

GABRIEL NUNES DE SOUZA CEDISMONDI

**ANÁLISE DE UM MODELO DE PREVISÃO DA TAXA DE JUROS DOS
TÍTULOS PÚBLICOS BRASILEIROS**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do diploma de Engenheiro de Produção

**SÃO PAULO
2008**

GABRIEL NUNES DE SOUZA CEDISMONDI

**ANÁLISE DE UM MODELO DE PREVISÃO DA TAXA DE JUROS DOS
TÍTULOS PÚBLICOS BRASILEIROS**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do diploma de Engenheiro de Produção

**Orientadora:
Profa. Dra. Linda Lee Ho**

**SÃO PAULO
2008**

Cedismondi, Gabriel Nunes de Souza.

Análise de um Modelo de Previsão da Taxa de Juros dos Títulos Públicos Brasileiros / Gabriel Nunes de Souza Cedismondi; orientadora: Profa. Dra. Linda Lee Ho.

São Paulo, 2008

121 f.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

1. Engenharia Econômica. 2. Modelos de Previsão 3. Taxa de Juros 4. Dívida Brasileira

1. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

À Escola Politécnica, em primeiro lugar, que proporcionou a realização de um dos mais importantes objetivos estudantis. Agradeço pela oportunidade de aprendizado e, principalmente, pelo crescimento e maturidade adquiridos ao longo dos anos de estudo na escola.

À professora Linda, orientadora, pela paciência, dedicação e pelos conhecimentos transmitidos de forma a facilitar o processo de aprendizado. Além disso, agradeço a todo o corpo docente do Departamento de Engenharia de Produção que se mostrou competente e comprometido com a atividade de ensinar em todo o decorrer do curso.

Aos colegas de faculdade que me mostraram caminhos muitas vezes não tão claros na busca do saber.

Aos amigos da vida que me ensinaram e ensinam sempre a arte de viver e compartilhar momentos.

Aos colegas de trabalho que proporcionaram o aprendizado específico do tema deste trabalho e são mentores de minha carreira profissional.

À minha família, pelo apoio, dedicação, e principalmente, pelo suporte dado durante esses anos todos de estudo.

RESUMO

Todos os governos, independentemente qualquer ideologia, têm a necessidade de se financiarem para que possam ser realizados os investimentos necessários na economia. Um dos modos mais utilizados hoje em dia é o lançamento de títulos públicos no mercado financeiro. Os agentes compram esses ativos com a finalidade de obterem rendimentos fixos atrelados ao risco macroeconômico soberano, bem como para obter posições estratégicas no mercado de capitais. A administração de posições com esses títulos em carteira requer o estudo de seu comportamento no mercado como um todo. O presente trabalho apresenta um modelo de estudo do comportamento da taxa de juros da dívida externa brasileira durante o período de 2007. O modelo segue o axioma de que os preços são correlacionados com outras variáveis do mercado, e também correlacionados com seus valores passados. Ao final da construção do modelo, tentou-se prever as taxas de juros de fechamento diário do principal título de dívida externa brasileira para alguns dias adiante.

ABSTRACT

Each government, regardless of its ideology, has the need of a financial backup in order to provide the Economy with global investments. One of the common manners to achieve that goal is the public securities using the financial markets. The players in the market buy such assets not only to gain fixed rates related to sovereign macroeconomics risk, but also to keep strategic positions in capital markets. The management of such positions requires its behavior study within the market. The present study proposes a model that studies the behavior of the Brazilian external debt interest rate in 2007. The model assumes that the prices are correlated to other exogenous variables, and also from its own lagged values. The model was used to predict the price of Brazilian external debt benchmark rate for few subsequent days after the analysis sample.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1	Gráfico da Dívida Pública Brasileira (Em percentual do PIB)	24
Figura 1.2	Gráfico do Brasil 40 e da <i>treasury</i> 10 anos	28
Figura 1.3	Gráfico da probabilidade de default com relação à taxa de retorno dos títulos	33
Figura 1.4	Gráfico da curva do Rendimento da dívida para o governo	33
Figura 2.1	Gráfico de Dispersão dos dados do exemplo	37
Figura 2.2	Gráfico da função de auto correlação da função exemplo	53
Figura 3.1	Gráfico da Taxa de Juros do Brasil 40	61
Figura 3.2	Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e o México 34	63
Figura 3.3	Gráfico do Brasil 40 x Chile 13	64
Figura 3.4	Gráfico do Brasil 40 x Venezuela 34	64
Figura 3.5	Gráfico do Brasil 40 x Colombia 37	65
Figura 3.6	Gráfico do Brasil 40 x Colombia 37 (modificado)	65
Figura 3.7	Gráfico do Brasil 40 x Equador 08	66
Figura 3.8	Gráfico do Brasil 40 x Equador 08 (modificado)	66
Figura 3.9	Gráfico do Brasil 40 x África do Sul 37	67
Figura 3.10	Gráfico do Brasil 40 x África do Sul 37 (modificado)	67
Figura 3.11	Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e a taxa do tesouro Americano de 10 anos	68
Figura 3.12	Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e a taxa do tesouro Americano de 2 anos.	69
Figura 3.13	Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e a taxa do tesouro Americano de 5 anos.	69
Figura 3.14	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar Americano em Reais.	70
Figura 3.15	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Rands Sul-africanos.	71
Figura 3.16	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Liras Turcas.	71
Figura 3.17	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Liras Turcas (modificado).	72
Figura 3.18	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Florintes Húngaros.	72
Figura 3.19	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em RUB.	73
Figura 3.20	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em RUB (modificado).	73
Figura 3.21	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Mexicanos.	74
Figura 3.22	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Mexicanos (modificado).	74
Figura 3.23	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Peruanos.	75
Figura 3.24	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Peruanos modificado	75
Figura 3.25	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em	75

	Pesos Colombianos.	
Figura 3.26	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Chilenos.	76
Figura 3.27	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Chilenos (modificado).	76
Figura 3.28	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Argentinos.	77
Figura 3.29	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice IBOVESPA	78
Figura 3.30	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice SP500	79
Figura 3.31	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Dow Jones	79
Figura 3.32	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Nasdaq	80
Figura 3.33	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Nasdaq (modificado).	80
Figura 3.34	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Dax	80
Figura 3.35	Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Mexbol	81
Figura 3.36	Gráfico dos Resíduos do Modelo de Regressão	88
Figura 3.37	Gráfico dos Resíduos do Modelo da Segunda Abordagem	90
Figura 3.38	Gráfico dos Resíduos do Modelo da Terceira Abordagem	93
Figura 3.39	Gráfico de dispersão dos resíduos com relação às observações do modelo final com dois desvios padrões para mais e para menos.	95
Figura 3.40	Gráfico de dispersão dos resíduos com relação aos valores do modelo final e dois desvios padrões para mais e para cima	95
Figura 3.41	Gráfico de dispersão dos resíduos normalizados	96
Figura 3.42	Papel da Probabilidade Normal	96
Figura 4.1	Gráfico do Resultado do Modelo	99
Figura 4.2	Resíduos da Previsão (em pontos percentuais)	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	ANOVA, Definição	41
Tabela 2.2	ANOVA, Definição para Regressão Múltipla	44
Tabela 2.3	Passos do <i>Backward Procedure</i>	46
Tabela 2.4	Etapas do Processo ARIMA	51
Tabela 3.1	Resultados da Análise dos Títulos de Países Emergentes	68
Tabela 3.2	Resultados da Análise dos Títulos dos Estados Unidos	70
Tabela 3.3	Resultados da Análise das Moedas	77
Tabela 3.4	Resultados da Análise dos Índices das Bolsas mundiais	81
Tabela 3.5	Auto Correlações do Brasil 40	83
Tabela 3.6	(a) Auto Correlações da primeira diferença da série do Brasil 40 (b) Auto Correlações da segunda diferença da série do Brasil 40	84
Tabela 3.7	Análise do modelo ARIMA (4,2,2)	85
Tabela 3.8	Análise do modelo ARIMA(4,2,8)	85
Tabela 3.9	Análise do modelo ARIMA(4,2,1)	86
Tabela 3.10	Resultado da Regressão dos resíduos do modelo ARIMA(4,2,1)	86
Tabela 3.11	Resultado da Regressão Linear	87
Tabela 3.12	Auto Correlações e Auto Correlações parciais dos resíduos do modelo de regressão	89
Tabela 3.13	ARIMA(4,1,1) dos resíduos do modelo de regressão	89
Tabela 3.14	Resultado do Segundo Modelo	90
Tabela 3.15	Resultado do Modelo de Regressão junto com ARIMA	91
Tabela 3.16	Ativos Retirados do Modelo	92
Tabela 3.17	Resultado do Modelo Final	93
Tabela 4.1	Resultado da Previsão	99

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
BM&F	Bolsa de Mercadorias e Futuros
CDCA	Certificado de Depósito de Crédito Agrícola
CDS	<i>Credit Default Swap</i>
LCA	Letra de Credito do Agronegocio
CETIP	Câmara de Custódia e Liquidação
Moedas	
ARS	Peso Argentino
BRL	Real Brasileiro
COL	Peso Colombiano
CLP	Peso Chileno
CHF	Franco Suisso
EUR	Euro
HUF	Florinte Hungaro
PEN	Peso Peruano
RUB	Rublo Russo
MXN	Peso Mexicano
TRY	Lira Turca
Índices de Bolsa de Valores	
IBOVESPA	Índice das ações da Bolsa de São Paulo (BOVESPA)
SP500	Índice SP500
DAX	Índice da Bolsa da Europa
Dow Jones	Índice Dow Jones
MEXBOL	Índice da Bolsa do Mexico

SUMÁRIO

Parte I - INTRODUÇÃO	Pág. 13
1.1 – Globalização	14
1.2 – Banco ING	16
1.3 – Áreas do Conhecimento	18
1.4 – Ativo Objeto do Trabalho	20
1.5 – Modelos de Previsão	24
1.6 – Atualidade do Problema	27
1.7 – Negociação da Dívida Pública	29
1.8 – Modelos Econômicos	31
Parte II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	Pág. 35
2.1 – Introdução	36
2.2 – Modelos de Regressão	37
2.3 – Análise de Variância	40
2.4 – Regressão Múltipla	42
2.5 – Procedimento de Escolha do Modelo Final	45
2.6 – Análise dos Resíduos	46
2.7 – Processos Estocásticos	47
2.8 – Processos Estacionários	48
2.9 – Função de Auto Covariância	58
2.10 – Modelos ARIMA	50
2.11 – Testes Auxiliares	58
Parte III – MODELO	Pág. 60
3.1 – Introdução	61
3.2 – Seleção das Variáveis	62
3.3 – Construção do Modelo	82
3.4 – <i>Backward Procedure</i>	92
3.5 – Análise dos Resíduos	94
Parte IV – PREVISÃO E CONCLUSÕES	Pág. 97
4.1 – Resultados	98
4.2 – Análise dos Resultados	100
4.3 – Conclusões	101
Bibliografia	Pág. 103
ANEXO I – Valores Utilizados	Pág. 106

PARTE I

INTRODUÇÃO

“In today’s industry, there is no shortage of information. No matter how small or how straightforward a process may be, measuring instruments abound.”

-N. R. Draper

1. INTRODUÇÃO

O estudo desenvolvido por esse trabalho se divide em 4 capítulos. Neste primeiro capítulo, serão apresentadas as principais questões envolvendo a escolha do objeto de estudo do trabalho. A motivação da escolha da taxa de juros do Brasil reside na atual situação do mercado financeiro global e local.

Em seguida, nos capítulos II, III e IV, o modelo estatístico é construído e aplicado na tentativa de se preverem dados para 10 dias subsequentes aos da amostra coletada.

1.1. Globalização

Chama-se de globalização, ou mundialização, o crescimento da interdependência de todos os povos e países da superfície terrestre. A história da globalização é muito mais antiga do que parece. Têm-se indícios e registros dela desde o Império Romano, passando pelo Império Chinês e até na civilização Egípcia antiga. Esses indícios são em sua maioria baseados na criação do Direito. Este é o primeiro fator dentro das civilizações humanas a criar o conceito de universalidade dentro das relações de poder. A partir disso, vê-se claramente o sentido de globalização no período das grandes navegações, em que a descoberta, conquista e, principalmente, a riqueza de outras regiões eram o principal foco dos navegadores da época.

Nesse cenário, surge a questão das relações entre diversos fatores econômicos de diferentes países. Com a economia globalizada, o envolvimento e interdependência entre os países ficam maiores de forma que cada variável endógena de um país está sujeita a oscilações de outras variáveis. Quanto maior essa interdependência entre os países, menor é o peso com que as variáveis endógenas agem sobre os fatores da economia e maior o peso da ação dos fatores globais.

Exemplos anteriores na história, destacando as Revoluções Francesa e Industrial, mostram diversos fatores que impulsionaram a integração de regiões do mundo. Na Revolução Francesa, houve a universalização dos direitos humanos, enquanto na Industrial, o foco foi baseado nas novas relações de trabalho. Posteriormente, houve as duas grandes guerras e a Guerra Fria como marcos do sentido de globalização em que o mundo inteiro foi abalado e

movido pelos mesmos interesses, mesmo que algumas regiões não foram atingidas diretamente.

Mais recentemente, a economia mundial vem sofrendo uma transformação radical, principalmente nas duas últimas décadas. As distâncias geográficas e culturais estão se reduzindo significativamente com o advento de aviões a jato, aparelhos de fax, computadores ligados a linhas telefônicas e redes de comunicação mundial de televisão por satélite. Esses avanços têm permitido às empresas ampliarem substancialmente seus mercados e fontes de suprimento. (KOTLER, 1997).

Após o término da Guerra Fria, empresas e países estão enfrentando problemas como a crescente competição global, sérias diferenças de renda, a deterioração ambiental, a infraestrutura precária, a estagnação econômica, a baixa taxa de formação de mão-de-obra e os inúmeros problemas econômicos, políticos e sociais. A boa notícia é que a globalização além de trazer esses problemas, traz consigo também oportunidades. No primeiro momento, essas oportunidades claramente criam mercados novos para todas as empresas. Nichos de mercado antes inalcançáveis, agora se mostram como questão de sobrevivência para empresas multinacionais. A intensa concorrência criada a partir dessa última análise aprofunda as relações de concorrência e torna a disputa por mercado mais acirrada. Se por um lado essa concorrência traz um mercado mais eficiente no sentido de encontrar melhores preços – seguindo os princípios de concorrência perfeita – por outro lado, a intensificação da concorrência também traz malefícios para os mercados locais que sofrem com a presença das empresas estrangeiras.

Outro efeito, secundário, decorrente do fenômeno de globalização é a retração da renda da população. Apesar de ainda o mundo não estar em grande recessão ou estagnação econômica – salvo alguns períodos de recessão localizada – tem-se uma tendência clara de diminuição do poder de compra da população, principalmente daquela fatia com menor potencial de força de trabalho. Desde a Revolução Industrial, outro importante fenômeno criador da situação em que vivemos hoje, o emprego real vem diminuindo a uma taxa maior do que a taxa de crescimento da população mundial. Isso por si só já é o bastante para causar essa contração no consumo. (KOTLER, 1997).

Por fim, destaca-se que a globalização também é amplamente responsável pelas inovações nas técnicas de produção no mundo inteiro. Dessa forma, apesar do intenso crescimento da população, a produção consegue atingir níveis mais altos de crescimento com a utilização de novos meios com mais tecnologia. A globalização faz com que esse fenômeno não seja localizado apenas nas regiões mais ricas do planeta.

Essa é a **base da motivação** para a construção desse trabalho. Pretende-se aqui criar um estudo de relações entre diversos parâmetros de diferentes sociedades a fim de entender o comportamento deles ao longo do tempo. Pelo que a história tem mostrado, não só esses parâmetros se modificam ao longo do tempo, mas as suas relações de interdependência. Isso tem particular importância dentro do ponto de vista da previsibilidade que tem se mostrado uma ferramenta importantíssima de tomada de decisão no mundo atual.

1.2. Banco ING

O trabalho será feito na tesouraria do banco ING no qual é realizado um estágio monitorado. A base de dados é em sua maior parte pública, sendo a empresa isenta de qualquer responsabilidade.

O ING é um banco de investimentos multinacional com sede na Holanda e possui uma filial do tipo *Full Branch* no Brasil. Isso significa, grosso modo, que o ING possui um negócio completo no que diz respeito a banco de investimentos. Com respeito às áreas de negócio, o banco têm três grandes áreas bem definidas com suas subdivisões próprias.

A área da tesouraria é a área do negócio onde são administradas as posições do banco. Basicamente, os ativos negociados são relacionados à renda fixa e seus derivados. Além disso, essa área é responsável pela execução e liquidação de operações junto aos clientes das outras áreas de negócio e de seus próprios clientes.

A outra área de negócio bastante importante é a área de *Investment Banking*. Essa área é responsável por assessorar os clientes em suas necessidades junto ao mercado financeiro. Nela, é feito o monitoramento de crédito do cliente e de sua saúde financeira para o posterior auxílio em suas necessidades. Basicamente, essa área auxilia os clientes em operações de

fusões e aquisições, emissões de dívida, crédito à exportação e importação e financiamento de projetos.

A outra área do negócio consiste na área de assessoria a pessoas físicas chamada de *Private Banking*. Essa área assessora os clientes nas suas decisões de investimento. O objetivo dessa área é fornecer aos clientes a máxima quantidade de informação necessária para que o investidor saiba sobre os riscos incorridos em determinado investimento e o potencial de retorno.

Além dessas áreas de negócio, o banco possui áreas de suporte, responsáveis pela administração do negócio geral do banco. Existe uma área de tecnologia da informação, responsável por todos os sistemas da empresa; uma área de risco de mercado, responsável pelo monitoramento e divulgação dos riscos incorridos nas posições da mesa de operações. Uma área de contabilidade, responsável pelo gerenciamento financeiro do banco e uma área de *Settlements*, responsável pela liquidação das operações junto aos órgãos responsáveis, como CETIP, BM&F e Banco Central.

Dentre as três áreas de negócio do banco, foi escolhida a mesa de operações para a realização desse trabalho. Nesse departamento estão concentradas basicamente três subáreas de negócio, expostas a seguir.

1.2.1. Mesa de operações

Essa é uma mesa realiza operações de ativos de renda fixa, em que são negociados em mercado organizado – Bolsa de Valores – e em balcão os ativos relacionados ao câmbio – cotação do dólar americano em reais brasileiro, tais como *swaps*, câmbios de exportação e importação, opções e taxas do *cupom* cambial¹ - ativos relacionados às taxas de juros locais – cotações de CDBs, *swaps* de taxa fixa para taxa flutuante de juros e negociação de títulos públicos locais – e ativos relacionados à dívida externa brasileira – títulos emitidos no exterior referenciados ao dólar, títulos referenciados ao Real e títulos corporativos referenciados ao dólar – além de produtos de crédito, como *Credit Default Swaps (CDS)*, Certificado de Direitos Creditórios do Agronegócio (CDCA) e Letras de Crédito de Agronegócio (LCA).

¹ *Cupom* cambial é a taxa de juros em dólar implícita nos contratos de dólar futuro. (BM&F)

1.2.2. Mesa de Clientes

Nessa área, são atendidos os clientes corporativos exportadores ou importadores, bem como os clientes institucionais. Os clientes demandam cotações dos diversos ativos, ou combinações destes. A mesa de vendas, como é conhecida, é responsável por montar a operação do cliente, colher os preços envolvidos junto à mesa de operações e mostrar o preço final ao cliente. Não cabe a essa mesa tomar riscos de mercado nem a aprovação de crédito para o cliente, cabendo essa última à área de análise de crédito.

1.2.3. Mesa de Produtos

Essa é a área em que são desenvolvidos os produtos mais complexos da tesouraria. Nessa área, são criados produtos específicos para certa demanda de um determinado cliente. Em geral, esses produtos não existem no mercado e são desenvolvidos com o intuito de resolver um problema que o cliente sozinho não consegue visualizar. Essa área tem, portanto, a finalidade da criação de demanda para o cliente. São normalmente operações grandes que envolvem outros bancos e entidades externas ao Brasil. Dessa forma então, esses produtos requerem preços e cotações além daquelas providas pela mesa de operações da filial São Paulo do banco ING.

1.3. Áreas do Conhecimento

A engenharia de produção tem uma contribuição bastante grande para o tipo de negócio da mesa de operações. Ela concentra diversas áreas do conhecimento das ciências exatas, bem como, em alguns casos, humanas. Desse modo, a contribuição da Escola Politécnica teve um peso grande no que diz respeito à formação do pensamento e aquisição de informação acerca dos conhecimentos básicos necessários para desenvolver este trabalho. Dentre os conhecimentos da Engenharia de Produção estritamente, podem-se destacar os seguintes:

Engenharia Financeira

Como parte do dia a dia dos operadores da mesa de operações, a engenharia financeira auxilia nos cálculos envolvidos nas operações. Muitas delas envolvem a análise complexa de fluxos de caixa que é feita usando ferramentas importantes da análise de investimentos. O fluxo de caixa resultante das operações, para que seja analisado corretamente, é dividido entre os produtos específicos da mesa de operações. Essa separação traduz os produtos complexos em partes simples como taxas de câmbio, taxas de juros, e *swaps*. Muitas vezes os resultados auferidos por determinada operação não é facilmente visualizada nos relatórios contábeis da empresa, cabendo aos operadores entenderem quais são os mecanismos pelos quais essas operações serão efetivamente contabilizadas pelo banco.

Além disso, os conceitos de engenharia financeira são utilizados para os cálculos dos resultados gerenciais das operações realizadas. O resultado de cada operação afeta o fluxo de caixa da empresa e esse impacto é uma informação importante nas decisões futuras de investimento. O controle do fluxo de caixa é importante especificamente para a mesa de juros locais, pois é responsável pela administração dos saldos em caixa do banco.

Estatística

A estatística, na qual esse trabalho é baseado, é uma das chaves para o sucesso da administração da mesa de operações. As tomadas de decisão da mesa são baseadas em fundamentos estatísticos e fundamentos da economia. Com a estatística, é possível estudar comportamentos passados dos diversos ativos relacionados ao negócio. Esse estudo leva à determinação de fatores de risco que auxiliam na administração da tesouraria. Isso é importante para a sustentabilidade do negócio, uma vez que os retornos auferidos no negócio são quase exclusivamente consequência de riscos tomados e administrados corretamente.

Estratégia

O conjunto de informações necessário para a tomada de decisões das empresas do mercado financeiro constitui um diferencial estratégico que culmina em melhores desempenhos relativos – *market share* – dentro do mercado. Uma tesouraria que consegue

colher, filtrar, e principalmente, absorver adequadamente o nível de informação provido publicamente, consegue melhores resultados dentro do mercado. Uma das ferramentas utilizadas para esse fim são os modelos de previsão.

Com isso, pode-se ver que a previsibilidade dos ativos é uma questão chave para o negócio de bancos de investimento. O cotidiano das atividades do banco consiste em um fluxo constante de clientes que necessitam de cotações dos diversos ativos. Com isso, é de total interesse do negócio que se mantenham posições estratégicas nos ativos envolvidos a fim de diminuir os custos de transação, propiciar melhores preços aos clientes e conseguir melhores resultados. Isso mostra que a questão não só da previsibilidade, mas do estudo do comportamento dos diversos ativos se mostra de grande importância para a administração do negócio.

O modelo de previsão a ser desenvolvido nesse trabalho tem o objetivo de munir os operadores de mais informação acerca do comportamento do mercado a fim de que isso possa servir de instrumento de tomada de decisão sobre as posições estratégicas a serem tomadas. O início da construção desse modelo se dá com a seleção do ativo objeto a ser coletado para o estudo.

1.4. Ativo Objeto do Trabalho

Para o desenvolvimento da análise que este trabalho pretende realizar, procurou-se escolher um determinado ativo que indicasse a situação econômica do país. Após análises preliminares dos ativos negociados na mesa de renda fixa do banco, deve-se escolher um ativo que possa ao mesmo tempo ter a liquidez necessária para que os dados colhidos tenham significância estatística, e relevância para a administração das posições do banco. Da mesma forma, devem-se escolher ativos que tenham relações externas ao país e o modelo possa relacionar a economia brasileira com outros países.

A primeira escolha a ser feita é com relação aos dois grandes grupos de séries que estão envolvidas no negócio da mesa de operações. O primeiro deles é composto pelas séries das cotações diárias dos ativos negociados pelos operadores. Esses ativos compõem séries históricas bastante completas que podem proporcionar uma boa análise de seu

comportamento. Entre eles, destacam-se as ações negociadas em Bolsa – incluindo os índices futuros de ações, os títulos públicos pós e pré-fixados e/ou referenciados a algum indicador (como índice de inflação, por exemplo), a taxa de câmbio, os títulos da dívida externa, os derivativos de crédito, os títulos corporativos, entre outros.

O segundo grupo engloba os indicadores econômicos do país. Eles trazem consigo informações diretas sobre a economia e seus fundamentos. Entre eles, destacam-se o PIB – Produto Interno Bruto – que é a medida da riqueza produzida internamente por um país, os índices de inflação – que podem ser inflação ao consumidor (IPCA no Brasil) ou inflação de itens voltados aos produtores (é o caso do IGP-M para o Brasil) – e os índices de atividade – como as vendas no varejo, a produção industrial, ou os índices de mercado de trabalho. Esses indicadores são calculados por agentes autorizados pelo governo, publicados periodicamente e, não só servem de material para o estudo do comportamento atual da economia como também dão informações relevantes sobre o futuro da estrutura do país.

Entre esses dois grupos, optou-se por estudar o comportamento dos ativos negociados pelos operadores. Isso se dá devido ao objetivo do trabalho de criar um modelo de previsão não só para munir os operadores de mais informações a respeito do mercado – e nesse caso o estudo dos indicadores econômicos seria bastante proveitoso – mas também para propor um modelo capaz de ser confrontado com modelos econômicos e econométricos já consolidados na literatura. Outra questão chave é com respeito à dinâmica das informações necessárias para a administração do negócio de tesouraria. As decisões tomadas na mesa de operações são associadas a eventos de curto ou curtíssimo prazo. Assim, faz-se necessária a escolha de um objeto que proporcione informações diárias, e os indicadores econômicos mencionados não oferecem um bom resultado, pois são divulgados mensalmente, ou, em alguns casos, trimestralmente.

Objetivo do trabalho: Criar uma ferramenta de análise que possa não só munir os profissionais do mercado financeiro com informações a respeito do comportamento dos ativos nacionais, mas que possa também ser confrontado com modelos econômicos baseados nos fundamentos econômicos do país.

Dito isso, a escolha que se segue é quanto ao ativo base de análise. Três ativos básicos compõem a análise primária do comportamento de uma sociedade. São eles, a taxa de câmbio, a taxa de juros e o Índice da Bolsa de Valores. A taxa de câmbio de um país engloba todas as relações comerciais que um país tem com o resto do mundo. Ela é influenciada pelo nível de balança comercial, pelo índice de crescimento do país e pelo diferencial de taxa de inflação (SIMONSEN e CYSNE, 1995).

A taxa de juros do país é um dos instrumentos básicos da política monetária, ou seja, é um instrumento de controle por parte do Banco Central, e, conseqüentemente, do governo. Ela não só é um indicador da situação econômica do país, mas também atua influenciando os futuros acontecimentos da economia. Existem diversas taxas de juros envolvidas na economia. Uma delas é a taxa básica de referência do Banco Central Nacional (no Brasil, ela é chamada de taxa básica SELIC, criada em 1999, com a implementação do sistema de metas de inflação pelo Banco Central, BOGDANSKY, TOMBINI e WERLANG, 2000). Com ela, o Banco Central tem a possibilidade de auferir um aperto monetário – subindo a taxa de juros, proporcionando um arrefecimento da demanda agregada e diminuindo pressões inflacionárias – ou um relaxamento monetário – baixando a taxa básica e estimulando o crescimento da economia em detrimento a um risco de acréscimo da inflação.

Além da taxa de juros básica que serve de referência para todas as práticas de juros internas do Brasil, existem as taxas de juros dos títulos de dívida externa brasileira. Elas são basicamente o custo de captação de capital externo do governo soberano. Embutidas nelas, existe a idéia de risco associado à insolvência do Estado, uma vez que as taxas são comumente referenciadas como sendo as taxas de juros livre de risco (dos EUA) mais um prêmio conhecido como prêmio de risco.

O Índice IBOVESPA pode ser tido como um dos principais indicadores da situação econômica do país, principalmente em termos relativos quanto a outros países. Basicamente, as ações negociadas na Bolsa do Brasil são negociadas tomando como base o valor das empresas de outros países. Segundo Lima (2007), as ações do mercado podem ser negociadas utilizando múltiplos de mercado, ou seja, são relacionados o valor da empresa com seu atual nível de lucro líquido a fim de se compararem diferentes empresas com tipos de negócio semelhantes.

A análise proposta por esse trabalho não encaixa perfeitamente na estrutura do mercado acionário, uma vez que está amplamente ligado às características endógenas de seus componentes. A determinação dos valores do Índice de Ações, composto pelas cotações individuais das empresas mais líquidas na Bolsa de Valores, não é influenciado apenas por dados macroeconômicos, mas sim, fundamentalmente, por fatores internos às empresas envolvidas, e à análise dos dados microeconômicos foge do escopo desse trabalho.

Entre a cotação do câmbio e da taxa de juros, optou-se pela segunda opção, dada a atual a condição econômica do país. O Brasil está saindo de uma situação em que existe uma alta dependência do câmbio desvalorizado. Seguindo o modelo clássico *keynesiano*, o Brasil, em 2006, se beneficiou do câmbio desvalorizado aumentando suas exportações e financiando os gastos do governo com um superávit primário bastante ostensivo. Além disso, o crescimento das exportações trouxe capital estrangeiro para investimento em produtividade o que ajudou no controle da inflação interna.

Hoje, a situação da economia é diferente. Segundo dados do próprio Banco Central, o começo de 2008 foi marcado pelo início da queda do superávit primário. O país não pode mais contar com uma balança comercial agressivamente positiva, o câmbio está altamente valorizado e a inflação está em níveis, ainda que toleráveis, acima da meta de inflação imposta pelo Banco Central. Dessa forma, as decisões acerca da taxa de juros da economia são as decisões mais impactantes atualmente para o rumo da economia brasileira (Banco Central – Relatório de Inflação).

No que concerne à questão das taxas de juros do país, optou-se pela análise da taxa de juros das emissões de dívida externa do país. Apesar da recente queda da participação dessa dívida no total da dívida pública do país (vide Figura 1.1), ela está mais relacionada à recente crise econômica mundial. A crise de crédito dos Estados Unidos trouxe à tona questões já esquecidas desde o início do governo Lula – época em que o Risco País estava em nível recordes.

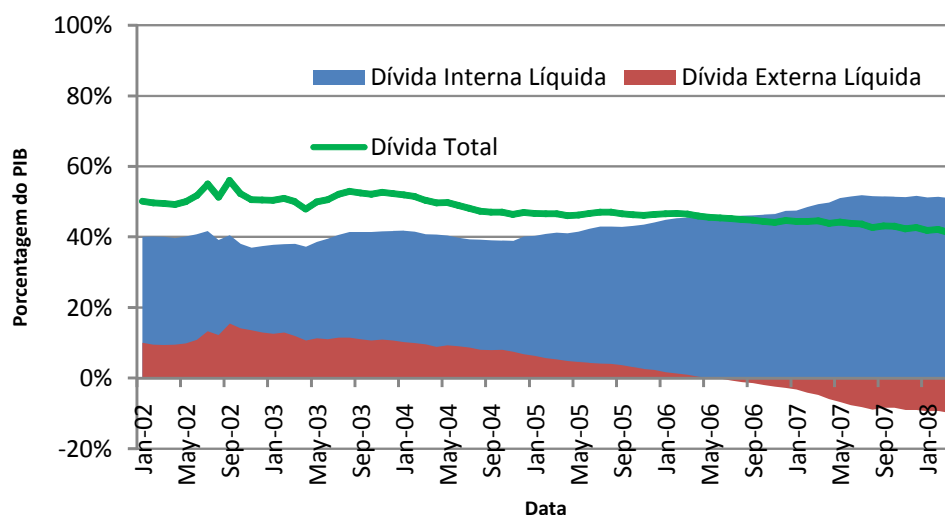


Figura 1.1 – Gráfico da Dívida Pública Brasileira (em percentual do PIB)

Fonte: Banco Central

As taxas de juros negociadas no mercado secundário de títulos públicos externos são compostas basicamente pelas taxas de juros dos títulos estadunidenses, tidos como “livres de risco”, mais um prêmio de risco associado à insolvência do estado soberano. Dessa maneira, a análise desse ativo proporcionará não só o estudo do comportamento da economia brasileira, mas também o estudo comparativo entre a percepção de risco do país e de outros países de economias semelhantes.

A relação entre taxa de juros e percepção de risco, segundo Toledo (2002), é do tipo causa-efeito nos dois sentidos. Empiricamente, foi demonstrado por esse autor que maior percepção de risco para um determinado ativo exigiria que a taxa de retorno obtida por uma alocação de capital no mesmo fosse elevada. Em outras palavras, quanto mais arriscado um determinado ativo, maior a taxa de retorno exigida para que um investidor entre no investimento em detrimento de outro com menor risco. O trabalho do autor, por outro lado, também mostra que são as altas taxas de juros domésticas a principal explicação para o elevado risco Brasil, como será visto com mais detalhes na seção 1.8.

1.5. Modelos de Previsão

Modelos de previsão, em geral, servem como meios de obtenção de informação a respeito de um determinado objeto de estudo. Segundo Draper (1966), não importa o quão complexo seja um processo, a capacidade de se retirar informações a respeito deles é imensa. Os

modelos são bastante utilizados em diversas ciências como engenharia, ciências biológicas, medicina, ou ainda nas ciências básicas como física, química, e principalmente, a matemática. As informações proporcionadas por este tipo de estudo são de diversas formas, desde informações probabilísticas até as determinísticas, passando pelas heurísticas, e as empíricas.

Todos esses tipos de informações são obtidos visando basicamente a quatro objetivos principais: investigar os principais mecanismos geradores da série – por exemplo, estudando as alturas das ondas, podem-se estimar alguns fatores responsáveis por essa oscilação – fazer previsões futuras, e estas são mais amplamente utilizadas pelas ciências econômicas a fim de prever valores futuros de ativos financeiros; descrever apenas o comportamento de uma determinada série, assim se pode determinar componentes de tendência, sazonalidade e ciclos; e ainda procurar periodicidade relevante nos dados, a fim de estabelecerem conexões do objeto de estudo com o tempo estudado (MORETTIN e TOLOI, 2006).

Para este trabalho, a visão que foi utilizada relaciona-se com a previsibilidade de dados, uma vez que o ativo objeto – a taxa de juros – é um ativo financeiro, e, portanto, faz parte das ciências econômicas. A previsibilidade dos ativos é amplamente estudada pelas ciências econômicas, principalmente pela macroeconomia que, entre outras questões, estuda o comportamento dos preços dos ativos com relação às mudanças macroeconômicas de um país, ou sociedade.

Vale à pena ressaltar aqui, que os modelos de previsão nem sempre tem o único objetivo de se tentar descobrir um valor futuro de um determinado objeto, para, com isso, tomar uma decisão. Mais importante que isso, e é nisso que se pauta este trabalho, fundamentalmente, é o estudo do comportamento e das relações dos diversos componentes presentes dentro do modelo. O alicerce para qualquer estudo desse tipo se dá com a determinação das informações necessárias e a forma como elas se relacionam entre si. Portanto, nem sempre é clara a determinação do objeto final do trabalho. Muitas vezes ele é simplesmente um estudo sobre o comportamento de um conjunto de informações.

Sobre o objeto de estudo deste trabalho, amplamente discutidos na literatura de economia, os modelos econômicos são capazes de entender alguns mecanismos que regem o comportamento dos ativos no longo prazo. Essa consideração é importante, dado que as

análises feitas nesse tipo de modelo são atemporais, não tendo, portanto, relação com a velocidade ou tempo em que as mudanças ocorrerão.

Nesse sentido, a utilização de séries temporais se mostra de grande importância, pois tem a capacidade de estudar o comportamento dos ativos no curto e curtíssimo prazo. Além disso, tem a capacidade de relacionar o ativo objeto em estudo com outras variáveis sem que elas tenham real relação econômica com o primeiro. Um exemplo disso é o preço de uma ação. Enquanto nos modelos econômicos serão levados em conta os números internos da empresa como rentabilidade, geração de caixa, ou lucro, e os números externos como preços relativos de outras empresas, taxa de câmbio do país de origem, ou projeções de inflação e produtividade do setor industrial, os modelos de previsão de séries temporais baseados em regressões e métodos matemáticos têm a capacidade de relacionar o preço dessa ação com ativos como taxa de câmbio de outros países, risco Brasil, ou mesmo taxa de desemprego.

A interpretação desse fato é a questão da parcial irracionalidade do mercado. Muitas vezes, os fatores racionais dos modelos econômicos são apenas parte da explicação do comportamento de ativos financeiros. A outra parte, bastante complexa, é explicada por caráter emocional dos agentes envolvidos e, entre outras coisas, relaciona aversão a risco, expectativa de retorno e atratividade com relação a outros ativos financeiros. Os modelos de previsão não necessariamente explicam essas relações, mas estudam os seus comportamentos passados assumindo que, mesmo não explicadas até então, essas relações irracionais permaneçam no mercado.

O objeto de estudo desse trabalho é a taxa de juros de referência da dívida externa brasileira. Essa taxa é a taxa interna de retorno do principal título brasileiro, comumente chamado de Brasil 40. Esse é um título pré-fixado emitido com vencimento em 2040, com a particularidade de o governo ter o direito de recompra do título em 2015. O título paga cupons semestrais de 11% ao ano, ou seja, no momento de lançamento, sua taxa interna de retorno era de 11% ao ano. Essa taxa se modifica, uma vez que o preço negociado desse título no mercado secundário varia, e é exatamente esse comportamento que o presente trabalho pretende estudar.

Por ser um ativo financeiro comercializado no mercado secundário de títulos da dívida externa, está amplamente ligado ao comportamento dos diversos ativos relacionados com a economia global. Dessa forma, pretende-se construir um modelo de séries temporais que seja capaz de prever os preços de negociação futuros do título, em outras palavras, a taxa de juros embutida nos preços negociados.

Os ativos utilizados serão os diretamente relacionados, como os títulos de dívida externa de países em desenvolvimento como o México, Turquia, Rússia, Hungria, Venezuela e outros, e os títulos soberanos emitidos pelo governo dos Estados Unidos, que são conhecidos como *treasuries*. Além destes, os ativos indiretamente relacionados, como as moedas, tanto dos países emergentes, como dos países mais industrializados e suas respectivas Bolsas de Valores que são indicadores importantes da economia local e global.

O problema principal no que concerne o estudo das taxas de juros de um país é relacionado aos impactos da economia causados por suas oscilações. Taxas de juros mais altas tendem a aumentar o custo de captação das empresas e o contrário acontece quando elas estão em níveis mais baixos.

1.6. Atualidade do Problema

Atualmente, o Brasil vive um cenário de grande destaque internacional. Integrante do principal grupo dos países emergentes hoje, o BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), o país tem se fortalecido perante seus principais parceiros econômicos (EUA, Europa e China). Nesse mercado globalizado, várias estratégias econômicas devem ser levadas em consideração por todos os ramos da indústria nacional. Desde os pequenos exportadores de algodão a grandes exportadores de carne, todas as empresas brasileiras devem incluir em suas estratégias questões internacionais.

Um parâmetro bastante importante para as decisões estratégicas de investimento é a taxa de retorno do mesmo. Um investidor – seja um investidor qualificado, seja uma empresa tentando expandir seus negócios – está interessado em saber o quanto de retorno aquele empreendimento pode lhe proporcionar. Dentro desse contexto, os títulos públicos soberanos são importantes instrumentos de entrada de investimento para a economia nacional.

A taxa de juros embutida em um título de dívida soberana do Brasil – tido como país de risco – indica o quanto um investidor está disposto a receber de retorno a mais por retirar seu capital de títulos tidos como risco zero, como o caso dos *treasuries* Americanos e colocá-lo em países com risco de insolvência não nulo. A Figura 1.2 mostra como se comportaram as taxas de juros do Brasil 40 e do principal título da dívida estadunidense – o *treasury* de 10 anos no período de estudo.

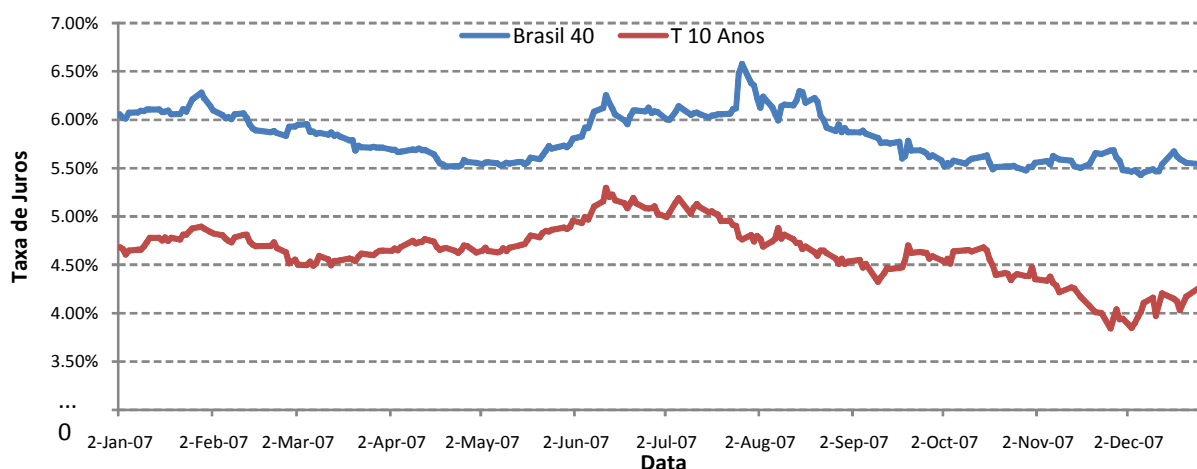


Figura 1.2 – Gráfico do Brasil 40 e da *treasury* 10 anos.

Fonte: *Bloomberg*

Essa percepção de risco não está apenas ligada às decisões de investimento. Da mesma forma, esse indicador de risco sistemático é utilizado como instrumento de tomada de decisão de diversos tipos de investimentos. As empresas multinacionais, por exemplo, tendem a cobrar taxas de retorno maiores para instalarem filiais em países cuja percepção de risco de solvência da dívida seja maior. Assim, é de interesse do governo, não só baixar os custos de emissão de dívida, mas melhorar sua percepção de risco atraindo investimentos exteriores.

Outra importância bastante relevante da taxa de juros externa de um país é a referência de risco para as empresas locais. Quando uma empresa nacional pretende fazer uma emissão externa, ou seja, conseguir financiamento para seus projetos com capital estrangeiro, dentro da taxa de juros da emissão, ou seja, em seu custo de capital, estará embutida a percepção do risco do negócio. Esse risco pode ser separado em risco sistêmico – da economia – e risco específico – específico do negócio. Com isso, vê-se então que é de grande importância para uma empresa local saber quais são as perspectivas das taxas de juros futuras dos títulos

soberanos para que possa ter uma avaliação da perspectiva de risco sistemático para seu próprio negócio.

Decorrente disso, é importante o estudo do comportamento do governo perante sua dívida pública. A ideologia do governo e suas decisões passadas dão informações bastante relevantes sobre os futuros movimentos da taxa de juros de um país.

1.7. Negociação e Origem da Dívida Pública

A origem da dívida pública, ao contrário das constatações da seção 1.6, tem uma outra história. Ela foi e ainda é um dos instrumentos da administração do governo para se financiar e realizar os projetos públicos. Originalmente, têm-se dois outros importantes mecanismos para esse fim. Um deles, o mais antigo, é com a arrecadação dos impostos – o governo tradicionalmente recolhe parte dos rendimentos auferidos pelos cidadãos. O outro é a emissão de moeda – o mais barato dos instrumentos, uma vez que o governo apenas se apropria de uma parcela do produto interno com a utilização de serviços da população utilizando o benefício de ser o único órgão institucional capaz de emitir o papel moeda. Todos os instrumentos têm efeitos negativos e positivos para a economia.

No caso da emissão de dívida, o governo tem que incorrer num pagamento de juros que encarece sua captação de recursos. O lado positivo é que isso estimula a criação da poupança retendo parte do dinheiro da população nos cofres públicos a fim de se financiar os grandes projetos públicos. No caso da arrecadação de impostos, o recolhimento de parte dos rendimentos da população retrai o consumo agregado e retira pressões inflacionárias. Ao mesmo tempo, isso onera a produção, uma vez que encarece os salários aos empregadores e desestimula a economia. Por fim, a emissão de moeda tem o benefício de ser o mais barato instrumento, porém existe o conseqüente risco inflacionário, uma vez que está sendo injetado na economia um montante a mais de dinheiro que estimulará a demanda agregada pressionando os preços para cima.

Gradativamente, o endividamento formal do Estado junto a bancos privados, por meio de contratos de empréstimo ou da emissão de dívida mobiliária (em títulos), foi se tornando uma prática comum nos países capitalistas. Essa forma de financiamento desenvolveu-se

especialmente a partir do século XVIII, à medida que a própria atividade bancária se expandia rapidamente (GOODHART, 1987).

Até meados dos anos 1940, o endividamento junto ao setor privado constituía uma fonte excepcional de financiamento do Estado, que conseguia com isso suprir suas necessidades básicas. O período pós-guerra deu início a uma nova era em que os governos precisavam de financiamento extra para poder recuperar as economias e suprir as deficiências das economias devastadas.

Nesse período, surge o modelo que ficou amplamente conhecido na época e amplamente discutido até hoje sugerido pelo economista *J. M. Keynes* em sua obra *A Teoria Geral do Emprego, Juro e Moeda* (1985). A teoria proposta parte do princípio que o nível de produção de uma economia segue seu ritmo de crescimento tendo oscilações periódicas levando a economia tanto a situações de super emprego, como de recessão. No segundo caso, Keynes observou que não há nenhum fator endógeno à economia capaz de fazer com que ela se recupere. Pelo contrário, a queda no nível de emprego, diminui as expectativas de retorno das empresas, fazendo com que diminua os investimentos e isso provoca uma diminuição na renda agregada da economia.

Dessa forma, Keynes sugere que haja então um fator exógeno – o governo – que surge como um agente anticíclico capaz de reverter a situação de recessão da economia. Para tal, é necessário que o governo amplie os gastos e invista em infra-estrutura da economia. Isso contribui para a melhoria das expectativas das empresas, fazendo com que aumente os investimentos privados e o ciclo se inicie. Nessa etapa, entra a necessidade de financiamento do governo e as decisões a respeito dos instrumentos se fazem necessárias. Como supracitado, ao mesmo tempo em que a emissão de títulos promove um aumento dos custos para o tesouro nacional, a emissão da moeda causa uma monetização da economia que provoca inflação. Cabe ao governo então decidir a melhor política de juros e o melhor *mix* dos instrumentos de financiamento para a economia.

Esse modelo se mostrou bastante popular até a década de 1970 em que países como o Brasil se caracterizaram por apresentar elevadas taxas de crescimento. A partir desse momento, surgiram, então, situações em que havia desemprego e inflação juntos, desafiando o

modelo de Keynes. Um dos modelos que mais se destacou nesse período foi o de Equivalência Ricardiana – proposto por Barro (1974).

Nesse modelo, há a introdução da idéia de que o financiamento da economia pelo governo com um *déficit* de conta corrente, decorrente do aumento da dívida pública, gera desconforto da população e faz com que o consumo se retraia. Dessa forma, o modelo propõe que a solução mais saudável para o governo é a administração conjunta do seu nível de *déficit* orçamentário, sua política fiscal e emissão de dívida pública.

Posterior a esses autores, surgiram modelos econômicos mais explícitos para determinado ativo da economia. A seguir, tem-se uma explicação sobre a abordagem desses modelos.

1.8. Modelos Econômicos

Os modelos econômicos são modelos nos quais as variáveis envolvidas são relacionadas com os fundamentos econômicos do país. Eles, em geral, reúnem teorias macroeconômicas para racionalizar o comportamento tanto de ativos do mercado financeiro, como dados da economia do país. Especificamente para a taxa de juros, os modelos econômicos analisam os níveis de taxa de juros praticados pelo mercado baseados em influências de dados como inflação, índice de atividade econômica ou dados sobre trabalho e emprego (SIMONSEN e CYSNE, 1995).

Conforme citado na seção 1.4, a taxa de juros praticada por um país está intimamente ligada à percepção de risco dos investidores em geral. Segundo Romer, 2001, a preocupação principal do modelo de avaliação entre esses dois fatores da economia é identificar os motivos pelos quais os investidores não mais estariam dispostos a carregar títulos, independentemente da remuneração, e se esta situação poderia ocorrer de modo inesperado. Supondo que o governo ofereça uma taxa de remuneração real dos títulos R , e definindo o estoque da dívida a ser carregado (mantido em seus portfólios) pelos investidores por D , o serviço da dívida a ser honrado ao final do período é definido como RD . Seja S a soma dos resultados das operações do governo, sendo um *superávit*, quando positivo e um *déficit*, quando negativo, se S for maior do que RD ao final do período, o governo paga suas obrigações aos detentores da dívida, do contrário, incorre em um evento de crédito (*default*).

O modelo de Romer (2001) estabelece que S segue uma distribuição normal acumulativa e a idéia principal de seu modelo é examinar a partir de que momento o governo se torna incapaz de induzir os investidores a comprar sua dívida e nesse momento, há a instalação de uma crise de insolvência no governo. O modelo parte de duas hipóteses básicas:

- Ou o governo honra integralmente sua dívida com seus credores, ou não realiza qualquer pagamento no momento do *default*.

- A probabilidade da ocorrência de *default* equilibra o rendimento esperado de forma que o rendimento esperado pelo investidor seja neutro ao risco. Em outras palavras, o rendimento real oferecido pelo título balanceado pela probabilidade da não ocorrência de *default*, deverá ser o mesmo dos títulos tidos como livres de risco. Denotando por R^* o rendimento do título livre de risco, R o rendimento do título e p a probabilidade da ocorrência do evento de crédito, tem-se a seguinte expressão:

$$(1 - p) * R = R^* \quad (1.1)$$

A probabilidade de *default* pode ser então descrita como:

$$p = \frac{R - R^*}{R} \quad (1.2)$$

Como pode ser observado o gráfico na Figura 1.3, a curva da probabilidade de *default* é crescente conforme a taxa de juros cresce seguindo uma curvatura negativa:

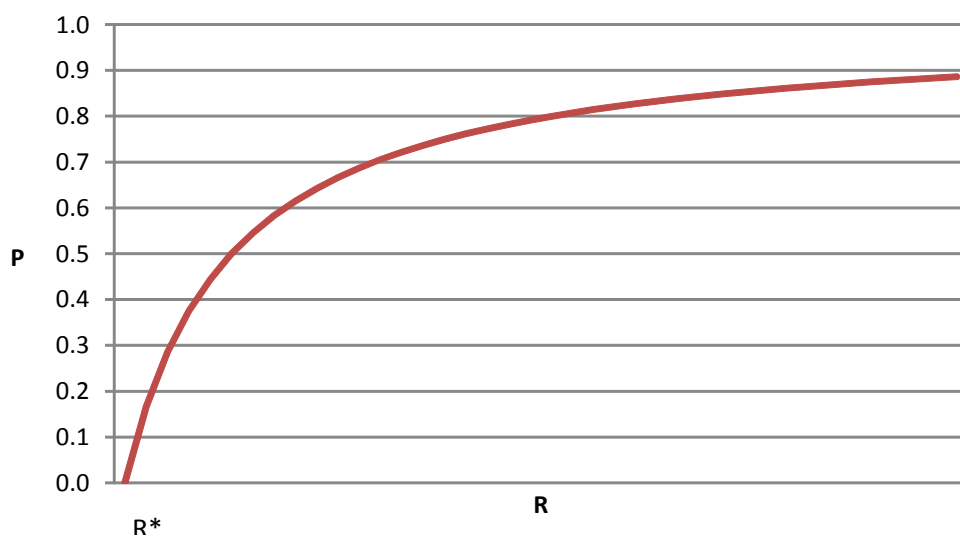


Figura 1.3 – Gráfico da probabilidade de *default* com relação à taxa de retorno dos títulos

A segunda proposição feita por Romer (2001), é sobre a curva do ponto de vista do governo, segundo a qual, a probabilidade de default é uma função do superávit governamental, ou seja, $p = f(S)$. O autor propõe ainda que a função siga uma distribuição normal cumulativa. Como S segue uma distribuição normal, a curva $R=S/D$ também seguirá, dado um D fixo. Em particular, o governo está interessado em saber a probabilidade de S ser maior do que RD em função de R . A Figura 1.4 ilustra essa situação:

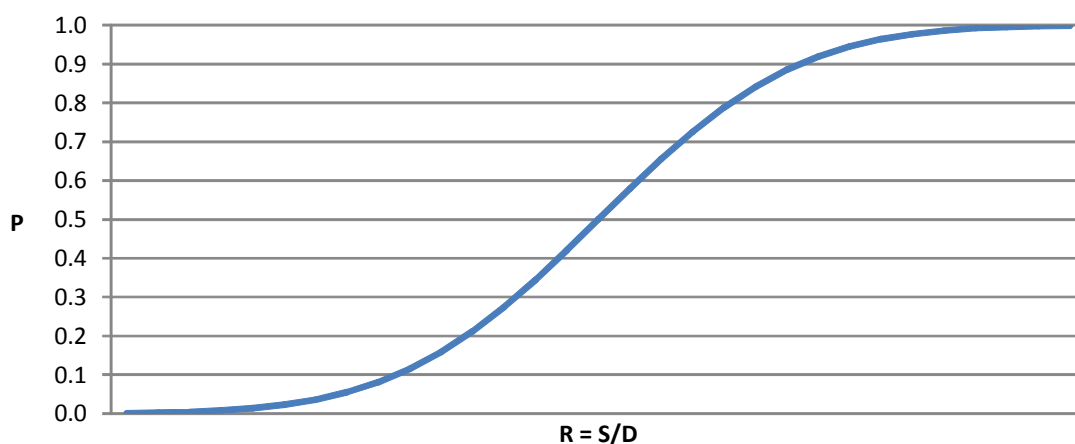


Figura 1.4 – Gráfico da curva do Rendimento da dívida para o governo

Uma importante constatação que traz consigo a dinamicidade do mercado é que a junção das duas curvas possibilita a existência de múltiplos pontos de equilíbrio. Dependendo das características macroeconômicas do país, as curvas podem se cruzar em dois pontos, um

ponto, ou nenhum ponto. As variáveis que influenciam essa dinâmica são basicamente os níveis de R^* e D , exógenas ao modelo.

Os capítulos seguintes partem para a construção do modelo de previsão baseado na análise de séries temporais. Esse primeiro capítulo serve de construção do cenário em que os dados da amostra estão inseridos. Previamente a este trabalho, diversas teorias econômicas baseadas em fundamentos do país foram construídas para estudar o comportamento da taxa de juros brasileiros.

A seguir, será apresentada a teoria que utiliza métodos estatísticos a fim de entender o comportamento do ativo com relação ao mercado inteiro. O próximo capítulo traz uma revisão bibliográfica que engloba a regressão linear, a análise de variância e o método de séries temporais.

Em seguida, o capítulo 3 traz a construção do modelo baseado nas premissas do capítulo 2. É construído um modelo que relaciona a taxa de juros do Brasil 40 com demais ativos do mercado financeiro. E, por fim, o capítulo 4 traz a previsão dos dados de 10 dias após a coleta dos dados a fim de apresentar a aplicabilidade do estudo.

PARTE II ***REVISÃO BIBLIOGRÁFICA***

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão vistos os conceitos relevantes para a elaboração do modelo proposto no capítulo 4. A literatura começa com as ferramentas mais simples de análise de séries que relacionam à média e variância da série. Em seguida, tem-se a análise de regressão linear, seguida pela ferramenta de construção do modelo de séries temporais conhecida como método ARIMA.

2.1. Introdução

Os objetivos que cercam as análises de dados dentro da estatística estão orientados de forma a criar-se modelos que explicitem estruturas do fenômeno em observação, as quais frequentemente estão unidas a variações aleatórias. A identificação dessas estruturas permite o conhecimento sobre o comportamento dos dados de tal fenômeno. Para isso, uma estratégia comumente utilizada é supor que a variável a ser estudada seja vista como uma parte aleatória, sem controle do pesquisador, e uma parte previsível, ou controlada, como se segue: (BUSSAB, 1987)

$$(observação) = (previsível) + (aleatório)$$

Partindo desse modelo, tenta-se então estudar e entender a parte previsível do modelo fazendo hipóteses sobre a parte aleatória. É assumido que a parte aleatória segue uma distribuição de probabilidades conhecida, possui covariância nula entre seus membros e composta por uma amostra homocedástica.

Mesmo quando não há sentido físico entre dois ou mais componentes, tenta-se, utilizando os modelos, estudar o comportamento da aparente correlação entre eles.

Uma parte importante da construção do modelo é a análise dos resultados e resíduos. Sempre que se constrói um modelo que tenta entender e interpretar os comportamentos de dois ou mais elementos, existem erros, pois os modelos são incapazes, em sua maioria, de entender todos os mecanismos responsáveis pela determinação daqueles valores. Desta forma, a abordagem a ser utilizada será aquela que proporcionar o modelo com o menor erro

possível.

2.2. Modelos de Regressão

Um dos modelos mais importantes dentro da estatística é o de regressão linear. Nesse tipo de modelo, visa-se criar uma função que modele a dependência de uma variável com relação à outra.

A regressão Linear é a mais utilizada dentre as regressões. Por ser um modelo robusto e de fácil construção, seu uso foi difundido nas mais variadas ciências, incluindo as ciências econômicas, área do objeto de estudo deste trabalho.

O modelo surge da necessidade de avaliação de uma variável com relação a outras variáveis dentro da amostra. A relação de dependência aqui, então, é a mais importante a ser estudada. Na Figura 2.1, tem-se um exemplo desse tipo de dados. No eixo das ordenadas estão representados os tempos de reação a certo estímulo e no eixo das abscissas estão as idades dos indivíduos que participaram do teste.

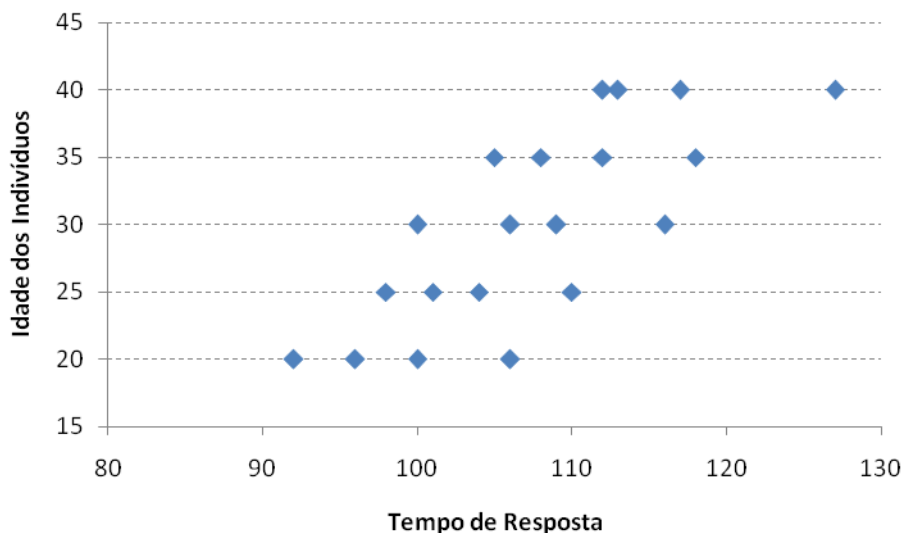


Figura 2.1 – Gráfico de Dispersão dos dados do exemplo

Fonte: BUSSAB, 1987

Visualmente, é possível identificar certa relação entre os dados. Vê-se claramente que quando a idade cresce, o tempo de reação do indivíduo também cresce. Pode-se generalizar

então um modelo de regressão linear simples que relaciona uma variável dependente y com uma variável independente x . A expressão 2.1 mostra essa relação:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_t + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

Em que:

α é a constante linear.

y_t é a variável dependente.

x_t é o valor da variável independente no instante t .

α_1 é o coeficiente linear da variável independente.

ε_t é o componente do erro aleatório no tempo t .

Como não há conhecimento prévio dos valores de α_0 e α_1 , deve-se utilizar os estimadores para os mesmos. Denominando $\hat{y}_t, \hat{\alpha}_0$ e $\hat{\alpha}_1$ os estimadores de y_t, α_0 e α_1 respectivamente, tem-se a seguinte expressão a ser resolvida pelo modelo:

$$\hat{y}_t = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 x \quad (2.2)$$

Os estimadores são calculados baseados nos dados da amostra. Para que sejam estatisticamente eficientes, é preciso o modelo apresente homocedasticidade. Isso significa que os resíduos devem apresentar variância constante mostrando a característica aleatória presente na série temporal (GOLDBERGER, 1991).

Para a construção do modelo, é preciso estimar tanto a constante linear, quanto o coeficiente linear da variável independente. Para isso, utiliza-se o método dos mínimos quadrados. Esse método visa minimizar a soma dos erros quadráticos entre o valor previsto pelo modelo e os valores reais. Em outras palavras, ele tende a minimizar o valor residual de cada item. Ele pode ser explicitado da seguinte forma:

O método busca determinar α_0 e α_1 de tal forma a minimizar a expressão:

$$S = \sum \varepsilon_t^2 = \sum (\hat{y}_t - y_t)^2 \quad (2.3)$$

Para os valores de a_0 e a_1 basta derivar a expressão (2.3) substituindo y_t por (2.2). Assim, chega-se nas seguintes expressões:

$$S = \sum ((a_0 + a_1 x) - y_t)^2 \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_0} = 2 \sum (a_0 + a_1 x - y_t) = 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = 2 \sum x_t (a_0 + a_1 x - y_t) = 0 \quad (2.6)$$

A seguir, faz-se necessária a análise das segundas derivadas com relação aos fatores a_0 e a_1 :

$$\frac{\partial^2 S}{\partial a_0^2} = 2 \Rightarrow \frac{\partial^2 S}{\partial a_0^2} > 0 \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial a_1^2} = 2 \sum x_t^2 \Rightarrow \frac{\partial^2 S}{\partial a_1^2} > 0 \quad (2.8)$$

Vê-se que as duas funções são estritamente positivas, o que representa que as primeiras derivadas são estritamente crescentes. Isso é suficiente para inferir que as soluções das equações (2.5) e (2.6) são pontos de mínimo global da função (2.3) para os dois fatores individualmente. Seja n o tamanho da amostra, tem-se:

$$\begin{aligned} na_0 + a_1 \sum x_t &= \sum y_t \\ a_0 \sum x_t + a_1 \sum x_t^2 &= \sum x_t y_t \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} a_0 &= \bar{y} + a_1 \bar{x} \\ a_1 &= \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Em que:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_t}{n} \quad (2.11)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_t}{n} \quad (2.12)$$

Após a estimação dos parâmetros da equação, deve ser feita a análise quanto ao resultado da regressão. A primeira análise a ser feita é com relação a variância dos valores do modelo.

2.3. Análise de Variância

De posse das equações da regressão linear, uma das formas de avaliar a aderência do modelo é fazer a análise de sua variância. Essa análise é importante para a validação e posteriores re-arranjos do modelo. A validação é importante na escolha do modelo a fim de se fazer o melhor encaixe dos resultados obtidos pelo modelo e os dados reais (DRAPER, 1966).

Para tal, algumas definições se fazem necessárias. A primeira delas é a soma dos quadrados residual que constitui os erros quadráticos entre as observações e os resultados do modelo:

$$S_{\text{residual}} = \sum e_t^2 = \sum (\hat{y}_t - y)^2 \quad (2.13)$$

A segunda é a soma de quadrados total que é definida como a diferença entre as observações e $\bar{y}$:

$$S_{\text{total}} = \sum (\bar{y} - y_t)^2 \quad (2.14)$$

Em que:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad (2.15)$$

E a terceira definição é a soma dos quadrados dos erros entre os valores do modelo e $\bar{y}$:

$$S_{regress\tilde{a}o} = \sum (\bar{y} - \hat{y}_t)^2 \quad (2.16)$$

Com algumas manipulações algébricas, pode-se chegar à seguinte expressão:

$$S_{total} = S_{regress\tilde{a}o} + S_{residual} \quad (2.17)$$

A tabela ANOVA (*Analysis of Variance*, em inglês) é construída utilizando as equações acima e seus respectivos graus de liberdade. Esses são obtidos devido à dependência de dados estimados para cada equação. Definindo n como sendo o tamanho da amostra, a S_{total} está associada a $n-1$ graus de liberdade, $S_{residual}$ tem $n-2$ graus de liberdade e $S_{regress\tilde{a}o}$ tem apenas um grau de liberdade. Dividindo cada equação pelo seu número de graus de liberdade, pode-se chegar ao quadrado médio de cada uma. Em seguida, dividindo o quadrado médio devido à regressão pelo quadrado médio residual, tem-se um quociente que segue uma distribuição F conhecida como F de Snedecor (DRAPER, 1966). A Tabela 2.1 mostra essa análise:

Fator de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Devido a Regressão	$\sum (\bar{y} - \hat{y}_t)^2$	1	$\sum (\bar{y} - \hat{y}_t)^2$	$(n-2) \frac{\sum (\bar{y} - \hat{y}_t)^2}{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2}$
Residual	$\sum (\hat{y}_t - y_t)^2$	$n-2$	$\frac{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2}{(n-2)}$	
Total	$\sum (\bar{y} - y_t)^2$	$n-1$		

Tabela 2.1 – ANOVA, Definição

A informação de F é útil para o teste de hipótese que comprova a significância do modelo. Utilizando o valor de F retirado da tabela apropriada, com 1 e $n-2$ graus de liberdade, pode-se testar a seguinte hipótese:

$$\begin{aligned} H_0: \alpha_1 &= 0, \\ H_1: \alpha_1 &\neq 0. \end{aligned} \quad (2.18)$$

Se o valor de F for maior do que o tabelado, pode-se rejeitar a hipótese H_0 . Ou seja, pode-se dizer que o coeficiente linear que relaciona a variável dependente com a independente não é nulo, e, portanto, significativo para o modelo. Vale ressaltar aqui, que nada pode ser concluído se a hipótese for confirmada, cabendo então novos testes e análises para uma melhor conclusão.

E, por fim, de posse dos valores das somas dos quadrados, pode-se definir o coeficiente de determinação R^2 que mostra a porcentagem da variabilidade da variável y explicada pela variabilidade de x.

$$R^2 = \frac{S_{regressão}}{S_{Total}} \quad (2.19)$$

2.4. Regressão Múltipla

Em particular interesse por esse trabalho, a regressão linear pode ser feita utilizando mais do que uma variável independente. Em geral, esse tipo de relacionamento entre as variáveis é mais comum na natureza devido a sua maior complexidade.

O modelo mais simples desse tipo de regressão é o de duas variáveis independentes, o qual pode ser estendido para a análise de mais variáveis. A expressão proposta é como se segue:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + e \quad (2.20)$$

Em que:

y é a variável dependente,

x_1 e x_2 são as variáveis independentes,

a_0 é, como anteriormente, o coeficiente linear estimado pelo modelo,

a_1 e a_2 são os coeficientes lineares para cada uma das variáveis independentes,

E e é o erro aleatório.

Da mesma forma do modelo mais simples de uma variável independente, este modelo

parte da estimativa dos coeficientes lineares e denomina-se $\hat{y}$ a estimativa resultante do modelo para a variável dependente y .

$$\hat{y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_1 + \hat{a}_2 x_2 + e \quad (2.21)$$

Em seguida, o modelo pode ser estendido a m variáveis, de modo que possam ser incluídas mais variáveis independentes no modelo. Note que para isso, é feita a hipótese de que as variáveis sejam todas independentes, sem que haja correlação entre elas. Assim, para o modelo de m variáveis, pode-se utilizar a notação matricial da seguinte forma:

$$Y = Xa + e \quad (2.22)$$

Em que:

Y é o vetor composta pelos componentes da resposta com n dimensões.

X é a matriz de entrada dos dados independentes.

a é o vetor de transformação linear (de parâmetros desconhecidos).

E e é o vetor de erros aleatórios.

A expressão do modelo – partindo das estimativas – fica descrita então da forma:

$$\hat{Y} = X\hat{a} + e \quad (2.23)$$

Em que:

$$\hat{Y} = \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \vdots \\ \hat{y}_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & \dots & X_{m,1} \\ 1 & X_{1,2} & \dots & X_{m,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1,n} & \dots & X_{m,n} \end{bmatrix}$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} \hat{a}_0 \\ \hat{a}_1 \\ \vdots \\ \hat{a}_m \end{bmatrix} \quad e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

Utilizando a álgebra matricial, pode-se chegar à expressão para a solução de $\hat{a}$ da seguinte forma:

$$\hat{\mathbf{a}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (2.24)$$

Em que $\mathbf{X}'$ denota a transposta de $\mathbf{X}$.

Análise de Variância da Regressão Múltipla

Com a equação definida, pode-se então partir para a análise de variância. Nesse caso, o quadro ANOVA seguirá as mesmas bases o anterior, apenas com a inserção da análise matricial dos dados. Assim, as somas dos quadrados são como se segue:

$$S_{residual} = \sum (\hat{Y}_t - Y_t)^2 = \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \hat{\mathbf{a}}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}'$$

$$S_{total} = \sum (\bar{Y} - Y_t)^2 = \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - n\bar{Y}^2$$

$$S_{regressão} = \sum (\bar{Y} - \hat{Y}_t)^2 = \mathbf{a}'\mathbf{X}'\mathbf{Y}' - n\bar{Y}^2$$

E para a construção da tabela ANOVA, é necessária a avaliação dos graus de liberdade. Como agora têm-se m variáveis independentes, os graus de liberdade se distribuem em $n-1$ para o S_{total} , $n-m-1$ graus de liberdade para $S_{residual}$ e, seguindo a equação (2.17), m graus de liberdade para o $S_{regressão}$. A Tabela 2.2 resume os dados obtidos quanto às somas dos quadrados, os quadrados médios e o fator F calculado.

Fator de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Devido a Regressão	$\sum (\bar{Y} - \hat{Y}_t)^2$	m	$\frac{\sum (\bar{Y} - \hat{Y}_t)^2}{m}$	$\frac{(n-m-1)}{m} \frac{\sum (\bar{y} - \hat{y}_t)^2}{\sum (\hat{y}_t - y_t)^2}$
Residual	$\sum (\hat{Y}_t - Y_t)^2$	n-m-1	$\frac{\sum (\hat{Y}_t - Y_t)^2}{(n-m-1)}$	
Total	$\sum (\bar{Y} - Y_t)^2$	n-1		

Tabela 2.2 – ANOVA, Definição para Regressão Múltipla

Com a Tabela 2.2, pode-se então utilizar o fator F, que também segue uma distribuição F-Snedecor para poder testar as hipóteses:

$$\begin{aligned} H_0: a_1 = 0, a_2 = 0, \dots, a_m = 0 \\ H_1: a_1 \neq 0 \text{ ou } a_2 \neq 0 \text{ ou } \dots \text{ ou } a_m \neq 0 \end{aligned} \quad (2.23)$$

Ou seja, pretende-se aqui testar a hipótese de todos os coeficientes serem nulos. Caso positivo, a regressão não é eficiente, pois os dados em conjunto não fornecem uma explicação para o fenômeno da variável dependente Y . A rejeição de H_0 se dá se pelo menos um coeficiente apresente valor representativo.

Similarmente, o coeficiente de determinação, R^2 , pode ser calculado da forma:

$$R^2 = \frac{S_{regressão}}{S_{total}} \quad (2.26)$$

2.5. Procedimento de Escolha do Modelo Final

Existem alguns procedimentos que visam a selecionar o melhor modelo de regressão. Esses são feitos de forma a refinar as informações coletadas dentro da construção do modelo. Cada um deles necessita de um *input* específico e fornece informações diferentes. Dentre eles, foi escolhido o procedimento de *Backward Procedure* para refinar os dados da amostra.

Segundo Draper (1966), a escolha do melhor modelo de regressão é um processo complicado que pode exigir quantidade de testes muito grande até que se tenha um resultado positivo. Para isso, procura-se sempre a utilização de algoritmos que refinam o modelo inicial.

Esse procedimento parte da realização da regressão linear múltipla com todas as variáveis pré-selecionadas de modo que se obtenha uma primeira solução heurística. Em seguida, elimina-se alguma variável que se mostre não significativa no modelo com o teste de hipótese e o modelo é então recalculado. O processo segue então os três passos básicos:

Passo 1:	Um modelo inicial englobando todas as variáveis independentes previamente selecionadas é feito e calculado o seu valor F.
Passo 2:	Retira-se a variável cujo F seja o menor e que esteja abaixo de um determinado nível F_0 pré-estabelecido como nível de segurança do modelo.
Passo 3:	O modelo é então recalculado e um novo valor de F é obtido. Volta-se então a segunda etapa e o processo é continuado até que todos os valores de F sejam superiores ao F_0 determinado.

Tabela 2.3 – Passos do *Backward Procedure*

Uma outra análise se faz necessária com o intuito de refinar o modelo. A análise dos resíduos é a parte final do modelo que reúne as informações do resultado da aplicação do modelo à amostra selecionada.

2.6. Análise de Resíduos

Os resíduos de um modelo são determinados pela diferença entre os dados da amostra e os dados previstos pelo modelo da expressão (2.21), (i.e. $\varepsilon_t = \hat{y}_t - y_t$). Pode-se interpretar os resíduos como sendo a parcela dos dados incapaz de ser prevista pelo modelo utilizado.

A análise dos resíduos tem particular interesse na estimativa de dados após a confecção do modelo de predição. Ela é feita com o objetivo de se analisar a aderência do modelo com os dados reais a fim de se avaliar a efetividade do modelo.

Os modelos assumem que as séries temporais são compostas por um movimento aleatório composto por uma média, um desvio padrão e uma determinada distribuição (ENDERS, 2004). Dessa forma, qualquer modelo de estudo do comportamento dessa série não será capaz de prever com total perfeição os seus valores. Isso direciona as análises para os valores residuais dos modelos.

Procura-se com estudos desse tipo desenvolver modelos capazes de fornecer dados com resíduos menores e mais perto do comportamento normal possível. Dessa forma, é importante

a comparação dos resíduos com a curva normal.

Duas ferramentas são de indispensável uso para a análise dos resíduos. Uma é o histograma que mostra, dentro de faixas pré-determinadas, o comportamento e a concentração dos resíduos. Quanto mais próxima da normal essa curva, melhor distribuídos serão os resíduos e com maior confiabilidade o modelo englobará as causas de variabilidade dos dados históricos, sobrando então, apenas, a componente puramente variável.

A outra ferramenta bastante importante é o papel da probabilidade normal. Com o mesmo objetivo anterior, ela é capaz de fornecer dados numéricos da proximidade do resultado dos resíduos com uma curva normal. Ela é construída plotando os dados num gráfico cuja escala seja a de uma curva normal. Dessa forma, qualquer curva normal plotada nesse gráfico, formará uma reta. É fácil então comparar a plotagem dos resíduos do modelo no papel da probabilidade normal com uma reta, utilizando métodos algébricos simples, ou até mesmo sofisticadas regressões.

O próximo passo é a abordagem do modelo de séries temporais. Antes de estudar os parâmetros do modelo, é preciso que algumas definições sejam feitas com relação às séries a serem estudadas. O modelo é construído partindo da premissa de que a amostra é composta por variáveis estocásticas.

2.7. Processos Estocásticos

O estudo de séries temporais é feito com base em processos estocásticos. Isso é devido a sua característica principal em que os elementos da série são determinados por leis probabilísticas. Os elementos aleatórios, então, possuem uma função de probabilidade para determinar o seu valor. Segundo Morettin e Toloi (2006), uma definição técnica específica de processos estocásticos pode ser dada dessa maneira:

Seja T um conjunto arbitrário. Um processo estocástico é uma família $\mathbf{Z} = \{\mathbf{Z}(t), t \in T\}$, tal que, para cada t , $Z(t)$ é uma variável aleatória.

Mais especificamente, um processo estocástico é uma família de variáveis aleatórias

definidas num espaço de probabilidades e o conjunto T é usualmente tomado como o conjunto dos inteiros. E isso encerra que Z na verdade é uma variável que depende de $t \in T$ e da função de probabilidade que rege o movimento da variável.

Assim, para cada resultado fixado da função de probabilidade, tem-se uma trajetória $Z_k(t)$ dependente apenas do tempo, ou seja, não aleatória. Ao conjunto de todas as trajetórias possíveis $Z_k(t)$ dá-se o nome de *ensemble*.

A outra definição inicial a ser feita é com relação a estacionariedade da série. É importante para a análise que os dados não apresentem tendência ou ciclos sazonais, que prejudicariam as conclusões.

2.8. Processos estacionários

Para a análise do modelo de séries temporais, tem particular importância um tipo especial de série de tempo que são os processos estacionários. Dizemos que um processo é estacionário, se dado um $\tau \in T$ e $\tau \geq 0$, o processo $Z(t + \tau)$ terá as mesmas características de $Z(t)$. Em outras palavras, a análise da série independe do momento em que se inicia a análise.

Uma consequência importante disso, é que pode-se dizer que a média e a variância são constantes uma vez que as distribuições unidimensionais são invariantes dada uma translação no tempo.

Outro tipo bastante interessante para a análise de séries temporais é o processo gaussiano. Dizemos que um processo estocástico é gaussiano, se e somente se, para cada $t \in T$, o conjunto estocástico $Z(t_1), \dots, Z(t_n)$ tem distribuição normal n -variada.

2.9. Função de Auto Covariância (facv)

Uma importante análise de que deve ser feita em uma série temporal é em relação à covariância entre seus valores. Segundo Morettin e Toloí (2006), a função de auto covariância é definida como:

Definição: Seja um processo estacionário real discreto $\{X_t, t \in \mathbb{Z}\}$, a facv será definida como:

$$\gamma_\tau = E\{X_t X_{t+\tau}\} \quad (2.27)$$

Essa função satisfaz as seguintes propriedades:

- (i) $\gamma_0 > 0$
- (ii) $\gamma_{-\tau} = \gamma_\tau$
- (iii) $|\gamma_\tau| \leq \gamma_0$
- (iv) γ_τ é não negativa definida, no sentido que

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_j a_k \gamma_{(\tau_j - \tau_k)} \geq 0 \quad (2.28)$$

Para quaisquer números reais $a_1, \dots, a_n$, e $\tau_1, \dots, \tau_n$ de $\mathbb{Z}$.

Tipicamente, a facv de um processo estacionário tende a zero quando $|\tau| \rightarrow \infty$.

Além da função de auto covariância, outro importante fator a ser analisado nos modelos é com relação à função de auto correlação do processo definida por:

$$\rho_\tau = \frac{\gamma_\tau}{\gamma_0}, \tau \in \mathbb{Z} \quad (2.29)$$

Em que:

$$\gamma_0 = E\{X_t^2\} = \text{Var}(X)$$

E tem as mesmas propriedades de γ_τ exceto que agora $\rho_0 = 1$.

De posse dessas definições, o passo seguinte é a construção do modelo ARIMA. Ele se

inicia com a análise da estacionariedade da série utilizando dados das auto correlações da amostra.

2.10. Modelos ARIMA

O modelo mais comumente utilizado para a previsão de séries temporais é o modelo ARIMA. Ele pode ser utilizado de diversas maneiras diferentes e, especialmente para as séries econômicas, são utilizados para a predição de valores futuros. Além disso, diversos outros modelos foram derivados deste para a elaboração de modelos mais complexos.

Segundo Gujarati (2001), as razões pelas quais existe esse tipo de modelo são três: razões psicológicas, tecnológicas e institucionais. As primeiras acontecem devido, basicamente, ao emocional das pessoas. Principalmente em se tratando de ativos financeiros, as decisões de compra e venda, e portanto, os impactos nos preços, são tomadas com uma carga de subjetividade muito grande. A segunda razão – a tecnologia – é presente na estrutura das empresas. Dada a crescente complexidade, é comum que as decisões tomadas nas empresas levem em conta o impedimento tecnológico de determinada solução estratégica. Por fim, as relações fiduciárias, de contratos e legislação, impedem que as mudanças sejam feitas independentes e dinamicamente, constituindo um risco institucional.

As principais vantagens do modelo são a sua robustez para a resolução de problemas relativamente complexos, e sua capacidade de abrangência de respostas a perguntas mais variadas. O modelo foi bastante explorado por Box e Jenkins (1970). Ele consiste em ajustar modelos auto-regressivos integrados de médias móveis, (ARIMA), ao conjunto de dados.

A utilização do modelo segue uma estratégia básica dividida em quatro etapas

Etapas	Processos
Especificação	Momento em que se define o espectro de modelos a serem analisados.
Identificação	Aqui, baseando-se nas análises de auto correlação, auto variância e outros critérios, se define o melhor modelo a ser usado.
Estimação	Nessa etapa, são estimados os parâmetros do modelo
Verificação	Como todo modelo matemático, essa etapa serve para a análise dos resultados obtidos e posterior adequação do modelo ao problema proposto.

Tabela 2.4 – Etapas do Processo ARIMA

A seguir são descritos os modelos que compõe o modelo ARIMA. São eles o modelo de Médias Móveis que relaciona o valor atual aos erros aleatórios anteriores na série, o modelo Auto Regressivo, que relaciona a variável atual aos seus valores passados, é o modelo de diferenciação que visa criar uma série estacionária para melhor análise.

2.10.1. Modelos de Médias Móveis MA(q)

No modelo de médias móveis, descreve-se cada item da série como sendo uma média ponderada dos valores de distúrbios anteriores. Isto é, um modelo MA de ordem q vai ser composto de todos os distúrbios até a o q -ésimo termo.

$$y_t = \mu + a_t + \sum_{i=1}^q \theta_i a_{t-i} \quad (2.28)$$

Nesse tipo de processo, cada distúrbio a_t é suposto ter uma distribuição normal com média 0, variância σ_a^2 e covariância $\gamma_k = 0$ para $k \neq 0$. Essa consideração é razoável se se considera que, mesmo não havendo eventos que se comportem diretamente dessa forma na natureza, uma composição de vários elementos desse tipo promove uma boa aproximação da realidade, como proposto por Pindyck e Rubinfeld (1991).

Para uma melhor análise, inicia-se o estudo pelo caso mais simples de médias móveis que é o MA(1), o seja, modelo de médias móveis de um nível.

$$y_t = \mu + \alpha_t + \theta_1 \alpha_{t-1} \quad (2.29)$$

É fácil ver que esse modelo tem média μ e variância $\gamma_0 = \sigma_\alpha^2(1 + \theta_1^2)$. O passo seguinte é calcular as equações de auto variância. Para o primeiro nível, tem-se:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= E[(y_t - \mu)(y_{t-1} - \mu)] \\ &= -\theta_1 \sigma_\alpha^2 \end{aligned} \quad (2.32)$$

E para um nível geral, temos:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= E[(\alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1})(\alpha_{t-k} - \theta_1 \alpha_{t-k-1})] \\ &= 0, \quad \text{para } k > 1 \end{aligned} \quad (2.33)$$

Disso, conclui-se que o processo possui memória apenas do item anterior, perdendo informações sobre o que aconteceu antes disso. De forma geral, diz-se que um processo MA(q) carrega informações apenas até o nível q , e que, para níveis superiores, a contribuição é nula.

Agora, pode-se determinar a função de auto correlação:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \begin{cases} \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2}, & \text{se } k = 1 \\ 0, & \text{se } k > 1 \end{cases} \quad (2.34)$$

Generalizando para q maior do que 1, pode-se demonstrar a função de auto correlação para o modelo proposto (PINDYCK e RUBINFELD, 1991).

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{-\theta_k + \sum_{i=1}^{q-k} \theta_i \theta_{k+i}}{1 + \sum_{i=1}^q \theta_i^2}, & k = 1, \dots, q \\ 0, & k > q \end{cases} \quad (2.35)$$

Para ilustrar, a Figura 2.2 mostra o gráfico da auto correlação da função de $y_t = 2 + a_t + 6a_{t-1} - 0.3a_{t-2}$, em que $\theta_1 = -6$ e $\theta_2 = -0.3$.

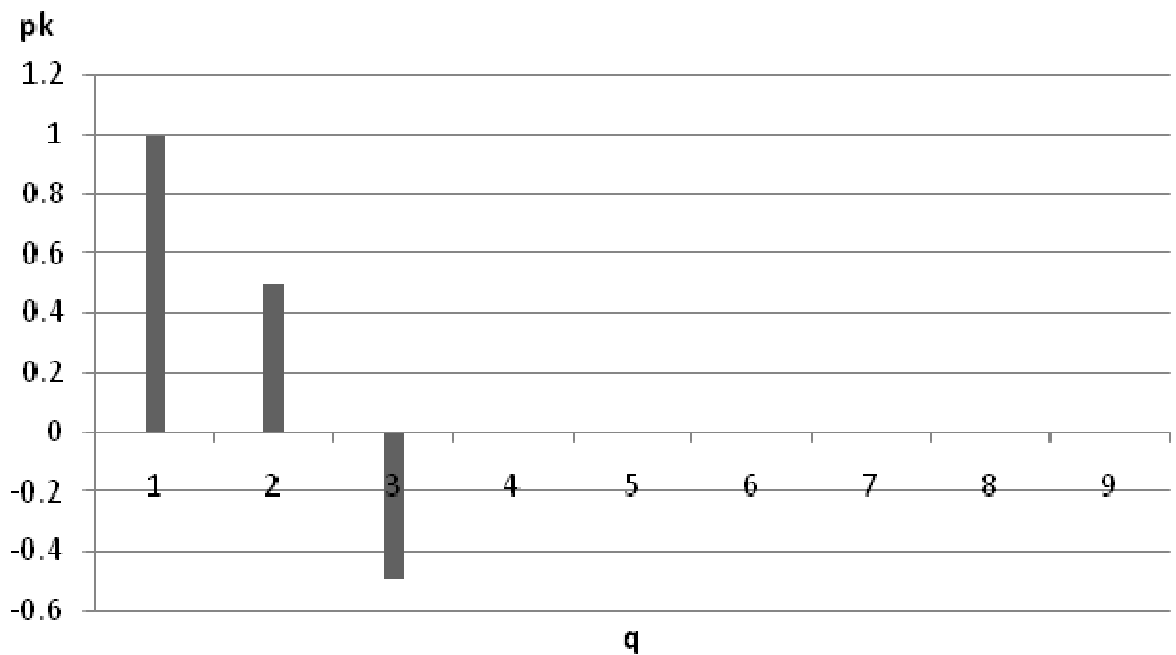


Figura 2.2 – Gráfico da função de auto correlação da função exemplo

2.10.2. Modelos Auto Regressivos - AR(p)

Um processo definido como Auto Regressivo é aquele em que cada elemento da série depende apenas dos valores anteriores da própria série. Dessa forma, genericamente, a expressão do modelo fica assim:

$$y_t = \mu + a_t + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} \quad (2.36)$$

Parte-se, então, da observação do tipo mais simples de modelo de auto-regressão: o AR(1) que significa um modelo auto-regressivo de ordem 1.

$$y_t = \mu + a_t + \phi_1 y_{t-1} \quad (2.37)$$

Assumindo que o processo já é estacionário (considerações a respeito disso serão vistas na seção 2.10.4), e assumindo a constante $\mu = 0$, a variância do modelo (2.34) é determinada como:

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= E[(\phi_1 y_{t-1} + a_t)^2] \\ &= \phi_1^2 \gamma_0 + \sigma_a^2 \\ \gamma_0 &= \frac{\sigma_a^2}{1 - \phi_1^2} \end{aligned} \quad (2.38)$$

Para as covariâncias do processo, temos o seguinte:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= E \left[y_{t-k} \left(\phi_1^k y_{t-k} + \sum_{i=1}^{k-1} \phi_1 a_{t-i} + a_t \right) \right] \\ \gamma_k &= \phi_1^k \gamma_0 = \frac{\phi_1^k \sigma_a^2}{1 - \phi_1^2} \end{aligned} \quad (2.39)$$

As funções de auto correlação ficam:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \phi_1^k \quad (2.40)$$

Com isso, o processo auto-regressivo possui memória infinita, porém o peso de cada item da série decai com tempo. A velocidade desse decaimento depende dos coeficientes da equação.

Generalizando para o modelo AR(p), as equações de cada auto covariância mudam para cada nível que estiver sendo estudado. Assim, um processo importante a ser utilizado será o composto pelas equações de Yule-Walker (PINDYCK e RUBINFELD, 1991). Dado um processo AR(p), tem-se para $k \leq p$

$$\begin{aligned}
\gamma_0 &= \sum_{i=1}^p \phi_i \gamma_i + \sigma_a^2 \\
\gamma_1 &= \sum_{i=1}^p \phi_i \gamma_{i-1} \\
&\dots \\
\gamma_p &= \sum_{i=1}^p \phi_i \gamma_{p-i}
\end{aligned} \tag{2.41}$$

Para $k > p$, tem-se:

$$\gamma_k = \sum_{i=1}^p \phi_i \gamma_{k-i} \tag{2.42}$$

Dividindo os dois lados por γ_0 , temos, para $k \leq p$:

$$\begin{aligned}
\rho_1 &= \phi_1 + \sum_{i=2}^p \phi_i \rho_{i-1} \\
&\dots \\
\rho_p &= \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \rho_{p-i} + \phi_p
\end{aligned} \tag{2.43}$$

E para $k = p$:

$$\rho_k = \sum_{i=1}^p \phi_i \rho_{k-i} \tag{2.44}$$

É fácil verificar que os parâmetros ϕ_i podem ser calculados pelas equações de Yulle Walker, uma vez que se tenha as correlações ρ_i obtidas estatisticamente pela amostra. Nesse caso, o parâmetro ϕ_i será utilizado também como a função de **auto correlação parcial** (MORETTIN e TOLOI, 2006).

Após a definição desse modelo, cabe agora a junção com o modelo anterior de médias móveis. Isso cria um modelo mais robusto com mais graus de liberdade.

2.10.3. Modelos de Médias Móveis e Auto Regressivos – ARMA(p,q)

O modelo mais geral de análise será aquele composto pelos dois modelos anteriores. Um modelo Auto Regressivo de ordem p também composto de Médias Móveis de ordem q é como se segue:

$$y_t = \mu + \alpha_t + \sum_{i=1}^p \phi_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \alpha_{t-i} \quad (2.43)$$

Da mesma forma do que os modelos anteriores, será explorado o modelo mais simples de ordem $p=1$ e $q=1$:

$$y_t = \mu + \alpha_t + \phi_1 y_{t-1} + \theta_1 \alpha_{t-1} \quad (2.44)$$

Dele, pode-se determinar a função de variância que será a união dos dois modelos:

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= E[y_t(\phi_1 y_{t-1} + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1})] \\ &= \phi_1^2 \gamma_0 - 2\phi_1 \theta_1 E[y_{t-1} \alpha_{t-1}] + \sigma_\alpha^2 + \theta_1^2 \sigma_\alpha^2 \end{aligned}$$

Como $E[y_{t-1} \alpha_{t-1}] = \sigma_\alpha^2$, tem-se:

$$\gamma_0 = \frac{1 + \theta_1^2 - 2\phi_1 \theta_1}{1 - \phi_1^2} \sigma_\alpha^2 \quad (2.47)$$

E as funções de auto variância:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= E[(y_{t-1}(\phi_1 y_{t-1} + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1}))] \\ &= \frac{(1 - \phi_1 \theta_1)(\phi_1 - \theta_1)}{1 - \phi_1^2} \end{aligned} \quad (2.48)$$

E para $k > 1$:

$$Y_k = \phi_1 Y_{k-1} \quad (2.49)$$

Com isso, é possível determinar-se também a função de auto correlação:

$$\rho_1 = \frac{Y_1}{Y_0} = \frac{(1 - \phi_1 \theta_1)(\phi_1 - \theta_1)}{(1 + \theta_1^2 - 2\phi_1 \theta_1)} \quad (2.48)$$

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1}, \text{ se } k > 1 \quad (2.49)$$

A influência das médias móveis se dá apenas até o nível q e daí em diante, basicamente tem-se o efeito do processo auto-regressivo que decai geometricamente conforme aumenta k .

Para ordens maiores, as funções de auto variância e auto correlação são resultados de equações diferenciais e não podem ser obtidas por uma função genérica. Porém, é fácil determinar o efeito da perda de memória do processo de médias móveis e determinar o cálculo da auto variância e da auto correlação para $k > q$. Nesse caso, tem-se:

$$Y_k = \phi_1 Y_{k-1} + \phi_2 Y_{k-2} + \dots + \phi_p Y_{k-p}, \quad \text{para } k > q \quad (2.52)$$

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}, \quad \text{para } k > q \quad (2.53)$$

Isso mostra que após o nível q a função de auto variância e a de auto correlação decrescem conforme um processo exclusivamente auto regressivo.

Para que a junção dos dois modelos seja eficaz, é preciso que a série apresente uma boa estacionariedade. Isso é importante para eliminar fatores como sazonalidade e tendências que camuflam características da série.

2.10.4. Processos Não Estacionários

Para que a série seja considerada estacionária, algumas considerações devem ser feitas. Muitas vezes uma série não é estacionária por conter uma tendência ao longo do tempo, ou

uma componente cíclica (sazonalidade) ou ainda por conter oscilações muito grandes em seus valores. Dessa forma, uma ferramenta bastante importante para conseguirmos séries estacionárias é a utilização de diferenças.

Quando uma série não é estacionária, toma-se a primeira diferença $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ de forma que essa elimine os fatores acima mencionados. Porém, a própria série Δy_t pode não ser estacionária, de forma que deverá mais uma vez tomada a diferença $\Delta^2 y_t = \Delta y_t - \Delta y_{t-1} = y_t - y_{t-1} - (y_{t-1} - y_{t-2})$. De forma geral, tem-se a série w definida da seguinte forma:

$$w_t = \Delta^d y_t \quad (2.54)$$

Em que d deve ser escolhido para que a série w seja estacionária.

Durante a construção do modelo, algumas técnicas podem ser empregadas a fim de se fazer a melhor escolha de suas componentes. A seguir, são apresentados alguns testes auxiliares para a análise sobre a amostra. Elas visam tanto mostrar se uma série é estacionária, ou não, quanto escolher o melhor modelo.

2.11. Teste Auxiliares

Dentre os testes mais utilizados, destacam-se o modelo de Akaike e de Schwarzman.

Teste de Akaike

O critério de informação de Akaike (1973, 1974) sugere escolher o modelo cujas ordens p , q e d minimizam o critério:

$$AIC(p, d, q) = n \log(\hat{\sigma}_a^2) + \frac{n}{n-q} 2(p + d + 1 + \delta_{d0}) + n \log(2\pi) + n \quad (2.53)$$

Em que:

$$\delta_{d0} = \begin{cases} 1, & d = 0 \\ 0, & d \neq 0 \end{cases}$$

e $\hat{\sigma}_a^2$ é o estimador de máxima verossimilhança de σ_a^2 . (MORETTIN e TOLOI, 2006)

Critério de Informação Baynesiano

Esse critério também é conhecido como critério de Schwarz (1978). Esse autor, junto com Akaike (1977) e Rissanen (1978) sugeriu minimizar o critério dado por:

$$BIC(p, d) = \log(\sigma_{p,d}^2) + (p + d) \frac{\log(n)}{n} \quad (2.54)$$

Em que $\sigma_{p,d}^2$ é o estimador de máxima verossimilhança da variância residual do modelo ARIMA(p, d, q) (MORETTIN e TOLOI, 2006).

Com o modelo definido, parte-se agora para a aplicação em um caso prático. O capítulo seguinte utiliza os métodos aqui descritos para desenvolver um modelo de previsão da série dos juros brasileiros. Duas abordagens principais serão desenvolvidas. Uma é com relação à regressão linear entre a taxa de juros do Brasil e os demais ativos selecionados. A outra abordagem é a utilização do modelo ARIMA de séries temporais.

PARTE III

MODELO

3. CONSTRUÇÃO DO MODELO

Neste capítulo, será vista a construção do modelo de séries temporais para a taxa de juros da dívida externa brasileira. Ele tem como principal objetivo a predição da cotação de fechamento da taxa de juros durante o período de 10 dias subsequente aos da coleta dos dados.

Este capítulo se inicia com a seleção das variáveis a serem relacionadas com o objeto principal de estudo. Logo após, são feitas as análises da série para a construção do modelo.

3.1. Introdução

Como mencionado na seção 1.3, o objeto de estudo será a cotação da taxa de juros derivada dos títulos públicos brasileiros – mais especificamente, do título mais negociado no mercado com vencimento em 2040 (Global 40, ou Brasil 40, como é conhecido). Os dados provêm da agencia especializada *Bloomberg* que colhe as cotações diariamente dos principais agentes do mercado.

A Figura 3.1 mostra o comportamento do ativo em questão durante o período estudado.

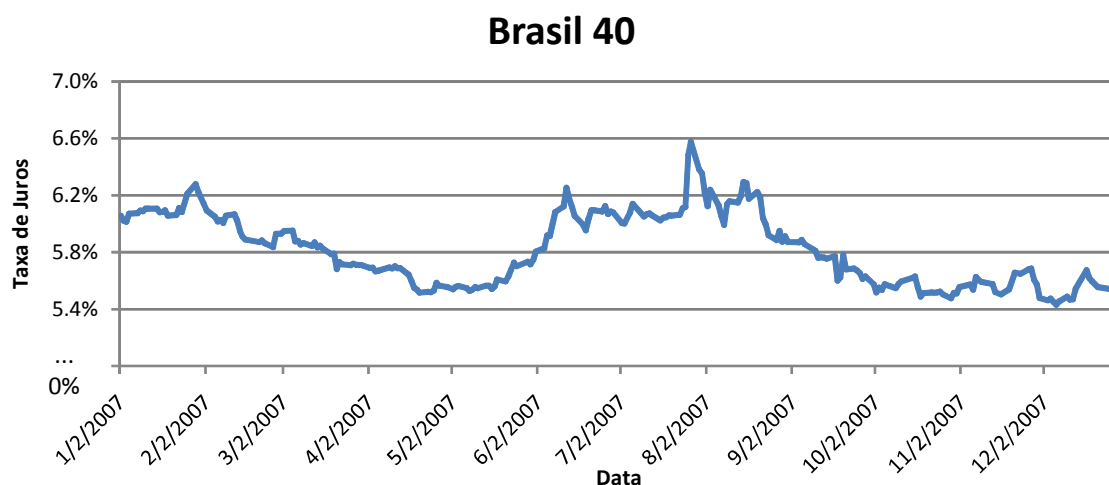


Figura 3.1 – Gráfico da Taxa de Juros do Brasil 40

Fonte: Bloomberg

Estritamente, a negociação do título no mercado é feita pelo preço à vista do mesmo. Nesse preço à vista está embutida a taxa de juros de retorno do título, dado seu fluxo de caixa.

O preço à vista segue a seguinte equação:

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{C}{(1 + Y * \frac{D_i}{360})} + \frac{V}{(1 + Y * \frac{D_n}{360})}$$

Em que:

C é o cupom pago semestralmente pelo título

D_i é o número de dias corridos entre a data da precificação e a data de pagamento do cupom i ou do valor final

V é o valor final do título, convencionalmente determinada como sendo 100.

Y é a taxa de retorno do título.

n é o número de cupons pagos.

No lançamento do título, seu preço à vista é igual ao preço de face, 100, o que faz com que a taxa interna de retorno (TIR) seja igual ao cupom pago semestralmente. À medida que ele começa a ser negociado no mercado secundário, as mudanças dos preços refletem nas taxas de juros as quais os investidores estão dispostos a ter como retorno em troca do risco apresentado pelos títulos brasileiros.

3.2. Seleção das Variáveis

Os títulos do governo soberano de um país refletem a percepção de risco que os investidores têm sobre as condições econômicas e políticas do mesmo. Dessa forma, percepções de risco semelhantes fazem com que diferentes títulos sejam negociados com taxas de retorno semelhantes. Fica claro, então, que se podem fazer basicamente dois tipos de análises quanto ao ativo em questão. Um é em relação às características endógenas do Brasil que determinam a percepção de risco estrita do país para o resto do mundo. Dentre essa primeira análise, caracterizam-se desde a ideologia do governo, suas diretrizes básicas, a política monetária e a solidez das instituições governamentais até características operacionais, como liquidez do mercado, tamanho das emissões e prazo médio da dívida lançada pelo governo.

A outra análise parte do princípio de risco sistemático, no qual as variáveis impactantes do movimento das taxas de juros são exógenas e impactam outros países com características semelhantes. Para a parte de análise de regressão do modelo, faz-se necessária a seleção dessas variáveis que serão analisadas a fim de tentar-se entender os movimentos do ativo objeto do trabalho. Essas outras variáveis foram divididas em quatro grandes grupos:

Dívida Externa

Nesse grupo, estarão incluídas as taxas de juros da dívida externa praticadas por outros países semelhantes à estrutura econômica do Brasil, ou seja, países ditos emergentes. Com isso, pretende-se estudar a relação entre a percepção de risco de países semelhantes e a taxa de juros de suas dívidas.

O primeiro país que surge nessas características é o México e seu principal título da dívida. Seu vencimento é em 2034 e é conhecido como MEX 34. Abaixo, pode-se verificar um gráfico da dispersão entre as duas taxas de juros:

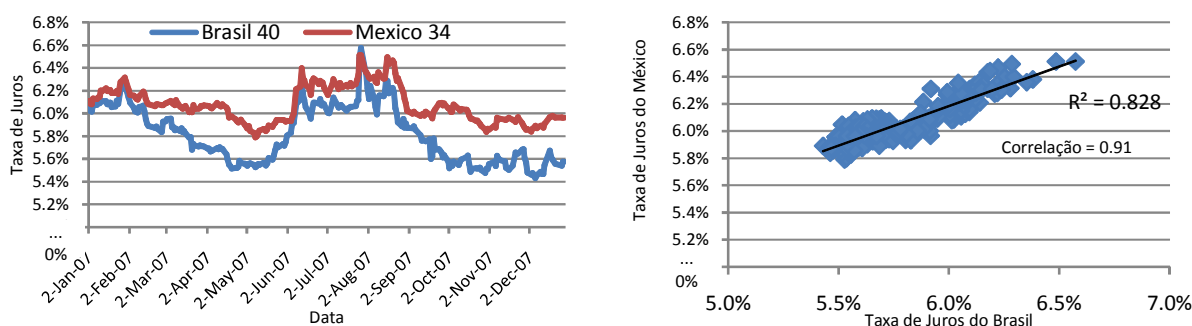


Figura 3.2 – Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e o México 34

Fonte: ING, Bloomberg

Pode-se perceber, pela Figura 3.2, que o título da dívida externa mexicana tem uma alta correlação com o título brasileiro. O coeficiente de determinação vale 0.828.

Além do México, destacam-se alguns outros países com situação econômica e de solvência da dívida externa semelhante ao do Brasil. Os países escolhidos são o Chile, com seu título de vencimento em 2013, a Venezuela, com seu título de vencimento em 2034, a Colômbia, com seu título de vencimento em 37, o título de vencimento em 2008 do Equador e

o de vencimento em 2037 da África do Sul. Para cada país foi escolhido o título de maior liquidez do mercado e maior volume de emissão. Essas informações foram coletadas com os operadores da mesa de renda fixa do banco ING, tanto da filial São Paulo que opera os títulos brasileiros, como da filial do México que opera os títulos de todos os países emergentes. São eles:

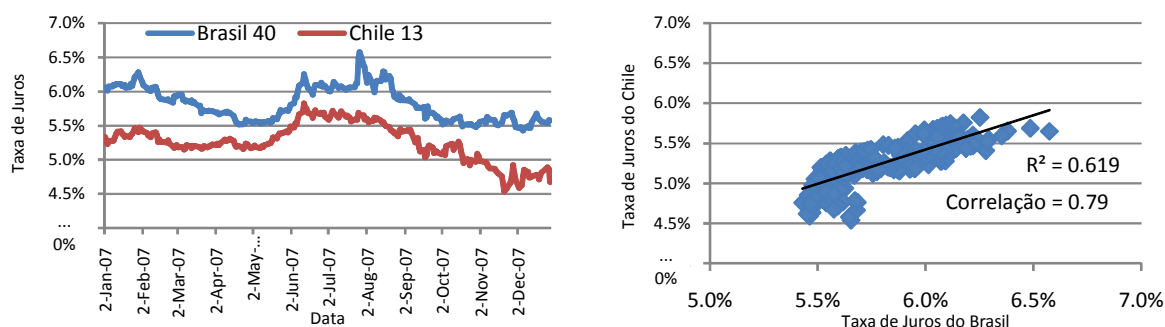


Figura 3.3 – Gráfico do Brasil 40 x Chile 13

Fonte: ING, Bloomberg

O gráfico da Figura 3.3 mostra uma boa correlação entre o título do Brasil e o título do Chile, uma vez que 62% do movimento dos juros brasileiros pode ser explicado pelo movimento dos juros chilenos. A correlação apresentada é de 79%.

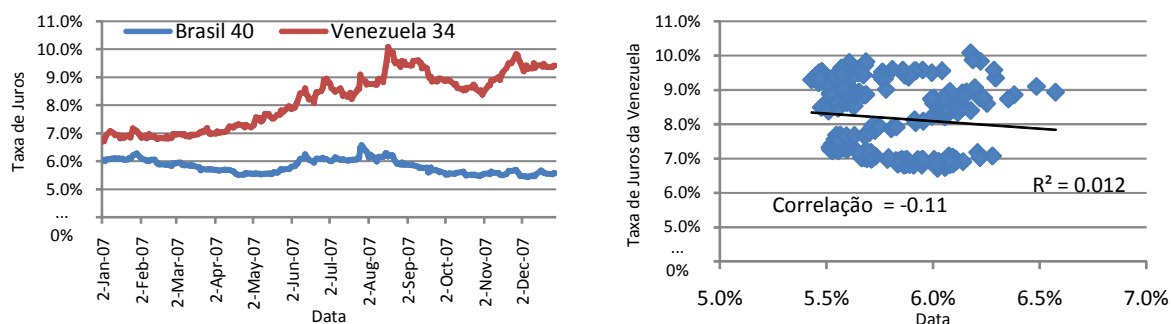


Figura 3.4 – Gráfico do Brasil 40 x Venezuela 34

Fonte: ING, Bloomberg

O gráfico da Figura 3.4 mostra que o título da Venezuela não possui uma correlação com os juros brasileiros. O índice R^2 foi de apenas 0.012 e a correlação foi de -0.11.

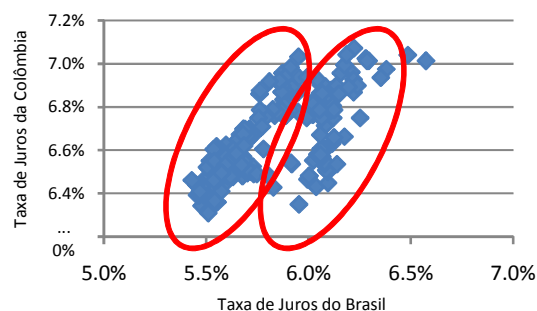
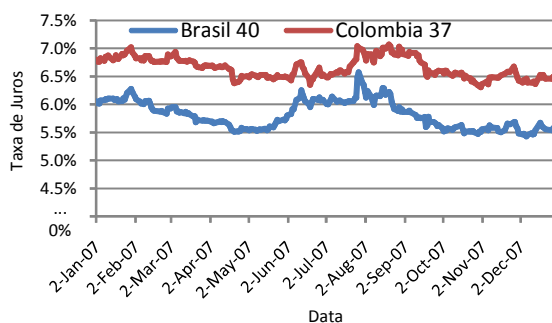


Figura 3.5 – Gráfico do Brasil 40 x Colombia 37

Fonte: ING, Bloomberg

O gráfico de dispersão entre o Brasil 40 e Colômbia 37 da Figura 3.5 mostra que existem duas regiões separadas na relação entre o título brasileiro e o colombiano. Para taxas brasileiras mais altas, os títulos colombianos apresentam correlação diferente. A Figura 3.6 mostra essa diferença:

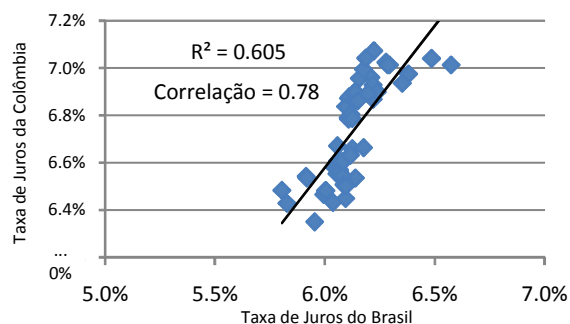
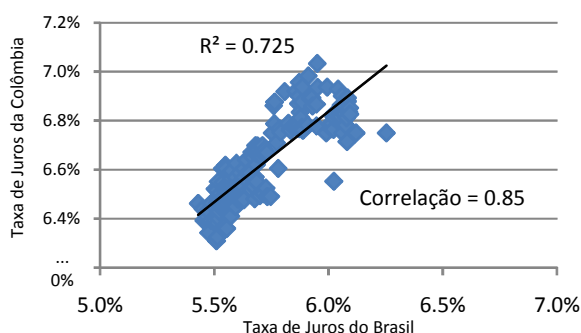


Figura 3.6 – Gráfico do Brasil 40 x Colômbia (modificado)

Fonte: ING, Bloomberg, elaboração do autor

A separação entre os dois gráficos mostrou que a correlação entre os dois ativos existe, porém há a separação do grau de relacionamento. Para taxas de juros brasileiros menores que 6,0%, tem-se uma correlação de 0.85, enquanto, para taxas de juros maiores que 6,0%, tem-se correlação de 0.78.

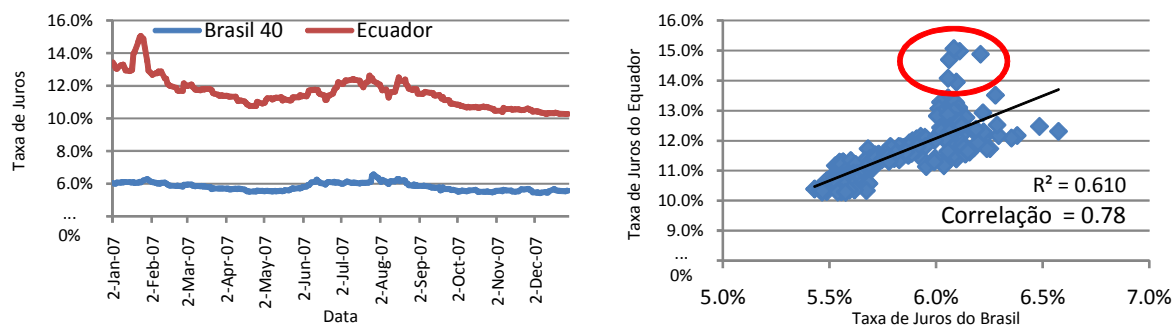


Figura 3.7 – Gráfico do Brasil 40 x Equador 08

Fonte: ING, Bloomberg

No caso do Equador, mostrado no gráfico da Figura 3.7, verifica a existência de alguns dados que podem ser *outliers* dentro da amostra, como verificado pela região destacada na Figura 3.7. Retirando esses dados, verifica-se que o R^2 se eleva para 0.683 e a correlação sobe para 0.83:

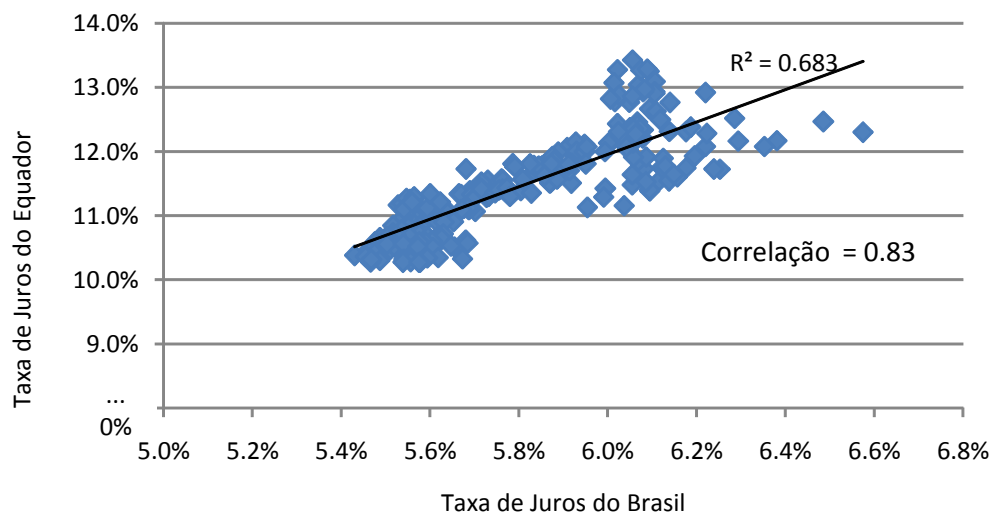


Figura 3.8 – Gráfico do Brasil 40 x Equador (modificado)

Fonte: ING, Bloomberg, elaboração do autor

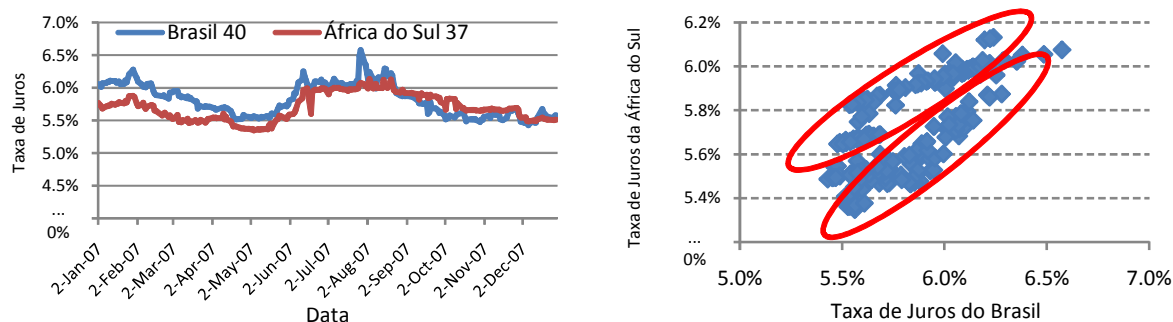


Figura 3.9 – Gráfico do Brasil 40 x África do Sul 37

Fonte: ING, Bloomberg

A Figura 3.9 mostra a dispersão entre os dados do título brasileiro e do título da África do Sul. Ele também mostra que há uma separação entre os dados: Para taxas de juros maiores dos títulos sul-africanos, a correlação é maior do que para taxas de juros menores. A Figura 3.10 mostra esse efeito:

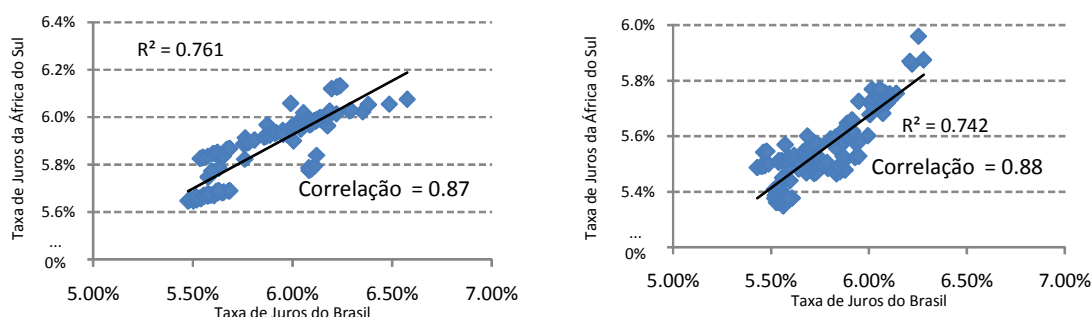


Figura 3.10 – Gráfico do Brasil 40 x África do Sul 37 (modificado)

Fonte: ING, Bloomberg, elaboração do autor

O gráfico da esquerda na Figura 3.10 mostra um fator de correlação ligeiramente maior do que o da direita e ambos são melhores do que a correlação mostrada na figura 3.9.

Pela análise dos gráficos das Figuras 3.2 à 3.10, utilizando o valor do R^2 , pode-se eliminar o título da Venezuela, que possui uma economia mais controlada pelo governo. Dessa forma, a negociação dos títulos não está relacionada com as negociações dos títulos do Brasil ou dos outros países em questão. A Tabela 3.1 resume os resultados.

Título	R ²	Correlação	Incluído no Modelo
México 34	0.83	0.91	Sim
Chile 13	0.62	0.79	Sim
Venezuela 34	0.01	-0.11	Não
Colômbia 37	0.72 / 0.60*	0.85 / 0.78*	Sim
Equador 08	0.61 (0.68)**	0.78 (0.83)**	Sim
África do Sul 37	0.76 / 0.74*	0.87 / 0.88*	Sim

Tabela 3.1 – Resultados da Análise dos Títulos de Países Emergentes

*Dados após a separação em duas amostras

**Dados após e eliminação de *outliers*

A seguir, será feita uma análise da relação entre os títulos brasileiros e os títulos da dívida externa dos Estados Unidos.

Tesouro Americano

Como explicado anteriormente, os títulos da dívida pública são negociados basicamente como sendo a taxa de juros livre de risco – assumidamente, as taxas dos títulos Norte-Americanos – mais um prêmio de risco chamado de Risco País. Com isso, vê-se então claramente a correlação presente entre as taxas de juros dos títulos brasileiros, e do tesouro americano, chamados de *treasuries*.

Na figura 3.11, tem-se um gráfico da correlação entre o Brasil 40, e o ativo referência dos *treasuries* que é o de vencimento em 10 anos.

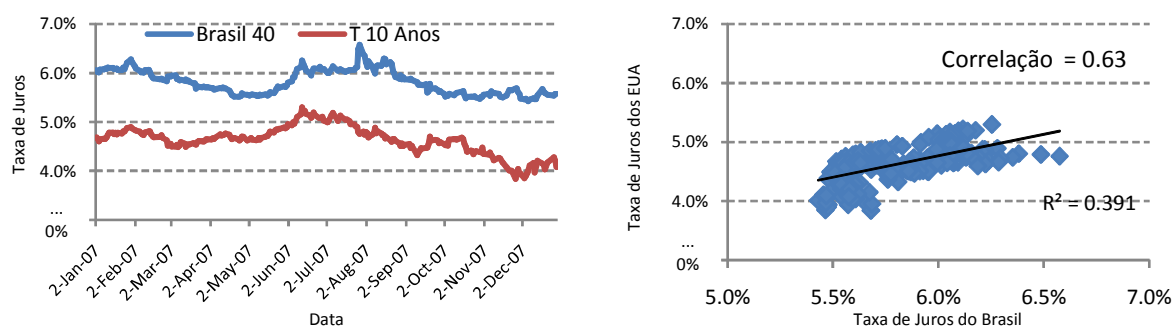


Figura 3.11 – Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e a taxa do tesouro Americano de 10 anos

Fonte: Bloomberg

A Figura 3.11 mostra uma correlação moderada entre os dois ativos de 0.63. O índice de determinação é 0.391.

Além do vencimento de 10 anos, outros dois *benchmarks* são bastante importantes que são os títulos de vencimento em 2 e em 5 anos:

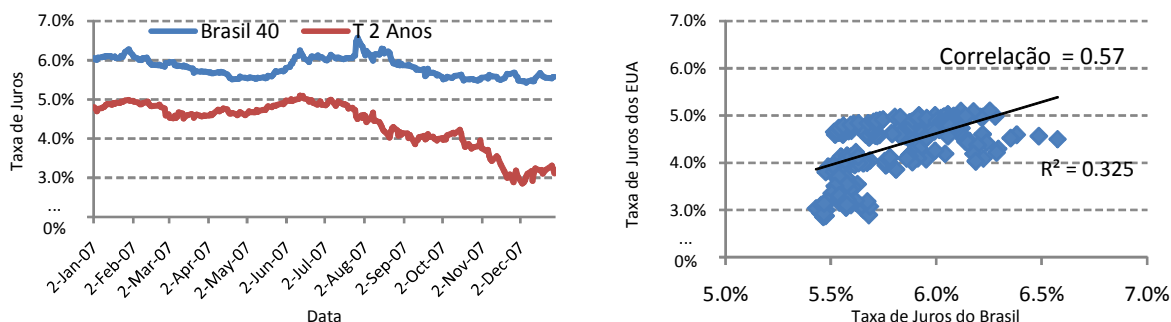


Figura 3.12 – Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e a taxa do tesouro Americano de 2 anos.

Fonte: Bloomberg

O gráfico da Figura 3.12 mostra que o *treasury* de 2 anos apresenta uma menor correlação do que o de 10 anos. O índice R^2 é de 0.32 e o índice de correlação é de 0.57, comparados com 0.39 e 0.63 respectivamente para o *treasury* de 10 anos.

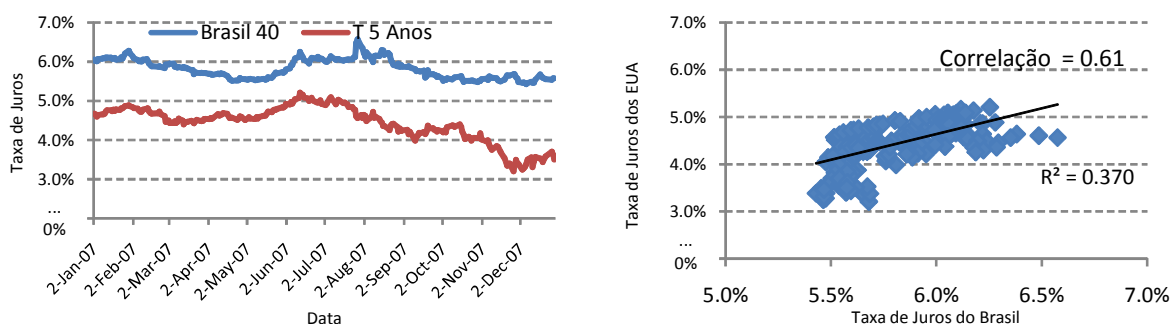


Figura 3.13 – Gráfico da correlação entre o Brasil 40 e a taxa do tesouro Americano de 5 anos.

Fonte: Bloomberg

O título Norte-Americano de vencimento em 5 anos apresenta um índice R^2 de 0.37 e um índice de correlação 0.61. As Figuras 3.11, 3.12 e 3.13 mostram que existe uma boa correlação entre os títulos brasileiros e os norte-americanos, como já demonstrava a teoria sobre risco e prêmio de risco. A Tabela 3.2 resume os resultados:

Título	R ²	Correlação	Incluído no Modelo
Treasury de 2 Anos	0.39	0.63	Sim
Treasury de 5 Anos	0.32	0.57	Sim
Treasury de 10 Anos	0.37	0.61	Sim

Tabela 3.2 – Resultados da Análise dos Títulos dos Estados Unidos

A próxima análise a ser feita é com relação às cotações das moedas. A pré-seleção das moedas foi feita, mais uma vez, com o auxílio dos operadores da mesa do ING que selecionaram baseados em semelhanças dos países com a economia brasileira em termos de Balança Comercial, Fluxo de Investimento e questões de liquidez de mercado.

Moedas

Como parte integrante das análises, o câmbio do país de origem afeta o modo como as taxas de juros são operadas. Isso porque o nível do câmbio é um indicador econômico importante da economia local. Além disso, as cotações de outras moedas de referência servem de base para a análise da economia global. A Figura 3.14 mostra a correlação entre a taxa do Brasil 40, e a cotação do Dólar Americano em Reais Brasileiros no período estudado.

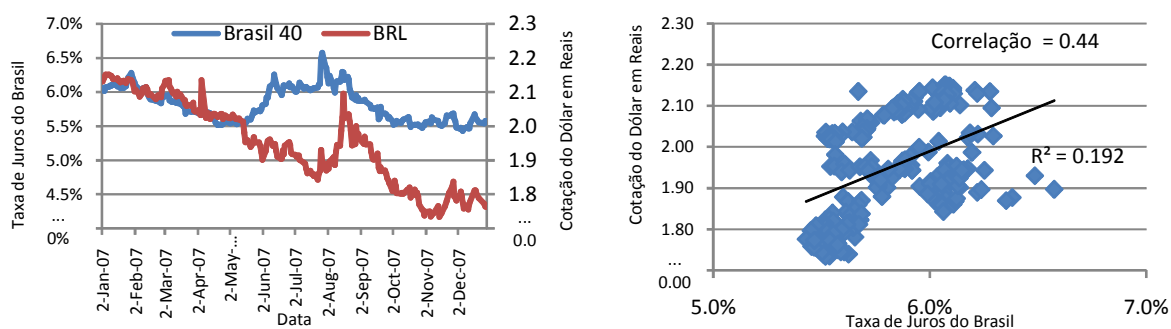


Figura 3.14 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar Americano em Reais.

Fonte: Bloomberg

A correlação de 0.44 faz com que a variável câmbio brasileiro permaneça no modelo.

Da mesma forma que as análises para os títulos da dívida de outros países semelhantes ao Brasil, faz-se necessária a análise entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar Americano em moedas dos países emergentes. Tais moedas são a Lira Turca, o Florinte Húngaro, o Rouble

Russo, o Peso Mexicano, o Peso Peruano, o Peso Colombiano, o Peso Chileno e o Peso Argentino. Essa análise é como se segue:

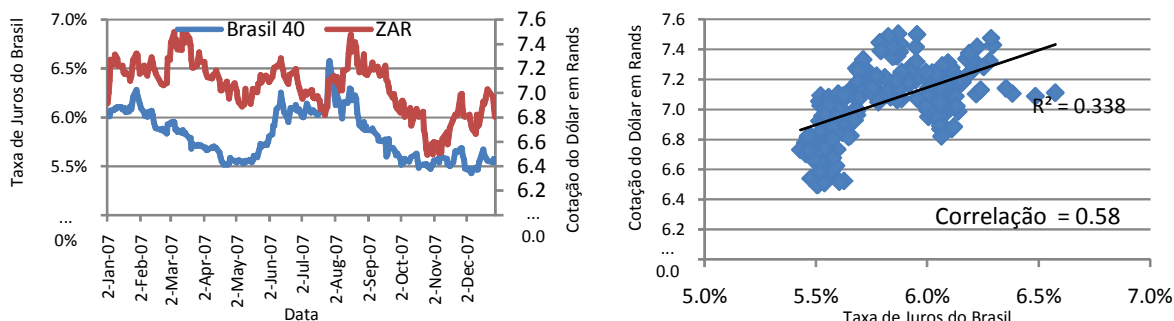


Figura 3.15 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Rands Sul-Africanos.

Fonte: Bloomberg

O índice R^2 entre a cotação do Dólar Americano em Rands Sul-Africanos com as taxas de juros do Brasil 40, como mostrado pela Figura 3.15 é de 0.338. Assim como no caso do BRL, a correlação moderada de 0.58 é suficiente para que a variável permaneça no modelo nessa primeira análise.

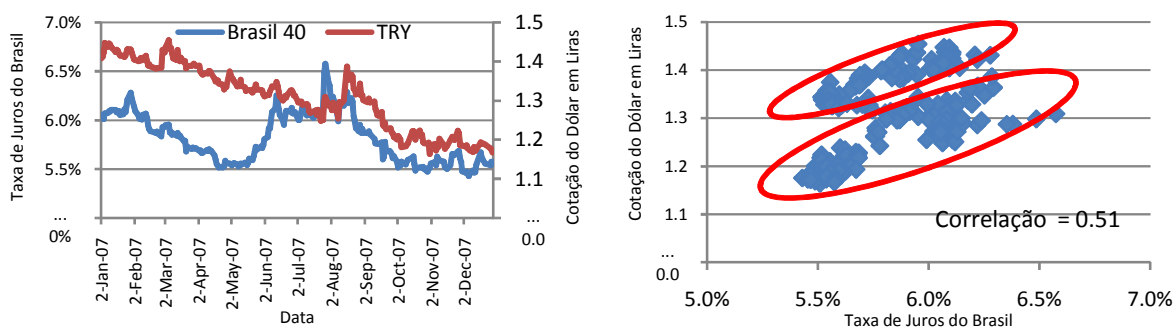


Figura 3.16 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Liras Turcas.

Fonte: Bloomberg

A Figura 3.16 mostra duas regiões distintas no gráfico de dispersão entre a taxa de juros brasileira e a cotação do Dólar em Liras Turcas. Nota-se também que há duas regiões distintas no gráfico e a correlação entre essas duas partes são diferentes. A Figura 3.17 mostra essa diferença.

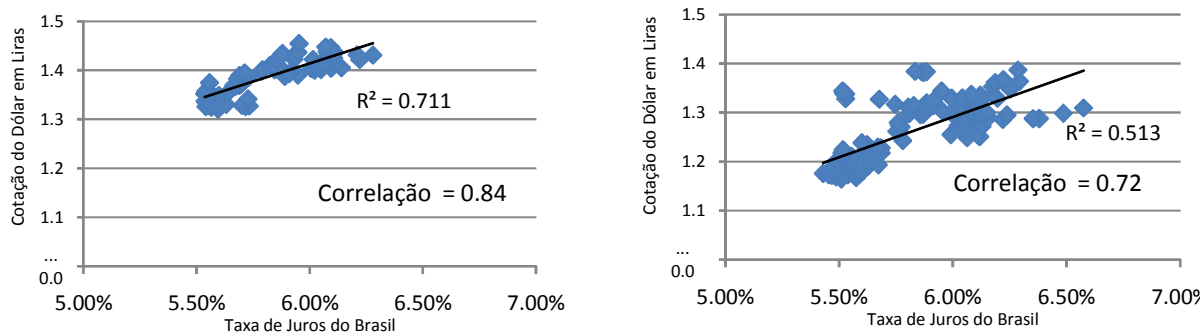


Figura 3.17 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Liras Turcas (modificado)

Fonte: Bloomberg, elaboração do autor

Em ambos os casos, tanto os índices R^2 , quanto as correlações melhoraram. Isso faz com que a variável permaneça no modelo.

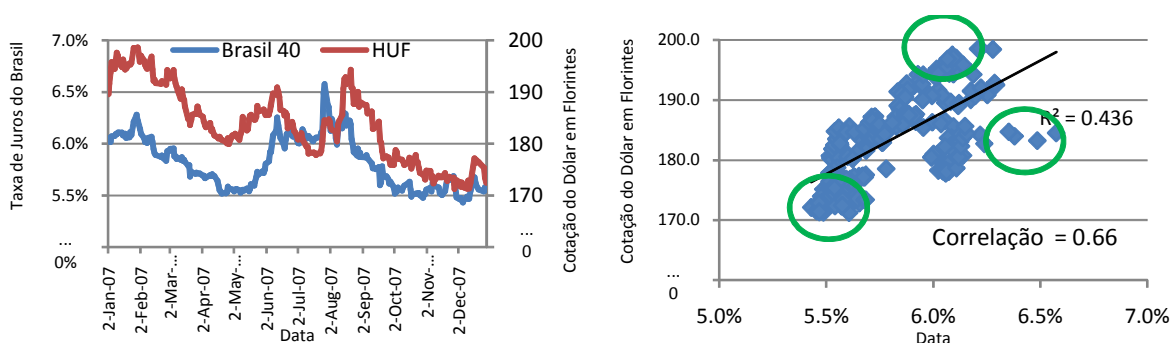


Figura 3.18 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Florintes Húngaros.

Fonte: Bloomberg

Nesse caso, apesar do gráfico apresentar algumas regiões aparentemente não relacionadas com o resto da amostra, o índice de R^2 e a correlação apresentaram bons valores – 0.44 e 0.66 respectivamente.

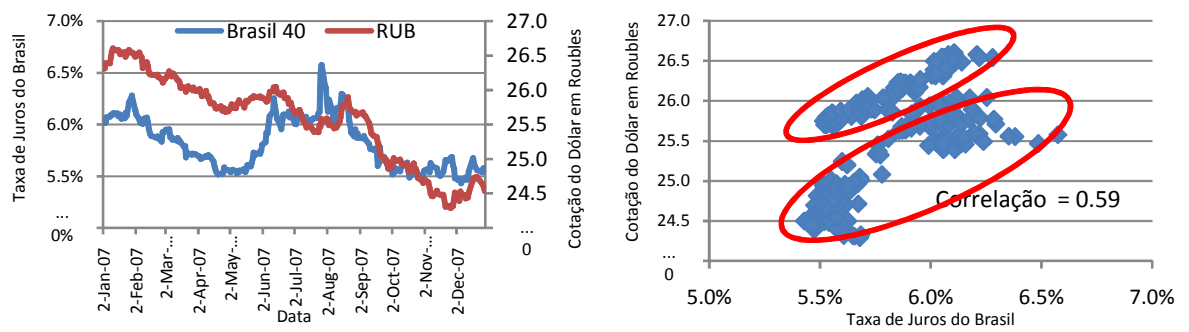


Figura 3.19 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em RUB.

Fonte: Bloomberg

As regiões destacadas no gráfico da Figura 3.16 mostram que Rouble Russo tem uma correlação diferente quando seu valor é muito alto, do que quando sua cotação é mais baixa. A Figura 3.18 mostra as duas regiões separadas:

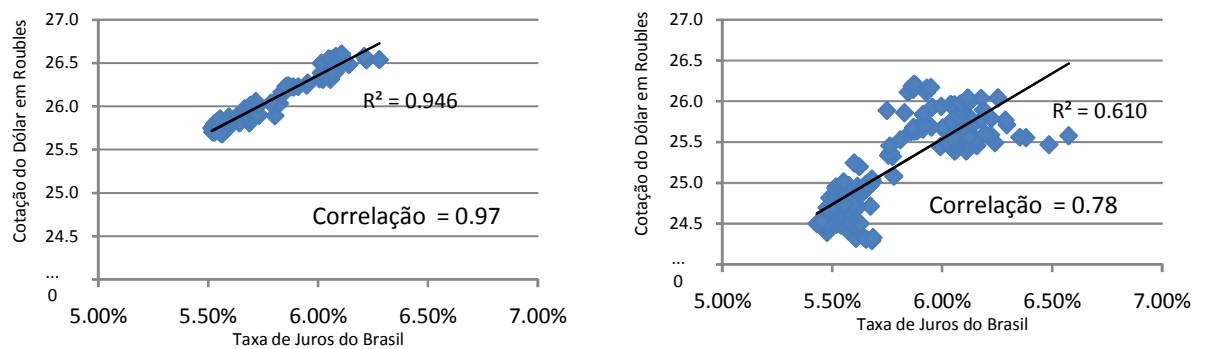


Figura 3.20 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em RUB (modificado)

Fonte: Bloomberg, elaboração do autor

A figura 3.20 mostra que tanto a correlação, quanto o índice R^2 são maiores quando a cotação do Rouble Russo está acima dos 26 pontos.

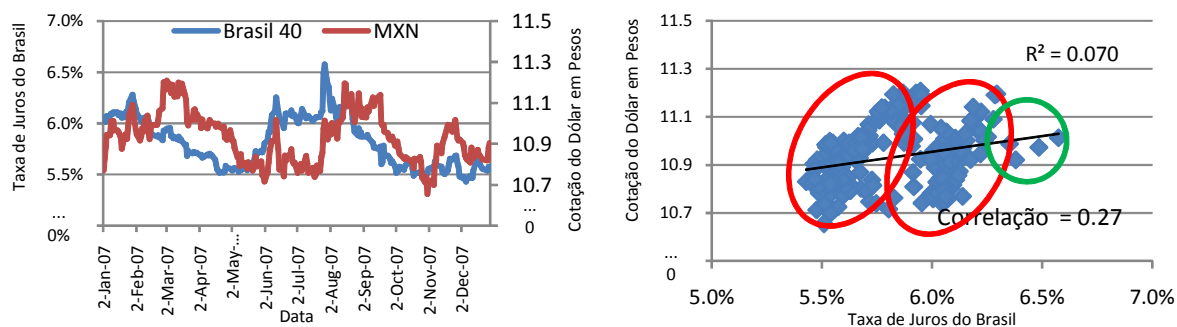


Figura 3.21 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Mexicanos.

Fonte: Bloomberg

O gráfico da Figura 3.21 mostra a dispersão entre os dados da taxa de juros brasileira e a cotação do Dólar em Pesos Mexicanos. Ele mostra que além de duas regiões distintas, há a presença de alguns *outliers* na série. Para tal, faz-se necessária a separação das regiões:

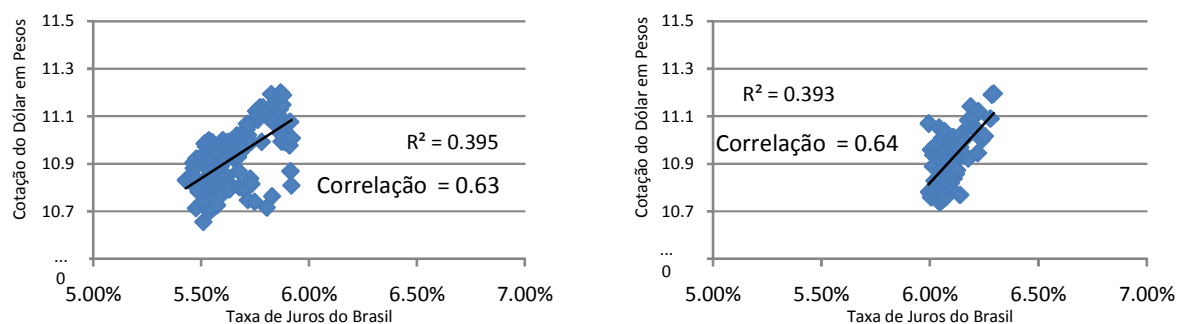


Figura 3.22 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Mexicanos (modificado)

Fonte: Bloomberg, elaboração do autor

A figura 3.22 mostra que a separação em duas séries melhorou a correlação de 0.27 para 0.63 e 0.64; e o índice R2 de 0.07 para 0.39.

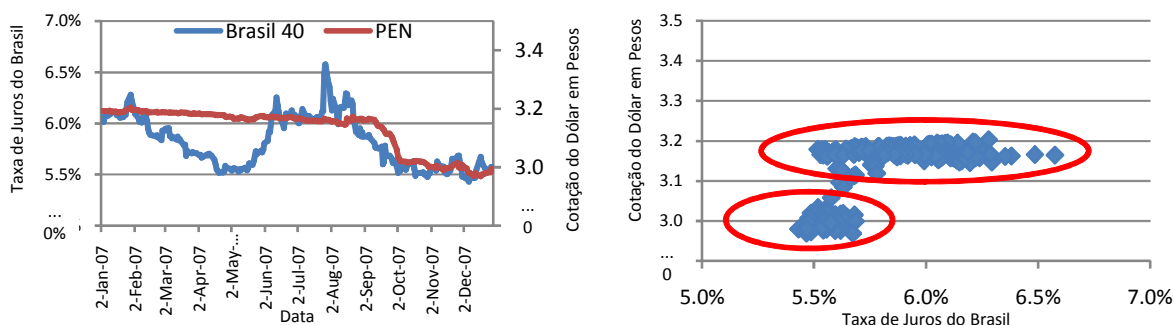


Figura 3.23 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Peruanos.

Fonte: Bloomberg

No caso dos Pesos Peruanos, mostrado na Figura 3.23, observa-se duas regiões distintas em que as correlações parecem ser diferentes. A figura 3.19 ilustra essa diferença:

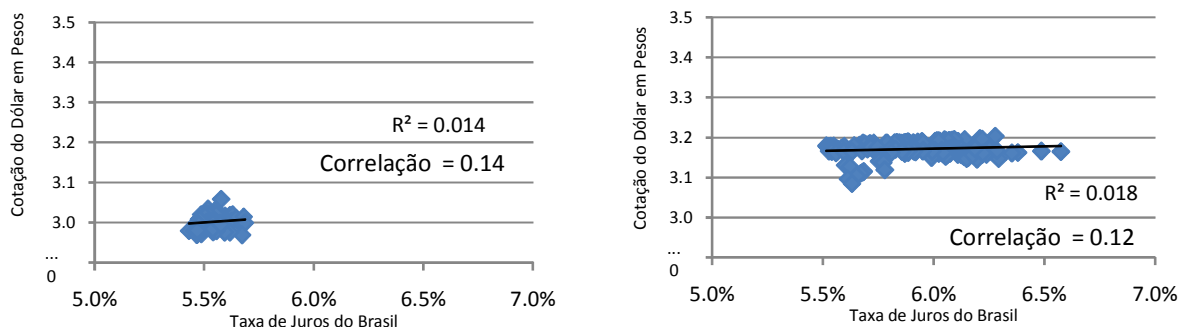


Figura 3.24 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Peruanos modificado

Fonte: Bloomberg

A separação dos dados mostra mais claramente que os dados não são correlacionados. Por isso, o Peso Peruano deve ser excluído do modelo.

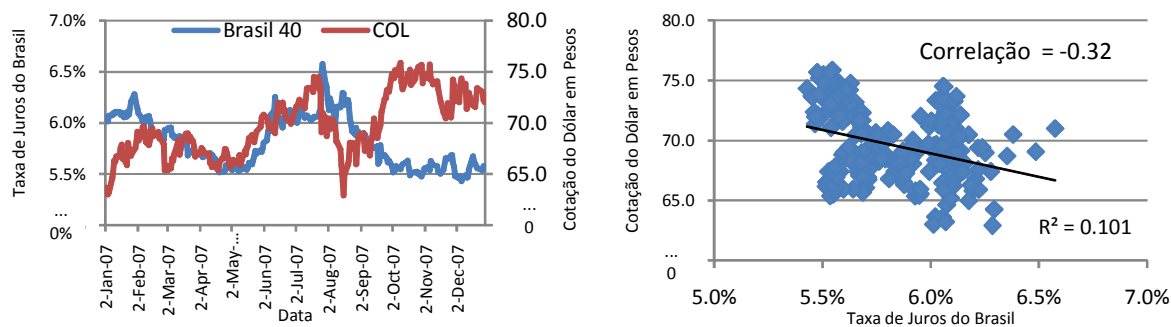


Figura 3.25 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Colombianos.

Fonte: Bloomberg

Os gráficos da relação dos títulos brasileiros com a cotação dos Pesos Colombianos mostram que, junto com o baixo índice R^2 , a baixa correlação (em valores absolutos) faz com que o fator seja eliminado da análise.

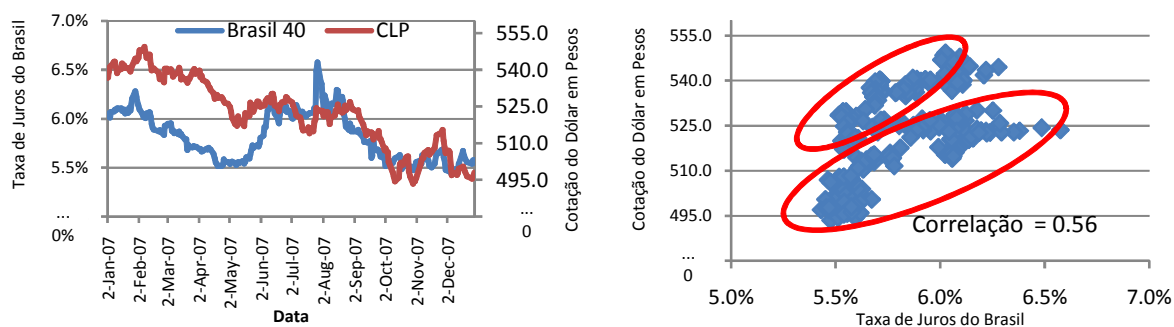


Figura 3.26 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Chilenos.

Fonte: Bloomberg

A Figura 3.26, que mostra a dispersão entre os juros brasileiros e a cotação do Dólar em Pesos Chilenos, também mostra duas regiões distintas, indicando que a correlação entre os dois ativos varia de acordo com o nível da cotação. Quando essa é maior, o coeficiente linear da correlação tende a ser menor do que no caso inverso. A Figura 3.22 ilustra esse caso:

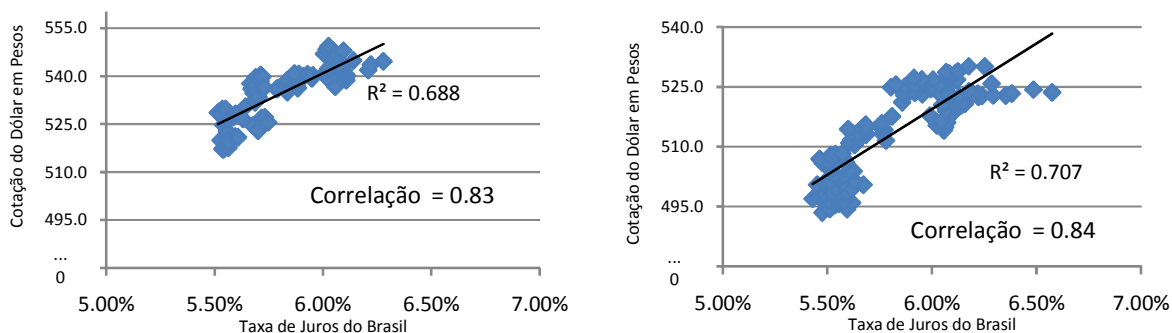


Figura 3.27 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Chilenos (modificado).

Fonte: Bloomberg

A correlação foi bastante melhorada com essa separação, passando de 0.56 para 0.83 e 0.84 em cada caso mostrado pelo Figura 3.27.

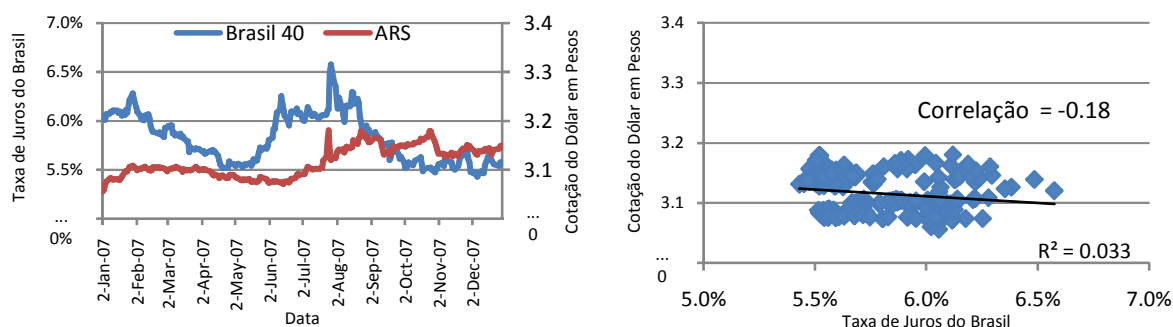


Figura 3.28 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e a cotação do Dólar em Pesos Argentinos.

Fonte: Bloomberg

A cotação do Dólar Americano em Pesos Argentinos também mostra que essa variável deve ser eliminada da análise, uma vez que apresenta baixo valor de correlação e do índice R^2 . Isso é mostrado no gráfico de dispersão à direita da Figura 3.28.

Assim, a Tabela 3.4 mostra um resumo dos dados apresentados:

Moeda	R^2	Correlação	Incluído no Modelo
Real Brasileiro	0.44	0.19	Sim
Rand Sul-Africano	0.34	0.58	Sim
Lira Turca	0.26 (0.71/0.51)*	0.51 (0.84/0.72)*	Sim
Florinte Húngaro	0.44	0.66	Sim
Rublo Russo	0.34 (0.95/0.61)*	0.59 (0.97/0.78)*	Sim
Peso Mexicano	0.07 (0.95/0.61)*	0.27 (0.97/0.98)*	Sim
Peso Peruano	0.36 (0.01/0.02)*	0.60 (0.14/0.12)*	Não
Peso Colombiano	0.10	-0.32	Não
Peso Chileno	0.31 (0.69/0.71)*	0.56 (0.83/0.84)	Sim
Peso Argentino	0.03	-0.18	Não

Tabela 3.3 – Resultados da Análise das Moedas

*Após a separação dos dados

A seguir, serão incluídas na análise os principais índices das Bolsas de Valores do Mundo. Mais uma vez, essa seleção teve ajuda dos operadores da mesa do ING.

Bolsas

De forma análoga, porém mais ampla, as Bolsas de valores têm a propriedade de darem informações a respeito da economia de um determinado país. Assim, relacionar a taxa de juros com os principais índices de Bolsa do mundo, dá a relação que existe entre o nível da taxa de juros e a atividade econômica. A Figura 3.29 mostra o comportamento da taxa de juros do Brasil 40 contra o índice IBOVESPA – Índice da Bolsa de São Paulo.

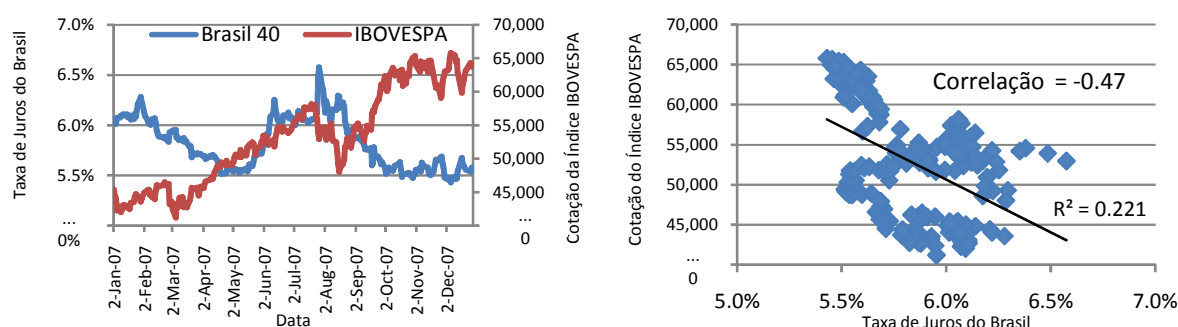


Figura 3.29 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice IBOVESPA.

Fonte: Bloomberg

A dispersão dos dados dos dois ativos mostra uma correlação moderada de -0.47 e um índice de determinação de 0.221.

Da mesma forma do que os anteriores, faz-se necessária a análise dos índices das demais Bolsas de Valores mais importantes do mundo. São eles: o índice da agência *Standard and Poors 500*, que reúne a cotação de 500 ações da bolsa de Nova Iorque; o Índice *Dow Jones*; o Índice *Nasdaq*; o Índice *DAX* e o Índice da Bolsa do México – MEXBOL – a maior dos países emergentes. A seguir, têm-se os gráficos das dispersões:

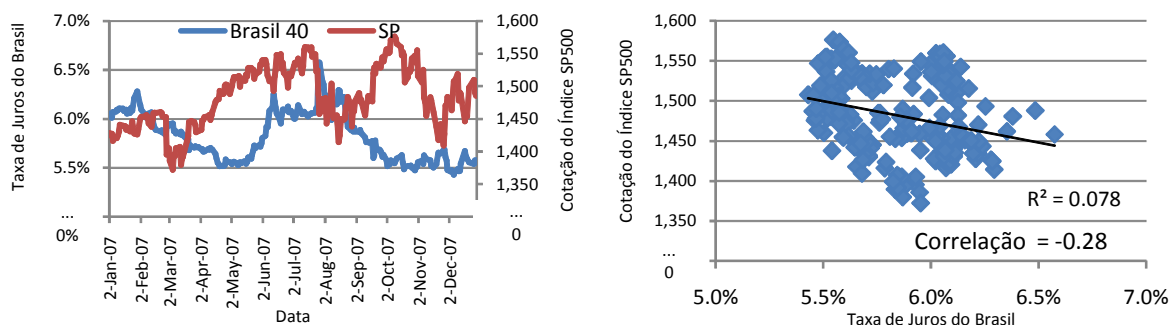


Figura 3.30 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice SP500

Fonte: Bloomberg

A Figura 3.30 mostra um baixo índice de correlação (-0.28) e um baixo índice R^2 de 0.08 entre as cotações da taxa de juros do Brasil e do Índice SP500. Isso faz com que essa variável seja excluída do modelo.

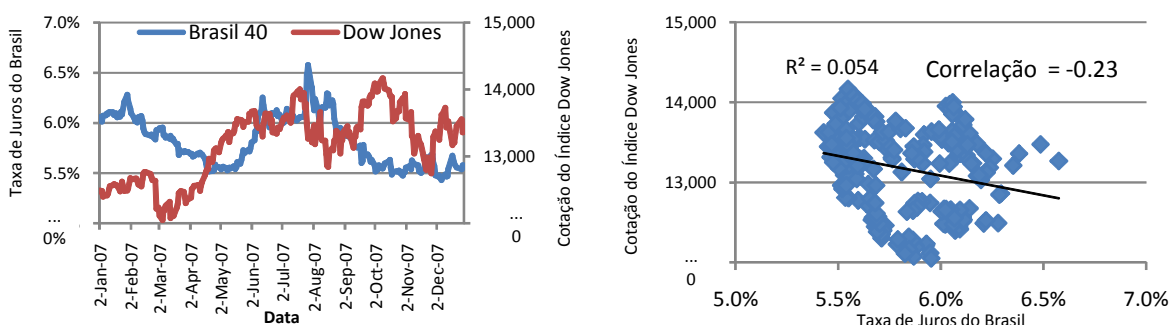


Figura 3.31 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Dow Jones

Fonte: Bloomberg

O índice *Dow Jones* também apresentou um resultado desfavorável para a análise, além do índice R^2 ser muito baixo (0.05), a correlação é de apenas -0.23. Isso leva essa variável a também ser excluída do modelo.

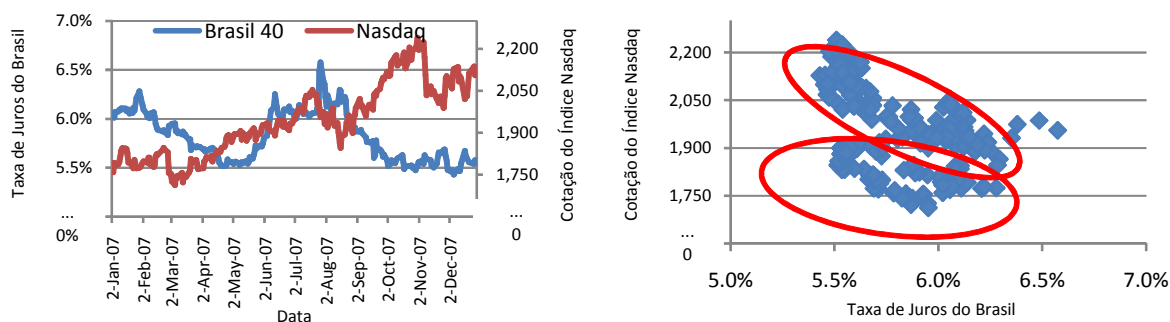


Figura 3.32 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Nasdaq

Fonte: Bloomberg

Aqui, o gráfico da dispersão entre as taxas de juros do Brasil e o Índice Nasdaq (Figura 3.32) também sugere que a amostra tenha duas partes distintas com correlações diferentes. A separação está ilustrada na Figura 3.33.

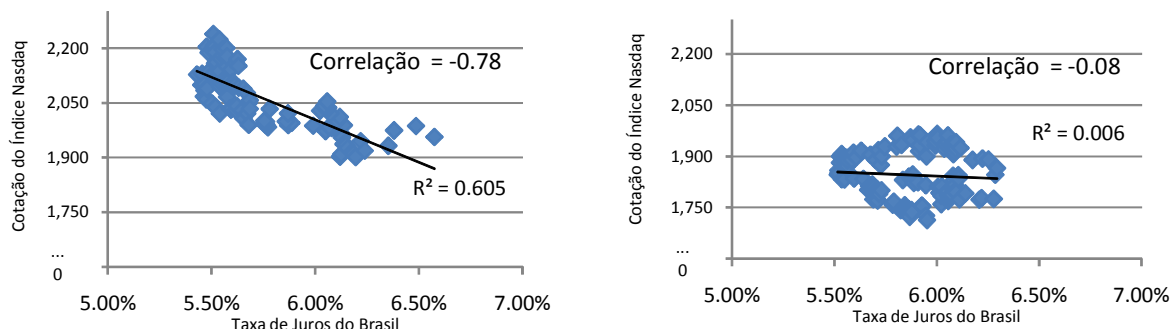


Figura 3.33 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Nasdaq (modificado)

Fonte: Bloomberg, elaboração do autor

A análise feita na Figura 3.33 mostra que uma parte da série tem correlação significativa. Ela corresponde ao período em que a cotação do Índice Nasdaq superou a marca dos 1940 pontos num período recente. A conclusão é que a correlação dessa variável tem aumentado nos últimos meses da coleta dos dados e, portanto, deve permanecer no modelo.

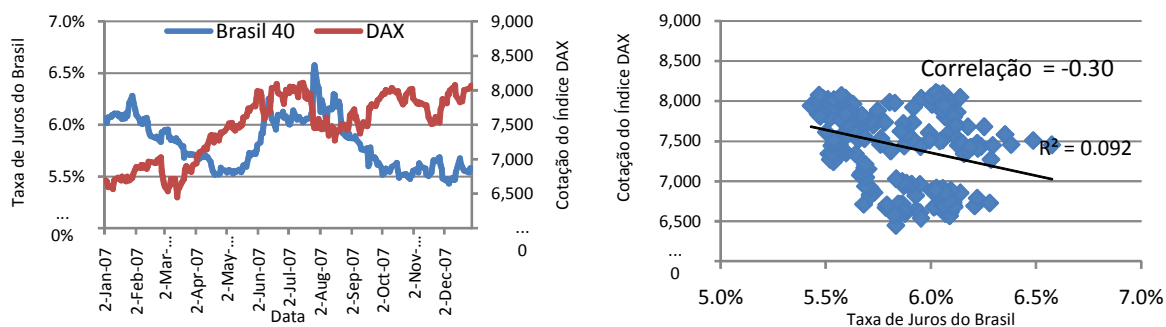


Figura 3.34 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Dax

Fonte: Bloomberg

O Índice Dax apresenta um índice R^2 baixo, e um fator de correlação moderado.

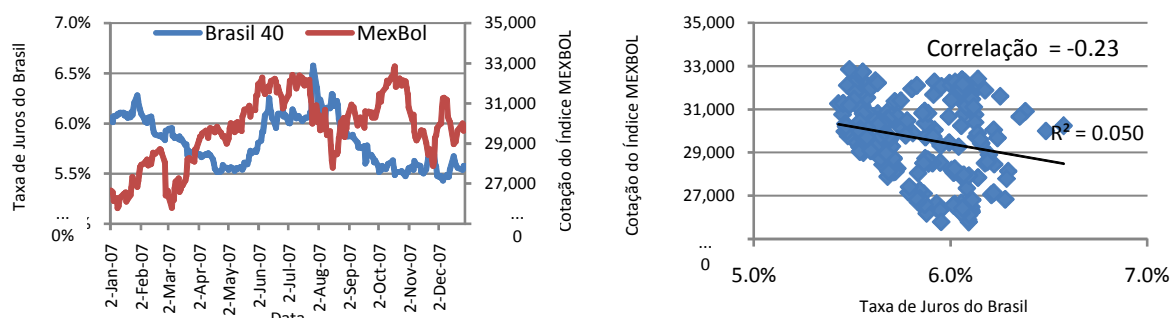


Figura 3.35 – Gráfico da Correlação entre o Brasil 40 e o Índice Mexbol

Fonte: Bloomberg

O gráfico de dispersão entre os dados do Índice da Bolsa do México mostra uma baixa correlação e um baixo índice R^2 , o que indica que essa variável deve ser eliminada do modelo.

Os resultados obtidos pela análise inicial com os Índices de Bolsas mundiais não foi plenamente satisfatório. Os índices R^2 e de correlações não são altos o suficiente para concluir que essas variáveis serão significativas para o modelo. A Tabela 3.5 mostra o resultado resumido:

Índice	R^2	Correlação	Incluído no Modelo
IBOVESPA	0.22	-0.47	Sim
SP 500	0.08	-0.28	Não
Dow Jones	0.05	-0.23	Não
NASDAQ	0.19 (0.60/0.01)*	-0.43 (-0.78/-0.08)*	Sim
DAX	0.09	-0.30	Sim
MEXBOL	0.05	-0.23	Não

Tabela 3.4 – Resultados da Análise dos Índices das Bolsas mundiais

*Após a separação dos dados

De posse dessas informações, o próximo passo é a definição do modelo a ser construído. O modelo partirá da seleção prévia das variáveis e os testes realizados serão capazes de refinar essa escolha.

3.3. Construção do modelo

O modelo a ser construído será o composto entre os modelos estudados na revisão bibliográfica. Em outras palavras, ele terá componentes de séries temporais, e de regressão linear. Especificamente, o modelo será como se segue:

$$\begin{aligned}w_t &= \mu + \sum_{i=1}^p \varphi_i w_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j} + a_t + e_t \\a_t &= \sum_{i=1}^m \beta_i x_t \\w_t &= \Delta^d y_t\end{aligned}\tag{3.1}$$

Em que:

φ_i são os coeficientes referentes ao componente do modelo auto-regressivo.

θ_j são os coeficientes da equação de médias móveis

p é o grau da auto-regressão

q é o grau das médias móveis

d é o grau de diferenciação necessário, de forma que se tenha um modelo ARIMA(p,d,q)

y_t será a série a ser estudada

Para a criação do modelo serão utilizadas três abordagens. Elas diferem quanto à ordem em que o método de minimização dos erros quadráticos será aplicado. No primeiro modelo, descrito na sessão 3.3.1, será utilizado um modelo ARIMA na série dos dados da taxa de juros do Brasil 40. Em seguida, será feita uma regressão dos resíduos obtidos nesse modelo, a fim de relacioná-los com as variáveis selecionadas.

A segunda abordagem faz a regressão da série do Brasil 40 com as variáveis selecionadas, e posteriormente é construído um modelo ARIMA com os resíduos desse modelo. E, por fim, é feito um modelo que une os dois e faz a minimização em conjunto.

3.3.1. Primeira Proposta

Na primeira abordagem, tenta-se construir um modelo ARIMA baseado na série histórica da taxa de juros do Brasil 40. Em seguida, é feita uma análise de regressão linear com os dados previamente selecionados. Para que isso seja feito, é preciso uma análise dos gráficos das correlações e correlações parciais. Utilizando o *software E-views*, foi possível construir as correlações para a série em questão.

Autocorrelação						
Lag	Autocorrelação	Parcial	AC	ACP	Q-Stat	Prob
1			0.970	0.970	224.1	0.00
2			0.938	-0.063	434.3	0.00
3			0.908	0.025	632.0	0.00
4			0.875	-0.062	816.5	0.00
5			0.849	0.104	991.1	0.00
6			0.827	0.034	1157.3	0.00
7			0.808	0.050	1316.6	0.00
8			0.788	-0.026	1469.1	0.00
9			0.774	0.091	1616.8	0.00
10			0.759	-0.040	1759.3	0.00
11			0.737	-0.083	1894.4	0.00
12			0.712	-0.079	2020.9	0.00
13			0.685	-0.020	2138.5	0.00
14			0.656	-0.042	2246.8	0.00
15			0.621	-0.123	2344.5	0.00
16			0.584	-0.092	2431.3	0.00
17			0.552	0.066	2509.2	0.00
18			0.515	-0.143	2577.4	0.00
19			0.481	0.008	2637.2	0.00
20			0.451	-0.024	2689.8	0.00

Tabela 3.5 – Auto Correlações do Brasil 40

Pela Tabela 3.5, as auto correlações não apresentam um decaimento exponencial rápido demonstrando uma não estacionariedade da série. Com isso, devem-se utilizar as diferenças da série até que se obtenha uma série estacionária. Aplicando as diferenças, os resultados estão na Tabela 3.6 (a) e (b):

Lag	Autocorrelação		AC	ACP	Q-Stat	Prob
	Autocorrelação	Parcial				
1			0.064	0.064	1.0	0.
2			-0.057	-0.061	1.7	0.
3			0.035	0.043	2.0	0.
4			-0.120	-0.130	5.5	0.
5			-0.071	-0.050	6.7	0.
6			-0.044	-0.055	7.2	0.
7			-0.047	-0.039	7.7	0.
8			-0.123	-0.139	11.4	0.
9			0.027	0.028	11.6	0.
10			0.127	0.097	15.6	0.
11			0.060	0.047	16.5	0.
12			0.020	-0.013	16.6	0.
13			0.052	0.041	17.3	0.
14			0.114	0.132	20.6	0.
15			0.032	0.046	20.8	0.
16			-0.099	-0.095	23.3	0.
17			0.094	0.144	25.6	0.
18			-0.068	-0.030	26.7	0.
19			-0.022	0.042	26.9	0.
20			0.018	-0.028	27.0	0.

Tabela 3.6 (a) – Auto Correlações da primeira diferença da série do Brasil 40

Lag	Autocorrelação		AC	ACP	Q-Stat	Prob
	Autocorrelação	Parcial				
1			-0.435	-0.435	44.7	0.
2			-0.112	-0.372	47.7	0.
3			0.130	-0.141	51.8	0.
4			-0.109	-0.199	54.6	0.
5			0.011	-0.164	54.6	0.
6			0.016	-0.155	54.7	0.
7			0.039	-0.052	55.0	0.
8			-0.121	-0.204	58.6	0.
9			0.027	-0.228	58.8	0.
10			0.090	-0.146	60.8	0.
11			-0.014	-0.072	60.8	0.
12			-0.039	-0.118	61.2	0.
13			-0.015	-0.188	61.3	0.
14			0.078	-0.085	62.8	0.
15			0.024	0.054	63.0	0.
16			-0.169	-0.175	70.2	0.
17			0.189	0.007	79.2	0.
18			-0.114	-0.064	82.5	0.
19			0.002	0.003	82.5	0.
20			0.033	-0.069	82.8	0.

Tabela 3.6 (b) – Auto Correlações da segunda diferença da série do Brasil 40

Pelas Tabelas 3.6 (a) e (b), a série que melhor apresenta a estacionariedade é a série da segunda diferença, uma vez que o gráfico de auto correlação mostra um decaimento rápido. Com isso, as análises agora devem definir os níveis de auto-regressão $p - AR(p)$ e de médias móveis $q - MA(q)$ para ser montado o modelo.

Ainda com a análise do gráfico das auto correlações e auto correlações parciais, tem-se que a função de auto regressão perde significância no quarto nível. Já o de médias móveis perde parte da significância no terceiro nível, porém apresenta ainda valores importantes até o oitavo nível. Isso sugere que dois modelos sejam testados, o ARIMA (4,2,2) e o ARIMA(4,2,8). As Tabelas 3.7 e 3.8 abaixo mostram os resultados apresentados pelo *E-Views*.

Os coeficientes da última coluna (probabilidade) são resultados do teste de F-Snedecor. Eles indicam a probabilidade de determinado coeficiente ser 0, ou seja, a probabilidade de que determinado coeficiente associado a uma variável do modelo não seja significativo para a regressão.

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
AR(1)	-0.0989	0.2821	-0.3505	0.7263
AR(2)	-0.0558	0.0695	-0.8021	0.4233
AR(3)	0.0296	0.0722	0.4099	0.6823
AR(4)	-0.1176	0.0658	-1.7871	0.0753
MA(1)	-0.8112	0.2895	-2.8026	0.0055
MA(2)	-0.1857	0.2779	-0.6682	0.5047
R quadrado		0.476		
Critério de Akaike		-2.846		
Critério de Schwarz		-2.756		
Fator F		2.028		

Tabela 3.7 – Análise do modelo ARIMA (4,2,2)

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
AR(1)	-0.4107	0.8889	-0.4620	0.6445
AR(2)	-0.2470	0.6359	-0.3885	0.6981
AR(3)	-0.1021	0.4724	-0.2162	0.8290
AR(4)	-0.1262	0.5415	-0.2331	0.8159
MA(1)	-0.3759	0.8854	-0.4246	0.6716
MA(2)	-0.2012	0.8969	-0.2243	0.8227
MA(3)	-0.0652	0.6842	-0.0953	0.9242
MA(4)	-0.1180	0.6414	-0.1840	0.8542
MA(5)	-0.0625	0.5433	-0.1151	0.9085
MA(6)	-0.0338	0.1537	-0.2200	0.8261
MA(7)	-0.0141	0.1298	-0.1085	0.9137
MA(8)	-0.1213	0.1342	-0.9038	0.3671
R quadrado		0.455		
Critério de Akaike		-2.755		
Critério de Schwarz		-2.575		
Fator F		2.166		

Tabela 3.8 – Análise do modelo ARIMA(4,2,8)

A análise dos coeficientes de probabilidade dos modelos, leva a descartar o modelo ARIMA(4,2,8), pois apresenta coeficientes muito altos, indicando alta probabilidade dos parâmetros não entrarem no modelo. O modelo ARIMA(4,2,2) mostra um resultado quanto ao teste F-Snedecor (representado pelo índice de probabilidade) um pouco melhor do que o ARIMA(4,2,8). Além disso, apresenta melhor valor do R^2 e do teste de Akaike.

A segunda parte do modelo é fazer a regressão dos resíduos do modelo escolhido. Porém,

antes dessa etapa, faz sentido um refino do modelo ARIMA(4,2,2). Pelo que vemos pelos coeficientes de probabilidade, apenas o AR(4) e o MA(1) apresentam resultados satisfatórios, o que resume o modelo ao ARIMA(4,2,1).

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
AR(4)	-0.1181	0.0662	-1.7837	0.0758
MA(1)	-0.9974	0.0092	-107.9746	0.0000
R quadrado		0.472		
Critério Akaike		-2.874		
Critério de Schwarz		-2.844		

Tabela 3.9 – Análise do modelo ARIMA(4,2,1)

De posse dos resíduos, é possível se construir a regressão com relação às variáveis selecionadas:

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
México 34	0.0460	0.0717	0.6413	0.5220
Chile 13	0.0028	0.0764	0.0367	0.9708
Colômbia 37	0.0700	0.0763	0.9167	0.3604
Equador 08	-0.0100	0.0114	-0.8818	0.3789
África do Sul 37	-0.0726	0.0661	-1.0989	0.2731
T 2 anos	0.0036	0.1551	0.0229	0.9818
T 5 anos	0.0178	0.2736	0.0652	0.9480
T 10 anos	-0.0563	0.2028	-0.2775	0.7817
BRL	-0.0276	0.2132	-0.1296	0.8970
ZAR	0.0573	0.0608	0.9430	0.3468
TRY	0.1828	0.3949	0.4629	0.6439
HUF	-0.0020	0.0023	-0.8889	0.3751
RUB	0.0416	0.0466	0.8913	0.3738
MXN	-0.1809	0.0787	-2.2998	0.0224
CLP	0.0005	0.0011	0.4678	0.6404
IBOVESPA	0.0000	0.0000	0.6590	0.5106
NASDAQ	0.0001	0.0001	0.7457	0.4567
DAX	0.0000	0.0000	-0.1183	0.9059
R quadrado		0.085		
Critério de Akaike		-2.823		
Critério de Schwarz		-2.554		

Tabela 3.10 – Resultado da Regressão dos resíduos do modelo ARIMA(4,2,1)

Aqui, a análise dos parâmetros F e do coeficiente R^2 indica que o modelo criado mostra um resultado fraco. Além disso, os resultados apresentados pelos índices de probabilidade – resultados do teste de Snedecor – são muito altos, indicando alta probabilidade dos coeficientes serem 0, invalidando o modelo.

Isso remeteu a este trabalho buscar novas abordagens a fim de alcançar melhores resultados. Uma delas é fazer a regressão antes da análise dos resíduos, e assim, conseguir uma melhor minimização dos erros.

3.3.2. Segunda Proposta

A regressão linear será a primeira a ser utilizada no método de minimização dos erros quadráticos. Para essa tarefa, foi utilizado o *software e-views*

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
México 34	0.8016	0.0662	12.1014	0.0000
Chile 13	0.3908	0.0718	5.4410	0.0000
Colômbia 37	-0.1049	0.0725	-1.4461	0.1496
Equador 08	0.0720	0.0109	6.5908	0.0000
África do Sul 37	0.1423	0.0615	2.3128	0.0217
T 2 anos	0.6856	0.1458	4.7026	0.0000
T 5 anos	-1.1667	0.2574	-4.5319	0.0000
T 10 anos	0.2679	0.1925	1.3914	0.1655
BRL	-0.9346	0.2049	-4.5604	0.0000
ZAR	0.0363	0.0560	0.6481	0.5176
TRY	1.2088	0.3722	3.2475	0.0013
HUF	0.0137	0.0022	6.2785	0.0000
RUB	-0.1692	0.0425	-3.9826	0.0001
MXN	-0.1294	0.0726	-1.7813	0.0763
CLP	0.0038	0.0010	3.6991	0.0003
IBOVESPA	0.0000	0.0000	1.1009	0.2722
NASDAQ	-0.0001	0.0001	-0.9573	0.3395
DAX	0.0000	0.0000	0.1383	0.8901
R quadrado		0.956		
Critério de Akaike		-2.898		
Critério de Schwarz		-2.633		

Tabela 3.11 – Resultado da Regressão Linear

Nesse novo modelo, o valor inicial do valor de R^2 é um indicativo forte de que essa abordagem propicie melhores resultados. Além disso, os índices de probabilidade de cada um dos indicadores indica que a probabilidade de cada um ser 0 individualmente é baixa, mostrando um outro indicativo de força do modelo.

A segunda parte dessa abordagem é fazer a análise das auto-correlações dos resíduos a fim de se construir um modelo ARIMA(p,q,d) a partir dessa série e então minimizar os erros quadráticos mais uma vez. A Figura 3.36 mostra o comportamento desse resíduo ao longo do tempo e a tabela 3.12 mostra as auto correlações e auto correlações parciais para os resíduos provenientes do modelo de regressão múltipla linear dessa segunda abordagem:

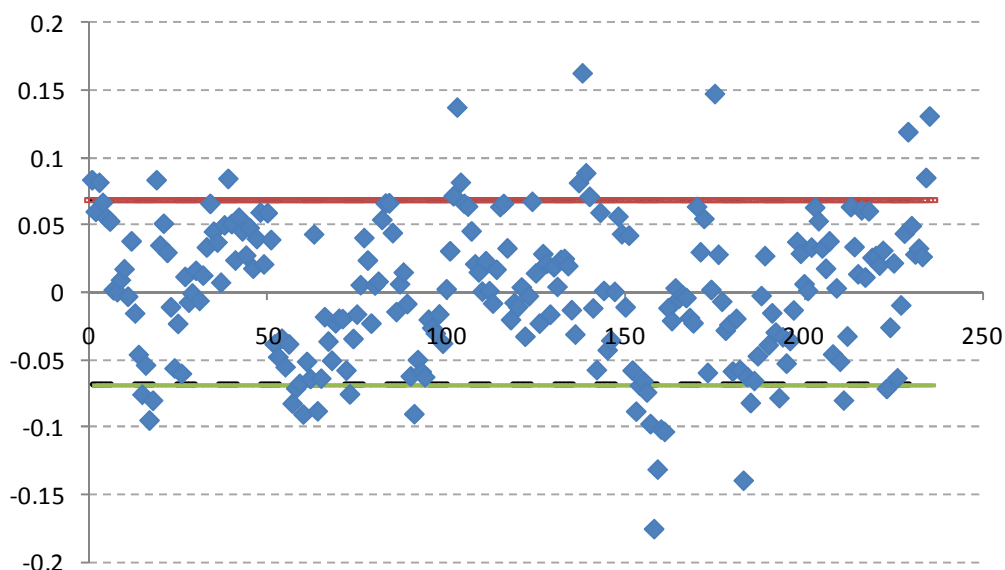


Figura 3.36 – Gráfico dos Resíduos do Modelo de Regressão

O gráfico dos resíduos mostra uma concentração maior dos dados na faixa entre os dois desvios padrões. A menos de alguns dados, boa parte deles se encontra nessa faixa, o que dá indicações da eficiência do modelo. A relevância desse gráfico é que é possível se visualizar se existem dados discrepantes prejudicando a amostra. Apesar de alguns pontos estarem fora da zona dos quatro desvios padrões, a quantidade é suficientemente pequena para garantir um bom resultado do modelo.

Autocorrelação						
Lag	Autocorrelação	Parcial	AC	ACP	Q-Stat	Prob
1			0.636	0.636	96.3	0.00
2			0.427	0.037	139.9	0.00
3			0.344	0.099	168.3	0.00
4			0.233	-0.051	181.3	0.00
5			0.185	0.047	189.6	0.00
6			0.125	-0.039	193.4	0.00
7			0.055	-0.043	194.2	0.00
8			0.008	-0.035	194.2	0.00
9			-0.015	-0.004	194.2	0.00
10			-0.043	-0.031	194.7	0.00
11			-0.047	0.007	195.2	0.00
12			-0.089	-0.076	197.2	0.00
13			-0.040	0.103	197.6	0.00
14			-0.077	-0.114	199.1	0.00
15			-0.072	0.046	200.4	0.00

Tabela 3.12 – Auto Correlações e Auto Correlações parciais dos resíduos do modelo de regressão.

O gráfico das auto correlações dos resíduos do modelo de regressão mostra que a série é estacionária, uma vez que os valores tem um decaimento exponencial e rapidamente se aproximam de 0.

Analisando ainda os números das auto correlações, pode-se ver que estes têm significância até o quarto valor, indicando que o melhor nível para construir-se o modelo ARIMA(p,d,q) será $p = 4$. Além disso, a análise dos números das auto correlações parciais indica que já no segundo nível já não há mais significância. Como a série escolhida será a própria série dos resíduos, o modelo ARIMA a ser utilizado será o ARIMA(4,1,1). Com a utilização novamente do *software E-Views*, a tabela 3.13 mostra o resultado do modelo sobre os resíduos da regressão:

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
C	-0.0006	0.0085	-0.0711	0.9434
AR(1)	-0.2948	0.0781	-3.7724	0.0002
AR(2)	0.5423	0.0737	7.3608	0.0000
AR(3)	0.1120	0.0707	1.5843	0.1145
AR(4)	0.0364	0.0699	0.5207	0.6031
MA(1)	0.9459	0.0380	24.9189	0.0000
R quadrado	0.431			
Fator F	34.123			

Tabela 3.13 – ARIMA(4,1,1) dos resíduos do modelo de regressão

Eliminando o coeficiente linear, e os fatores $AR(3)$ e $AR(4)$ por apresentarem índices de probabilidade muito altos, pode se unir os dois modelos e fazer sua análise de variância. Utilizando a equação 2.26, chega-se ao seguinte valor:

$$R^2 = 0.972$$

Tabela 3.14 – Resultado do Segundo Modelo

A análise dos coeficientes de probabilidade mostra que esse modelo proporciona melhores resultados para o objetivo do trabalho. Além disso, o índice R^2 mostra uma melhor explicação da taxa de juros dos títulos do Brasil pela regressão seguida do modelo ARIMA.

Para complementar a análise, faz-se necessária a análise dos resíduos desse segundo modelo. A Figura 3.37 mostra o histograma dos resíduos:

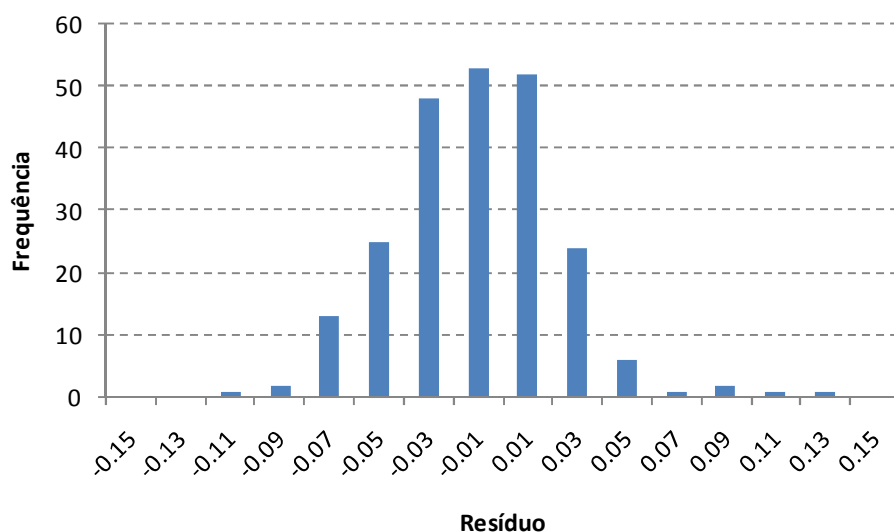


Figura 3.37 – Gráfico dos Resíduos do Modelo da Segunda Abordagem

O gráfico do histograma do modelo indica uma aproximação a uma curva normal, o que indica um bom resultado do modelo.

Porém, antes da seleção final, faz-se necessária ainda a construção de um terceiro modelo a fim de que possa se estabelecer uma conclusão final. Esse terceiro modelo será construído

utilizando a junção dos dois modelos – de regressão linear e ARIMA – ao mesmo tempo. Ou seja, o método de minimização dos erros quadráticos será executado em ambos ao mesmo tempo e os coeficientes de cada variável serão calculados em conjunto.

3.3.3. Terceira Proposta

Para essa abordagem serão utilizadas todas as variáveis pré-selecionadas na sessão 3.2. A Tabela 3.9 mostra o primeiro resultado obtido:

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
México 34	0.4551	0.0600	7.5818	0.0000
Chile 13	0.0940	0.0571	1.6477	0.1009
Colômbia 37	0.2694	0.0486	5.5377	0.0000
Equador 08	-0.0048	0.0121	-0.3927	0.6949
África do Sul 37	0.1080	0.0323	3.3480	0.0010
T 2 anos	0.1947	0.1156	1.6849	0.0935
T 5 anos	-0.5663	0.1992	-2.8425	0.0049
T 10 anos	0.5268	0.1438	3.6644	0.0003
BRL	0.1595	0.1222	1.3052	0.1933
ZAR	-0.0132	0.0484	-0.2723	0.7856
TRY	1.0844	0.2854	3.7994	0.0002
HUF	0.0064	0.0026	2.4832	0.0138
RUB	-0.1388	0.0330	-4.2063	0.0000
MXN	0.0482	0.0603	0.7993	0.4251
CLP	-0.0010	0.0011	-0.9525	0.3420
IBOVESPA	0.0000	0.0000	-2.6449	0.0088
NASDAQ	0.0001	0.0001	0.6248	0.5328
DAX	0.0001	0.0000	2.0502	0.0416
AR(1)	0.5385	0.0290	18.5396	0.0000
AR(2)	0.8767	0.0321	27.2754	0.0000
AR(3)	0.5020	0.0322	15.5677	0.0000
AR(4)	-0.9272	0.0278	-33.3434	0.0000
MA(1)	0.4619	0.0753	6.1304	0.0000
MA(2)	-0.5345	0.0408	-13.1019	0.0000
MA(3)	-0.9472	0.0406	-23.3226	0.0000
MA(4)	0.0535	0.0788	0.6787	0.4981
R quadrado		0.989		
Critério de Akaike		-4.202		
Critério de Schwarz		-3.814		

Tabela 3.15 – Resultado do Modelo de Regressão junto com ARIMA

Como pode se notar, esse terceiro modelo apresenta um valor de R^2 superior aqueles mostrados nos modelos anteriores. O que dá boa indicação de que esse seja o melhor modelo. Para uma melhor conclusão, faz-se necessário, assim como no primeiro modelo o refino do modelo eliminando as variáveis que não tem índices de probabilidade baixos. Os primeiros a serem eliminados são os parâmetros auto-regressivos e de médias móveis. A cada eliminação, o modelo é calculado novamente, e novos números são obtidos. Esse procedimento é conhecido como *Backward Procedure*:

3.4. *Backward Procedure*

Após a seleção do modelo final de análise, é necessário um refino das variáveis utilizadas. O *backward procedure* é uma ferramenta que possibilita a exclusão de variáveis que não são significativas para o modelo.

Utilizando os números de probabilidade expressos na última coluna do modelo que representam o resultado do teste de F-Snedecor, será eliminado do modelo aquela variável cujo valor seja o maior. No caso, será retirado o ZAR, pois apresenta o índice de probabilidade maior (0.7856). O modelo é então aplicado novamente e novos resultados são obtidos. Esse procedimento visa excluir a maior quantidade possível de elementos que possuem alta probabilidade de serem 0, sem diminuir a qualidade do modelo. A Tabela 3.10 mostra a lista dos ativos retirados do modelo na ordem e a Tabela 3.11 mostra o resultado final do modelo.

Ativos Retirados do Modelo:

ZAR
 MXN
 Equador
 AR(1)
 CLP
 AR(2)
 AR(3)
 AR(4)
 BRL
 NASDAQ
 T 2 Anos
 ZAR
 MXN
 Equador

Tabela 3.16 – Ativos Retirados do Modelo

Variável	Coeficiente	Desvio Padrão	fator t	Prob.
México	0.5632	0.0639	8.8081	0.0000
Chile	0.0993	0.0591	1.6796	0.0944
Colômbia	0.2441	0.0518	4.7094	0.0000
África do Sul	0.1662	0.0353	4.7139	0.0000
T 5 Anos	-0.1884	0.1031	-1.8266	0.0691
T 10 Anos	0.3513	0.1420	2.4745	0.0141
TRY	1.1124	0.2642	4.2110	0.0000
HUF	0.0067	0.0024	2.8145	0.0053
RUB	-0.1687	0.0243	-6.9351	0.0000
IBOVESPA	0.0000	0.0000	-3.1969	0.0016
DAX	0.0001	0.0000	2.8194	0.0052
MA(1)	1.0996	0.0624	17.6119	0.0000
MA(2)	0.9802	0.0860	11.3957	0.0000
MA(3)	0.7721	0.0810	9.5292	0.0000
MA(4)	0.3939	0.0625	6.3007	0.0000
R quadrado		0.983		
Critério de Akaike		-3.856		
Critério de Schwarz		-3.635		

Tabela 3.17 – Resultado do Modelo Final

Os resíduos desse modelo fornecerá mais informações:

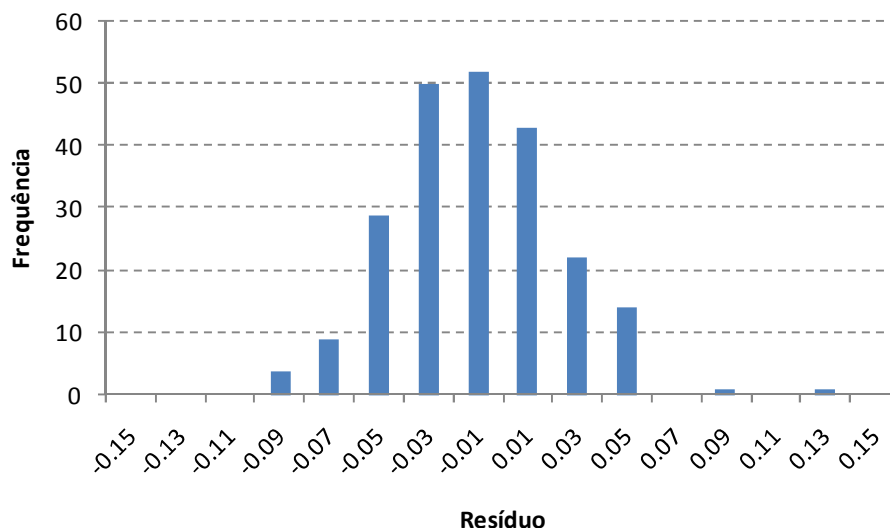


Figura 3.38 – Gráfico dos Resíduos do Modelo da Terceira Abordagem

O gráfico dos resíduos segue um formato gaussiano, indicando uma boa aproximação do modelo. O decaimento mais suave do centro para as pontas permite que se conclua que o gráfico tem um formato bastante próximo de uma normal e ratifica a escolha desse modelo em

detrimento aos outros.

3.5. Análise dos resíduos

A análise dos resíduos se mostra de importante interesse para esse trabalho pois tem a capacidade de rejeição do modelo nessa etapa de desenvolvimento. Caso os resíduos não apresente um resultado positivo, o modelo é rapidamente descartado e futuros ajustes são repensados.

Nessa etapa do trabalho, deseja-se que os resíduos apresentem um comportamento próximo do ideal, ou seja, que possuam média zero, um determinado desvio padrão e sua distribuição se aproxime de uma normal. Isso configuraria a distribuição da série como previsto pelo modelo ARIMA, ou seja, fruto de choques aleatórios da forma $y(t) = x(t) + \varepsilon_t$ em que $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon)$.

Dessa forma, a análise dos resíduos se dará com a utilização de gráficos que representem esse tipo de comportamento esperado. Para tal, foram utilizados três gráficos principais: o gráfico de dispersão dos resíduos, o gráfico da distribuição dos resíduos e o de probabilidade normal. No primeiro gráfico, tenta-se visualizar possíveis discrepâncias quanto a magnitude dos resíduos. Utilizando as faixas de um desvio padrão, pretende-se chegar se os resíduos estão em uma faixa aceitável. Serão utilizados dois tipos de gráficos de dispersão: um deles será com relação ao tempo de observação e o outro será com relação ao valor observado pelo modelo. O segundo e o terceiro gráfico dão indicações sobre a normalidade da distribuição dos resíduos. O histograma da distribuição dá a idéia do formato da curva, enquanto a plotagem no papel de probabilidade normal, indica o quanto a distribuição se aproxima ou se afasta de uma normal.

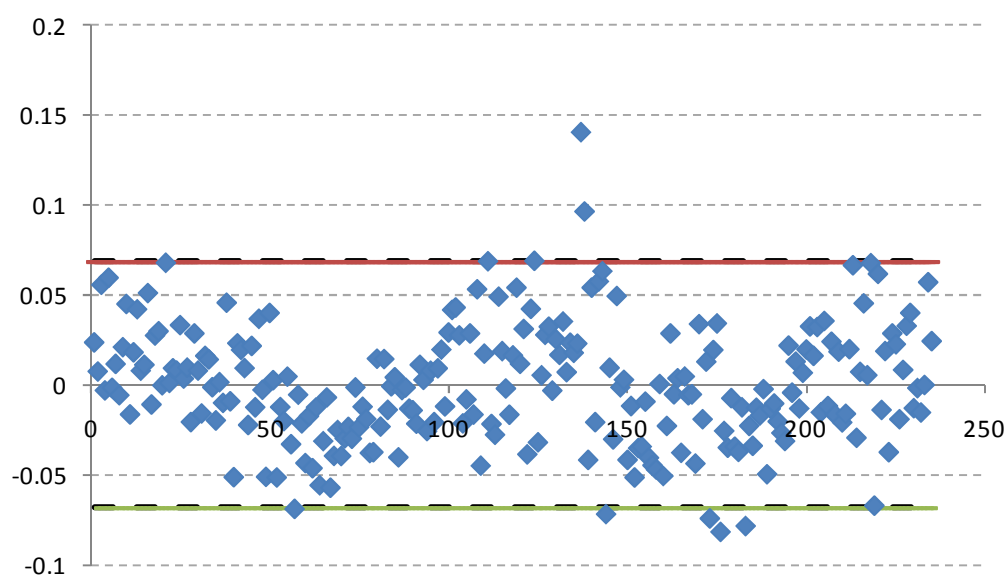


Figura 3.39 – Gráfico de dispersão dos resíduos com relação às observações do modelo final com dois desvios padrões para mais e para menos.

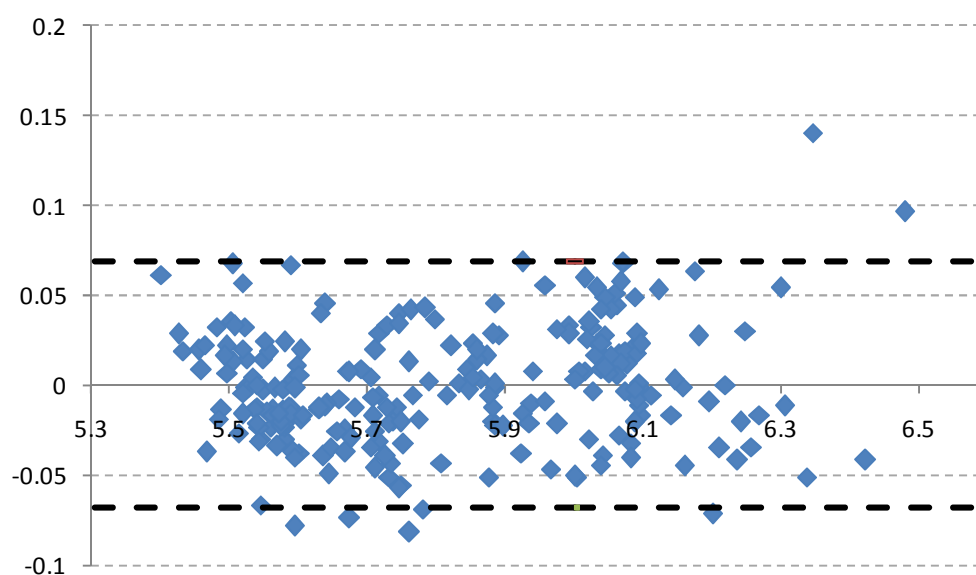


Figura 3.40 – Gráfico de dispersão dos resíduos com relação aos valores do modelo final e dois desvios padrões para mais e para menos.

Os Gráficos de dispersão (Figuras 3.39 e 3.40) mostram que os dados estão bastante concentrados na faixa entre os quatro desvios padrões (dois para menos e dois para mais em relação a média). Uma outra forma de apresentar esses resultados está na Figura 3.41. Ela mostra os resíduos de forma normalizada, ou seja, dividido pelo desvio padrão.

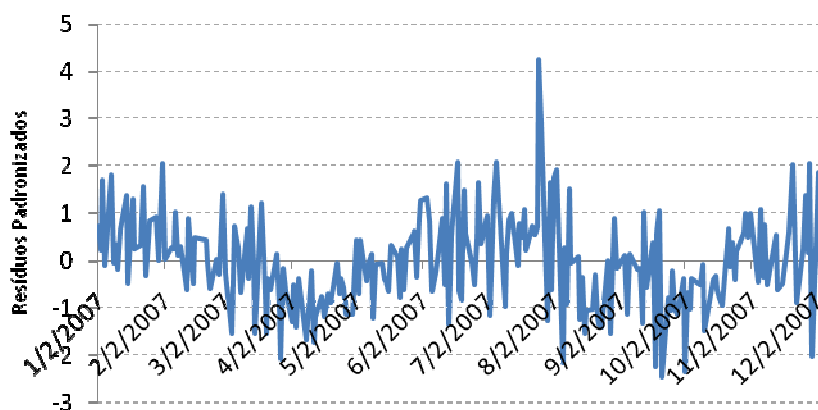


Figura 3.41 – Gráfico de dispersão dos resíduos normalizados

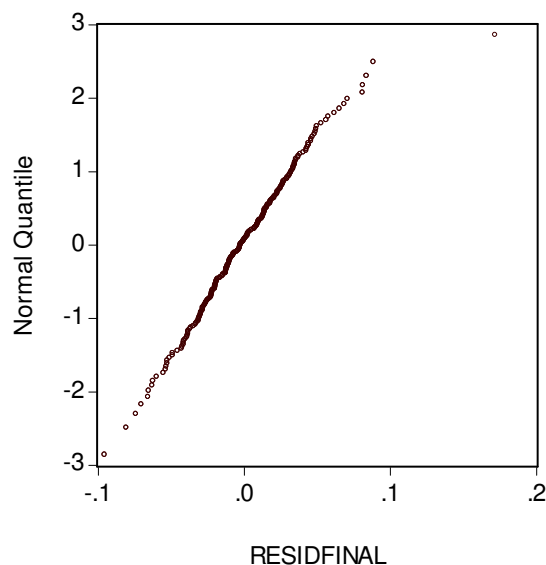


Figura 3.42 – Papel da Probabilidade Normal

Os cinco gráficos juntos mostram a eficiência do modelo quanto aos resíduos gerados. Enquanto os gráficos de dispersão mostram que não há grandes discrepâncias entre os dados e eles se mantêm na faixa entre dois desvios padrões, os gráficos do histograma e o do papel da probabilidade normal, dá confiança à conclusão de que os resíduos seguem uma distribuição normal com média (esperança) 0. Além disso, o gráfico dos resíduos normalizados mostra que não há valores discrepantes no modelo, bem como os valores dos resíduos oscilam em torno de 0.

O capítulo 4 mostrará a aplicabilidade do modelo aqui desenvolvido. A principal utilização do mesmo será a previsibilidade dos valores de fechamento diários da cotação dos juros do título Brasil 40 (referência para a dívida externa brasileira).

PARTE IV

PREVISÃO E CONCLUSÕES

4. PREVISÃO

Nesse capítulo serão abordadas as principais conclusões com respeito a capacidade de previsibilidade do modelo. Utilizando o modelo construído na seção 3, tentou-se prever os dados para 10 dias após a coleta da amostra.

4.1. Resultado

O processo de construção do modelo resultou na expressão 4.1 que se segue:

$$\begin{aligned} B40 = & 0,5632A + 0,0993B + 0,2441C + 0,1662D - 0,1884E + 0,3513F \\ & + 1,1124G + 0,0067H - 0,1687I + 0,00001J + 0,00001K + 0,9996L \\ & + 0,9802M + 0,7721N + 0,3939O \end{aligned} \quad (4.1)$$

Em que:

- A = Título da Dívida Externa do México
- B = Título da Dívida Externa do Chile
- C = Título da Dívida Externa da Colômbia
- D = Título da Dívida Externa da África do Sul
- E = Título da Dívida Externa dos EUA – Vencimento 5 anos
- F = Título da Dívida Externa dos EUA – Vencimento 10 anos
- G = Lira Turca
- H = Florinte Húngaro
- I = Rouble Russo
- J = Índice IBOVESPA
- K = Índice DAX

São as variáveis da regressão e

- L = Médias Móveis de nível 1 - MA(1)
- M = Médias Móveis de nível 2 - MA(2)
- N = Médias Móveis de nível 3 - MA(3)
- O = Médias Móveis de nível 4 - MA(4)

São as variáveis da parte de médias móveis do modelo ARIMA.

Com esse modelo, e utilizando os dados das séries envolvidas, foi construída a série

posterior ao período estudado. Essa série foi comparada com os valores reais obtidos entre 2 e 15 de janeiro de 2008.

Data	Dados Reais	Modelo
02-Jan-08	5.606%	5.534%
03-Jan-08	5.407%	5.498%
04-Jan-08	5.461%	5.396%
05-Jan-08	5.369%	5.409%
06-Jan-08	5.502%	5.531%
09-Jan-08	5.453%	5.499%
10-Jan-08	5.403%	5.365%
11-Jan-08	5.334%	5.354%
12-Jan-08	5.356%	5.444%
13-Jan-08	5.352%	5.428%

Tabela 4.1 – Resultado da Previsão

O gráfico da Figura 4.1 mostra o comportamento das duas séries:

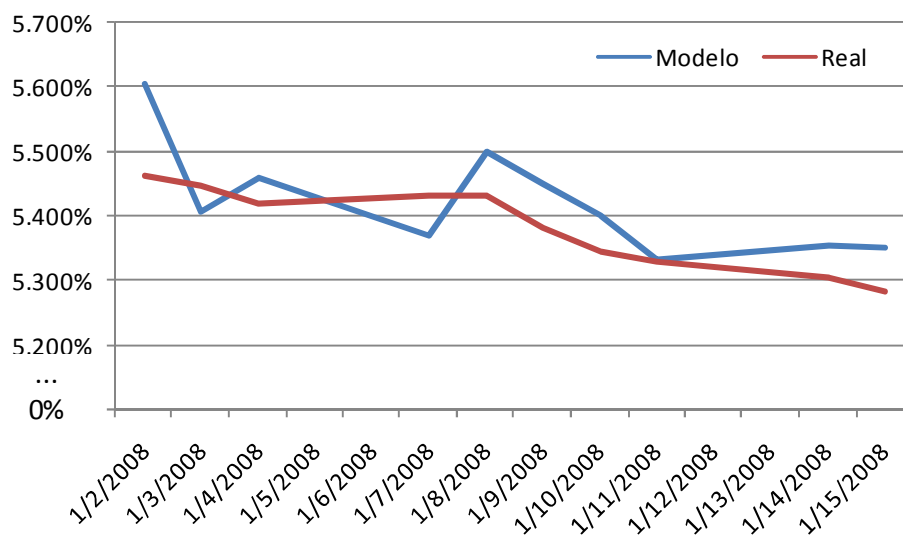


Figura 4.1 – Gráfico do Resultado do Modelo

Para que a análise seja completa, é preciso se fazer uma análise dos resíduos obtidos. Os resíduos serão a diferença entre o valor esperado e o encontrado.

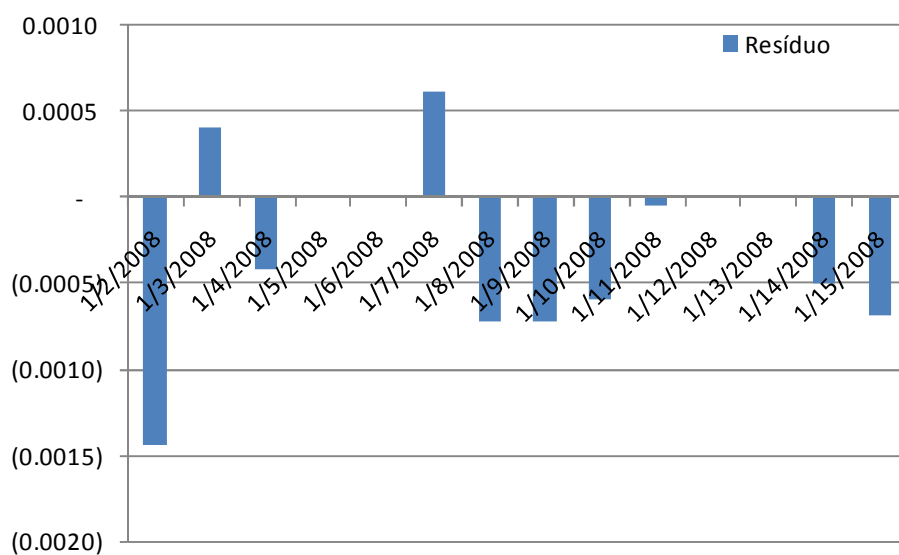


Figura 4.2 – Resíduos da Previsão (em pontos percentuais)

Duas considerações se fazem necessária aqui. Uma delas é quanto ao baixo valor dos resíduos. Confirmando a eficácia do modelo, os resíduos apresentados são baixos comparativamente aos valores da série, isso é, percentualmente baixos. Isso valida a utilização do modelo, uma vez que significa que uma parcela muito pequena do movimento futuro não pôde ser prevista pelo mesmo.

A outra é quanto à baixa oscilação dos resíduos. Vê-se pelo gráfico que existe uma predominância dos resíduos negativos. Isso mostra uma tendência do modelo superestimar os valores da taxa de juros. Essa característica é ruim para o modelo que significa uma menor aderência a realidade.

4.2. Análise dos Resultados

Mesmo com essa característica negativa dos resíduos, pelas outras análises mostradas acima, o modelo foi capaz de proporcionar bons resultados para a previsão dos dados. Os dados dos primeiros dias da previsão mostraram melhores resultados, enquanto os outros dias apresentaram resultados piores.

O gráfico dos resultados mostrou que o modelo é capaz de seguir a tendência macro do ativo em questão que era de queda. Como esperado, o modelo não é capaz de prever todas as oscilações do ativo, apenas conseguindo uma boa indicação de seu valor futuro.

4.3. Conclusões

Após a apresentação dos resultados, a principal conclusão a ser retirada, retomando os conceitos vistos na introdução deste trabalho, é com relação ao estudo do comportamento do ativo em questão. Mais importante do que a previsão em si, o trabalho mostra a importante relação entre a taxa de juros de referência para a dívida externa brasileira e outros títulos de dívida externa de países semelhantes.

Os resultados apresentados por esse modelo estatístico, como queria-se demonstrar, tem uma característica bastante dinâmica e mostra uma boa aderência aos dados de curto e curtíssimo prazo. O modelo estatístico criado, em contraposição aos modelos econômicos, foi capaz de relacionar a taxa de juros do Brasil com ativos aparentemente não relacionados com a economia local.

É o caso da relação entre a dívida externa brasileira e a cotação dos Florintes Húngaros. Aparentemente sem relação econômica, esses dois indicadores parecem estar bastante relacionados entre si. Uma possível explicação para isso é intensa globalização em que o mercado financeiro está envolvido.

As decisões de investimento em determinado ativo, ou país, são tomadas em detrimento a investimentos em outros por diversos fatores não facilmente enumeráveis devido a quantidade de agentes e sua diversidade de opiniões dentro do mercado financeiro. Isso faz com que as oscilações de preços, as condições do mercado – macroeconomicamente ou devido a características endógenas aos ativos – e o caráter emocional dos agentes do mercado atuem sobre as determinações do valor da taxa de juros do título da dívida brasileira.

Este trabalho serve como ponto de partida para a análise de questões como a validade de modelos da engenharia financeira sobre questões macroeconômicas. Levanta também a questão a respeito da capacidade de solucionar problemas aparentemente complicados e com difíceis relações entre as diversas variáveis.

A questão chave respondida por este trabalho é quanto à validade da ciência Engenharia de Produção e suas ferramentas de análise para se construir um modelo de séries temporais

para um ativo financeiro. A resposta dessa questão está na validação do modelo pelos testes realizados consagrados na literatura e confirmados pela análise dos resíduos entre os valores do modelo e os dados reais.

BIBLIOGRAFIA

Livros

BOX, G. E. P. e JENKINS, G. M. – *Time Series Analysis: Forecasting and Control* – Holden-Day Inc., 1970.

BUSSAB, W. O. – **Métodos Quantitativos - Análise de Variância e Regressão** – 2ª. edição, Ed. Atual, 1987.

DRAPER, N. R. – *Applied Regression Analysis* – John Wiley & Sons Inc., 1966.

ENDERS, W. – *Applied Econometric Time Series* – 2ª edição, John Wiley & Sons, Inc., 2004.

GOLDBERGER, A. – **A course in Econometrics** – Harvard, 1991.

GUJARATI, D. N. – **Econometria Básica** – Pearson Education do Brasil, 2001.

KEYNES, J. M. – **A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda** – Abril Cultural, 1985

KOTLER, P. – **Administração de Marketing – Análise, Planejamento, Implementação e Controle** – 5ª edição (tradução da 9a. Edição americana) – Editora Atlas, 1997.

MORETTIN, P. A. e TOLOI, C. M. C. – **Análise de Séries Temporais** – 2ª edição, Editora Edgard Blücher Ltda., 2006.

PINDYCK, R. S. e RUBINFELD, D. L. – **Econometric Models and Economic Forecast** – 3a. edição, McGraw-Hill, 1991.

ROMER, D. – **Advanced Macroeconomics**, 2nd edição, McGraw-Hill, 2001.

SIMONSEN, M. H. e CYSNE, R. P. – **Macroeconomia** – 2ª. edição, Editora Atlas, 1995.

Referências

BARRO, R. J. – *Are Government Bonds Net Wealth?* – *Journal of Political Economy*, 81 pp. 1095-1117, 1974.

BOGDANSKY, J.; TOMBINI, A. A.; WERLANG, S. – *Implementing Inflation Target in Brazil* – Banco Central do Brasil *Working Paper Series* No. 1, disponível em <http://www.bcb.gov.br>, 2000.

CARVALHO, C. E. – **Finanças Públicas e Estabilização no Plano Real: Uma Reinterpretação** – São Paulo, PUCSP, Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política, Textos para Discussão 04/01, 20p., 2001.

GOODHART, C. - *The Evolution of Central Banks* - Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1987

GIAMBIAGI, F. – **Do Déficit de Metas às Metas de Déficit: a Política Fiscal do Governo Fernando Henrique Cardoso – 1995/2002** - . Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE) volume 32, número 1. Brasília: IPEA, Abril, 2002

LIMA, J. A. C. L. – **Múltiplo de Mercado: Análise de sua efetividade como método de avaliação de empresas** – Trabalho apresentado para obter o diploma de graduação em Administração pela FEA – USP, São Paulo, 2007.

MONTEIRO, A. M. – **Proposição de um Modelo de Previsão das Exportações Brasileiras** – Trabalho apresentado para obter o diploma de graduação em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica - USP, São Paulo, 2005.

TOLEDO, J. E. – **Risco-Brasil: O Efeito-Lula e os Efeitos-Banco Central** – Revista de Economia Política, volume 22, no. 3 (87), julho-setembro, 2002.

Sites na Internet

Banco Central

Relatório de Inflação Março 2008 – www.bcb.gov.br/?RELINF – acessado em 10 de Maio de 2008