços, aconselha-se que compre o ativo mais barato e venda o ativo mais caro. Para que o resultado seja positivo, é necessário que a relação entre os ativos se mantenha historicamente e os preços se convirjam.

Segundo Vidyamurthi (2004) a cointegração é um parâmetro utilizado para definir se os preços de um par de ativos estão se movimentando juntos. A vantagem do uso da cointegração em relação ao uso da correlação é possibilidade de usar séries de preços, comumente estacionárias na primeira diferença. Neste caso, a cointegração é demonstrada na correção de erros. Em uma situação que a média de longo prazo de um arranjo de duas séries temporais cointegradas tenha desvio, para retornar ao equilíbrio as séries se ajustarão. Visto isso, quando há diferença entre duas séries de preços de ações cointegradas, a média no longo prazo será revertida, sendo essencial para que a estratégia *Long & Short* seja rentável (CALDEIRA, 2013).

Pairs trading são estratégias de investimento não direcionadas e com valores relativos, na qual atua sobre o diferencial de preço entre um par de ativos negociados níveis diferentes da sua relação histórica. Visto isso, a estratégia atua na compra do ativo subvalorizado e venda do ativo sobrevalorizado, com o objetivo de preservar a operação market neutral (EHRMAN, 2006).

Para Jegadeesh e Titiman (1995) projeta que os lucros de uma estratégia *Pair trading* são relativamente oriundos dos agentes econômicos que possuem reação exagerada, diante de informações exclusivas de uma empresa estipulada.

Whistler (2004) diz que para a seleção de pares o que importa é a correlação entre os ativos, sendo o método que determina se os preços das ações se movimentam de forma parecida.

O principal objetivo da estratégia de *Pairs trading* é alcançar rentabilidade através da diferença da razão histórica de dois ativos financeiros e a razão atual, acreditando que a razão entre o par de ativos retornará à sua razão histórica. (BALDASSO, 2010). A seguir, serão apresentados trabalhos atuais sobre *Pairs trading* por cointegração no mercado brasileiro de ações.

Caldeira e Moura (2013) desenvolveram um trabalho considerando o período de janeiro de 2005 e outubro de 2012 com os dados diários dos 50 ativos mais líquidos da Bovespa, foram utilizados testes de cointegração para selecionar os ativos para aplicar as estratégias de *Pairs trading*. O intuito era avaliar o equilíbrio de longo prazo e moldar os resíduos, com base em indicador de lucratividades dos pares de ações. O resultado obtido é que a estratégia utilizada apresentou excessos de retorno da ordem de 16,38% ao ano, índice de Sharpe de 1,34 e baixa correlação com o Ibovespa. Também foi aplicada a cointegração com estacionariedade máxima na estratégia dos pares de ativos.

O trabalho de Sampaio (2016) foi baseado em um método simples que primeiro escolhe os pares no horizonte de 12 meses e depois aplica a estratégia de investimento nos pares em ciclo mensal com repetições consecutivas após esta, até o uso total dos dados analisados que foram coletados na Economática. O período de teste foi entre 2006 e 2015, utilizando o preço de fechamento diário na Ibovespa de 50 ações com maior volume, não considerando o critério de setorização. Entre 2007 e 2015 foi analisado um total de 108 janelas estudadas por mês, dentre elas, de um total de 1.225 pares, 130 deles foram cointegrados projetando lucro líquido acumulado de 46,3%. Com base no estudo, concluiu que os retornos esperados não foram interessantes.

Santos e Pessoa (2017) consideram ações negociadas na Ibovespa entre 2003 e 2014 utilizando testes de cointegração nas estratégias *Pairs trading*. Os testes foram

realizados com diferentes bandas de abertura, fechamento e pausa. Foram utilizadas três estratégias distintas para analisar o desempenho. A estratégia 1 obteve o retorno líquido médio de 5,24%; estratégia obteve retorno líquido de 5,1% e a estratégia 3 obteve retorno líquido de 8,29% ao ano. As estratégias 1, 2 e 3 obtiveram também Índice de Sharpe médio anual de 0,33, 0,31 e 0,54, nesta ordem. Os autores concluíram que a estratégia 1 teve a performance superior em relação às outras.

3 METODOLOGIA

3.1. Método de Pesquisa

Este trabalho constituiu-se como uma pesquisa do tipo exploratória, com abordagem quantitativa aplicada ao banco de dados das cotações diárias das ações. A obtenção dos dados foi realizada de forma longitudinal, acompanhando as mesmas cotações diárias ao longo do tempo.

Segundo CRESWEL (2010), a pesquisa longitudinal coleta os dados de um mesmo grupo de sujeitos repetidamente ao longo de um período de tempo, sendo assim indicada para analisar mudanças ao longo do tempo. Foram utilizados os métodos de correlação e cointegração para atingir os objetivos propostos. Os métodos serão explicados neste capítulo.

3.2. Coleta e Análise de Dados

Neste estudo foram utilizadas as cotações históricas diárias das ações CMIG3, CMIG4, PETR3 e PETR4 no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2022 como amostra de teste e no período de 2023 a 2024 como amostra de validação. Os dados foram retirados do site B3 através de arquivos que foram convertidos em Excel. As ferramentas utilizadas para realizar os cálculos foram o Excel e algoritmos em linguagem Python. Os métodos utilizados foram correlação e cointegração. Os ativos foram escolhidos com o objetivo de verificar se os pares são correlacionados e cointegrados.

3.2.1 - Correlação

O método da correlação, conhecido também como coeficiente de correlação, fornece o grau de ligação direta entre duas variáveis aleatórias. Karl Pearson é idealizador do método de correlação mais conhecido, denominado correlação de Person, extraído por meio da divisão da covariância de duas variáveis pelo produto de seus desvios padrão.

A fórmula de Pearson é usada para calcular a correlação entre duas variáveis, dada por:

$$\text{Correlação} = \frac{\text{Covariância (X, Y)}}{\text{Desvio Padrão (X)} \times \text{Desvio Padrão (Y)}}$$

Onde,

Covariância (X, Y) é a covariância entre as variáveis X e Y;

Desvio Padrão (X) é o desvio padrão de X;

Desvio Padrão (Y) é o desvio padrão de Y.

A covariância mede como duas variáveis variam juntas, enquanto o desvio padrão é uma medida de dispersão que indica quão longe os valores individuais estão da média.

A covariância analisa como um par de variáveis variam juntas, ao mesmo tempo que o desvio padrão indica a distância que os valores individuais estão na média. A fórmula resulta em um valor que varia entre -1 e 1. A correlação positiva perfeita é indicada pelo valor 1, a correlação negativa perfeita é -1 e 0 é a ausência de correlação linear.

Para estudar os padrões entre os ativos, utilizam-se técnicas econométricas e ferramentas de análise estatística para verificar se o comportamento é estacionário. Isso é importante para evitar choques que possam prejudicar o modelo dos ativos no futuro, como alterações nas condições de negociação logo na abertura das posições, o que poderia quebrar a condição de estacionariedade (Cavalcanti, 2019).

3.2.2 - Cointegração

Segundo Gujarati (2011), o modelo de cointegração investiga os movimentos em conjunto dos preços das ações no longo prazo, com isso busca identificar a distância estacionária dos resíduos da regressão e conseqüentemente retornos financeiros através da reversão dos resíduos da média de longo prazo.

Para Pontuschka, Perlin (2015) o método da cointegração tem como objetivo “modelar o relacionamento de longo prazo entre séries temporais integradas de mesma ordem”. Portanto, o conceito busca validar a relação de longo prazo entre séries temporais sem diferenciação.

Para Cavalcanti (2019), a objetividade e generalidade da análise entre os pares de ações analisados é a principal vantagem do modelo de cointegração. O modelo pode ser aplicado na maior parte dos ativos, sem levar em consideração fatores econômicos e financeiros.

Alexander (2005) afirma que a cointegração refere-se aos movimentos conjuntos dos preços dos ativos ou taxas de câmbio. Os preços são cointegrados quando os spreads indicam reversão à média e o valor dos ativos estão relacionados por tendência estocástica comum no longo prazo.

Quando duas ações são cointegradas têm relação de longo prazo estável e equilibrada, mesmo sendo não estacionárias. Em vista disso, os preços de duas ações seguem tendências ao longo do tempo, porém a diferença entre as duas continua estacionária.

Para que duas ações sejam consideradas cointegradas precisam ter os seguintes requisitos: não estacionariedade individual, relação de longo prazo e resíduos estacionários. Com isso, as séries temporais das ações devem ser não estacionárias em nível, porém em estacionária nas primeiras diferenças. Apesar disso, as ações precisam ter relação linear de longo prazo estacionária. A regressão linear de uma série sobre outra deve gerar resíduos estacionários.

Neste estudo, para testar a não-estacionariedade das séries individuais foi aplicado o teste estatístico Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (Dickey & Fuller, 1979). O teste ADF é utilizado para verificar se há raiz unitária em uma série temporal, contando que a série é não estacionária. O teste segue a regressão a seguir:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Onde,

Operador de diferença = Δ .

Série temporal = y_t .

Tendência temporal opcional = t .

Termo de erro branco = ε_t .

O teste ADF diz que quanto mais negativa é a estatística ADF, mais forte é a evidência contra a hipótese nula. Caso valor-p seja menor que o nível de significância (0,05), rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que a série é estacionária. Logo após, compara-se a estatística ADF com os valores críticos com níveis de significância 1%, 5% e 10%.

3.2.3 - Análise de Resíduos

A análise de resíduos da cointegração é indispensável para verificar se existe relação de longo prazo entre as séries temporais não estacionárias. O primeiro passo é verificar se as séries temporais são não estacionárias e possuem a mesma ordem de integração. Essa verificação pode ser feita utilizando o Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Considerando que as séries são não estacionárias e têm a mesma ordem de integração, estima-se um modelo linear para as séries:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$$

Onde,

Y_t e X_t são séries temporais;

u_t são resíduos da regressão.

Feito isso, os resíduos são calculados por $u_t = Y_t - (\alpha + \beta X_t)$.

Para que possamos verificar se podemos aplicar a estratégia *Long & Short* em um par de ações, é necessário seguir alguns passos. Primeiro é feito o cálculo da correlação para verificar se os pares são correlacionados. O segundo é realizar o cálculo da cointegração para verificar se os pares são cointegrados. E por último, é feita a análise dos resíduos para verificar se as séries são estacionárias.

4 ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo serão apresentados os cálculos, como foram feitos e a análise dos resultados. O primeiro passo é realizar o cálculo da correlação, o segundo é o cálculo da cointegração e estacionariedade dos resíduos, e por fim, será realizada a análise da estratégia de *Long & Short* e o comparativo do comportamento das ações em períodos de tempo diferentes.

4.1 Cálculo da Correlação

Um par de ações é considerado correlacionado quando entre seus preços e retornos há relação estatística. Existe três tipos de correlação: positiva, negativa e nula, que indicam a direção e a força da relação entre os movimentos dos preços das duas ações. É possível medir a correlação por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

Para realizar o cálculo da correlação são necessários dados históricos que contenham série temporal de dados dos preços ou retornos de duas ações. O retorno é calculado com base na variação percentual do preço de fechamento relacionado com o preço de fechamento do dia anterior.

O objetivo do coeficiente de correlação de Pearson é medir a força e a direção da relação direta entre o retorno de duas ações. Quando o coeficiente de correlação tem valor 1 é considerada correlação perfeita, ou seja, se uma ação sobe, a outra tem tendência a subir. Coeficiente com valor 0 não representa correlação, ou seja, o movimento das ações independe. E, o coeficiente -1 representa a correlação perfeita negativa, ou seja, no momento em que uma ação sobe, a outra tem tendência a cair.

Os pares selecionados para o cálculo da correlação no período de 2019 a 2022 foram: CMIG4 e CMIG3 que teve correlação de 0,8795 muito próxima de 1. Já PETR4 e PETR3 teve correlação de 0,9786, também muito próxima de 1.

Com base nos dados analisados, podemos afirmar que os pares de ações utilizados têm correlação positiva, o que significa que as ações têm tendência a se movimentarem na mesma direção. Este resultado se deu, pois, as ações pertencem ao mesmo setor e provavelmente têm influência dos mesmos fatores econômicos.

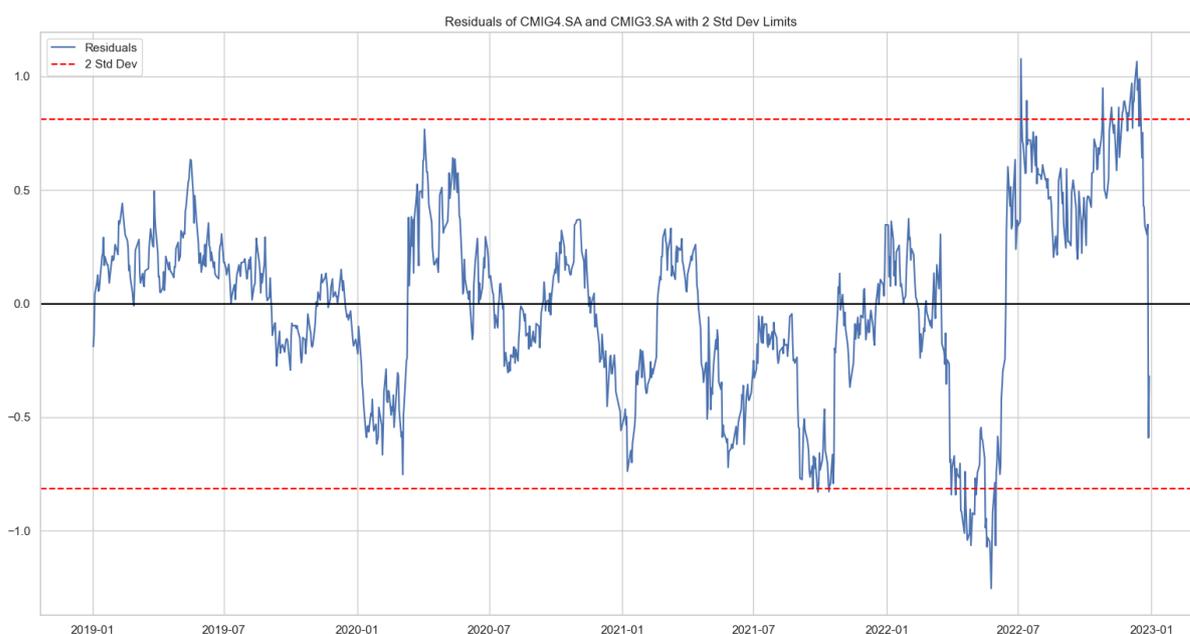
4.2 Cálculo da Cointegração e estacionariedade dos resíduos:

Foi realizado o cálculo da cointegração e da estacionariedade dos resíduos no Python e obtiveram os seguintes resultados:

O par de ações PETR4 e PETR3 apresentou cointegração de 0.5547 e estacionariedade dos resíduos de 0.4256. Já o par de ações CMIG4 e CMIG3 apresentou cointegração de 0.0278 e estacionariedade dos resíduos de 0.0076.

Diante dos resultados foi possível afirmar que PETR4 e PETR3 é uma série não estacionária e consequente não são cointegradas. Ao contrário de CMIG4 e CMIG3 que é uma série estacionária e cointegrada.

Gráfico 1. Resíduos CMIG4 e CMIG3 - 2019 a 2022



Fonte: Próprio autor, elaborado por Python.

Gráfico 2. Resíduos PETR4 e PETR3 - 2019 a 2022



Fonte: Próprio autor, elaborado por Python.

Com base na análise dos cálculos realizados foi constatado que CEMIG é uma série cointegrada e Petrobras é uma série não cointegrada. Diante dos critérios apresentados ao longo do trabalho, somente em CEMIG pode ser aplicada a estratégia de *Long & Short*. Por este motivo optou-se por seguir análise somente de CEMIG.

4.3 Análise dos Resultados da Estratégia Long & Short

Com base nos resultados obtidos anteriormente, no par de ações CMIG4 e CMIG3 pode ser aplicada a Estratégia de *Long & Short*, pois a série dos resíduos é estacionária, não assume tendência e são cointegradas.

Para fins de teste da estratégia, será utilizado o limite de 02 desvios-padrão dos resíduos para a entrada da estratégia, com a saída no momento em que o resíduo retorna para 0 (zero) desvio-padrão. Assim, no caso do par CMIG4 x CMIG3, caso o valor dos resíduos atinja o limite de -2DP, será comprado o primeiro ativo (CMIG4) e vendido o segundo ativo (CMIG3). Por outro lado, caso o valor dos resíduos atinja o limite de +2DP, será vendido o primeiro ativo (CMIG4) e comprado o segundo ativo (CMIG3).

O gráfico 3 apresenta o desempenho da estratégia de Long x Short com CEMIG no ano de 2023. Nota-se que a estratégia não teve um bom desempenho frente ao IBOVESPA, já que sofreu perdas de cerca de 12% no ano, enquanto que o IBOVESPA valorizou cerca de 25% no período.

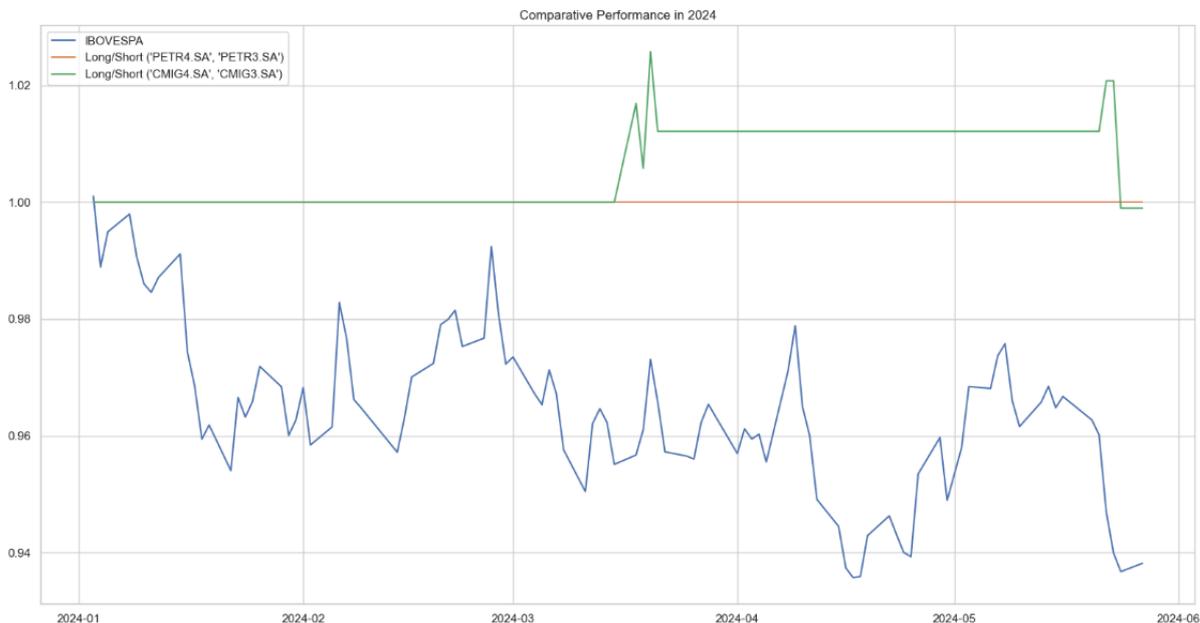
Gráfico 3. Comparativo de Performance 2023



Fonte: Próprio autor, elaborado por Python.

Já no ano de 2024, a estratégia teve relativamente um bom desempenho em relação ao IBOVESPA, pois CEMIG sofreu perda de 2% no ano, enquanto IBOVESPA sofreu perda de 7%. Com base nisso, notou-se que CEMIG começou com valor mais alto que o IBOVESPA e mesmo com a perda, ao final do período retornou para um valor bem próximo do inicial, continuando com melhor desempenho, como mostra o gráfico 4.

Gráfico 4. Comparativo de Performance 2024



Fonte: Próprio autor, elaborado por Python.

O gráfico 5 apresenta os resíduos reais efetivados do período de teste da estratégia com CEMIG, nota-se que a estratégia teve um bom desempenho pois ao final do período teve um ganho de aproximadamente de 6%.

Gráfico 5. Resíduos Efetivado CMIG4 e CMIG3



Fonte: Próprio autor, elaborado por Python.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho utilizou a pesquisa quantitativa do tipo exploratória, por meio dos métodos da correlação e cointegração para analisar a performance da Estratégia *Long & Short* nas ações da CEMIG e Petrobrás no período de 2019 a 2024. Por meio da análise da correlação e cointegração observou-se que as ações CMIG4 e CMIG3 são correlacionadas e cointegradas, e por outro lado, PETR4 e PETR3 são correlacionadas, mas não são cointegradas. Com base nisso, optou-se por seguir adiante os testes somente com CMIG4 e CMIG3.

Com base na análise do desempenho da estratégia *Long & Short* com CEMIG, concluiu que no ano de 2023 a estratégia não teve bom desempenho frente ao IBOVESPA, pois sofreu perda de aproximadamente 12% no ano, ao mesmo tempo que IBOVESPA subiu 25% aproximadamente. Por outro lado, no ano de 2024 a estratégia teve um bom desenvolvimento, pois iniciou positiva e ao final do período teve queda de cerca de 2%, enquanto IBOVESPA iniciou em queda e ao final do período sofreu perda de cerca de 7%.

Considerando a estratégia não ter dado certo com as ações da Petrobras, temos duas hipóteses. A primeira é o comportamento dos resíduos, principalmente o desvio-padrão que teve muita variação do período de teste para o período de avaliação. E a segunda é que não foi feita a definição e otimização dos "stops" da operação. O "stops" referem-se a ordens específicas que os traders utilizam para gerenciar o risco e otimizar os lucros e são essenciais para traders de todos os níveis, pois ajudam a gerenciar as posições de forma eficaz, protegendo contra movimentos adversos do mercado e garantindo a realização de lucros em movimentos favoráveis. Com base nisso, acredita-se que as hipóteses apresentadas podem ter contribuído para um resultado negativo da estratégia.

Embora a estratégia *Long & Short* seja uma ferramenta com grande desempenho em mercados mais desenvolvidos, aplicá-la no mercado brasileiro de ações envolve superar desafios significativos. A baixa liquidez, altos custos operacionais, regulações rigorosas, alta volatilidade, assimetria de informações e desafios técnicos dificultam a implementação eficaz desta estratégia no Brasil. Investidores que desejam seguir essa abordagem precisam estar cientes desses

obstáculos e desenvolver estratégias para neutralizá-los, possivelmente recorrendo a recursos locais especializados e adaptando suas expectativas de retorno e risco.

De acordo com os resultados da aplicação da estratégia *Long & Short* nesta pesquisa, foi possível afirmar que a estratégia pode ser aplicada no mercado de ações brasileiro e obter bom desempenho. Um teste interessante a ser realizado é utilizar pares de ações constituídos por empresas diferentes, de ramos diferentes e definir os “stops” de operação.

6 REFERÊNCIAS

_____. **Efficient Capital Markets II**, Journal of Finance, 46: 1575-1617, 1991.

Alexander, C. (2005). Modelos de mercado: um guia para a análise de informações financeiras. São Paulo, SP: Saraiva.

AMGH Editora Ltda, 2010.

BALDASSO, Angelo P. (2010). Utilização da Estratégia Pairs Trading em Operações com Pares de Ações no Mercado Acionário Brasileiro por Investidores Individuais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan J. **Investimentos**. 8ª Edição. Porto Alegre:

CALDEIRA, J. F. Arbitragem Estatística e Estratégia Long-Short Pairs Trading, Abordagem da Cointegração Aplicada a Dados do Mercado Brasileiro. 2010.

Caldeira, J. F., & Moura, G. V. (2013). Selection of a portfolio of pairs based on cointegration: a statistical arbitrage strategy. Brazilian Review of Finance, 11(1), 49-80.

CALDEIRA, João F. Arbitragem Estatística, Estratégia Long-Short Pairs Trading, Abordagem com Cointegração Aplicada ao Mercado de Ações Brasileiro. **Revista Economia, Brasília**, v. 14, n. 1, p. 521-546, 2013.

CAVALCANTI, Raphael Silveira Guerra et al. Composição de portfólios por pairs trading com critério de volatilidade no mercado brasileiro. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 32, p. 273-284, 2021.

CRESWELL, JOHN W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto alegre: Artmed, 2010.

DAMODARAN, Aswath. **Avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1996.

DICKEY, D. A., & FULLER, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, 74(366), 427-431.

EHRMAN, Douglas S. The Handbook of Pairs Trading. John Wiley & Sons, Inc., 2006.

FAMA, Eugene F. **Efficient Capital Markets: a review of theory and empirical work**, Journal of Finance 25, p. 383-417, 1969. Publicado em maio de 1970.

GATEV, Evan, GOETZMANN, William N., ROUWENHORST, K. Geert. **Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule**. Yale ICF Working Paper No. 08-03. 2006.

Gujarati, D. N. (2011). Econometria básica. Porto Alegre, RS: AMGH.

JEGADEESH, N.; TITMAN, S. Short-Horizon Return Reversals and the Bid-Ask Spread. Journal of Financial Intermediation, 4, p.116-132, 1995.

LIMA, Luiz Antônio de Oliveira. **Auge e Declínio da Hipótese dos Mercados Eficientes**. Revista de Economia Política, vol. 23, nº 4 (92), outubro-dezembro/2003.

OLIVEIRA, Adriano Gonçalves de. **Análise do efeito de crises sobre estratégias de pairs trading no Brasil**. 2017. Tese de Doutorado.

PEREIRA, Alonso Luiz Luiz. A Moderna Teoria Financeira: origem, evolução e importância na atualidade. **Negócios em Projeção**, v. 8, n. 1, p. 127-138, 2017.

PONTUSCHKA, Martin; PERLIN, Marcelo. A estratégia de pares no mercado acionário brasileiro: O Impacto da frequência de dados. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 16, p. 188-213, 2015.

RAYES, Ana Cristina Rocha Wardini. **“Análise de estratégias pairs trading através dos métodos de cointegração e correlação aplicados ao mercado acionário brasileiro”**. 2012. Dissertação de Mestrado.

REILLY, Frank K. NORTON, Edgar A. **Investimentos**. 7ª Edição. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

REIS, Tiago. Hipótese do mercado eficiente: entenda mais sobre essa teoria. **Suno**, 28 ago. 2018. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/mercado-eficiente/>. Acesso em: 09 nov. 2023.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Bradford D. **Administração Financeira**. 8ª Edição. São Paulo: McGraw Hill, 2008.

SAMPAIO, J. P. P. A. (2016). **Pairs trading: aplicação no mercado de ações brasileiro**. (Monografia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, J. F. C., & Pessoa, M. S. (2017). Arbitragem estatística entre dois ativos: um estudo da abordagem de cointegração no Brasil entre 2003 e 2014. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*, 8(2), 124-139.

SOUSA, José. **Análise De estratégias Long-Short Trading Com rácios De variâncias**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

VIDYAMURTHY, Ganapathy. **Pairs trading: quantitative methods and analysis**. Hoboken, NJ: J. Wiley, 2004.

WHISTLER, Mark. **Negociação de pares: captura de lucros e cobertura de risco com estratégias de arbitragem estatística**. John Wiley & Filhos, 2004.

XAVIER, Cássio Andrade. **Estratégia pairs trading aplicada ao mercado brasileiro de ações**. 2014.