

**Universidade de Brasília (UnB)**

**LUIZ FELLIPE OLIVEIRA LOCATELLI**

**ANÁLISE DO IMPACTO DA CRISE DE 2008 NA AVERSÃO  
AO RISCO DO INVESTIDOR NO MERCADO FINANCEIRO  
BRASILEIRO COM O MODELO CAPM.**

Brasília, Distrito Federal

2014

**LUIZ FELLIPE OLIVEIRA LOCATELLI**

**ANÁLISE DO IMPACTO DA CRISE DE 2008 NA AVERSÃO  
AO RISCO DO INVESTIDOR NO MERCADO FINANCEIRO  
BRASILEIRO COM O MODELO CAPM.**

Monografia apresentada no Curso de Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade de Brasília (UnB) como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: José Guilherme Lara Resende

Brasília, Distrito Federal

2014

LUIZ FELLIPE OLIVEIRA LOCATELLI

**ANÁLISE DO IMPACTO DA CRISE DE 2008 NA AVERSÃO AO RISCO DO  
INVESTIDOR NO MERCADO FINANCEIRO BRASILEIRO COM O MODELO  
CAPM.**

Monografia apresentada à  
Universidade de Brasília (UnB),  
Faculdade de Economia,  
Administração e Contabilidade  
(FACE) para a conclusão do curso de  
Ciências Econômicas.

Orientador: José Guilherme Lara  
Resende

**Comissão Examinadora**

---

Prof. Dr. José Guilherme Lara Resende

---

Prof. Dr. Roberto de Góes Ellery Júnior

## **Agradecimentos**

Agradeço ao meu orientador, o Prof. José Guilherme Lara Resende, por toda a ajuda e pela paciência no processo de elaboração da monografia.

Agradeço à minha família que sempre esteve ao meu lado.

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	6
2	Revisão de Literatura do CAPM.....	7
3	Metodologia e Teste.....	17
3.1	Metodologia.....	17
3.2	Realização do teste em dois Períodos.....	18
3.3	Regressão do modelo CAPM com variável dummy.....	21
3.4	Regressão $\beta_0$ em $\beta_1$ .....	23
4	Considerações Finais.....	25
	Referencias Bibliográficas.....	26
	Anexos.....	28

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

No mercado financeiro brasileiro, os estudos de precificação de ativos são relativamente recentes, uma vez que a base de dados necessária é recente em comparação com países com a precificação de ativos consolidada. Assim é um campo ainda não muito explorado no Brasil que possui uma base teórica robusta e experimentada no exterior.

Dentre os fatores mais importantes para a alteração da precificação, as crises financeiras e econômicas ao longo da história recente são relevantes para essa alteração. É importante entender os impactos dessas crises no mercado financeiro e conseqüentemente no âmbito econômico também.

A alteração na aversão ao risco do investidor é um desses impactos relacionados a períodos de crises que, de acordo com Blume (1973), em períodos diferentes a aversão segue uma variação que pode ser afetada pelas crises econômicas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é tentar estimar o efeito da crise de 2008 na aversão ao risco dos agentes no mercado financeiro brasileiro, ou pelo menos para os principais ativos desse mercado. Assim, por meio da literatura existente analisamos o comportamento do mercado financeiro brasileiro em relação à crise em comparação com estudo feito anteriormente para o mercado americano.

A base teórica utilizada será o modelo *Capital Asset Pricing Method* desenvolvido por Sharpe e Lintner (1963, 1965); o objetivo secundário será explicar os principais modelos de precificação e a razão da escolha do CAPM para esse estudo, em detrimento de outros modelos bastante utilizados na literatura.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA DO CAPM

Nesse capítulo apresentamos uma revisão de literatura do modelo de precificação de ativos CAPM para o melhor entendimento da estimação do coeficiente de aversão ao risco e a sua justificativa em detrimento dos outros modelos. A revisão de literatura contém os principais modelos e artigos relevantes para o modelo CAPM e os modelos subsequentes em ordem cronológica.

O modelo CAPM (*capital asset pricing method*) foi desenvolvido por Sharpe (1963) e Lintner (1965) a partir do modelo de Markowitz (1952,1959) que assume que a aversão ao risco nos investidores é relacionada com a variância do retorno dos investimentos. Foi o primeiro modelo de precificação e explora a relação retorno e risco desenvolvido, por meio da análise de média-variância e da regressão de mínimos quadrados ordinários (MQO).

Markowitz (1952) combina os retornos esperados (média) com a variância para criar a área de alocação possível entre retorno e risco. Nessa área encontram-se as alocações mais eficientes entre risco-retorno, que determina a fronteira eficiente. A fronteira eficiente pode ser determinada usando-se as equações a seguir:

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \cdot \mu_i \quad (1)$$

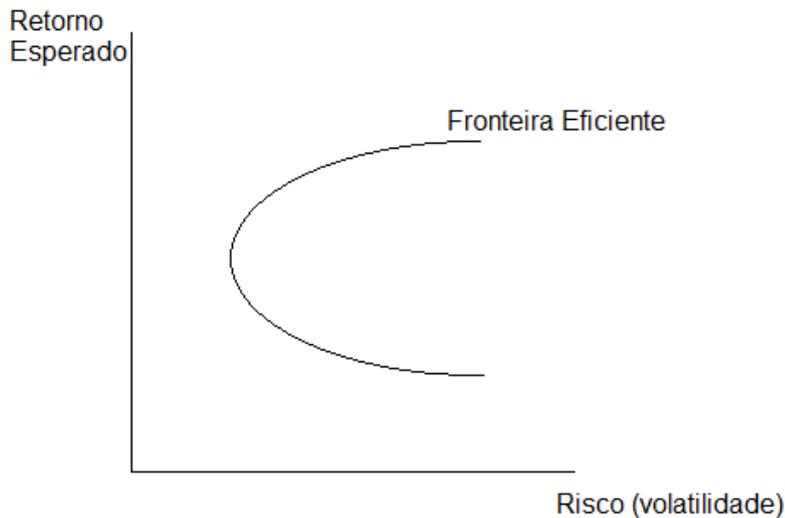
$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i \cdot X_j \cdot \sigma_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i \cdot \mu_i \geq \mu_p \quad \text{min} \quad (4)$$

Há várias maneiras para se determinar a fronteira eficiente, com as equações acima é possível de duas maneiras: a primeira minimizando a variância (V) sujeita às equações (3) e (4), a segunda maximizando o retorno do portfólio (E) sujeito à equação (3) e a uma variância (v) já estabelecida, formando toda a fronteira eficiente de média-variância. Ver figura abaixo.

Gráfico 1 - Fronteira Eficiente de Média-Variância



Para o desenvolvimento do modelo CAPM assumem-se cinco hipóteses. Cada investidor pode investir qualquer parte de seu capital em ativos livre de risco, ou investir qualquer fração de seu capital em ativos com risco. O mercado de trocas de ativos é competitivo, não havendo custos ou impostos no preço de mercado dos ativos. Assume-se também que qualquer investidor pode pedir fundos emprestados para investir em ativos de risco e por último os investidores consideramos retornos (média) recebidos e as mudanças no preço dos ativos (variância).

Na derivação do modelo feito por Mossin (1966), assume-se uma função utilidade côncava com a primeira derivada positiva e a segunda negativa. Assim utilizamos a função da utilidade (quadrática) de Bernoulli em dois períodos e sua maximização sujeita à riqueza no primeiro período ( $w_t$ ) e ao rendimento do segundo período ( $R^i_{t+1}$ ):

$$\max_{c_t, s_{i=1}^n} -\frac{1}{2}(c_t - v)^2 - \beta \frac{1}{2} E_t[(c_{t+1} - v)^2] \text{ s. a. } c_t + \sum_{i=1}^n s_i = \omega_t \text{ e } c_{t+1} = \sum_{i=1}^n s_i R^i_{t+1} \text{ para } i = [1, n]$$

Substituindo as restrições na função objetivo obtém-se:

$$\max_{\{s_i\}_{i=1}^n} -\frac{1}{2} \left( \omega_t - \sum_{i=1}^n s_i - v \right)^2 - \beta \frac{1}{2} E_t \left[ \left( \sum_{i=1}^n s_i R_{t+1}^i - v \right)^2 \right]$$

A condição de primeira ordem em relação a  $s_i$  resulta em:

$$(\omega_t - S_t - v) - \beta E_t \left[ R_{t+1}^i \left( \sum_{i=1}^n s_i R_{t+1}^i - v \right) \right] = 0$$

A equação acima pode ser reescrita como:

$$E_t \beta \left[ \left( \frac{\sum_{i=1}^n s_i R_{t+1}^i - v}{(\omega_t - S_t - v)} \right) R_{t+1}^i \right] = 1 \quad (5)$$

Dessa forma é definido:

$$m_{t+1} = \beta \left( \frac{\sum_{i=1}^n s_i R_{t+1}^i - v}{(\omega_t - S_t - v)} \right),$$

Podemos reescrever a equação (5) como:

$$E_t [m_{t+1} R_{t+1}^i] = 1 \quad (6)$$

A variável  $m_{t+1}$  é chamada fator de desconto estocástico e é linear em relação à  $R_{t+1}^m$ :

$$m_{t+1} = \alpha_t + b_t R_{t+1}^m \quad (7)$$

Onde:

$$\alpha_t = \frac{\beta - v}{c_t - v}, b_t = \frac{\beta(\omega_t - c_t)}{c_t - v} \text{ e } R_{t+1}^m = \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{(\omega_t - c_t)} R_{t+1}^i$$

Como  $c_t = (\omega_t - S_t)$ , então  $\frac{s_i}{(\omega_t - c_t)} = \frac{s_i}{S_t}$  é a fração da renda investida no ativo  $i$ .

Assim  $R_{t+1}^m$  é o retorno da carteira de ativos do indivíduo. A equação (6) pode ser reescrita como:

$$E_t [R_{t+1}^i] E_t [m_{t+1}] + cov_t (R_{t+1}^i, m_{t+1}) = 1, \quad i = 1, \dots, n. \quad (8)$$

Substituindo a equação (7) na equação (8) obtemos:

$$\alpha_t E_t[R_{t+1}^i] + b_t E_t[R_{t+1}^i] E_t[m_{t+1}] + b_t \text{cov}_t(R_{t+1}^i, R_{t+1}^m) = 1 \quad (9)$$

Aplicando o ativo livre de risco com retorno  $R_t^f$ , na equação (6) e usando a equação (7), obtemos:

$$R_t^f = \frac{1}{E_t[m_{t+1}]} = \frac{1}{\alpha_t + b_t E_t[R_{t+1}^m]}$$

Assim a equação (9) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\frac{E_t[R_{t+1}^i]}{R_t^f} = 1 - b_t \text{cov}_t(R_{t+1}^i, R_{t+1}^m) \quad (10)$$

A expressão acima pode ser utilizada para o retorno de mercado  $R_{t+1}^m$ , implicando:

$$E_t[R_{t+1}^m] - R_t^f = -b_t R_t^f \text{cov}_t(R_{t+1}^m, R_{t+1}^m) = -b_t R_t^f \text{var}_t(R_{t+1}^m)$$

Logo:

$$-b_t R_t^f = \frac{E_t[R_{t+1}^m] - R_t^f}{\text{var}_t(R_{t+1}^m)} \quad (11)$$

Substituindo (11) em (10) obtemos:

$$E_t[R_{t+1}^i] - R_t^f = \frac{E_t[R_{t+1}^m] - R_t^f}{\text{var}_t(R_{t+1}^m)} \text{cov}_t(R_{t+1}^i, R_{t+1}^m) = \frac{\text{cov}_t(R_{t+1}^i, R_{t+1}^m)}{\text{var}_t(R_{t+1}^m)} [E_t[R_{t+1}^m] - R_t^f]$$

Dessa forma é derivado o modelo tradicional do CAPM, resumindo na seguinte equação:

$$E(R_t^i) = R_t^f + \beta_i [E(R_t^m) - R_t^f] \quad (12)$$

Onde  $E(R_t^i)$  é o retorno esperado do ativo  $i$ ,  $R_t^f$  é o retorno do ativo livre de risco,  $E(R_t^m)$  é o retorno de mercado esperado e o  $\beta_i$  é a sensibilidade do retorno do ativo  $i$  em relação ao mercado, dado por:

$$\beta_t^{i,m} = \text{cov}_t(R_{t+1}^i, R_{t+1}^m) / \text{var}_t(R_{t+1}^m)$$

A estimação do modelo do CAPM é normalmente realizada em duas etapas, a primeira por meio de regressão temporal com o objetivo da mensuração dos betas dos ativos e, portanto, da equação de precificação de fato. Na segunda etapa é realizada uma regressão de corte (cross-section) para testar o modelo. Nessa regressão é comum usar as estimações dos betas estimados na seção anterior e a variância dos erros (resíduos) da precificação. Uma possível forma da regressão da segunda etapa é:

$$R_i = \alpha_1 + \alpha_2 \beta_i + \alpha_3 S_{ei}^2 + \mu_i$$

Os resultados dessa regressão devem satisfazer as seguintes condições que são:  $\alpha_1$  tem de ser igual à taxa livre de risco ( $r_f = \alpha_1$ ),  $\alpha_2$  deve ser igual ao retorno esperado de mercado menos a taxa livre de risco ( $E(r_m) - r_f = \alpha_2$ ), e  $\alpha_3$  deve ser igual a zero, uma vez que o risco idiossincrático não é precificado.

Blume (1970) verifica pela primeira vez a mudança dos betas ao longo do tempo, com um estudo do CAPM com uma variável dummy para a mudança de período, sugerindo que as condições das precificações de ativos variam de acordo com os períodos.

No modelo CAPM o beta, isto é, a aversão ao risco, varia com o período, inclusive se mantida a mesma estrutura de portfólio. Blume (1970) constatou que os betas seguem uma regressão, e tendem a um, ou seja, os portfólios em que o beta é alto tendem a diminuir e os que possuem beta baixo tendem a aumentar em períodos diferentes.

Outro método que se tornou padrão na literatura foi Fama e MacBeth (1973), em que as regressões dos retornos são estimadas mês a mês, corrigindo o problema das correlações dos resíduos.

Fama e Macbeth (1973) analisaram a equação (12) e testaram três implicações: a primeira é a relação entre o retorno esperado e o risco de um portfólio eficiente  $m$  ser linear. A segunda é que  $\beta_i$  é a medida completa para a mensuração do risco do ativo  $i$  e, por último, quanto maior o risco maior será o retorno esperado.

Os primeiros modelos relevantes influenciados pelo CAPM foram feitos por Black, Jensen e Scholes (1972) e Black (1972). Black *et al.* (1972), desenvolvem um

modelo de dois fatores ao invés de um só fator, com a justificativa de que há um ganho na explicação do modelo. Desse modo eles obtêm um bom resultado no que diz respeito à relação entre prêmio de risco esperado nos ativos individuais e o seu risco sistemático:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + (1 - \beta_i) R_z + e_i$$

Onde  $R_z$  é retorno do ativo que possui covariância zero com o retorno do portfólio de mercado  $R_m$ .

Blacket *al.* (1972) utilizam como base o modelo de dois fatores para desenvolver uma versão do CAPM sem o ativo livre de risco, propondo que o retorno do portfólio de mercado seja o retorno eficiente dos portfólios; esse modelo foi chamado Black CAPM. A derivação do modelo é realizada pela minimização da variação do portfólio  $i$  ( $\text{Var}(R_i)$ ) sujeito à esperança do retorno do portfólio ( $E(R_i)$ ). Desse modo a equação considerada é:

$$E(R_i) = E(R_z) + \beta_i [E(R_m) - E(R_z)] \quad (12)$$

Assim, diferentemente da equação (11), a equação (12) não possui a taxa do ativo livre de risco, dessa forma o intercepto da equação é  $E(R_z)$ , reforçando as suposições de Blacket *al.* (1972) que não há taxa de juro livre de risco para empréstimo e investimento.

Merton (1973) desenvolveu o modelo ICAPM (*Intertemporal Capital Asset Pricing Method*) que, diferentemente do CAPM tradicional inclui outras variáveis de precificação além do retorno de mercado.

Esse modelo supõe que a venda de ativos acontece de forma contínua durante o tempo, logo os retornos e as mudanças da configuração do portfólio são descrito por um processo estocástico de tempo contínuo.

O ICAPM de Merton gerou outros modelos importantes, como o modelo de Breenan (1979) chamado *consumption CAPM*. O (C)CAPM é um modelo com um único beta, sem o ativo livre de risco e o retorno de mercado e mensurado somente pelo consumo agregado e suas variações. De acordo com esse modelo a

covariância do retorno do ativo com o consumo é a medida de risco relevante para a precificação dos ativos, sendo expresso em forma de equação:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i \Delta C_i + e_{it}, \text{ tal que } E(e_{it}) = 0$$

Onde  $R_{it}$  é a taxa de retorno do ativo  $i$  no período  $t$  e  $\Delta C_i$  é a taxa de crescimento do consumo agregado *per capita* no período  $t$ . Porém esse modelo não possui um bom desempenho empírico. (Ghosh *et al.*, 2011)

Fama e French (1992, 1993) desenvolveram um modelo de três fatores similar ao CAPM tradicional. Porém ao invés de somente o beta de mercado inclui variáveis de âmbito contábil: o SMB (*small minus big*) referente à capitalização de mercado das empresas (menor taxa de capitalização menos a maior taxa de capitalização do mercado), e o HML (*high minus low*) referente à taxa *book-to-market*, ou seja, a diferença do valor contábil para o valor de mercado (a maior taxa menos a menor taxa *book-to-market*). A equação do modelo de três fatores de Fama e French é dada por::

$$R_i = R_f + \beta (R_m - R_f) + b_s^i \text{ SMB} + b_v^i \text{ HML} + e_{(t)}$$

As variáveis contábeis SMB e HML (tamanho da firma e a taxa *book-to-market*) são incluídas no modelo baseadas no argumento de Fama e French (1993) de que são significativos para a precificação, pois apresentam efeitos não capturados pelo retorno de mercado.

A escolha do tamanho da firma se baseia no resultado do trabalho de Banz (1981) em que o *market equity* (valor no mercado acionário) aumenta o poder de explicação na regressão de corte dos  $\beta$  de mercado. Já a escolha da variável HML se baseia nos resultados de Stattman (1980), Rosemberget *al.* (1985) e Chan *et al.* (1991), em que foi constatada uma relação positiva entre o *book-to-market* e os retornos médios nos mercados acionários analisados (Estados Unidos e Japão).

Para a elaboração do fator HML de Fama e French (1992, 1993) o mercado analisado utilizam-se seis portfólios divididos de acordo com o *book-to-market* das firmas em ordem crescente. Assim, esses portfólios são divididos em duas categorias de *book-to-market*: baixo e alto, contendo três portfólios cada, qualificados nesses subgrupos em ordem crescente de *book-to-market*.

Logo o HML seria a média do retorno do portfólio com maior *book-to-market* de cada uma das duas categorias (alto e baixo) menos a média do retorno do portfólio com menor *book-to-market* de cada uma das duas categorias também, e tem como objetivo mimetizar o fator risco nos retornos relacionados com a taxa *book-to-market*.

Para o cálculo do fator SMB foi utilizado um processo semelhante ao do HML em que as firmas do mercado acionário são divididas em seis portfólios, em ordem crescente de tamanho (*Market Equity*) e divididas em duas categorias novamente, uma com os três portfólios com firmas de maior tamanho e outra com três portfólios de firmas de menor.

Diferentemente do HML, o SMB é a diferença da média do retorno da categoria dos portfólios com as firmas de menor tamanho acionário pela média do retorno da categoria com maior. Portanto, o SMB tem como objetivo a mimetização do fator risco no retorno relacionado com o tamanho.

O modelo de Fama e French possui maior poder explicativo em testes empíricos do que o CAPM e sugere que os riscos das ações são multidimensionais, conseguindo capturar os diferentes comportamentos dos retornos das ações. A modelagem econométrica não é dispendiosa e já existem alguns estudos com os cálculos das variáveis no Brasil. Porém o CAPM foi escolhido para ser utilizado nesse trabalho, por ser um modelo mais simples e com um bom poder explicativo.

Mais recentemente, Lettau e Ludvigson (2001) desenvolveram um modelo a partir do CAPM (*consumption capital asset pricing theory*) de Breeden (1979) chamado (C)CAPM de multifatores, em que além do consumo é adicionado outro fator chamado de  $z=cay$ , a taxa agregada de consumo-riqueza. Essa variável leva em conta a riqueza da economia, o seu capital humano e não humano.

Além disso, é adicionado um terceiro fator, dado pela junção dos dois fatores já citados: a variação do consumo e o fator  $z$ . Assim esse modelo é expresso pela equação:

$$E[R_{i,t+1}] = E[R_{0,t}] + \beta_{zi}\lambda_z + \beta_{\Delta ci}\lambda_{\Delta C} + \beta_{\Delta czi}\lambda_{z\Delta C},$$

Onde  $E[R_{i,t+1}]$  é o retorno esperado,  $E[R_{0,t}]$  é o retorno livre de risco no momento  $t$ ,  $\lambda_t$  é um coeficiente tal que  $\lambda_t = -E[R_{0,t}]Cov(f, f')b_t$ , para todos os fatores da equação, e  $f$  e  $f'$  são vetores dos fatores fundamentais que compõe  $\lambda_t$ , como o crescimento do consumo ou o retorno de mercado.

Baseado no trabalho de Campbell e Cochrane (1999), por meio de testes empíricos, semelhantes ao artigo de Blume (1972), Lettau e Ludvigson (2001) mostraram uma variação da aversão ao risco ( $\beta$ ) ao longo do tempo, para modelos baseados em consumo, e essa volatilidade na aversão ao risco está ligada às flutuações econômicas do período analisado.

Lettau e Ludvigson argumentam que o seu modelo possui um resultado melhor do que o CAPM tradicional e o (C)CAPM, pois esses não levam em conta a correlação com o crescimento do consumo e que em momentos pós-crise o  $\beta$  tende a ser maior do que em momentos pré-crise. O que é um resultado intuitivo, pois se há uma crise na economia os agentes evitam risco para minimizar possíveis perdas, o que aumenta a aversão ao risco e, conseqüentemente, aumenta o seu prêmio.

Apesar de o modelo de Lettau e Ludvigson ter um alto poder explicativo, ele possui fragilidades na parte das variáveis, pois a variável  $z$ , não possuem proxy de fácil observação. Conseqüentemente a utilização de modelos mais simples e já testados para o mercado brasileiro é mais viável, pois facilitará as definições das proxies relevantes para esse mercado financeiro.

No Brasil, o estudo mais recente de aversão ao risco foi realizado por Machado *et al.* (2013), que analisam empiricamente a validade do modelo de precificação ICAPM proposto por Merton (1973) para o mercado brasileiro. Porém com as mudanças propostas por Bali (2008) em que é adicionado o método GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*).

O trabalho de Machado *et al.* (2013) tem também como objetivo determinar os impactos da crise de 2008, dividindo a amostra em duas, uma pré-crise e uma pós-crise, em particular examinando os resultados sobre o coeficiente de aversão ao risco.

Porém, apesar de encontrar uma diferença nos períodos, o modelo não conseguiu capturar essa mudança de direção, fazendo com que o coeficiente de aversão ao risco ( $\beta$ ) se tornasse negativo no teste realizado. Portanto, é necessária usar um modelo que além de ter grande utilização no mercado tenha mais robustez.

Por essas razões escolhemos o CAPM, um modelo simples com grande poder explicativo, além de ser um modelo clássico que já foi implementado várias vezes para o mercado brasileiro, fazendo com que as proxies sejam mais estudadas, e os dados para a realização do modelo de fácil obtenção em comparação com os modelos analisados acima.

## **CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA E TESTE.**

### **3.1 – Metodologia**

O estudo realizado utiliza o modelo CAPM para capturar o efeito da crise de 2008 sobre a aversão ao risco dos investidores do mercado financeiro brasileiro. Para isso analisaremos os períodos pré e pós-crise de 2008.

São utilizados dados de setembro de 2003 até outubro de 2013, divididos em dois subperíodos de duração igual, de setembro de 2003 até setembro de 2008, e um segundo período de outubro de 2008 até outubro de 2013, cada período com cinco anos de duração.

Foi escolhido outubro de 2008 como o momento de intersecção pelo fato de ter sido o mês com o maior impacto nos mercados financeiros mundiais. Logo denominamos subperíodo a partir de outubro de 2008 como pós-crise e o subperíodo anterior a outubro de 2008 como pré-crise.

O índice IBOVESPA foi utilizado como proxy do retorno de mercado, como é usual em estudos do mercado acionário brasileiro, como no trabalho de Machado *et al.* (2013). Os ativos escolhidos para o estudo são provenientes da base de dados Económica, acessados em abril de 2014 e estão especificados na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Códigos dos Ativos

Código	Ativo
BBAS3	Banco do Brasil
BBDC3	Bradesco
BBDC4	Bradesco
EMBR3	Embraer
GGBR4	Gerdau
ITSA4	Itaú S/A
ITUB4	Itaú Unibanco
PETR3	Petrobrás
PETR4	Petrobrás
TIMP3	Tim Part S/A
VALE3	Vale
VALE5	Vale
VIVT4	Telef. Brasil

Fonte: BM&FBOVESPA

Foram escolhidos os ativos mais relevantes para o mercado financeiro brasileiro com frequência diária que, posteriormente, foram transformados em retornos mensais para melhor adequação com os dados dos retornos de mercado e de ativo livre de risco.

Para o ativo livre de risco foi utilizada a taxa de juros da CDI (certificação de depósito interbancárias) como proxy, pois de acordo com Machado *et al.*(2013) ela melhor representa a taxa livre de risco ex-ante para investidores no Brasil. O dado foi obtido em abril de 2014 do site da CETIP ([www.cetip.com.br](http://www.cetip.com.br)). Para a manipulação de dados e a realização da regressão foram utilizados os softwares Microsoft Excel e o software gratuito GRETL ([www.gretl.sourceforge.net](http://www.gretl.sourceforge.net)).

### 3.2 - Realização do Teste em dois Períodos

Primeiro mensuramos os coeficientes de aversão ao risco, os betas, de cada ativo individualmente, para cada um dos dois períodos, por meio do método mínimo

quadrado ordinário. De acordo com Lettau e Luvigson (2001) o prêmio de risco é importante para explicar o risco dos portfólios e deve ser maior em períodos pós- crise, assim esperamos que o coeficiente aumente no segundo período (pós- crise) em relação ao coeficiente do primeiro período (pré- crise).

O modelo utilizado para a mensuração do coeficiente de aversão ao risco é CAPM, dado a equação (12) na seção anterior. A equação estimada é:

$$r_i^t - r_f^t = \alpha_i + \beta_i(r_m^t - r_f^t) + \varepsilon_i$$

Tabela 2 - Regressão de série temporal

Período	Ativo	$\beta$	$\alpha$
Setembro 2003 - Setembro 2008	BBAS3	1,082	0,007
	BBDC3	1,031	0,009
	BBDC4	0,961	0,009
	EMBR3	0,711	-0,010
	GGBR4	1,373	0,000
	ITSA4	0,791	0,011
	ITUB4	0,808	0,006
	PETR3	0,949	0,011
	PETR4	1,010	0,009
	TIMP3	0,767	0,003
	VALE3	1,134	0,002
	VALE5	1,034	0,004
VVT4	0,394	0,009	
Outubro 2008 - Outubro 2013	BBAS3	1,307	0,009
	BBDC3	0,777	0,011
	BBDC4	0,845	0,007
	EMBR3	0,536	0,005
	GGBR4	1,282	-0,003
	ITSA4	0,939	0,007
	ITUB4	1,005	0,006
	PETR3	1,169	-0,012
	PETR4	1,160	-0,007
	TIMP3	0,519	0,009
	VALE3	0,878	0,002
	VALE5	0,859	0,003
VVT4	0,004	0,010	

A tabela 2 mostra os valores dos betas e alfas estimados para o modelo CAPM<sup>1</sup>. Os alfas de todos os ativos examinados estão de acordo com o esperado, atendendo à exigência de que sejam iguais à zero.

<sup>1</sup>Para aumentar a eficiência do resultado do teste foram realizadas mais duas regressões, porém deslocando em três meses antes e em três meses após o período de corte, outubro de 2008. Os resultados obtidos são similares aos obtidos para o período de corte outubro de 2008 e estão no anexo, nas Tabelas 6.1 e 6.2, respectivamente.

Todavia os betas dos ativos não se comportam da maneira constatada por Lettau e Ludvigson (2001), de que os betas períodos pré-crise tendem a ser menores do que os pós-crise. Somente cinco dos treze ativos satisfazemo resultado de Lettau e Ludvigson (2001).

Mesmo que entre os ativos que satisfaçam o resultado estejam a Petrobrás (PETR3 e PETR4), Itáu e Banco do Brasil, empresas que possuem grande participação no mercado acionário brasileiro, ainda assim não é possível garantir que a crise financeira impactou o coeficiente de aversão ao risco.

No segundo teste, para a validação do modelo CAPM, a regressão de corte foi realizada para cada período separadamente e os resultados de sua regressão coincidem com as condições para validar o CAPM. A equação estimada foi.

$$R_i = \alpha_1 + \alpha_2 \beta_i + \alpha_3 S_{\epsilon_i}^2 + \mu_i,$$

onde  $S_{\epsilon_i}^2$  é a variância do erro,  $\beta_i$  é o beta obtido na regressão temporal e  $\mu_i$  é o erro idiossincrático.

**Tabela 3.1 - Regressão de corte do Período 1**

	Coefficiente	Erro Padrão
constante	0,014	0,007
$\beta$	0,017	0,006
$S_{\epsilon_i}^2$	-1,079	0,561
$R^2$	0,534078	
Média $r_f$	1,18%	
$E(r_m) - r_f$	0,74%	

**Tabela 3.2 - Regressão de corte do Período 2**

	Coefficiente	Erro Padrão
constante	0,0145	0,006
$\beta$	-0,009	0,005
$S_{\epsilon_i}^2$	-0,398	0,67
$R^2$	0,251	
Média $r_f$	0,77%	
$E(r_m) - r_f$	-0,64%	

De acordo com as tabelas acima, a maioria das hipóteses do modelo CAPM para os dois períodos são validadas, porém o  $\alpha_2$  do primeiro período e o  $\alpha_1$  do segundo são maiores do que deveria com um valor de 1,7% e 1,45%.

O modelo tem um bom poder explicativo para o mercado brasileiro. O  $R^2$  foi relativamente alto para o período pré-crise. Porém, no segundo período, há uma queda do  $R^2$ , e também há os valores elevados de  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  expostos acima, o que pode sugerir que o modelo falhou em capturar algum elemento do mercado.

### 3.3 - Estimação Do Modelo CAPM Com Variável Dummy

Utilizando os mesmo dados da regressão anterior, foi realizada uma nova estimação do modelo CAPM, com a inserção de uma variável dummy, com o objetivo de mensurar a diferença de comportamento dos investidores nos períodos pré e pós-crise. Essa variável é igual a zero para o período pré-crise, e igual a um para o período pós-crise. Assim, o valor estimado para o coeficiente dessa variável dummy mensura o impacto da mudança no período, ou seja, da crise, na aversão ao risco dos investidores (beta).

Utilizamos períodos com a mesma duração temporal que o da estimação anterior e o mesmo número de observações da amostra, com os mesmos ativos. A equação estimada é:

$$R_t^i = R_t^f + \beta_i [R_t^m - R_t^f] + \beta_2 \text{Dummy}[0, 1] + e_t$$

Tabela 4 - Regressão temporal com a variável dummy para períodos pré e pós-crise

Ativo	$\beta$	Dummy( $\beta_2$ )	Intercepto( $\alpha$ )	R <sup>2</sup>
BBAS3	1,198	0,003	0,007	0,612
BBDC3	0,900	0,000	0,010	0,503
BBDC4	0,901	-0,003	0,009	0,512
EMBR3	0,619	0,014	-0,012	0,167
GGBR4	1,332	-0,006	0,005	0,614
ITSA4	0,866	-0,002	0,008	0,532
ITUB4	0,909	0,002	0,003	0,528
PETR3	1,061	-0,021	0,010	0,524
PETR4	1,087	-0,015	0,008	0,591
TIMP3	0,633	0,004	0,001	0,122
VALE3	1,004	-0,002	0,005	0,522
VALE5	0,945	-0,002	0,005	0,510
VVT4	0,189	0,000	0,003	0,048

Os resultados obtidos do modelo CAPM<sup>2</sup> com a variável dummy foram similares aos obtidos com a regressão anterior, em que a maioria dos ativos tiveram um comportamento contrastante com o que Lettau e Ludvigson (2001) obtiveram para períodos de crise.

A variável dummy para a maioria dos ativos apresentou um beta negativo, o que significa que no período pós-crise o beta diminuiu, isto é, a aversão ao risco dos investidores caiu do período pré-crise para o período pós-crise.

A regressão apresentou para a maioria dos ativos analisados um R-quadrado relativamente alto, acima de 0,5 e somente poucos ativos apresentaram R-quadrado baixo, o que corrobora o modelo utilizado para precificar de ativos e estimar o coeficiente de aversão ao risco dos investidores.

Então o modelo dummy corrobora os resultados obtidos acima com a regressão do CAPM tradicional. Vamos utilizar os resultados dessa estimação para realizar mais um teste de modo a aumentar a robustez dos resultados obtidos nesse artigo.

<sup>2</sup>Também foram realizados testes adicionais análogos aos explicados na nota de rodapé 1, em que foram feitas mais duas regressões com os períodos relevantes na primeira em três meses antes e na segunda em três meses após o período de corte utilizado. Os resultados se mantêm e estão, respectivamente, nas tabelas 7.1 e 7.2 do anexo.

### 3.4 - Regressão $\beta_0$ em $\beta_1$

Vamos agora regredir os betas obtidos para o período pré-crise nos betas obtidos para o período pós-crise. O objetivo desse teste é estabelecer a relação entre o beta pré e pós-crise de todos os ativos analisados no estudo.

Assim, nos betas dos ativos analisados será feita a regressão como um portfólio somente e serão analisados dados cross-sectional. A equação da regressão se formula da seguinte maneira.

$$\beta_{1i}' = \theta_0 + \theta_1 \beta_{0i} + e_i,$$

onde  $\theta_1$  é a constante que representa a inclinação,  $\theta_0$  é o intercepto e  $e_i$  é o erro da regressão. Os resultados da regressão se encontram na seguinte tabela 5 abaixo.

	Coefficientes	Erro padrão	R-Quadrado
$\theta_0$	-0,2637	0,2532	0,6582
$\theta_1$	1,2211	0,2653	

De acordo com a tabela 5, os resultados<sup>3</sup> obtidos nesse terceiro teste apresentam um  $\theta_1$  positivo e maior que um, dessa forma o  $\beta_1$  (beta do período pós-crise) seria maior que  $\beta_0$ , assim ratificando o resultado de Lettau e Ludvigson (2001).

Porém, apesar de um  $\theta_1$  maior que um, ainda assim não é suficiente para determinar esse comportamento do coeficiente de aversão ao risco entre períodos pré e pós-crise, em consequência do parâmetro  $\theta_0$  que apresentou valor negativo e relativamente impactante para a regressão de  $\beta_1$ . Desse modo  $\beta_1$  não será estritamente sempre maior que  $\beta_0$ , somente para alguns casos, dependendo do valor de  $\beta_0$  que quando multiplicado por  $\theta_1$  e subtraído por  $\theta_0$  tem que permanecer maior que um, ou seja, tem que ser maior do que aproximadamente 1,192673.

<sup>3</sup> Semelhantemente aos testes anteriores foram realizadas mais duas regressões alterando o período relevante de forma análoga aos testes anteriores e os resultados obtidos são similares aos resultados do teste principal em questão.

Assim, apesar dos resultados dessa regressão não ratificaremos resultados dos outros dois testes realizados, também não refutam os testes anteriores. O teste feito apresentou um R-quadrado relativamente alto, de aproximadamente de 0,65.

## **CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os testes realizados no capítulo anterior permitem a conclusão de que a aversão ao risco dos investidores no mercado financeiro brasileiro diminuiu depois da crise de 2008, devido à queda no beta do período pós-crise em relação ao período pré-crise, para os ativos relevantes no estudo.

Esse resultado contradiz Lettau e Ludvigson (2001), que afirmam que a aversão ao risco tende a aumentar em períodos pós-criSES, aumento esse mensurado pelo beta do modelo CAPM. Uma vez que a aversão ao risco está ligada a flutuações econômicas, e não há um aumento nela, entende-se que não houve um impacto econômico significativo para os investidores.

Assim, pelos resultados apresentados pode-se inferir que a crise de 2008 não apresentou grandes impactos no mercado financeiro brasileiro, pelo menos a ponto de aumentar a aversão ao risco dos investidores para esse grupo de ativos analisados.

Outra justificativa para os resultados seria a estrutura diversa do mercado brasileiro em relação ao mercado americano analisado por Lettau e Ludvigson (2001), pois, além do mercado brasileiro ser razoavelmente menor que o americano, muitas das principais empresas que compõem o mercado financeiro brasileiro são total ou parcialmente públicas. Portanto, essa estrutura ímpar do mercado financeiro brasileiro pode também influenciar a relação dos investidores com o risco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BALI, T. G. **The Intertemporal Relation Between Expected Returns and Risk.** *Journal of Financial Economics*. Vol. **87**, 2008, P. 101–131.

BANZ, R. W. **The relationship between return and market value of common stock.** *Journal of Financial Economics*, 1981, p. 3-18.

BLACK, F. **Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing.** *The Journal of Business*, Vol. **45(3)**, 1972, p. 444-455.

BLACK, F.; JENSEN, M. C.; SCHOLES, M. **The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests.** *Studies In The Theory Of Capital Markets*, 1972.

BLUME, M. **Portfolio Theory: A Step Towards Its Practical Application.** *Journal of Business*, Vol. **43(2)**, 1970, p. 152-174.

BREEDEN, D. T. **An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities.** *Journal of Financial Economic*, p. 265–296, 1979.

CAMPBELL, J. Y.; COCHRANE J. H. **By Force of Habit: A Consumption-Based Explanation of Aggregate Stock Market Behavior.** *The Journal of Political Economy*, Vol. **107(2)**, 1999, p. 205-251.

CHAN L. K. C.; HAMAOKA Y.; LAKONISHOK J. **Fundamentals and Stock Returns in Japan.** *Journal of Finance*, vol. **46(5)**, 1991, p. 1739–1764.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. **The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence.** *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. **18(3)**, 2004, p. 25-46.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. **Common risk factors in the returns on stocks and bonds\*.** *Journal of Financial Economics*, Vol. **33**, 1993, p. 3-56.

FAMA, E. F.; MACBETH, J. D. **Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests.** *The Journal of Political Economy*, Vol. **81(3)**, 1973, p. 607-636.

GHOSH, A.; JULLIARD, C.; TAYLOR, A. P. **What is the Consumption-CAPM missing? An Information-Theoretic Framework for the Analysis of Asset Pricing Model**. *Financial markets group discussion paper 691*, Outubro 2011.

LINTNER, J. **The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments In Stock Portfolios and Capital Budget**. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. **47(1)**, 1965, p. 13-37.

LETTAU, M. LUDVIGSON, S.; **Resurrecting the (C)CAPM: A Cross-Sectional Test When Risk Premia Are Time-Varying**. *Journal of Political Economy*, Vol. **109(6)**, 2001, p. 1238-1287.

MACHADO, O. P.; BORTOLUZZO, A. B.; MARTINS, S. R.; SANVICENTE, A. Z. **Inter-temporal CAPM: An Empirical Test with Brazilian Market Data**. *Revista Brasileira de Finanças*, Rio de Janeiro, Vol. **11(2)**, 2013, p. 149–180.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection**. *The Journal of Finance*, Vol. **7(1)**, 1952, p. 77-91.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments**. *Cowles Foundation Monograph*, Número **16**, 1959.

MERTON; R. C. **Theory of Rational Option Pricing**. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. **4(1)**, 1973, p. 141-183.

MOSSIN, J. **Equilibrium In A Capital Market Asset**. *Econometrica*, Vol. **34(4)**, 1966, p. 768-783.

ROSENBERG B.; REID K.; LANSTEIN R. **Persuasive evidence of market inefficiency**. *Journal of Portfolio Management*, vol. **11(3)**, p. 9–16.

SHARPE, W.F.; **Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk**, *Journal of Finance*, 1964, p. 429-442.

STATTMAN D. **Book values and stock returns**. *The Chicago MBA: A Journal of Selected Papers* 4, 1980, p. 25–45.

## ANEXOS:

Tabela 6.1 - Regressão de série temporal

Período	Ativo	$\beta$	$\alpha$
Junho 2003 - Junho 2008	BBAS3	1.13	0.0009
	BBDC3	1.05	0.0058
	BBDC4	1.00	0.0057
	EMBR3	0.88	-0.0121
	GGBR4	1.26	0.0051
	ITSA4	0.86	0.0066
	ITUB4	0.86	0.0007
	PETR3	0.87	0.0070
	PETR4	0.94	0.0044
	TIMP3	0.92	-0.0044
	VALE3	0.98	0.0070
	VALE5	0.92	0.0068
	VVT4	0.44	0.0121
Julho 2008 - Julho 2013	BBAS3	1.22	0.0096
	BBDC3	0.73	0.0126
	BBDC4	0.78	0.0092
	EMBR3	0.49	0.0139
	GGBR4	1.36	-0.0083
	ITSA4	0.87	0.0097
	ITUB4	0.91	0.0088
	PETR3	1.12	-0.0132
	PETR4	1.11	-0.0084
	TIMP3	0.40	0.0091
	VALE3	0.94	-0.0020
	VALE5	0.90	-0.0003
	VVT4	0.02	0.0095

Tabela 6.1 - Regressão de série temporal

Período	Ativo	$\beta$	$\alpha$
Dezembro 2003 - Dezembro 2008	BBAS3	1.15	0.0022
	BBDC3	0.97	0.0117
	BBDC4	0.94	0.0115
	EMBR3	0.67	-0.0125
	GGBR4	1.45	0.0051
	ITSA4	0.88	0.0132
	ITUB4	0.91	0.0083
	PETR3	1.13	0.0097
	PETR4	1.19	0.0078
	TIMP3	0.72	-0.0011
	VALE3	1.11	0.0062
	VALE5	1.03	0.0066
	VIVT4	0.20	0.0103
	Janeiro 2009 - Janeiro 2014	BBAS3	1.25
BBDC3		0.83	0.0101
BBDC4		0.92	0.0062
EMBR3		0.47	0.0121
GGBR4		1.19	-0.0010
ITSA4		0.93	0.0057
ITUB4		0.97	0.0044
PETR3		1.10	-0.0134
PETR4		1.06	-0.0085
TIMP3		0.40	0.0153
VALE3		0.91	0.0030
VALE5		0.89	0.0042
VIVT4		0.10	0.0075

Tabela 7.1 - Regressão temporal com a variável dummy para períodos pré e pós-crise (Dummy para Julho de 2008 a Julho de 2013)

Ativo	$\beta_1$	Dummy( $\beta_2$ )	Intercepto( $\alpha$ )	R <sup>2</sup>
BBAS3	1.180	0.008	0.002	0.598
BBDC3	0.878	0.005	0.007	0.480
BBDC4	0.877	0.002	0.006	0.483
EMBR3	0.656	0.028	-0.016	0.188
GGBR4	1.318	-0.018	0.013	0.631
ITSA4	0.865	0.003	0.005	0.524
ITUB4	0.889	0.008	0.000	0.510
PETR3	1.011	-0.024	0.010	0.516
PETR4	1.039	-0.017	0.009	0.576
TIMP3	0.628	0.014	-0.007	0.120
VALE3	0.959	-0.012	0.010	0.498
VALE5	0.907	-0.010	0.009	0.487
VVT4	0.203	0.001	0.002	0.054

Tabela 7.2 - Regressão temporal com a variável dummy para períodos pré e pós-crise (Dummy para Janeiro de 2009 a Janeiro de 2014)

Ativo	$\beta_1$	Dummy( $\beta_2$ )	Intercepto( $\alpha$ )	R <sup>2</sup>
BBAS3	1.191	0.005	0.004	0.605
BBDC3	0.915	-0.002	0.011	0.519
BBDC4	0.929	-0.005	0.011	0.539
EMBR3	0.588	0.025	-0.016	0.165
GGBR4	1.357	-0.009	0.010	0.631
ITSA4	0.897	-0.007	0.012	0.570
ITUB4	0.933	-0.003	0.007	0.553
PETR3	1.120	-0.024	0.011	0.539
PETR4	1.139	-0.018	0.010	0.606
TIMP3	0.590	0.016	-0.005	0.112
VALE3	1.033	-0.004	0.007	0.540
VALE5	0.978	-0.003	0.007	0.531
VVT4	0.160	0.000	0.001	0.037

Tabela 8.1 - Regressão  $\beta_0$  em  $\beta_1$ 

	Coeficientes	Erro padrão	valor-P	R-Quadrado
$\theta_0$	-0.5674	0.3494	0.1326	0.6032
$\theta_1$	1.5049	0.3680	0.0018	

Tabela 8.2 - Regressão  $\beta_0$  em  $\beta_1$ 

	Coeficientes	Erro padrão	valor-P	R-Quadrado
$\theta_0$	-0.1133	0.1273	0.3924	0.8500
$\theta_1$	1.0111	0.1281	0.0000	