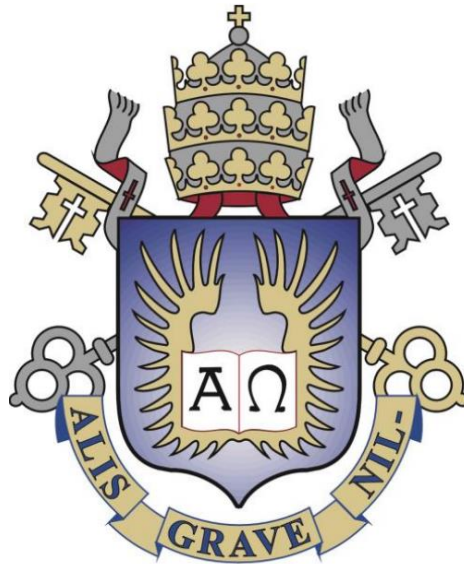


**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**



**PUC**  
**RIO**

**O CÁLCULO DO VALUE AT RISK PARAMÉTRICO DE CARTEIRA DE**  
**JUROS PRÉ-FIXADOS A PARTIR DE PROJEÇÃO ECONÔMICA**

**Juliana Ferreira de Souza Motta**

**2010799**

**Orientador: Eduardo Marinho**

**Junho de 2024**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**O CÁLCULO DO VALUE AT RISK PARAMÉTRICO DE CARTEIRA DE**  
**JUROS PRÉ-FIXADOS A PARTIR DE PROJEÇÃO ECONÔMICA**

**Juliana Ferreira de Souza Motta**  
**2010799**

**Orientador: Eduardo Marinho**

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

**Junho de 2024**

## AGRADECIMENTOS

À minha família pelo amor e apoio incondicional e por terem sido os principais responsáveis por quem eu sou hoje. À minha mãe Daniella, por alimentar os meus sonhos e sempre me lembrar o lado doce e leve da vida. Ao meu pai Eduardo, por me mostrar que esforço e dedicação tornam o impossível, possível. Ao meu irmão André, pelos conselhos valiosos e companhia a vida toda. Ao meu namorado Lucas, pela compreensão e apoio ímpar e por instigar a minha melhor versão. Eu me espelho em vocês todos os dias.

Aos meus amigos que me acompanharam ao longo dessa jornada, pelas trocas diárias, pela parceria e por tornarem este período mais prazeroso. Agradeço ao por ter me fornecido o conhecimento necessário para o desenvolvimento desta monografia, ao Felipe e ao Lucas pelos ensinamentos inumeráveis e por me instigarem a sempre querer aprender mais.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Eduardo Marinho pela troca enriquecedora e por ter me conduzido de forma excelente para que este trabalho tomasse forma.

**Palavras chave:**

VaR; EWMA; Curva de Juros; Fatores de Risco; VaR Paramétrico

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Cenário Econômico .....</b>	<b>11</b>
3.1 Curva de Juros .....	11
3.2 Opinião econômica .....	13
3.2.1 Inflação.....	13
3.2.2 Emprego .....	13
3.2.3 Nuci .....	14
3.2.4 Mercado externo .....	15
3.3 Conclusão da Análise Econômica .....	17
<b>4 COMPOSIÇÃO DO TRADE .....</b>	<b>19</b>
4.1 Mapeando os fatores de risco .....	19
4.2 Detalhes do Trade .....	200
<b>5 CÁLCULO DO GERENCIAL .....</b>	<b>211</b>
5.1 Resultado Gerencial.....	244
<b>6 VALUE AT RISK (VAR) .....</b>	<b>26</b>
6.1 Cálculo do VaR .....	27
6.2 VaR Paramétrico .....	288
6.2.1 Desvio - Padrão .....	30
6.2.2 EWMA .....	30
6.3 Cálculo da matriz de covariância.....	27
<b>7 RESULTADOS DO VAR .....</b>	<b>32</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>



## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Curva de juros spot pré-fixada (28/10/2014) .....	11
<b>Gráfico 2</b> - Curva forward de mercado 28/10/2014.....	12
<b>Gráfico 3</b> - Evolução da taxa de Desemprego no Brasil ao mês .....	14
<b>Gráfico 4</b> - Número de pessoas desempregadas nos EUA, por características selecionadas de janeiro 2010 – setembro 2014 .....	16
<b>Gráfico 5</b> - Comparação entre curva forward de mercado do dia 28/10 com a curva elaborada a partir de minha projeção econômica .....	18
<b>Gráfico 6</b> - Evolução do VaR Paramétrico com suavização EWMA.....	28
<b>Gráfico 7</b> - Evolução do VaR Paramétrico .....	28

## LISTA DE FÓRMULAS

<b>Fórmula 1</b> - Fórmula de precificação de futuro de DI .....	20
<b>Fórmula 2</b> - Selic Diária .....	21
<b>Fórmula 3</b> - Taxa de desconto diária .....	22
<b>Fórmula 4</b> - Duration do contrato .....	22
<b>Fórmula 5</b> - Nocional do contrato .....	22
<b>Fórmula 6</b> - Carrego total do contrato .....	22
<b>Fórmula 7</b> - Delta de Taxa por contrato .....	23
<b>Fórmula 8</b> - P&L de Taxa por contrato .....	23
<b>Fórmula 9</b> - P&L total por contrato .....	23
<b>Fórmula 10</b> - P&L da posição .....	23
<b>Fórmula 11</b> - Probabilidade de excedência do VaR .....	27
<b>Fórmula 12</b> – VaR relativo à média para um fator risco .....	28
<b>Fórmula 13</b> – Desvio Padrão .....	30
<b>Fórmula 14</b> – Volatilidade estimada pela EWMA .....	31



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Vértices de Reunião do COPOM .....	12
<b>Tabela 2</b> - Resultados do Gerencial .....	24
<b>Tabela 3</b> - Resultados do Período .....	25

# 1 INTRODUÇÃO

O primeiro passo deste estudo é a busca por fontes de dados para a formação da estratégia de trading com base nos movimentos esperados frente às futuras reuniões do COPOM (Comitê de Política Monetária). O órgão em questão, é responsável principalmente por definir o regime de política monetária a ser seguido e a meta para taxa básica de juros da economia brasileira, a taxa SELIC. Esta, é um dos elementos centrais da conduta de política monetária no Brasil desde 1999, ano em que o regime de metas para a inflação foi implementado. De forma simplificada, o Banco Central, a partir das metas de inflação ou bandas de variação, definidas pelo Conselho Monetário Nacional (CMN), se compromete com o objetivo de alcançar a estabilidade dos preços, ou seja, uma inflação estável e baixa, no cenário de longo prazo da economia. Um conjunto de procedimentos são necessários para garantir a estabilidade de preços no país, e a taxa Selic, por meio de diversos canais na economia, afeta a inflação.

O fato de a taxa Selic ser reconhecida como a taxa básica de juros da economia vem de sua influência sobre as outras taxas de juros existentes, como as de empréstimos, financiamentos e de aplicações financeiras. Ela é a referência primária, o piso para a determinação das outras taxas praticadas. Sua maior influência é sobre a taxa DI, costumam se mover de forma alinhada e próxima. A taxa DI (Depósito Interbancário), é a média dos juros dos empréstimos que bancos fazem entre si diariamente a fim de regularem a liquidez ao ajustarem seus saldos de caixa diários. Essas negociações interbancárias são chamadas de Certificados de Depósito Interbancário (CDI).

Quando falamos em contratos futuros de DI, por outro lado, falamos da acumulação das taxas diárias de DI compreendidas entre a data de negociação e o último dia de negociação do contrato. Desta forma, os valores de taxa implícitos nos preços desses contratos refletem as expectativas do mercado em relação as taxas de juros DI que prevalecerão em um determinado período futuro.

Assim como prevê a Teoria das Expectativas, as taxas de juros de títulos de maturidade distintas se diferem devido ao fato de que as taxas de juros de curto prazo possuem valores esperados diferentes em datas futuras. Isso significa que ao negociarmos estes contratos, estamos lidando com as taxas forward de DI a partir da crença do que acreditamos sobre o desempenho futuro das taxas de curto prazo de DI. Além disso, de

acordo com a Teoria da Liquidez, títulos de diferentes maturidades são assumidos como substitutos no sentido de que o retorno esperado de um título influencia o retorno esperado de outro título com outro vencimento, apesar de investidores possuírem também preferências variadas. Estes são tendenciosos a preferirem títulos de prazos mais curtos dado que envolvem menores riscos de taxa, por este motivo, títulos de prazos mais longos incorporam o que é chamado de um “prêmio positivo de liquidez” afim de incentivar o carregamento de títulos de vencimentos mais longos que possuem menos demanda/oferta e mais volatilidade de taxa, ou seja, mais risco.

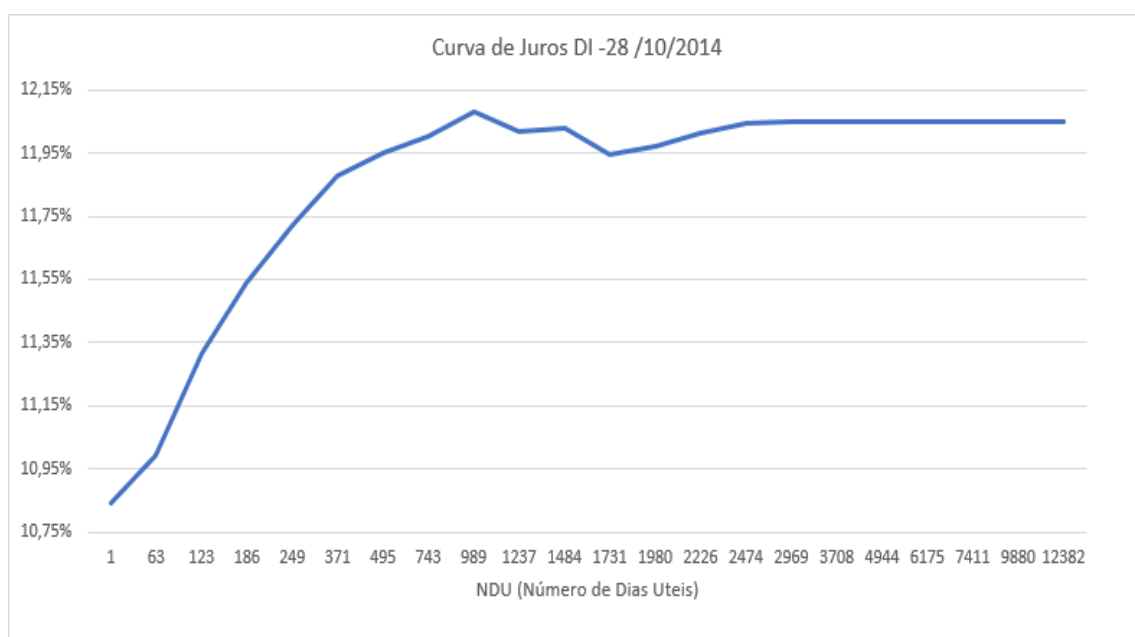
Por esta razão, a curva DI x PRE é uma boa proxy para as expectativas do mercado em relação a curva de juros ao longo dos anos, onde até os 2 primeiros anos a frente lidamos com as expectativas de fato sobre o desempenho futuro das taxas de curto prazo DI e nos anos seguintes é precificado prêmio de risco. É a partir desta curva que irei em seguida montar a minha estratégia.

## 3 Cenário Econômico

### 3.1 Curva de Juros

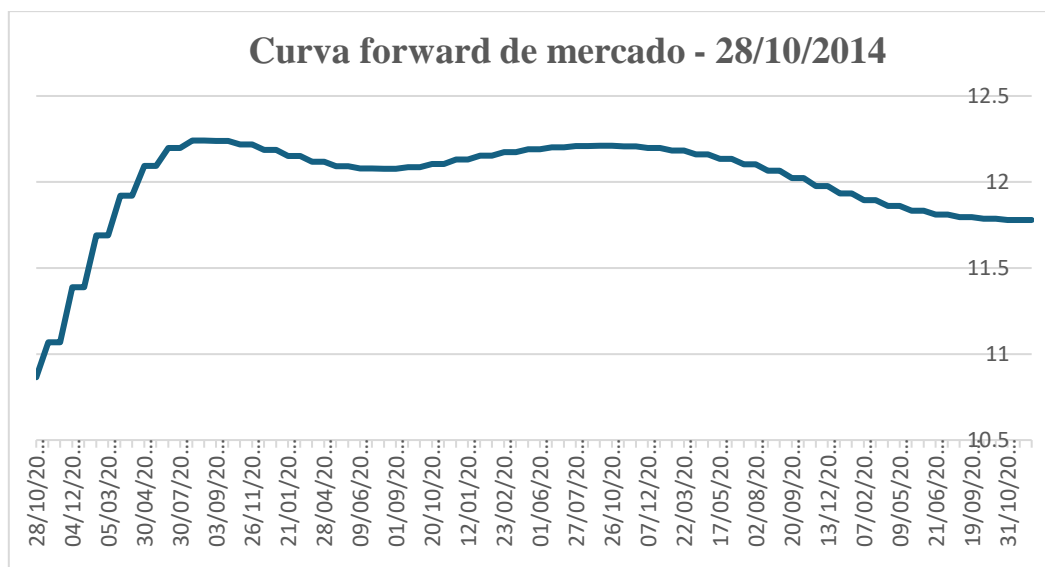
O ano é 2014, dois dias após Dilma Roussef ganhar as eleições presidenciais por 51,64% dos votos a frente de Aécio Neves. A representação gráfica da curva de juros pré-fixado spot deste dia, obtida através das taxas de ajuste dos contratos futuro de DI disponibilizadas pela B3, é demonstrada abaixo:

**Gráfico 1** - Curva de juros spot pré-fixada (28/10/2014).



Fonte: Elaborado pela autora.

A representação gráfica a seguir representa a estimacão da curva forward de mercado do dia 28/10/2014 interpolada para vrtices de reunião do Copom  frente:

**Gráfico 2** - Curva forward de mercado 28/10/2014.

Fonte: Elaborado pela autora a partir do Estimador CDIE – Bloomberg.

A curva acima é plotada a partir de estimativas para os choques que serão dados pelo COPOM nas próximas reuniões, ou seja, os pontos de descontinuidade do gráfico, levando em conta como base as curvas forward do DI para tais maturidades.

As datas de reunião do COPOM em questão são mostradas a seguir:

**Tabela 1** - Vértices de Reunião do COPOM.

<u>Vertices_Reunião</u>	<u>Vertices_Reunião</u>
30/10/2014	01/06/2017
04/12/2014	27/07/2017
22/01/2015	08/09/2017
05/03/2015	26/10/2017
30/04/2015	07/12/2017
05/06/2015	08/02/2018
30/07/2015	22/03/2018
03/09/2015	17/05/2018
22/10/2015	21/06/2018
26/11/2015	02/08/2018
21/01/2016	20/09/2018
03/03/2016	01/11/2018
28/04/2016	13/12/2018
09/06/2016	07/02/2019
21/07/2016	21/03/2019
01/09/2016	09/05/2019
20/10/2016	21/06/2019
01/12/2016	01/08/2019
12/01/2017	19/09/2019
23/02/2017	31/10/2019
13/04/2017	12/12/2019

Fonte: Elaborado pela autora.

## 3.2 Opinião econômica

### 3.2.1 Inflação

Como mencionado acima, o Conselho Monetário Nacional (CMN) define uma meta específica de inflação para cada ano ao passo em que o COPOM tem o objetivo de convergi-la para tal meta. O nível do IPCA acumulado no ano então, é usado para avaliar o cumprimento em relação a meta.

No ano em questão, a meta era de 4,5% com intervalo de tolerância de [2,5% , 6,5%].

O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de setembro de 2014 registrou uma variação de 0,57%, representando uma aceleração significativa em relação ao mês anterior, que teve uma variação de 0,25%. Esse aumento mais que dobrou a taxa de inflação mensal, contribuindo para um acumulado no ano de 4,61% e um índice acumulado nos últimos 12 meses de 6,75%, avançando em 0,25 p.p o teto da meta e sendo o maior índice acumulado em 12 meses desde outubro de 2011.

Dentre os destaques, alimentação e bebidas, grupo mais importante na despesa das famílias, com peso de 24,73%, teve impacto de 0,19 p.p, ficando responsável por cerca de um terço do índice. O líder dos impactos foi carnes, com 0,08 p.p. Nos transportes, segundo maior grupo com impacto na variação do IPCA, o líder foi as passagens aéreas, compondo 0,07 p.p. Juntos, somam 0,15 p.p, um pouco mais de um quarto do total. Pode-se interpretar que a taxa do índice para setembro sofreu pressões inflacionárias isoladas, que podem vir a ser revertidas. No entanto, as 3 modalidades para o cálculo do núcleo de inflação, exclusão, médias aparadas e dupla ponderação, demonstraram que há aceleração pelo segundo mês consecutivo, refutando a hipótese de ocasionalidade em razão do evento isolado da Copa do Mundo sediada no Brasil. Esses dados são indicativos de uma tendência de aumento nos preços, de uma economia aquecida que não parece estar próxima de um momento de inversão.

### 3.2.2 Emprego

De acordo com a Pesquisa Mensal de Emprego (PME) divulgada pelo IBGE em outubro, a taxa de desocupação nas seis regiões metropolitanas cobertas (Recife,

Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre) foi de 4,9%, representando o menor valor para o mês de setembro desde 2002 e contabilizando 1,2 milhão de pessoas. Um grande indicador de uma economia aquecida, que está em ritmo de crescimento à medida que ao longo do tempo a taxa de desocupação vem se reduzindo e tem se mantido no curto prazo de forma praticamente estável e em valores menores.

**Gráfico 3** - Evolução da taxa de Desemprego no Brasil ao mês.



Fonte: IBGE.

### 3.2.3 Nuci

O nível de utilização da capacidade instalada (Nuci), conceitualmente é a razão entre a produção industrial e o estoque de capital industrial, um indicador do quanto a capacidade produtiva total das indústrias está sendo efetivamente utilizada. O valor para o Nuci na indústria de transformação no período do mês de outubro, divulgado pela FGV, foi de 83,2%.

A indústria de transformação é responsável por produzir a maior parte dos produtos consumidos no dia a dia pelas famílias, é o segmento industrial que transforma matéria prima em produtos finais ou intermediários, como os bens de capital e os bens de consumo. Logo, o fato de sua capacidade produtiva estar sendo utilizada em 83,2% configura uma economia com forte demanda por produtos transformados ao ponto que para atendê-la sua capacidade produtiva está sendo usada intensamente. Se a demanda

por estes produtos se mantém crescente, há pouca capacidade ociosa disponível para responder, criando assim um cenário onde a oferta não consegue acompanhar a demanda e por consequência, leva ao aumento dos preços.

### *3.2.4 Mercado externo*

De acordo com os modelos macroeconômicos de Mundell-Fleming, em uma pequena economia aberta, uma das vantagens de a taxa de câmbio ser flutuante é a possibilidade de manter o controle sobre sua política monetária, ser independente. No entanto, o Brasil, sendo um país emergente e parte do mercado internacional, sofre de certo grau de contágio das políticas adotadas pelo Federal Reserve nos Estados Unidos. O Federal Reserve consegue controlar os juros de curto prazo por meio da definição de meta por parte do FOMC (Federal Open Market Committee) para a taxa dos Fed Funds (a taxa usada nos empréstimos interbancários feitos pelos Bancos comerciais overnight). No que diz respeito as taxas de longo prazo, os juros variam de acordo com a oferta de títulos pelo tesouro americano e com a demanda do mercado.

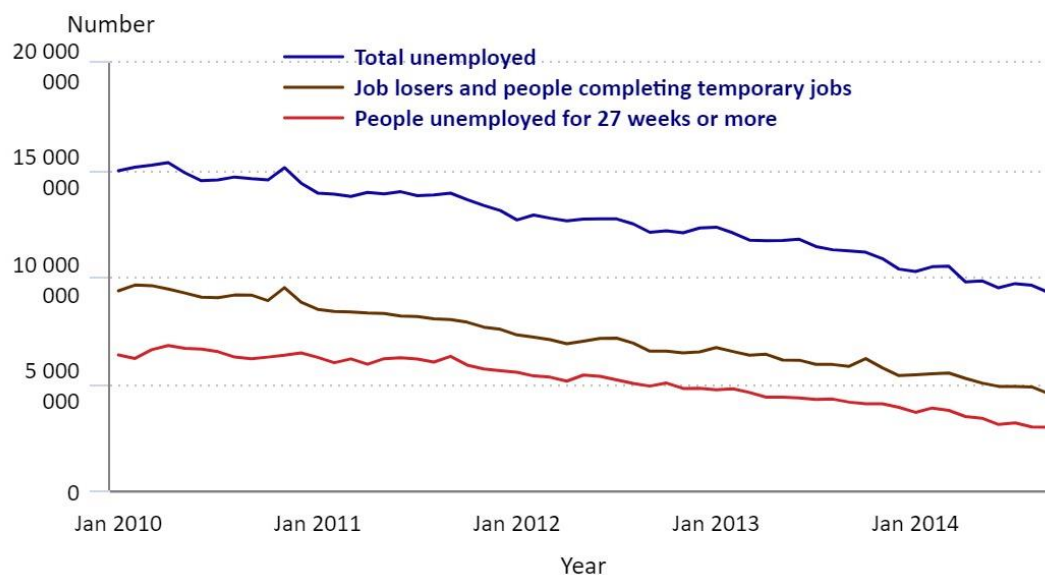
Em 2008, após a quebra da Lehman Brothers e da confirmação da crise americana após o choque no mercado imobiliário, o Fed reduziu suas taxas de curto prazo para próximo de zero dentre outras medidas de liquidez a fim de melhorar as condições financeiras e encorajar o consumo e o emprego. No entanto, não foi suficiente e desde então lançou três etapas (2008, 2010 e 2012) de seu programa de estímulos massivos a partir de quantitative easing (QE), que consiste em compras de larga escala de Treasury securities e de mortgage backed securities a fim de aumentar a oferta monetária da economia e reduzir as taxas de juros na parte longa da curva.

A etapa de setembro de 2012 comprometeu-se com a compra de 85 bilhões de dólares em ativos de longo prazo em todos os meses até que houvesse uma melhora substancial no mercado de trabalho. Em janeiro deste ano, o Fed reduziu a quantia para 75 bilhões de dólares e em setembro o valor dedicado foi de 15 bilhões de dólares. Os dados referentes a taxa de desemprego americana publicadas pelo U.S Bureau of Labor Statistics (BLS), para o mês de setembro mostraram queda de 0,2 p.p em relação ao mês anterior, a uma taxa de 5,9%, revelando uma manutenção da tendência de queda na taxa frente ao seu valor de 8,1% em agosto de 2012.



**Gráfico 4** - Número de pessoas desempregadas nos EUA, por características selecionadas de janeiro 2010 – setembro 2014.

**Number of people who are unemployed, by selected characteristics, January 2010–September 2014**



Fonte: U.S Bureau of Labor Statistics.

Interpreto então como uma sinalização de que o período de compra de ativos está terminando. Quando o FED anunciar que irá dar fim ao programa, a parte longa da curva de juros América irá empinar, os juros longos ficarão mais altos e isto impactará os investimentos no mercado brasileiro de forma negativa. Dado que os títulos públicos de renda fixa americana são considerados ativos livres de risco e seus rendimentos no longo prazo serão maiores com o fim do programa, isso pode vir a significar uma fuga de capital para lá dada a maior atratividade dos investimentos neste cenário. Acredito que o Banco Central brasileiro, preocupado com o fluxo financeiro internacional e ciente deste movimento de redução das compras por parte do FED, irá aumentar os juros brasileiros para tentar compensar o risco “Brasil” com esses juros mais atrativos dos Estados Unidos em retaliação.

### 3.3 Conclusão da Análise Econômica

Diante do cenário econômico atual, é imperativo compreender e reconhecer que são diversas as forças que influenciam a política monetária e a evolução da curva de juros. A análise acima abrangente de indicadores chave como inflação, emprego, capacidade instalada e influências externas, revela uma convergência de fatores que demonstram uma incoerência com os juros daqui para frente precificado pelo mercado.

A inflação acumulada nos últimos 12 meses, ultrapassando o teto da meta estabelecido pelo CMN é um sinal claro de pressões inflacionárias, e não deve ser ignorada. A aceleração recente do IPCA, especialmente em componentes como alimentação e transportes reflete um aumento nos preços, levando a questionabilidade da eficiência dos juros atuais em conter essa tendência.

A taxa de desocupação nas principais regiões metropolitanas é indicativa de um mercado de trabalho aquecido e de uma economia em ritmo de crescimento, o que gera demanda por bens e serviços dado que maior parte da população tem renda para consumo, podendo surtir uma pressão inflacionária adicional nos preços.

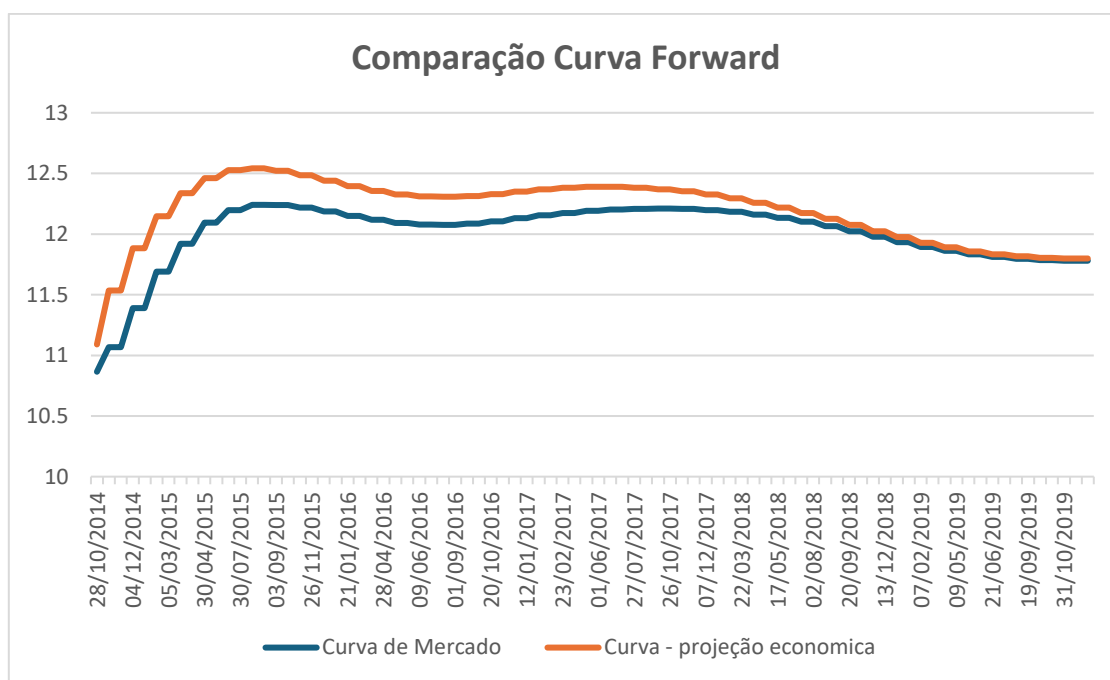
O nível de utilização da capacidade instalada retratado sinaliza um uso intensivo da capacidade produtiva para atender a demanda crescente da população, deixando pouca margem de “manobra” para responder a novas aumentos de demanda sem pressionar a inflação.

O comportamento da política monetária do FED de redução de compra de ativos de forma controlada chama atenção à proximidade do fim do programa, o que contribuiria numa fuga de capital do Brasil, por este motivo, acredito que o Banco Central irá ajustar os juros para cima afim de contrabalancear o risco Brasil com uma maior rentabilidade nos investimentos no mercado brasileiro.

À luz desses fatores, é evidente que os juros atuais estão subestimados em relação às necessidades de uma economia que enfrenta tal conjuntura econômica, e acredito que o Banco Central nas próximas reuniões irá adotar uma postura restritiva, irá ajustar os juros para cima afim de evitar o superaquecimento da economia e manter a competitividade dos investimentos no Brasil. Acredito que a curva de juros como um todo

deverá abrir em resposta, tanto no curto quanto no longo prazo. A minha projeção frente a curva de mercado atual é demonstrada a seguir:

**Gráfico 5** - Comparação entre curva forward de mercado do dia 28/10 com a curva elaborada a partir de minha projeção econômica.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 4 COMPOSIÇÃO DO TRADE

O trade desta forma se desenvolverá como um trade de renda fixa, e a melhor forma de traduzir a minha crença econômica a partir de instrumentos financeiros é com contratos futuros de DI, onde posso me posicionar em relação as taxas de juros DI esperadas para o futuro. O contrato futuro de DI funciona como um swap fixed float, o que implica que acordamos uma taxa fixa no momento de negociação do contrato, a taxa pré, de forma similar a uma LTN, representando a parte fixed do contrato e a parte float é referente a taxa variável, o CDI.

A análise econômica teve como conclusão final a interpretação de que os juros precificados pelo mercado estão baratos e que a curva como um todo deve abrir, sendo assim, a riqueza da construção está nos valores esperados para as taxas futuros de juros, justamente o ativo objeto de negociação dos contratos futuros de DI.

### 4.1 Mapeando os fatores de risco

Para construir e gerenciar um portfólio, é crucial identificar e compreender os fatores de risco presentes nos ativos que compõem a carteira. Os fatores de risco são variáveis suscetíveis a movimentos de mercado e, portanto, expostas a riscos associados a essas mudanças. Por exemplo, no mercado de ações, o fator de risco primordial é o preço das ações, enquanto nos ativos de juros pré-fixados, é a taxa de desconto.

Vale destacar a fórmula de precificação do futuro de DI:

**Fórmula 1** - Fórmula de precificação de futuro de DI.

$$PU = \frac{100000}{(1 + DI_t)^{\frac{du_t}{252}}}$$

Onde:

$DI_t$  = Taxa de juros para a data t

$du_t$  = Dias úteis até a data t

Com ela, é possível perceber que a única variável que segue o movimento de mercado é a “taxa de juros para a data  $t$ ”. Sendo assim, para estimarmos o risco provindo da marcação à mercado do futuro e o gerencial da posição, faz-se necessário que a taxa de desconto do contrato, também chamada de “taxa de ajuste”, seja o fator de risco.

Na área de risk management, mapeamos os ativos a partir da exposição ao invés de simplesmente analisar o financeiro, o qual se refere ao valor monetário daquele ativo/contrato. A exposição como medida de risco pode ser representada pela derivada parcial do preço do instrumento financeiro em relação ao fator de risco, ou seja, ela demonstra a sensibilidade do financeiro daquela posição frente a movimentos do fator de risco.

## 4.2 Detalhes do Trade

A minha carteira então estará exposta às taxas de desconto de contratos de DI, dado que a crença é de aumentos dos juros e a unidade de negociação dos contratos são seus respectivos PU (Preço Unitário), vou vender contratos de DI.

A escolha dos vértices deve considerar a liquidez dos contratos, segundo “conhecimento comum” de mercado, os vértices líquidos da curva DI são todos os mensais do primeiro ano, os “cabeças de trimestre” dos três anos seguintes e os vértices de janeiro ao longo dos anos subsequentes. A posição na carteira, portanto, irá refletir exposição de 100% na taxa de desconto de contratos futuros de DI de 1 ano e 2 anos respectivamente, pelo período de análise de um ano. Isto significa que estamos de forma constante expostos 100% nas taxas dos contratos de DI de vencimento em 1 ano e em 2 anos, portanto, a carteira está completamente exposta às taxas de desconto. A carteira, desta forma opera dois PL (Patrimônio Líquido), e os contratos são rolados diariamente para refletirem a exposição constante nos vértices de 1 e 2 anos.

## 5 CÁLCULO DO GERENCIAL

O cálculo do Gerencial se dará através de uma aproximação via risco, ou seja, não será considerado no presente trabalho os custos de rolagem dos contratos assim como a distinção entre os contratos, a análise é feita pela inversão da natureza das posições em taxa. Sendo assim, fez-se necessário a obtenção dos dados da B3 de variação das taxas de desconto e do CDI ao longo do período, com eles pode-se avaliar o impacto das mudanças nas taxas sobre as posições vendidas diariamente.

Dado a natureza do contrato futuro de DI de não necessidade de um pagamento upfront, sendo a exceção o ajuste de margem, ao operarmos um contrato futuro de DI estamos sendo financiados diariamente e, portanto, todo dia paga-se os débitos e recebe-se os ganhos. Com essas premissas esclarecidas, e retomando a de que a exposição à taxa é 100% em cada contrato, podemos calcular a exposição como sendo o nocional da posição multiplicado por sua duration, desta forma, o valor nocional de cada posição traduz a fração do financeiro do contrato necessária para obter a exposição desejada de 100%. O valor nocional, denotado de forma ilustrativa como “Ni” a seguir, é o negativo da exposição à taxa dividida pela duration (diferença de dias entre a data de análise e a data de vencimento) de cada contrato, levando em conta 360 dias.

O Ajuste diário do contrato de DI depende do direcional do valor nocional, como estou vendido em PU, o nocional é negativo, desta forma, eu recebo o carregamento de CDI e o delta de taxa e pago o carregamento de taxa de ajuste do contrato diariamente.

Segue o passo a passo usado nos cálculos:

- 1- Calcula-se a taxa diária de financiamento, Selic diária

**Fórmula 2 – Selic Diária.**

$$\text{Selic} = (1 + \text{taxa selic anual})^{\frac{1}{252}} - 1$$

Fonte: Elaborado pela autora.

2- Calcula-se a taxa de desconto diária de cada contrato:

**Fórmula 3 – Taxa de desconto diária.**

$$R_i = (1 + \text{taxa de desconto anual contrato}_i)^{\frac{1}{252}} - 1$$

Fonte: Elaborado pela autora.

3- Calcula-se a Duration de cada contrato:

**Fórmula 4 – Duration do contrato.**

$$duration_i = (\text{data vencimento contrato}_i - \text{data análise})/360$$

Fonte: Elaborado pela autora.

4- Calcula-se o Nocional de cada contrato:

**Fórmula 5 – Nocional do contrato.**

$$Ni = (-1 * \text{exposição})/(duration_i)$$

Fonte: Elaborado pela autora.

5- Calcula-se o carregamento total por contrato:

**Fórmula 6 – Carregamento total do contrato.**

$$\text{Carregamento total contrato}_i = \sum (Ni * (Ri - Selic))$$

Fonte: Elaborado pela autora.

6- Calcula-se o delta da taxa de desconto por contrato:

**Fórmula 7 – Delta de Taxa por contrato.**

$$\Delta Taxa_i = (Taxa_t \text{ contrato}_i - Taxa_{t-1} \text{ contrato}_i)$$

Fonte: Elaborado pela autora.

7- Calcula-se o P&L de Taxa por contrato:

**Fórmula 8 - P&L de Taxa por contrato.**

$$P\&L Taxa \text{ contrato}_i = \Delta Taxa_i * \text{exposição}$$

Fonte: Elaborado pela autora.

8- Calcula-se o P&L total por contrato:

**Fórmula 9 - P&L total por contrato.**

$$P\&L \text{ total contrato}_i = \text{Carrego total contrato} + P\&L Taxa \text{ contrato}_i$$

Fonte: Elaborado pela autora.

9- Calcula-se o P&L posição:

**Fórmula 10 - P&L da posição.**

$$P\&L \text{ posição} = \sum (P\&L \text{ total contrato}_i)$$

Fonte: Elaborado pela autora.



## 5.1 Resultado Gerencial

Os resultados mensais do gerencial da posição são disponibilizados a seguir:

**Tabela 2** - Resultados do Gerencial.

Mês	Retorno_Mensal	Desempenho frente
		CDI
out/2014	0,74%	664,70%
nov/2014	-0,08%	4,41%
dez/2014	0,91%	122,23%
jan/2015	-0,70%	-82,85%
fev/2015	0,25%	61,45%
mar/2015	0,76%	91,52%
abr/2015	0,42%	10,18%
mai/2015	-0,31%	-23,35%
jun/2015	0,68%	93,36%
jul/2015	-0,64%	-79,79%
ago/2015	1,23%	140,21%
set/2015	1,53%	245,51%
out/2015	-0,71%	-42,45%

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando os dados de resultado, verifica-se que o fundo apresentou um desempenho misto em relação ao CDI ao longo do período. Os retornos mensais do fundo variaram significativamente, com uma volatilidade de aproximadamente 0,75% , tivemos meses de retornos positivos expressivos, como outubro de 2014 e setembro de 2015, e meses de retornos negativos, como janeiro e julho de 2015. O desempenho relativo ao CDI foi bastante variável, tivemos performance excepcionalmente alta em alguns meses, como outubro de 2014 e agosto e setembro de 2015, e muito baixa em outros, como janeiro e julho de 2015. Pode-se inferir que dos 13 meses, 8 tiveram rendimentos acima do CDI.

**Tabela 3** – Resultado do Período

Retorno Acumulado no Período	CDI acumulado no período
6,52%	12,64%

Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, o valor da análise está no desempenho acumulado do fundo no período , e este não foi capaz de acompanhar seu benchmark, o CDI. Seu desempenho foi inferior, ao passo que o CDI demonstrou retorno quase duas vezes maior que o portfólio. Em termos absolutos, a diferença de retorno acumulado foi de 6,12%.

## 6 VALUE AT RISK (VAR)

A medida de Risco VaR (Value At Risk) é amplamente utilizada no mercado financeiro, principalmente nas áreas ligadas à gestão de portfólio. Os portfólios de instituições financeiras dependem de centenas de variáveis do mercado e a análise diária dos Traders envolve diversos cálculos. Ao tempo em que indicadores como Delta, Gamma e Vega são de extrema importância para o cálculo da exposição à variáveis do mercado, elas, por exemplo, não oferecem uma maneira de mensurar o risco total ao qual a instituição está exposta. Esta é de extrema importância tanto para controles internos da empresa que gere portfólios e otimiza suas carteiras como para clientes institucionais e órgãos como a Anbima (A Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais).

Ao longo dos séculos, desde que o homem se tornou um ser comercial, investidores e especuladores compartilham a intuição de que há um equilíbrio entre o risco de um investimento e seu potencial retorno. Todos compartilham da mesma preocupação, como quantificar o risco de perda. No entanto, saber com certeza a magnitude da perda potencial significa saber o futuro, e prever eventos futuros com nível de certeza é impossível. Sendo assim, fica claro que a pergunta “Quanto posso perder” não pode ser respondida com certeza.

A elaboração do VaR surgiu então como uma forma de lidar com os problemas que não podem ser respondidos através de medidas de risco tradicionais. Foi proposto e desenvolvido pelo JP. Morgan em 1993 com o fim de medir o risco de mercado de diferentes tipos de transações e segmentos do negócio. No ano seguinte, JP. Morgan desenvolveu o sistema *RiskMetrics*, onde também distribuía os dados de flutuação diária e correlação dos fatores de risco de mercado para o cálculo do VaR. Se tornou uma ferramenta extremamente popular, e até hoje é a ferramenta de medição de risco de mercado mais utilizada.

O VaR, de forma simplificada, responde à pergunta “Dado um nível de confiança, qual é a maior perda potencial?”.

## 6.1 Cálculo do VaR

De acordo com Phillippe Jorion (2006), o VaR é uma a medida estatística do risco de queda baseado na posição atual em um determinado fator ou fatores de risco.

Value-at-risk is the largest likely loss from market risk (expressed in currency units) that an asset or portfolio will suffer over a time interval and with a degree of certainty selected by the decision-maker. (VAR Understanding and Applying Value at Risk, 1997).

Desta forma, o VaR é a maior perda em valores absolutos dado um nível de confiança sobre a distribuição dos fatores de risco, logo, a probabilidade da perda deve ser menor ou igual ao VaR, como é mostrado a seguir:

**Fórmula 11 – Probabilidade de excedência do VaR.**

$$P(L > VaR) \leq 1 - c$$

Fonte: Elaborado pela autora.

No seu cálculo, primeiramente, é necessário a definição arbitrária de dois parâmetros, o horizonte temporal (N) e o nível de confiança (X%) que iremos adotar, assim, o VaR responderá o nível de perda durante o período N que tem probabilidade de (100 – X%) de ser excedida. O horizonte de tempo escolhido será de 1 dia dado a relevância que seu monitoramento diário agrega na gestão de risco e a disponibilidade de dados para estimação do comportamento das variáveis de mercado. O nível de confiança a ser adotado deve refletir o trade-off do nível de aversão ao risco e o custo de uma perda que exceda o VaR, quanto maior a aversão e o custo, maior deve ser a quantidade de capital disponível para cobrir possíveis perdas, levando então a um maior nível de confiança. O nível de confiança escolhido é de 95%.

## 6.2 VaR Paramétrico

O VaR Paramétrico, segundo Jorion pode ser definido da seguinte forma:

If the distribution can be assumed to be normal, the VaR computation can be simplified considerably. By using a multiplicative factor that is function of the confidence level, VaR can be derived directly from the portfolio standard deviation. (Phillipe Jorion, Measuring the Risk in Value-at-Risk, VAR - Understanding and Applying Value at Risk, 1997)

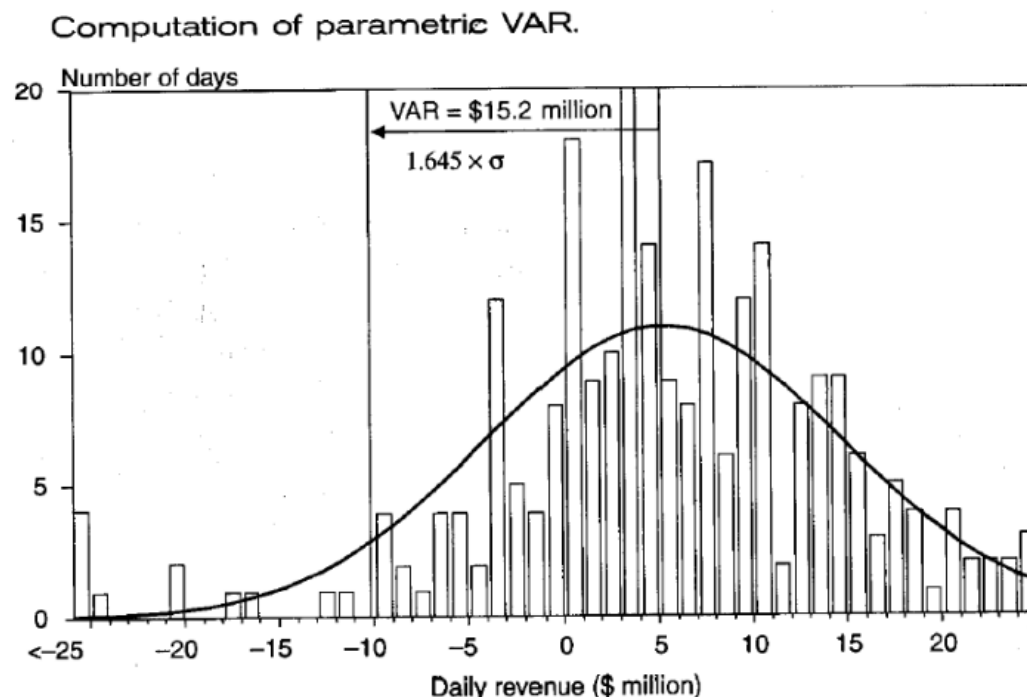
No modelo paramétrico, o VaR relativo à média para um único fator de risco considera quatro variáveis para análise:  $\alpha$  = Z-Valor da distribuição normal ( para o nível de confiança);  $W_0$  = Financeiro da posição;  $\sigma$  = volatilidade da série de retornos;  $\Delta t$  = intervalo de tempo. O VaR pode ser representado matematicamente por<sup>1</sup> :

**Fórmula 12 – VaR relativo à média para um fator risco.**

$$VaR = W_0 \alpha \sigma \sqrt{\Delta t}$$

Fonte: JORION, Phillipe. Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk, 2006.

Gráfico 6 -Computation of parametric VAR.



Fonte: JORION, Phillipe (2006).

Ao considerarmos o cálculo do VaR para portfólios de mais de um ativo, o caso deste trabalho, onde temos dois contratos futuros de DI e, portanto, dois fatores de risco distintos, o cálculo passa a ser mais complexo e depende da estimação de uma matriz de covariância dos fatores de risco do portfólio e de uma matriz de pesos das posições no portfólio.

Para estimar o VaR de um portfólio, o primeiro passo é determinar sua taxa de retorno, esta é calculada como a soma dos retornos dos fatores de risco, cada um ponderado por seu respectivo peso no portfólio.

A análise mais comum de VaR paramétrico utiliza da suposição delta-normal, onde o retorno do portfólio é uma combinação linear dos retornos dos fatores de risco. O uso de uma matriz de covariância para esses cálculos é recomendado.

Seguindo com os cálculos, Jorion (2006) descreve que deve ser realizada a multiplicação da transposta da matriz de pesos com a matriz de covariância vezes a matriz de pesos, assim encontramos a variância do portfólio. A raiz quadrada da variância nos dá a volatilidade esperada do portfólio e para finalmente encontrar o VaR paramétrico com X% de confiança, multiplica-se a volatilidade esperada pelo valor crítico Z referente ao nível escolhido. Dado que o nível de confiança escolhido foi de 95%, o valor Z correspondente é de 1,645.

A utilização de bons estimadores de volatilidade diz muito sobre a qualidade do número final da métrica do VaR, neste trabalho serão avaliados dois modelos: desvio-padrão e o EWMA.

### 6.2.1 Desvio - Padrão

O desvio padrão é uma forma mais simplificada de avaliar a volatilidade de um portfólio ou ativo. Sua representação se dá pela raiz quadrada da soma das diferenças quadráticas entre cada valor observado e a média amostral dos valores, dividida pelo número de observações da amostra deduzido de 1. Em essência, o desvio – padrão serve como uma medida do quanto os valores do conjunto de dados se dispersam da média, no caso, calcula a variabilidade dos retornos dos ativos na carteira.

**Fórmula 13– Desvio Padrão.**

$$s = \sqrt{\frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Fonte: Elaborado pela autora.

Onde  $x_i$  é uma observação da amostra,  $\bar{x}$  é a média das observações e N é o tamanho da amostra.

### 6.2.2 EWMA

A origem do termo EWMA vem do inglês “Exponentially Weighted Moving Average” o que em tradução literal significa “ Média Móvel Exponencialmente Ponderada”. Este modelo de média móvel é eficaz em captar de forma mais rápida os efeitos recentes do mercado em seus resultados, e é comumente utilizado na estimação de volatilidade para cálculos de métricas de risco. No presente estudo será utilizado este modelo com o fator de suavização – lambda- 94, assim como é sugerido no Risk Metrics. Isso significa que a primeira observação de retorno corresponderá a 6% da volatilidade analisada.

**Fórmula 14**–Volatilidade estimada pela EWMA.

$$\sigma = \sqrt{(1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2}$$

Fonte: Risk Metrics, p 90.

Onde,

$\lambda$  = Fator de suavização

$r_t$  = retorno

$\bar{r}$  = retorno amostral

$T$  = tamanho da amostra

$t$  = data de observação ( da mais recente para a mais antiga)

### 6.3 Cálculo da matriz de covariância

Levando em conta que o presente estudo analisa um portfólio de dois ativos, contratos de DI, e, portanto, está exposto a dois fatores de risco, foi utilizado uma matriz de covariância para o cálculo. O cálculo de risco de um portfólio leva em conta o peso de cada fator de risco na composição dele, a volatilidade de cada fator e como esses fatores de risco se associam, ou seja, o nível de correlação entre eles.

A matriz de covariância será calculada utilizando pesos constantes para todas as observações da amostra, mas também será calculada utilizando a suavização EWMA com o lambda 94.

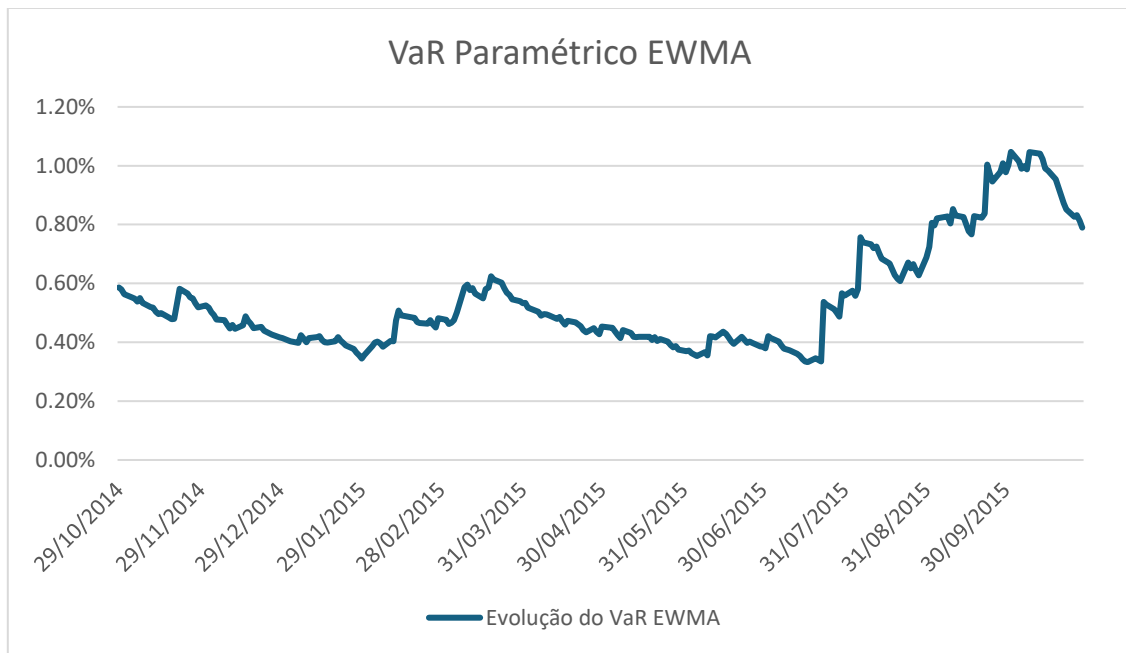
Deste modo, após definir os parâmetros considerados no cálculo do VaR, mapear os fatores de risco do portfólio, obter e organizar os dados de retorno para 300 datas, definir o horizonte de tempo, modelar a volatilidade e calcular as matrizes de covariância, a próxima etapa é o cálculo do VaR paramétrico. Neste estudo foi utilizado a simplificação amplamente adotada pelo mercado de considerar a média dos retornos como 0.



## 7 RESULTADOS DO VAR

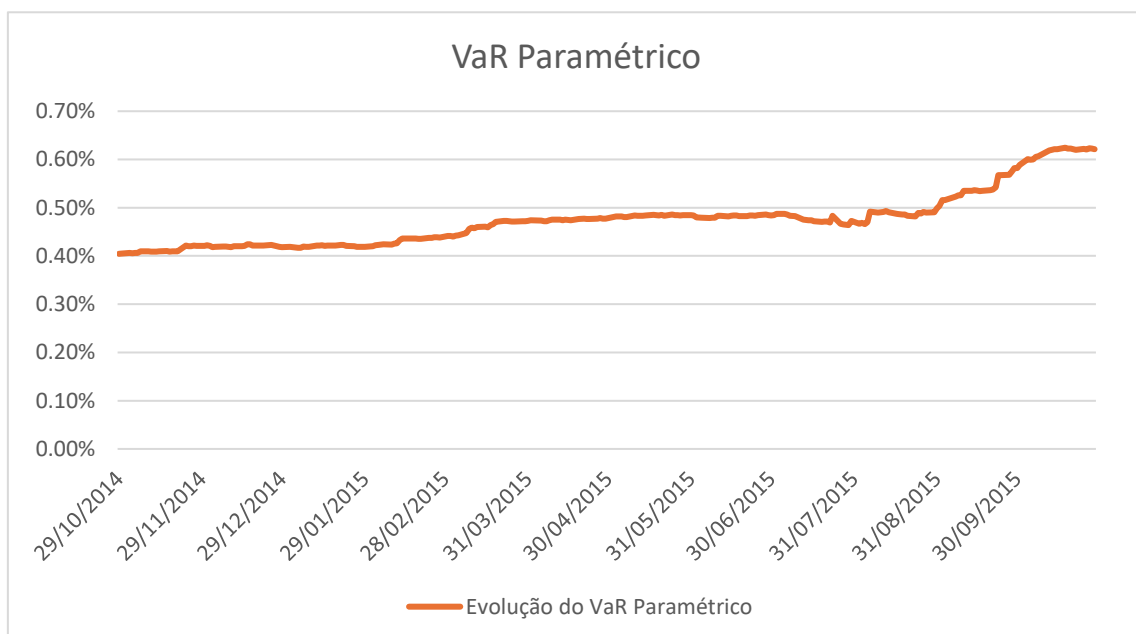
Após rodar o cálculo do VaR paramétrico para o meu portfólio durante seu período de vigência de 1 ano nessas posições, foram obtidos os seguintes resultados utilizando o modelo de volatilidade EWMA e o modelo estimado pela volatilidade como desvio padrão:

**Gráfico 7** - Evolução do VaR Paramétrico com suavização EWMA.



Fonte: Elaborado pela autora.

**Gráfico 8** - Evolução do VaR Paramétrico.



Fonte: Elaborado pela autora.

As diferenças de movimento entre as evoluções dos dois modelos de cálculos se dão pela maior ponderação dada aos retornos recentes com a suavização EWMA, desta forma o modelo reage rapidamente as variações de mercado, quando há movimento de volatilidade no mercado isso é refletido na variabilidade do VaR, resultando em uma evolução mais dispersa em relação à média do VaR . Por outro lado, o VaR sem EWMA reage de forma mais suave e lenta, é menos sensível aos retornos marginais , mais estável ao longo do tempo tendo em vista sua ponderação igualitária dos retornos históricos, assim, as mudanças recentes de flutuação de mercado têm um impacto mais diluído na volatilidade calculada.

## 8 Conclusão

Apesar da fundamentação da minha estratégia de trade, a minha posição pessimista em relação à economia e a tradução dela na curva a partir da estratégia de manter uma exposição constante as taxas de juros de 1 ano e 2 anos não gerou o retorno esperado. Como visto anteriormente, o fundo apresentou desempenhos bastante variáveis em relação ao CDI ao longo do período, mas o acumulado demonstrou que em valores absolutos o nosso ganho foi 2 vezes menor do que se tivéssemos simplesmente alocado capital ao rendimento do CDI. A complexidade do mercado financeiro se demonstra perfeitamente aqui, uma abordagem simples e constante pode não ser suficiente para garantir retornos consistentes. A volatilidade dos mercados exige uma análise contínua e ajustes estratégicos para responder rapidamente as mudanças e riscos de mercado. A experiência demonstra que, mesmo com uma análise cuidadosa e uma estratégia sem riscos exorbitante, os resultados podem divergir das expectativas. Faz-se necessário o uso de estratégias mais adaptativas ao dinamismo de mercado, principalmente o brasileiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FUTURO de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros de Um Dia. **b3**. Disponível em: [https://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/negociacao/juros/futuro-de-taxa-media-de-depositos-interfinanceiros-de-um-dia.htm](https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/juros/futuro-de-taxa-media-de-depositos-interfinanceiros-de-um-dia.htm).

HULL, John. **Options, Futures and Other Derivatives**. 9th. ed.

INDÚSTRIA de A a Z. **Portal da Indústria**. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/>.

JORION, Phillippe. **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2006.

KOHN, Donald L.. The Federal Reserve's Policy Actions during the Financial Crisis and Lessons for the Future. **Federal Reserve**, 2010. Disponível em: <https://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/kohn20100513a.htm#:~:text=The%20Federal%20Reserve%20and%20other,steps%20to%20ease%20financial%20conditions>

MISHKIN, Frederic S. **The Economics of Money, Banking and Financial Markets**.

MORGAN, J. P.; REUTERS. RiskMetrics. Technical Document. **MCSI**, 1996. Disponível em: <https://www.msci.com/documents/10199/5915b101-4206-4ba0-ae2-3449d5c7e95a>

MUSSI, F. D. **Derivativos cambiais do mercado brasileiro: precificação e administração de riscos**, 2010.

UNEMPLOYMENT in September 2014. **U.S. Bureau of Labor Statistics**, 2014. Disponível em: [https://www.bls.gov/pub/ted/2014/ted\\_20141007.htm](https://www.bls.gov/pub/ted/2014/ted_20141007.htm).

VAR. **Understanding and Applying Value at Risk**, 1997.