



**Universidade de Brasília**

Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia

Departamento de Economia

---

**Risco e Taxa de Câmbio: Uma aplicação do Modelo  
CAPM para o Brasil**

Guilherme Nogueira Dornelas

Brasília, DF

Dezembro de 2019



Guilherme Nogueira Dornelas

# **Risco e Taxa de Câmbio: Uma aplicação do Modelo CAPM para o Brasil**

Monografia submetida ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB) como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: José Guilherme de Lara Resende

Brasília, DF

Dezembro de 2019

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família por todo o suporte, carinho e paciência, sem eles essa trajetória não teria sido possível. Além disso, gostaria de agradecer aos meus amigos pela companhia, pelo apoio intelectual e principalmente emocional. Por fim, agradeço também aos professores que tive durante esse período, principalmente ao meu orientador, José Guilherme, por sua atenção e compreensão nos momentos difíceis.

## Resumo

O objetivo dessa pesquisa é testar se as empresas apresentam variação no seu nível de risco conforme mudanças na taxa de câmbio. O modelo CAPM, que após cinco décadas ainda é amplamente utilizado em aplicações práticas como a avaliação de performance de fundos de investimentos, fornece o ferramental teórico para a análise ao introduzir o beta, coeficiente de risco associado ao mercado. O modelo permite ainda o cálculo do custo de capital próprio das empresas e dessa forma foi possível comparar o efeito da variação da taxa de câmbio sobre vários setores da economia. A taxa de câmbio tem efeitos distintos sobre os setores, impactando custos e receitas das empresas a depender da estrutura de operação de cada uma e isso ficou evidenciado nos resultados da aplicação. O modelo econométrico utilizado no trabalho foi o de *threshold regressions*, no qual é possível a inserção da taxa de câmbio como variável de corte e assim comparar os valores do coeficiente beta em dois estados distintos, um de valorização da moeda nacional e outro de desvalorização.

# Sumário

<b>Introdução:</b> .....	<b>7</b>
<b>Referencial Bibliográfico:</b> .....	<b>8</b>
Teoria de Carteiras e Fronteira Eficiente .....	8
<b>Gráfico 2.1</b> .....	9
<b>Gráfico 2.2</b> .....	10
Capital Market Line (CML).....	10
<b>Gráfico 2.3</b> .....	12
Security Market Line (SML) .....	12
<b>Gráfico 2.4</b> .....	14
Testes Empíricos.....	15
CAPM Intertemporal .....	16
<b>Metodologia</b> .....	<b>17</b>
<b>Gráfico 3.1</b> .....	18
<b>Gráfico 3.2</b> .....	18
<b>Tabela 3.1</b> .....	19
<b>Gráfico 3.3</b> .....	20
<b>Resultados</b> .....	<b>21</b>
<b>Figura 4.1</b> .....	21
<b>Figura 4.2</b> .....	22
<b>Tabela 4.1</b> .....	23
<b>Tabela 4.2</b> .....	24
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>25</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>27</b>
ANEXO A – Resultados das Threshold Regressions:.....	27
ANEXO B – Testes Dickey-Fuller para as Variáveis Trabalhadas .....	29

## Introdução:

Markowitz (1952) desenvolveu uma das mais importantes teorias de finanças moderna, quantificando o risco e abordando a ideia de diversificação de carteira. A partir dessa teoria, o modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) surgiu, desenvolvido por Treynor (1962), Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), como o primeiro modelo de equilíbrio geral para relacionar o risco de um ativo ao seu retorno esperado.

Apesar de sua relevância, o modelo CAPM apresenta problemas quando se trata de validação empírica, seja por suas simplificações a partir dos pressupostos adotados seja pela dificuldade prática de determinar os componentes da equação, como a determinação da carteira de mercado (Fama e French, 2004) (Roll, 1977).

Dada a importância que o modelo tem até hoje na teoria de finanças moderna e seu amplo uso na tomada de decisões de investimento (Fama e French, 2004), diversos trabalhos nacionais buscam abordar a aplicação do modelo à realidade do mercado brasileiro (Maia, 2013) (Perlin, Ceretta, 2004) (Spolavori, 2010).

O objetivo desse trabalho é aplicar o modelo CAPM para verificar o comportamento do risco de mercado, o coeficiente beta, e como ele varia em períodos de valorização e desvalorização da taxa de câmbio. Além disso, busca-se fazer essa análise de forma comparativa entre os setores da economia adotando portfólios representativos.

Conforme será exposto na revisão bibliográfica, o componente estático no modelo CAPM tradicional era um dos fatores responsáveis pela sua refutação empírica. Consequentemente surgiram modelos intertemporais capazes de gerar múltiplos betas que mudam em tempo contínuo. Todavia, segundo Ghysels (1998), os betas realmente não são estáticos, porém não variam de maneira contínua ao longo do tempo, a mudança se dá de uma forma mais devagar, em tempo discreto.

A motivação então para esse teste é verificar se a taxa de câmbio, como uma variável de volatilidade diária que impacta os custos e receitas de empresas assim como as decisões de investimento internacionais, configura-se como uma variável de corte que é capaz de gerar betas significativamente distintos em situação de valorização e desvalorização da moeda nacional.

## Referencial Bibliográfico:

### Teoria de Carteiras e Fronteira Eficiente

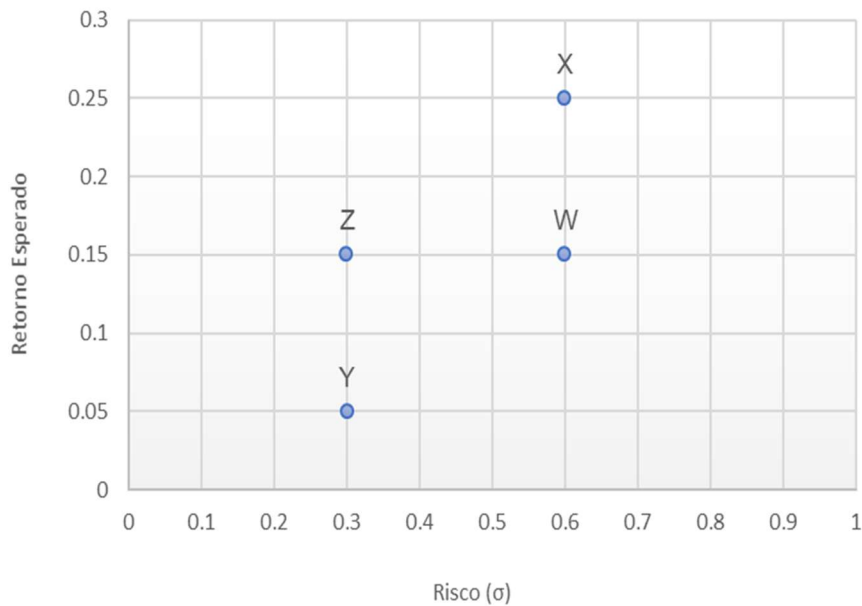
Tomando como ponto de partida o trabalho realizado por Markowitz (1952) sobre alocação eficiente de carteiras, Sharpe (1964), Lintner (1965), Mossin (1966) e Treynor (1962) desenvolveram de forma independente teorias similares de precificação de ativos e como resultado desse processo surgiu o modelo que é hoje conhecido como CAPM.

O modelo de Markowitz é chamado de modelo de média-variância por considerar, assumindo-se distribuição normal dos retornos, esses como os dois parâmetros que os investidores utilizam para mensurar rendimento e risco, respectivamente, dos ativos que compõem suas carteiras. Dessa forma, o investidor escolhe a composição da carteira de modo a minimizar a variância dado o retorno esperado e a maximizar o retorno dada a variância, o nível de aversão ao risco a depender da sua utilidade.

O Gráfico 2.1 ilustra como a carteira Z supera as carteiras Y e W, pois Z tem maior retorno esperado que Y dado o mesmo desvio-padrão e possui o mesmo retorno esperado, porém a um desvio-padrão menor que W. Na mesma lógica, X supera W, porém não podemos comparar Z e X, a relação de preferência entre uma e outra dependerá da função de utilidade do investidor e conseqüentemente do seu nível de aversão ao risco.



Gráfico 2.1

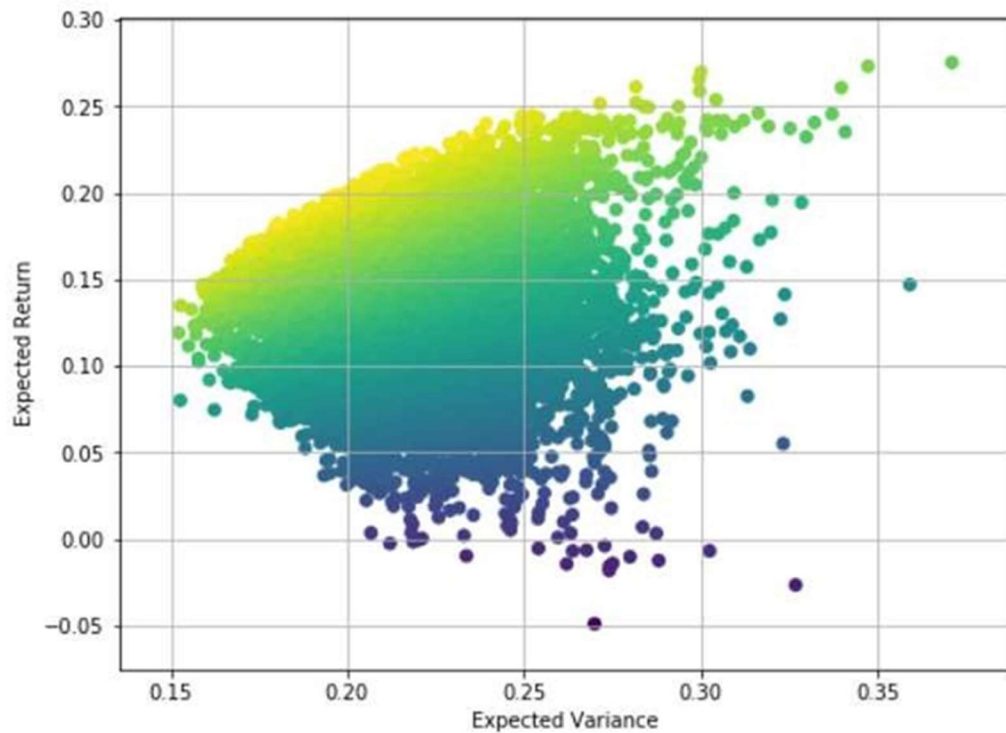


Fonte: elaboração própria

Esse processo de minimização de risco e maximização de retorno comparativamente entre todos os ativos disponíveis permitiu o desenvolvimento do que foi chamado de Fronteira Eficiente, uma curva que representa as melhores carteiras factíveis do mercado, ou seja, que têm os maiores retornos para cada nível de risco assumido.

O Gráfico 2.2 exemplifica a curva de possibilidade de carteiras que podem ser compostas pelas ações da Apple, Walmart, Tesla, General Electric, Amazon e Deutsche Bank. Foram utilizados dados do *Yahoo Finance* entre o período de 2013 e 2018 para a geração de dez mil carteiras aleatórias com pesos distintos de cada ação em sua composição e conseqüentemente variância e retornos finais esperados distintos. As carteiras em amarelo representam aquelas com o maior retorno esperado dado o nível de risco e compõem a Fronteira Eficiente, dessa forma qualquer carteira que não esteja na fronteira não é ótima para o investidor.

Gráfico 2.2



Fonte: yahoo finance; elaboração própria

### Capital Market Line (CML)

Sharpe (1964) acrescenta premissas ao modelo de Markowitz, a primeira é a de que o investidor pode tanto emprestar quanto tomar emprestado à taxa livre de risco, e a segunda é a de que todos os investidores compartilham a mesma previsão de performance dos títulos e carteiras. Dessa forma, Sharpe (1964) desenvolve sua teoria a partir da *Capital Market Line*, uma reta que representa carteiras compostas pelo ativo livre de risco e a carteira de risco (de mercado), que Lintner (1965) denomina como teorema da separação em dois fundos, pois os investidores apenas investirão em carteiras contendo o retorno de mercado ou o retorno livre de risco.

O mercado apresenta dois preços ao investidor, o preço do tempo, que é a taxa de juros livre de risco, e o preço do risco, que é o retorno adicional esperado por unidade de risco assumido (SHARPE, 1964).

Sharpe (1966) sumariza esse conceito afirmando que, partindo dessas premissas e assumindo comportamento racional do investidor (diversificação), todas as carteiras eficientes, levando em consideração tanto ativos com risco quanto livres de risco, estarão sobre a CML, no formato:

$$E_i = R_f + b\sigma_i$$

Onde  $E_i$  é o retorno esperado do ativo ou carteira  $i$ ,  $R_f$  é a taxa livre de risco (preço do tempo), e  $b$  é o preço do risco.

No Gráfico 2.3, adaptado do Gráfico 2.2, temos que a CML tangencia a fronteira eficiente dos ativos com risco e tem como intercepto no eixo vertical o retorno esperado do ativo livre de risco ( $R_f$ ), que foi considerado nesse exemplo como 15% para melhor visualização. O coeficiente angular da reta pode ser descrito como:

$$(E_m - R_f)/\sigma_m$$

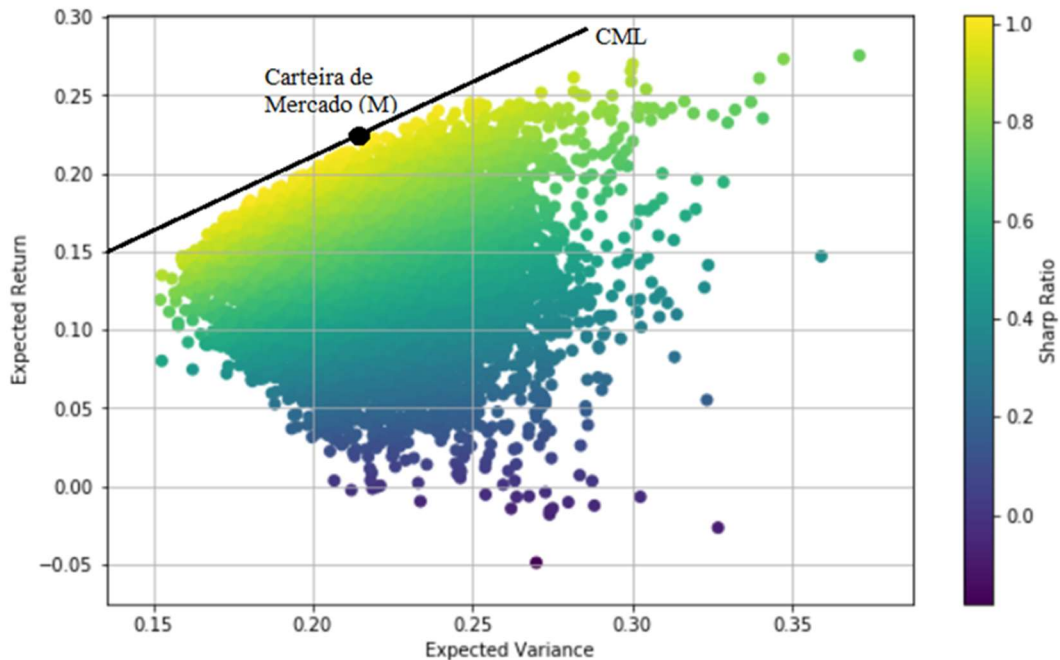
Juntando as duas equações anteriores, temos:

$$b = (E_m - R_f)/\sigma_m$$

Dessa forma, a equação representativa da CML da forma como ficou mais conhecida é:

$$E = R_f + \left( \frac{E_m - R_f}{\sigma_m} \right) \sigma_i$$

Gráfico 2.3



Fonte: yahoo finance; elaboração própria

O coeficiente angular da CML também pode ser descrito como o índice de Sharpe da carteira de mercado. Sharpe (1966) apresentou essa medida como forma de avaliação de performance de fundos de investimento e chamou esse índice de “Reward-to-Variability Ratio” que posteriormente foi referenciada como Sharpe Index por autores como Radcliff (1990), Haugen (1993) e Elton and Gruber (1991) e finalmente oficializada como Sharpe Ratio pelo próprio Sharpe (1994).

$$IS_i = \frac{E_i - p}{\sigma_i}$$

### Security Market Line (SML)

A síntese da formalização do modelo CAPM foi descrita por Black (1972) através da equação:

$$E(R_i) = R_f + \beta[E(R_m) - R_f]$$

Onde  $E(R_i)$  é o retorno esperado da carteira  $i$ ,  $R_f$  é o retorno do ativo livre de risco, anteriormente descrito como  $p$ ,  $E(R_m)$  é o retorno esperado da carteira contendo todos os ativos do mercado e  $\beta$  é o que Black (1972) chama de “market sensibility” da carteira  $i$  e é o resultado da regressão linear entre  $R_i$  e  $R_m$ .

$$\beta_i = \frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)}$$

Black (1972) ainda enumera as premissas necessárias para a validade da equação:

1. Conforme visto em Sharpe (1964), os investidores devem possuir expectativas similares em relação aos retornos e preços dos ativos no final de cada período.
2. Os retornos dos ativos disponíveis no mercado têm distribuição normal para períodos infinitesimais e lognormal para períodos finitos.
3. Os investidores tem comportamento maximização de retorno e são avessos ao risco.
4. O investidor pode assumir qualquer posição e em qualquer quantidade em qualquer ativo, inclusive o livre de risco. Assim como assumido em Sharpe (1964), qualquer investidor pode emprestar ou tomar emprestado qualquer quantia à taxa livre de risco.

Lintner (1969) mostra que ao retirar a primeira premissa a estrutura de preço dos ativos não muda consideravelmente. Dessa forma, a premissa mais sensível para Black é a quarta e sua rejeição mudaria de forma relevante a caracterização do modelo.

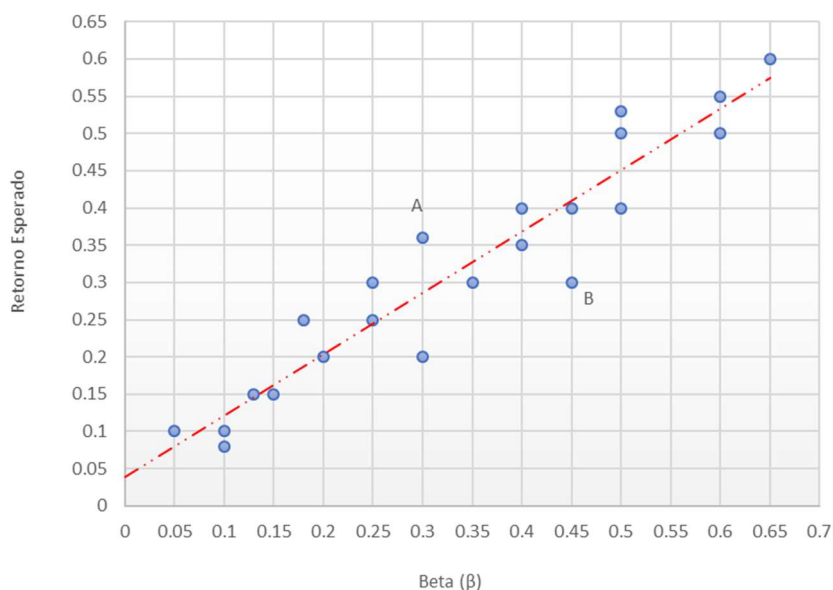
Black (1972) desenvolve então uma versão do CAPM sem a presença do ativo livre de risco. Ao invés da quarta premissa, Black assume a venda a descoberto de ativos de risco de forma irrestrita. Na equação tradicional do CAPM, o  $R_f$  que representa o retorno do ativo livre de risco é substituído pelo  $E(R_z)$  que representa o retorno do portfólio eficiente de mínima variância cujo  $\beta = 0$ .

$$E(R_i) = E(R_z) + \beta(E(R_m) - E(R_z))$$

A principal diferença entre o modelo de Black e o de Sharpe-Lintner é o entendimento sobre o  $E(R_z)$ . Black condiciona apenas que o retorno dessa carteira não correlacionada com o mercado deve ser menor do que o retorno esperado da carteira de mercado eficiente, de forma a manter o prêmio pelo risco beta positivo. Já Sharpe-Lintner especifica que o retorno por unidade de risco beta deveria ser igual à diferença entre o retorno da carteira de mercado e o retorno do ativo livre de risco. Conforme será apresentado a seguir, as primeiras evidências empíricas chegaram a resultados diferentes daqueles esperados pelo modelo Sharpe-Lintner porém encontraram de fato relação positiva entre o beta e o retorno da carteira, dando maior destaque ao modelo de Black.

O Gráfico 2.4 é usado como ilustração da Security Market Line, a linha pontilhada em vermelho é a representação gráfica da previsão de retorno pelo modelo CAPM. É possível notar que o ativo A está subvalorizado, ou seja, ele fornece um retorno mais alto do que o esperado pelo CAPM dado o beta e está sendo precificado abaixo do que deveria pelo mercado. Já o ativo B está sobrevalorizado, visto que apresenta retorno menor do que o previsto e precificado pelo CAPM para seu respectivo beta.

**Gráfico 2.4**



Fonte: elaboração própria

## Testes Empíricos

Fama e French (2004) delimita que os testes do CAPM se baseiam em três implicações do modelo sobre a relação entre o retorno e o beta:

1. A relação entre retorno esperado do ativo e seu respectivo beta é linear e nenhuma outra variável tem influência marginal.
2. O prêmio do beta é positivo, implicando que os retornos esperados dos ativos correlacionados com o mercado superam os daqueles ativos não correlacionados.
3. O retorno esperado dos ativos não correlacionados com o mercado é igual a taxa livre de risco e o prêmio pelo beta é igual ao retorno esperado do mercado menos a taxa livre de risco.

Os primeiros testes realizados, como os de Douglas (1968), Black, Jensen e Scholes (1972) e Miller e Scholes (1972) mostraram que existe uma relação positiva entre retorno esperado do ativo e beta, porém essa relação é muito mais horizontal do que tinha sido proposto por Sharpe e Lintner, o intercepto vertical observado foi superior à taxa livre de risco média e o prêmio do beta foi menor do que o previsto entre a diferença do retorno de mercado e taxa livre de risco. Por outro lado, os testes realizados confirmaram o formato linear da relação.

Testes posteriores como Fama e French (1973) e Gibbons (1982) corroboraram para a previsão de que o beta basta para explicar retorno esperados e que o prêmio do beta é positivo, porém novamente rejeitou que esse prêmio é igual a diferença entre o retorno de mercado e a taxa livre de risco.

Uma crítica aos testes empíricos foi realizada por Roll (1977) onde ele afirma que é possível dizer que o CAPM nunca foi testado, normalmente o que se testa é a validade da proxy utilizada para a carteira de mercado, uma vez que essa seria teoricamente composta por todos os ativos disponíveis no mercado e os dados para a composição e teste de tal carteira estaria fora do nosso alcance.

Por fim, testes ainda mais recentes como Banz (1981), Bhandari (1988), Rosenberg, Reid e Lanstein (1985) colocaram em dúvida a validade de que os betas são suficientes para explicarem retornos esperados. Fama e French (1992) sintetizam essas falhas e confirmam que outros índices como preço-lucro, dívida-patrimônio líquido e escritural-mercado também fazem parte da explicação dos retornos esperados.

### **CAPM Intertemporal**

Sharpe-Lintner-Black CAPM é um modelo estático, no qual os agentes estão preocupados com a riqueza do portfólio no final de um período determinado de investimento. Essa característica foi apontada como um dos motivos para o insucesso empírico do modelo. Merton (1971) mostrou que o comportamento do investidor maximizador é significativamente diferente quando existem mudanças contínuas de oportunidades de investimento, correntes e futuras, ao invés de opções constantes no tempo.

Merton (1973) desenvolve então o ICAPM, uma extensão do modelo anterior, no qual o tempo passa de estático para contínuo, permitindo a existência de múltiplos betas que variam ao longo do tempo. No ICAPM o investidor pondera em seu processo de decisão não apenas os retornos dos portfólios no período corrente determinado, mas também os retornos futuros de ativos que estarão disponíveis, renda futura, expectativa sobre preço dos bens, etc. (Fama e French, 2004)

Segundo Dimson e Mussavian (1999), um importante resultado do modelo ICAPM é a introdução de múltiplos fatores que explicam o retorno do ativo, não apenas um beta que representa o risco sistemático e sim múltiplos betas associados a vários fatores de risco.



Fama e French (1993) constatam que o maior retorno médio de *small stocks*<sup>1</sup> e *high book to market stocks*<sup>2</sup> refletem componentes de risco não identificados pelo modelo CAPM e que explicam e compõem o retorno desse tipo de ação, ou seja, esses retornos não estão sendo explicados apenas pelo beta de mercado e sim pelo beta de outros fatores de risco. Eles observaram padrões nos retornos dessas ações, pequenas firmas têm maior covariância entre elas do que com firmas maiores, assim como empresas com maior *book to market* apresentam maior covariância também entre si do que com as outras.

Fama e French (1993,1996) desenvolvem o modelo de três fatores com a inclusão, além do fator de mercado já presente no CAPM, do SML e do HML que são fatores de risco referentes, respectivamente, ao tamanho e ao *book to market* dos ativos. O SML (*Small minus Big*) é a diferença entre o retorno do portfólio composto pelas *small stocks* e o composto pelas *big stocks*, assim como o HML (*High minus Low*) é a diferença entre o retorno do portfólio composto pelas *high book to market stocks* e o composto pelas *low book to market stocks*.

$$E(R_i) - R_f = \beta_{im}[E(R_m) - R_f] + \beta_{is}E(SML) + \beta_{in}E(HML)$$

## Metodologia

Seguindo o que foi apresentado na revisão de bibliografia, a abordagem empírica adotada nesse trabalho segue as críticas feitas ao modelo CAPM estático, porém busca analisar mudanças em níveis discretos no beta ao invés de mudanças em tempo contínuo como sugerido pelo modelo intertemporal ICAPM. Essa é uma abordagem defendida por Ghysels (1998) que afirmou que as variações no beta ocorrem de maneira muito mais lenta do que o previsto pelos modelos intertemporais contínuos.

Para testar o componente não linear na relação entre o retorno do portfólio e o retorno da carteira de mercado na determinação do beta, foi utilizado o *Threshold*

---

<sup>1</sup> Small stocks são ações de empresas com baixa capitalização de mercado, que é o número de ações multiplicado pelo valor de cada ação.

<sup>2</sup> High book-to-market stocks são ações de empresas com alta razão entre seu valor de mercado e o valor patrimonial da empresa (valor contábil)

*Regression*, um modelo econométrico de séries de tempo que permite a inserção de uma variável *threshold*, ou seja, uma variável de corte a fim de analisar se o beta do portfólio apresenta mudança significativa em sua estimativa em dois cenários distintos. Para todos os testes e procedimentos econométricos foi utilizado o software estatístico STATA.

$$y_t = \beta x_t + \theta_1 z_t + \epsilon_t \text{ se } -\infty < w_t \leq \gamma$$

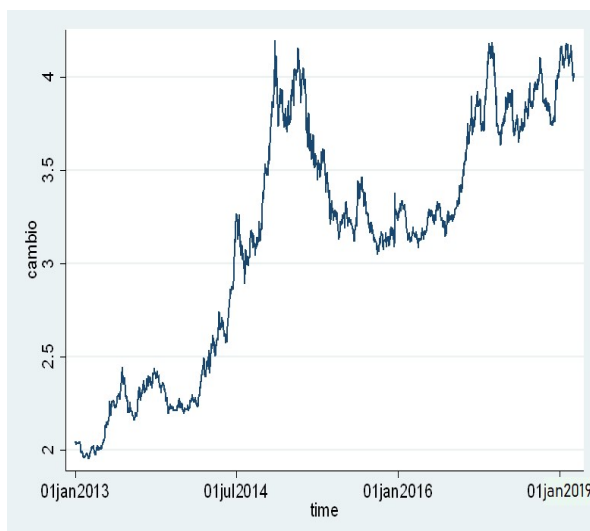
$$y_t = \beta x_t + \theta_2 z_t + \epsilon_t \text{ se } \gamma < w_t \leq \infty$$

A variável de corte ( $w_t$ ) utilizada foi a primeira diferença da taxa de câmbio entre o real e o dólar comercial americano. A variável dependente foi o excesso de retorno dos portfólios  $E(R_i) - R_f$  referentes a cada setor, e a variável explicativa ou independente foi o excesso de retorno do mercado  $E(R_m) - R_f$ , chamado de fator de mercado.

A partir desse procedimento será possível analisar como o risco associado ao mercado, medido pelo coeficiente beta, dos setores da economia muda de um cenário de valorização da moeda nacional para um cenário de desvalorização.

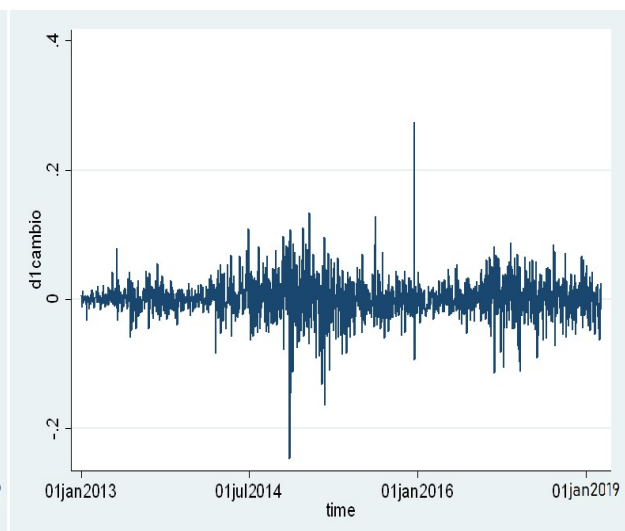
A taxa de câmbio foi obtida pelo sistema gerador de séries temporais do Banco Central e é representada pelo Gráfico 3.1. Para a realização da regressão, foi retirada a primeira diferença da série temporal no STATA a fim de tornar a série estacionária conforme mostrado no Gráfico 3.2.

**Gráfico 3.1**



Fonte: Bacen; elaboração própria

**Gráfico 3.2**



Fonte: Bacen; elaboração própria

Os portfólios utilizados foram extraídos da base de dados do NEFIN, o Centro Brasileiro de Pesquisa em Economia Financeira da Universidade de São Paulo. Os portfólios são construídos a partir das ações elegíveis, que são aquelas que cumprem os seguintes critérios:

- É a ação com maior liquidez da empresa no último ano
- A ação foi transacionada em pelo menos 80% dos dias com volume maior que R\$ 500.000 por dia durante o ano anterior.
- A ação foi listada na bolsa antes de dezembro do ano anterior.

Foram utilizados portfólios ao invés de ações individuais por dois motivos: (i) o objetivo é analisar a diferença na estimativa do beta a depender da taxa de câmbio e poder comparar esse efeito entre os setores da economia, (ii) segundo Fama e French (2004), estimativas do beta para portfólios diversificados são mais precisos do que para ativos individuais. A Tabela 3.1 apresenta um sumário descritivo dos excessos de retorno dos sete portfólios.

**Tabela 3.1**

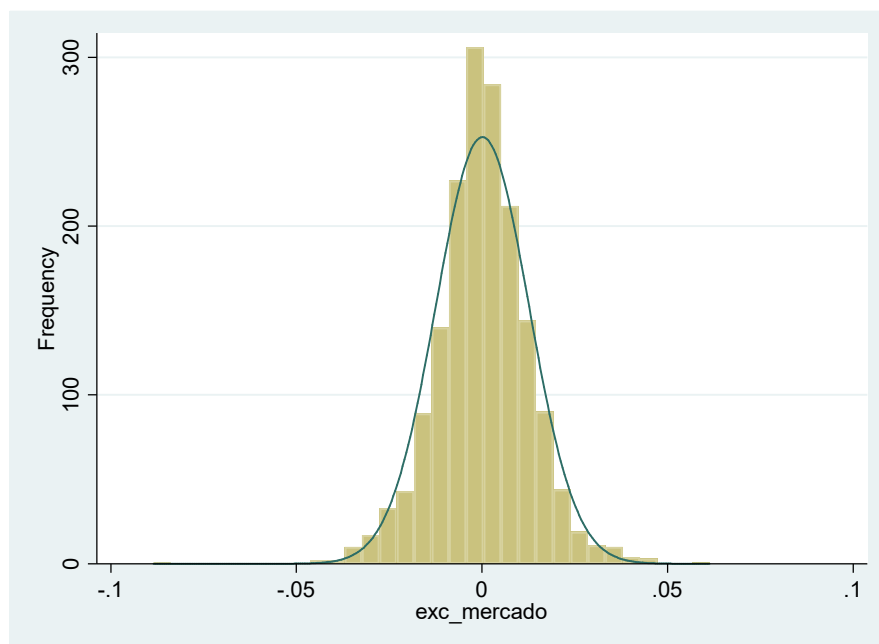
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
produtos_bas	1,692	-.0001631	.0136023	-.078448	.066516
construção	1,692	-.0003998	.0188478	-.133134	.091817
consumo	1,692	6.32e-06	.011277	-.083207	.051474
energia	1,692	.000166	.0137209	-.104554	.054144
finanças	1,692	.0003517	.0142213	-.124121	.083095
manufatura	1,692	.0001497	.0159331	-.106783	.091185
outros	1,692	6.88e-06	.0118494	-.100231	.044686

Fonte: NEFIN; elaboração própria

O fator de mercado utilizado na regressão também foi retirado do NEFIN e é a diferença entre o retorno diário da carteira de mercado ponderado pelo peso de cada ação e a taxa livre de risco diária. A carteira de mercado foi formada com todas as ações elegíveis de acordo com os critérios anteriores e a taxa livre de risco foi computada como o 30-day DI Swap. O Gráfico 3.3 mostra que o fator de mercado

calculado pelo NEFIN está de acordo com o pressuposto feito pelo modelo CAPM de que o retorno se aproxima de uma distribuição normal. Para Sharpe (1964), a carteira de mercado deveria ser composta por todos os ativos de risco, não só ativos financeiros, todavia pela dificuldade de mensuração e obtenção desses dados, a carteira formada pelo NEFIN é uma alternativa mais completa ao Índice Bovespa comumente usado como *proxy* para a carteira de mercado no Brasil.

**Gráfico 3.3**



Fonte: NEFIN; elaboração própria

A base de dados compreendia o período de janeiro de 2001 até outubro de 2019, porém o período escolhido para a análise foi de janeiro de 2013 até outubro de 2019, considerando-se apenas dias úteis nos quais a bolsa funciona e os ativos são transacionados.

## Resultados

A *Threshold Regression* foi feita para cada um dos sete portfólios descritos na Tabela 3.1 e foram encontrados dois valores de beta para cada um deles. O valor de corte foi próximo de 0 para todos os portfólios, o que quer dizer que a região 1 corresponde ao cenário em que a taxa de câmbio está caindo, valorização do câmbio, e a região 2 corresponde ao cenário de alta na taxa de câmbio, desvalorização do câmbio.

Na Figura 4.1 abaixo estão os resultados da *Threshold Regression* feita para o portfólio composto pelas ações do setor de materiais básicos. O coeficiente que acompanha a variável independente *exc\_mercado* é o beta, cujo valor é estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em ambas as regiões. Pode-se afirmar que a mudança no valor do beta é significativa ao analisar os intervalos de confiança gerados em cada região. Enquanto em um cenário de valorização da moeda nacional o beta do portfólio de materiais básicos está entre 0.48 e 0.59, o beta no cenário de desvalorização está entre 0.31 e 0.48. O beta consegue medir o risco associado ao mercado de um portfólio e com esse resultado percebe-se que o risco das empresas de materiais básicos diminui quando há desvalorização da moeda. Esse resultado faz sentido econômico quando se observa que as empresas que compõem esse setor são em grande maioria exportadoras, como a Suzano.

**Figura 4.1**

Order	Threshold	SSR
1	0.0174	0.2484

produtos_bas	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
Region1					
exc_mercado	.5398805	.0288391	18.72	0.000	.4833568 .5964041
_cons	-.0011507	.0003396	-3.39	0.001	-.0018164 -.000485
Region2					
exc_mercado	.4007448	.0447302	8.96	0.000	.3130753 .4884144
_cons	.0021388	.0006538	3.27	0.001	.0008573 .0034203

Já na Figura 4.2 temos os resultados para o portfólio de consumo. O coeficiente beta também é significativo ao nível de significância de 5%, porém dessa vez percebe-se o movimento inverso. Na região 1, valorização do câmbio, há um menor risco associado do que na região 2. Ao observar os intervalos de confiança gerados, pode-se dizer também que a diferença é significativa de um valor para o outro. Esse também é um resultado esperado visto que as empresas que compõem esse portfólio, como a Magazine Luiza, são voltadas para o mercado interno e uma desvalorização cambial representa impacto nos custos, o que aumenta seu risco e custo de capital próprio.

**Figura 4.2**

Order	Threshold	SSR
1	-0.0009	0.0533

consumo	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
Region1					
exc_mercado	.7100207	.0167188	42.47	0.000	.6772524 .7427889
_cons	.0008783	.0002076	4.23	0.000	.0004714 .0012853
Region2					
exc_mercado	.8123668	.0152115	53.40	0.000	.7825528 .8421809
_cons	-.0006165	.0001909	-3.23	0.001	-.0009907 -.0002423

Esses dois portfólios exemplificam os dois casos principais nos quais existe comportamento antagônico frente ao cenário de corte proposto pelo modelo. A Tabela 4.1 sumariza esses resultados para os sete portfólios enquanto o restante dos resultados detalhados estará no Anexo A.

Tabela 4.1

<b>Coefficientes Beta</b>		
<b>Setores</b>	<b>Região 1</b>	<b>Região 2</b>
Produtos Básicos	0.5398805	0.4007448
Construção	0.9922979	1.049403
Consumo	0.7100207	0.8123668
Energia	0.83869	0.83869
Finanças	1.035862	0.9602025
Manufatura	0.9664033	1.123378
Outros	0.7652882	0.8246979

Fonte: elaboração própria

O comportamento descrito para o portfólio de consumo é acompanhado pelos portfólios de construção, energia, manufatura e outros, nos quais existe aumento de risco associado ao mercado em cenário de desvalorização da moeda nacional. Enquanto o comportamento do beta do portfólio de materiais básicos é acompanhado pelo de finanças, nos quais ocorro diminuição de risco ao invés de aumento como nos outros.

A mudança no beta das empresas consequentemente impacta no custo do capital próprio calculado pelo modelo CAPM. O retorno exigido pelo investidor em função do risco varia nesses dois cenários apresentados e a Tabela 4.2 resume essas informações para os setores analisados. O custo do capital foi calculado tomando o resultado do beta para cada região da regressão, e o fator de risco e a taxa livre de risco inseridas no modelo foram tomadas como as taxas anualizadas do último mês da análise, outubro de 2019.

Tabela 4.2

<b>Custo do Capital Próprio</b>		
<b>Setores</b>	<b>Região 1</b>	<b>Região 2</b>
Produtos Básicos	12.03%	10.39%
Construção	17.37%	18.04%
Consumo	14.04%	15.25%
Energia	15.56%	16.55%
Finanças	17.88%	16.99%
Manufatura	17.06%	18.92%
Outros	14.69%	15.39%

Fonte: elaboração própria

Os setores que apresentaram maior variação frente às duas regiões de análise foram o de produtos básicos e o de manufatura, com queda de 13.65% e aumento de 10.86% respectivamente no custo de capital próprio.



## Referências Bibliográficas

Amaral, João Marcelo, T. **Teoria de Apreçamento de Ativos: Teoria e Evidências.** *Monografia.* UnB. Brasília, 2016.

Arisoy, Y; Altay-Salih, A; Akdeniz, L. **Aggregate Volatility Expectations and Threshold CAPM.** *The North American Journal of Economics and Finance*, v.34, p.231-253, 2015

Black, F. **Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing.** *The Journal of Business*, v.45, p.444-455, 1972

Breeden, Douglas, T. **An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities.** *Journal of Financial Economics*, v.7, p.265-296, 1979

Fama, E; French, K. **The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence.** *The Journal of Economic Perspectives*, v. 18, p. 25-46, 2004.

Ghysels, E. **On Stable Factor Structures in the Pricing of Risk: Do Time Varying Betas Help or Hurt?** *Journal of Finance*, v.53, p.549-573, 1998

Hansen, B. E. **Sample Splitting and Threshold Estimation.** *Econometrica*, v.68, p.575-605, 2000

Jagannathan, R, and Wang, Z. **The Conditional CAPM and the Cross-Section of Expected Returns,** *Journal of Finance*, v.51, p.3-53, 1996

Lettau, M; Ludvigson, S. **Resurrecting the (C)CAPM: A Cross-Sectional Test When Risk Premia Are Time-Varying.** *Journal of Political Economy*, v.109, 2001

Lintner, J. **The Valuation of Risk Assets and The Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budget.** *Review of economics and statistics*, v. 47, p. 13-37, 1965.

Maia, Jéssica P. **Análise do CAPM para o Caso Brasileiro: Houve Mudança de Risco com a Crise do Subprime?** *Monografia, UnB. Brasília, 2013*

Markowitz, Harry M. **Portfolio Selection.** *Journal of Finance*, v.7 p.77-91, 1952

Merton, Robert, C. **Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous-time Model.** *Journal of Economic Theory*, v.3, p.373-413, 1971

Merton, Robert, C. **An Intertemporal Capital Asset Pricing Model.** *Econometrica*, v.41, No.5, p.867-887, 1973

Mossim, J. **Equilibrium in a Capital Asset Market.** *Econometrica*, Outubro, 1966.

Perlin, M. S.; Ceretta, P. S. . **CAPM e o Mercado Brasileiro**. In: *4º Congresso USP de Controladoria e Contabilidade*, 2004, São Paulo - SP. Anais do evento, 2004.

Pettengill, G. N., Sumdaram, S., Mathur, I. **The Conditional Relation Between Beta and Returns**. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 30 (1), p.101-116, 1995.

Roll, R. **A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests**. *Journal of Financial Economics*, v. 4, p. 129-176, 1977.

Sharpe. W. **Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk**. *Journal of Finance*, v. 19, p. 425-42, 1964.

Sharpe W. **Mutual Fund Performance**. *The Journal of Business*, v.39, p.119-138, 1966

Sharpe W. **The Sharpe Ratio**. *The Journal of Portfolio Management*, v.21, p.49-58, 1994

Spolavori, Adriana, G. **CAPM: um Teste do Modelo para o Mercado Brasileiro na Crise do Subprime**, *Dissertação de mestrado*, UFRGS, Rio Grande do Sul, 2010

Treynor, J. **Toward a Theory of Market Value of Risky Assets**. *Manuscrito não publicado*, 1961.

## Anexos

### ANEXO A – Resultados das Threshold Regressions:

Order	Threshold	SSR
1	-0.0008	0.3017

construção	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Region1						
exc_mercado	.9922979	.0397486	24.96	0.000	.9143921	1.070204
_cons	.0014294	.0004931	2.90	0.004	.0004629	.0023959
Region2						
exc_mercado	1.049403	.0362225	28.97	0.000	.9784083	1.120398
_cons	-.0020382	.000455	-4.48	0.000	-.0029301	-.0011463

Order	Threshold	SSR
1	-0.0128	0.0961

energia	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Region1						
exc_mercado	.83869	.0271152	30.93	0.000	.7855452	.8918347
_cons	.0017963	.0003769	4.77	0.000	.0010576	.0025349
Region2						
exc_mercado	.9228381	.0182717	50.51	0.000	.8870263	.9586499
_cons	-.000422	.0002177	-1.94	0.053	-.0008488	4.75e-06

Order	Threshold	SSR
1	-0.0199	0.0799

finanças	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Region1						
exc_mercado	1.035862	.0292206	35.45	0.000	.9785907	1.093133
_cons	.0017358	.0004381	3.96	0.000	.000877	.0025945
Region2						
exc_mercado	.9602025	.0156609	61.31	0.000	.9295076	.9908973
_cons	-.0001757	.0001859	-0.95	0.344	-.0005401	.0001886

Order	Threshold	SSR
1	0.0325	0.1683

manufatura	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Region1						
exc_mercado	.9664033	.0216401	44.66	0.000	.9239895	1.008817
_cons	.0000799	.0002578	0.31	0.757	-.0004254	.0005851
Region2						
exc_mercado	1.123378	.0501684	22.39	0.000	1.025049	1.221706
_cons	.0008917	.0008307	1.07	0.283	-.0007364	.0025199

Order	Threshold	SSR
1	0.0005	0.0588

outros	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Region1						
exc_mercado	.7652882	.0172441	44.38	0.000	.7314904	.799086
_cons	.0011401	.0002114	5.39	0.000	.0007257	.0015544
Region2						
exc_mercado	.8246979	.0162662	50.70	0.000	.7928167	.8565792
_cons	-.0010792	.0002067	-5.22	0.000	-.0014844	-.000674



. dfuller consumo

Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1691

	Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-37.748	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

. dfuller energia

Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1691

	Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-39.525	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

. dfuller finanças

Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1691

	Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-37.954	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

. dfuller manufatura

Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 1691

	Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-38.817	-3.430	-2.860	-2.570

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

```
. dfuller outros
```

```
Dickey-Fuller test for unit root          Number of obs   =      1691
```

	Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-37.922	-3.430	-2.860	-2.570

```
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000
```

```
. dfuller exc mercado
```

```
Dickey-Fuller test for unit root          Number of obs   =      1691
```

	Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-40.951	-3.430	-2.860	-2.570

```
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000
```