



Bruno de Paula Baltar

**Análise Temporal dos Preços da Commodity Cobre
Usando o Modelo Box & Jenkins**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Marcelo Cabus Klotzle

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Bruno de Paula Baltar

**Análise Temporal dos Preços da Commodity Cobre
Usando o Modelo Box & Jenkins**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Marcelo Cabus Klotzle

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Luis Fernando Hor-Meyll Álvares

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof^a. Katia Rocha

IPEA

Prof. Nizar Messari

Vice-Decano de Pós-Graduação do CCS

Rio de Janeiro, 5 de fevereiro de 2009

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Bruno de Paula Baltar

Ficha Catalográfica

Baltar, Bruno de Paula

Análise temporal dos preços da commodity cobre usando o modelo Box & Jenkins / Bruno de Paula Baltar ; orientador: Marcelo Cabus Klotzle. – 2009.

63 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Administração)– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Cobre. 3. Previsão de preço. 4. Séries temporais. I. Klotzle, Marcelo Cabus. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Resumo

Baltar, Bruno de Paula; Klotzle, Marcelo Cabus. **Análise temporal dos Preços da Commodity Cobre usando o Modelo Box & Jenkins**. Rio de Janeiro, 2008. 63p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Administração de Empresas. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Essa dissertação aborda o comportamento da série de preços de uma commodity. Busca-se nessa pesquisa aplicar o modelo Box & Jenkins e verificar se este influencia a série de preços da commodity cobre. O estudo inicia-se com um histórico sobre esse mineral, posteriormente resgata-se a evolução dos trabalhos sobre esse tema e descreve-se detalhadamente esse modelo estatístico. Complementarmente ao estudo teórico, foi analisada uma série histórica de retornos de preços da commodity cobre com 19 anos de observações diárias do período entre 1990 e 2008, aplicando-se a metodologia Box & Jenkins. Foram realizados testes para normalidade, estacionaridade e auto-correlação, escolhendo-se os melhores modelos a serem utilizados. Ao final, conclui-se que os retornos da série de preços são influenciados pelos seus retornos passados, entretanto, baseando-se apenas nessa variável, o seu modelo de previsão a curto prazo tem performance apenas razoável.

Palavras-chave:

Cobre; previsão de preço; séries temporais.

Abstract

Baltar, Bruno de Paula; Klotzle, Marcelo Cabus (Advisor). **Temporal Analysis of Commodity Copper Price's Using the Box & Jenkins Model.** Rio de Janeiro, 2008. 63p. MSc. Dissertation - Departamento de Administração de Empresas. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This paper studies the behavior of copper prices following the Box & Jenkins model. The dissertation aims to test the validity of this model in explaining the behavior of this commodity. Copper presents one of the most liquid contract among commodities which may increase the information within its price dynamics. This paper is structured as follows: the first section presents a brief historic evolution of copper prices; the second presents relevant previous papers on this matter; the third presents a deep description of the model used and; the fourth, the conclusion. The data set comprises 19 years of daily prices, between 1990 and 2008. Tests for normality, estacionarity and auto-correlation had been carried through, identifying the best models to be used. The paper concludes that past copper price returns partially explain the series future behavior. However, short term forecasting based only on this variable posts just modest performance.

Keywords

Copper; prices forecasting; temporal series.

Sumário

1. Introdução	09
1.1. Justificativa e Motivação	09
1.2. Objetivo	09
1.3. Limitações do Estudo	10
1.4. Estrutura da Dissertação	10
2. Referencial Teórico	12
2.1. O Mercado de Cobre	12
2.1.1. Aspectos Gerais	12
2.1.2. Mercado Brasileiro de Cobre	13
2.1.3. Análise Histórica de Eventos que Influenciaram o Preço do Cobre	17
2.2. Pesquisas	19
3. Metodologia	24
3.1. Tipo de Pesquisa	24
3.2. Os Dados	25
3.3. Teste de Normalidade	26
3.4. Teste de Estacionaridade	27
3.5. Metodologia Box & Jenkins	28
3.5.1. Identificação do Modelo	31
3.5.2. Estimacão dos Parâmetros	36
3.5.3. Validação do Modelo	36
3.5.4. Previsão	37
3.6. Ferramentas Utilizadas	38
4. Resultados	39
4.1. Escolha da Metodologia Box & Jenkins	39
4.2. Normalidade	39
4.3. Estacionaridade	41
4.4. Auto-correlacão	42
4.5. Escolha da Melhor Equacão de Regressão	44
4.6. Box & Jenkins como Modelo de Previsão	48
5. Conclusões	50
5.1. Consideracões Finais	50
5.2. Trabalhos Futuros	51
6. Bibliografia	52
7. Anexos	57
7.1. Série de Dados	57
7.2. Roteiros dos Testes Estatísticos Realizados no Eviews 5.0	58
7.3. Resultado Completo das Regressões	59
7.4. Gráficos das Previsões para Modelos ARIMA	62

Lista de tabelas

Tabela 1 – Reserva e Produção Mundial de Cobre	15
Tabela 2 – Principais Estatísticas de Cobre do Brasil	16
Tabela 3 – Comportamento da FAC e da FACP nos Modelos AR, MA, ARMA	32
Tabela 4 – Valores de AIC e R_{aj}^2 para os Diferentes Modelos	46
Tabela 5 – MAPE de cada Modelo de Regressão	48
Tabela 6 – Valores de Previsão x Valores Reais dos Modelos ARIMA	49
Tabela 7 – Dados Utilizados	57

Lista de figuras

Figura 1 – Preço do Cobre	13
Figura 2 – Log (retornos diários do preço de cobre)	26
Figura 3 – Fluxograma da Metodologia Box & Jenkins	30
Figura 4 – Exemplo 1 de FAC e FACP do AR(1)	33
Figura 5 – Exemplo 2 de FAC e FACP do AR(1)	33
Figura 6 – Exemplo 1 de FAC e FACP do MA(1)	34
Figura 7 – Exemplo 2 de FAC e FACP do MA(1)	34
Figura 8 – Exemplo 1 de FAC e FACP do ARMA(1,1)	35
Figura 9 – Exemplo 2 de FAC e FACP do ARMA(1,1)	35
Figura 10 – Histograma dos Preços da Commodity Cobre	40
Figura 11 – Histograma do Log dos Retornos Diários dos Preços do Cobre	40
Figura 12 – Teste Aumentado de Dickey-Fuller para a Série Ln dos Preços da Commodity Cobre	41
Figura 13 – Teste de Ljung-Box	43
Figura 14 – Correlograma da Primeira Derivada	45
Figura 15 – Correlograma dos Resíduos	47
Figura 16 – AR (1)	59
Figura 17 – MA (1)	59
Figura 18 – ARIMA (1,1)	60
Figura 19 – ARIMA (1,1,0)	60
Figura 20 – ARIMA (0,1,1)	61
Figura 21 – ARIMA (1,1,1)	61
Figura 22 – Previsão ARIMA (1,1,0)	62
Figura 23 – Previsão ARIMA (0,1,1)	62
Figura 24 – Previsão ARIMA (1,1,1)	63

1 Introdução

1.1. Justificativa e motivação

A motivação inicial para a construção desse trabalho foi à exploração do comportamento dos preços da commodity cobre. Testando-se a relação dos valores passados com os valores presentes, pode-se tentar resolver esse problema de pesquisa. No trabalho utilizaremos o modelo Box & Jenkins para identificar se ele pode explicar a série de preços passados do cobre.

Outra justificativa para o trabalho é a falta de pesquisas no Brasil, voltadas para a análise e compreensão dos movimentos mundiais de preços de minérios. Justamente, uma pequena parte dessa lacuna que este trabalho deseja preencher.

1.2. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é mostrar se os modelos auto-regressivos integrados de media móvel (ARIMA) explicam o comportamento da série de preços passados da commodity cobre.

Como objetivos secundários este estudo tentará responder as questões:

- Por que faz sentido usar o modelo Box & Jenkins na série de preços da commodity cobre?
- Existe auto-correlação entre os preços passados e futuros da commodity cobre?
- Qual modelo ARIMA melhor explica a série de preços da commodity cobre?
- Existe utilidade em se usar o modelo Box & Jenkins para se fazer previsões de preços futuros da commodity cobre?

1.3. Limitações do estudo

Este trabalho limita-se a aplicar a metodologia Box & Jenkins na série histórica de preços spot (à vista) da commodity cobre.

O período escolhido começa no ano de 1990 se estendendo até 2008. Os preços são cotados diariamente, exceto feriados e finais de semana, na London Metal Exchange (LME) e foram coletados pelo programa Bloomberg. Conseqüentemente, os resultados só se aplicam, com segurança, nesses anos. Um estudo em outro período ou com outras commodities podem ter resultados diferentes.

Foram escolhidos dados diários para se ter um maior número de observações. A commodity cobre é cotada em grande escala tanto na LME como na NYMEX (New York Mercantile Exchange). O trabalho utilizou a LME devido a sua importância histórica desde a Revolução Industrial e principalmente pela sua facilidade de mediada: US\$/ton contra US\$/ libra peso.

Temos que considerar também a liquidez dos preços dessa commodity, podendo eventualmente ele não corresponder à realidade devido a atitudes fora da normalidade, com grandes realizações de lucros ou prejuízos, especulação, etc.

1.1.4. Estrutura da dissertação

Essa dissertação esta estruturada em cinco capítulos:

Capítulo 1: *Introdução*. Nesse capítulo são apresentadas as motivações e justificativas para o desenvolvimento deste estudo. São definidos os objetivos e limitações do estudo.

Capítulo 2: *Referencial Teórico*. Nesse capítulo são apresentados os principais conceitos, estudos e resultados referentes à modelagem estatística dos preços de commodities.

Capítulo 3: *Metodologia do Estudo*. Aqui será apresentado como foram feitas as buscas dos dados, como eles foram tratados, a metodologia Box & Jenkins e quais ferramentas foram utilizadas.

Capítulo 4: *Resultados*. Serão apresentados os resultados e os comentários.

Deve-se responder a questão existente no objetivo do trabalho.

Capítulo 5: *Conclusão*. Comentários finais e sugestões para possíveis trabalhos futuros.

2

Referencial teórico

2.1.

O mercado de cobre

2.1.1.

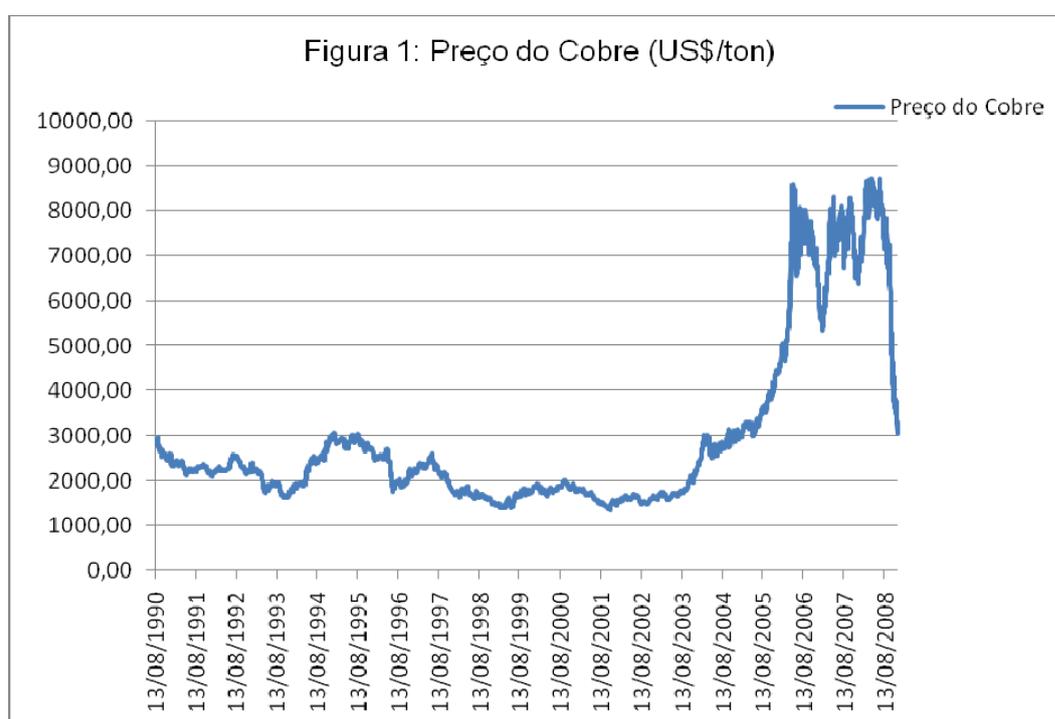
Aspectos gerais

Commodity é uma palavra em inglês que possui um significado genérico de “um artigo de comércio”. De acordo com o Novo Dicionário de Economia, é “um tipo particular de mercadoria em estado bruto ou produto primário de importância comercial, como é o caso do café, algodão, estanho, cobre, entre outros”. Na prática, o conceito de commodity é associado a um produto não especializado, ou de tecnologia amplamente difundida, produzido e transportado em grandes volumes.

O minério de cobre é utilizado pelo homem há mais de 7000 mil anos e seu uso combinado com o estanho, formando o bronze, tem registros de utilização de mais de 5000 anos. Até meados do século XIX, o comércio de cobre foi controlado pela Inglaterra, que possuía maior tecnologia para o tratamento no minério. Entretanto, ainda naquele século, foram descobertas novas minas nos Estados Unidos, Chile e Austrália. Este fato, aliado ao desenvolvimento de novas tecnologias de concentração, que permitiram o aproveitamento de minério de baixo teor de concentração, resultou na expansão global do mercado de minério de cobre no século XX (NYMEX, 2008).

O cobre metálico é excelente condutor de eletricidade e calor, tendo vasta aplicação em diversos setores industriais, como: construção civil, telecomunicações, eletrônica, transmissão e distribuição de energia (ANDRADE et al, 2001). Entre suas utilizações, destaca-se a produção de cabos e fios elétricos, tubos, combinações com estanho e níquel resultando em outras ligas, como: bronze, latão, cupro-níquel, etc.

De modo geral, até meados de 2008, o comércio mundial de minérios estava em alta, notadamente impulsionado principalmente pelo crescimento da China de do mundo todo de forma geral. Dessa forma a produção mundial de minério de cobre não vinha superando a demanda nos últimos anos, provocando altas sucessivas no seu preço desde meados de 2002. Podemos observar esse fato no gráfico a seguir, que mostra o aumento do preço spot do cobre até 2007 e desde então essa tendência foi revertida fazendo os preços das commodities caírem sucessivamente devido à crise econômica mundial.



Fonte: Bloomberg

2.1.2.

Mercado brasileiro de cobre

No Brasil, em 1874, foi descoberta a primeira mina de cobre no sertão da Bahia. Setenta anos depois, foram iniciados os trabalhos de sondagem para verificar seu potencial tendo sido fundada em 1969 o primeiro empreendimento para exploração do minério em Jaguari – BA (PARANAPAMENA, 2005). As minas de cobre do Complexo Minerador de Carajás foram descobertas na década de 90, a partir da identificação de anomalias magnéticas que revelaram a

existência de calcopirita, o principal minério de cobre (PARANAPAMENA, 2005).

No entanto, o Brasil, até 2003, não possuía produção expressiva de minério de cobre, com cerca de 32 mil toneladas frente a uma necessidade de 300 mil toneladas, importando cobre contido em concentrado do Chile, Argentina, Peru, Portugal e Indonésia, para abastecer as empresas produtoras de catodo e de semi-acabados de cobre (UDESC, 2005).

Segundo a DNPM (Departamento Nacional de Pesquisas Minerais), as reservas mundiais de minério de cobre (medidas e indicadas) registraram em 2007 um total de 937 milhões de toneladas (Mt) de metal contido, apresentando uma estabilização frente ao ano de 2006. As reservas brasileiras em 2007 somaram 14,28 Mt de cobre contido, apresentando aumento de 0,5% frente às reservas do ano anterior. O Pará representou 84% das reservas medidas e indicadas contidas de cobre; Goiás, 6,5 %; Bahia, 4,2%; e Ceará, com 2,7%. No quadro mundial destas reservas, a participação brasileira em 2007 permaneceu em 1,5%. A produção mundial de concentrado de cobre, em metal contido, alcançou no ano de 2007 uma quantidade de 15,47 Mt, registrando acréscimo de 3,2 % sobre a de 2006. Os principais produtores foram os países que detêm as maiores reservas de minério, destacando-se o Chile, com 35,9% do total mundial. A participação brasileira na produção de concentrado de cobre, em metal contido, alcançou 1,3% do quadro mundial. Quanto ao metal, no ano de 2007 a produção mundial de cobre refinado (primário e secundário) ficou em 18,16 Mt, apresentando um crescimento de 4,6 % frente ao ano de 2006. A China (19,5%), o Chile (16,2%), o Japão (8,7%) e os EUA (7,3%) foram os principais produtores do metal. A produção brasileira registrou uma quantidade de 218,37 mil toneladas (Mt), atingindo 1,2% do total mundial de refinado de cobre (20º lugar). Esses dados podem ser comprovados na tabela a seguir:

Tabela 1: Reserva e Produção Mundial de Cobre

Discriminação	Reservas * (10 ³ t)		Produção ** (10 ³ t)		
	2007	(%)	2006	2007	(%)
Países					
Brasil	14.284	1,5	147,8	205,7	1,3
Chile	360.000	38,4	5.360,8	5.556,8	35,9
Estados Unidos	70.000	7,5	1.221,8	1.205,4	7,8
China	63.000	6,7	889,0	944,4	6,1
Peru	60.000	6,4	1.049,1	1.190,3	7,7
Polônia	48.000	5,1	497,2	452,0	2,9
Austrália	43.000	4,6	858,8	860,3	5,6
México	40.000	4,3	337,7	346,7	2,3
Indonésia	38.000	4,1	816,2	788,9	5,1
Zâmbia	35.000	3,8	474,1	528,3	3,4
Rússia	30.000	3,2	675,0	690,0	4,5
Canadá	20.000	2,1	603,3	589,1	3,8
Cazaquistão	20.000	2,1	434,1	406,8	2,6
Outros Países	95.716	10,2	1632,2	1.707,0	11,0
Total	937.000	100,0	14.997,1	15.471,7	100,0

Fonte: DNPM

A produção brasileira de concentrado de cobre, em metal contido, alcançou, em 2007, um total de 205.731 toneladas (t) (680.301 t de concentrado, com teor médio de 30,2%), representando um aumento de 39,2% frente à de 2006. Participaram desta produção as empresas: Vale (118.236 t – 57,5%) e Serabi (564 t – 0,3%), ambas no Pará; Mineração Caraíba (24.129 t – 11,7%), na Bahia; Mineração Maracá (56.039 t – 27,2%) e Votorantim Metais Níquel (4.897 t – 2,4%), ambas em Goiás; e Prometalica Mineração (1.976 t – 0,9%), no Mato Grosso.

O Brasil no ano de 2007 importou 482.941 t de bens primários de cobre, sendo 99,8% de concentrado de cobre sulfetado, equivalentes a um total de 154.541 t em metal contido, a um custo de US\$ FOB 1,08 bilhão procedentes primordialmente do Chile, com 86% do valor total, e Argentina, com 9%.

Foram exportadas em 2007 pelo Brasil 573.241 t de bens primários de cobre, sendo 77,5% de concentrado de sulfeto de cobre, equivalentes a um total de 177.705 t de cobre contido, num valor de US\$ FOB 1,03 bilhão, dirigidos para a Alemanha, com 22% do valor total, Índia, com 20%, Bulgária, com 17%, e Coréia do Sul, com 13%.

O consumo *per capita* brasileiro apresentou em 2007 um índice de 1,8 kg/hab. Os preços médios do concentrado de cobre domésticos atingiram em média US\$ 3.180/t em 2007, representando um aumento de 51,4% frente ao ano anterior.

A indústria de cobre encontra-se aquecida principalmente pela demanda nos setores da construção civil, automobilístico e energia, trabalhando com uma capacidade de utilização de 70%, a qual deverá se ampliar em decorrência de fortes investimentos previstos dentro do Programa PAC (DNPM, 2008).

Tabela 2: Principais Estatísticas de Cobre do Brasil

Discriminação			2005	2006	2007
Produção	Concentrado	(t)	133.325	147.836	205.728
	Metal Primário	(t)	199.043	219.700	218.367
	Metal Secundário	(t)	25.000	27.000	24.000
Importação	Concentrado	(t)	132.780	176.894	154.541
		(10 ³ US\$-FOB)	413.266	1.068.678	1.077.660
	Metal	(t)	200.410	210.300	217.900
		(10 ³ US\$-FOB)	736.707	1.430.040	1.550.555
Exportação	Concentrado	(t)	116.051	120.133	177.705
		(10 ³ US\$-FOB)	299.237	519.969	1.032.312
	Metal	(t)	112.520	113.450	102.000
		(10 ³ US\$-FOB)	413.624	838.904	725.822
Consumo Aparente	Concentrado	(t)	150.054	204.597	182.564
	Metal	(t)	311.933	343.550	358.267
Preços	Concentrado	US\$/t	1.483,0	2.100,0	3.180,0
	Metal	US\$/t	3.785,0	6.850,0	7.290,0
	Metal - LME	US\$/t	3.676,0	6.722,0	7.115,9

Fonte DNPM

O setor industrial brasileiro do cobre, incluindo o da produção de refinado, o de condutores elétricos e o de semimanufaturados, apresentou no ano de 2007 um faturamento de US\$ 5,03 bilhões, gerando US\$ 890 milhões em impostos e 17.998 postos de trabalho, com exportações de US\$ 1,65 bilhão (DNPM, 2008).

Diversos novos projetos estão em andamento ou previstos para o Brasil nos próximos anos, aumentando ainda mais a importância desse metal na balança comercial brasileira. Com esses novos projetos e novas minas, a produção nacional deverá chegar a 650mil t/ano de cobre contido em concentrado até o ano de 2010, o que colocará o Brasil entre os cinco maiores exportadores do mundo (ROSA, 2003), gerando quantidade suficiente para abastecer o mercado interno e favorecer a balança comercial do País.

2.1.3.

Análise histórica de eventos que influenciaram o preço do cobre

Ao longo do tempo, a lei da oferta e demanda pode ser atribuída como a maior influência para a formação do preço mundial do minério de cobre. Com isso, pode-se realizar correlações entre o cenário mundial e os preços do cobre (EDELSTEIN, 1999).

Nos anos 60 até início dos anos 70 a demanda pelo produto estava em alta, principalmente em função da guerra do Vietnã e do desenvolvimento acelerado da economia mundial na chamada “Era de Ouro”. Até 1974 a produção estava ajustada e demanda, e os preços mantiveram-se estáveis com pequenas altas.

Entre 1975 e 1986 ocorreu um excedente de produção em relação à demanda pelo minério, provocando queda mundial e baixa volatilidade dos preços. Com exceção de alguns meses durante o ano de 1980, o período foi finalizado com uma recessão mundial até o ano de 1986, agravando a queda dos preços do minério.

Devido aos anos de recessão, acumularam-se altos estoques, preços baixos, indústria estagnada, falta de investimentos, fechamento de minas, suspensões de produção. A partir de 1987, os estoques estavam baixos e havendo um reaquecimento dos preços, chegando ao final de 1988 a níveis jamais vistos até então.

Como num movimento cíclico, a indústria voltou a investir; recordes de produção voltaram a ocorrer e os estoques começaram a crescer no início da década de 90, provocando quedas acentuadas a partir de 1992.

Em 1994, houve um grande aumento sistemático de demanda, provocado principalmente pelo desenvolvimento dos países asiáticos. No ano de 1995 os preços subiram mais ainda devido a operações de corner¹ conduzidas pelo banco japonês Sumitomo. Com a descoberta da manipulação os preços caíram novamente e não se recuperaram mais, pois em 1997 iniciou-se a crise asiática.

No início da crise asiática, os países do sudeste asiáticos eram responsáveis por 40% das importações mundiais de cobre refinado e 54,6% das importações de cobre concentrado (ANDRADE, 1998). Como resultado houve uma queda de aproximadamente 50% no preço do cobre.

Nos anos seguintes os preços do minério ficaram estáveis mesmo com o aumento da utilização do cobre, como nos setores de eletrônicos, aquecimentos e equipamentos médicos.

A recuperação dos preços só ocorreu a partir de 2002, com o intenso crescimento da China que provocou uma forte descompensação entre a demanda e a capacidade de produção mundial, fato que acarretou no período entre 2002 e 2005 um aumento superior a 200% no preço mundial do cobre. Até 2008 os preços do cobre oscilaram com pequenas quedas e altas, batendo sucessivamente recordes históricos. Além do crescimento da China, o mundo inteiro encontrava-se em grande crescimento econômico, forçando ainda mais os preços das commodities, que chegaram a valores nunca antes imagináveis. Adiciona-se a essa conjuntura, outros fatores, como a desvalorização do dólar frente ao euro e ao ien aumentando o poder de compra da Europa e da Ásia, a grande confiança mundial, as compras especulativas por parte de fundos de hedge e a lenta resposta dos produtores mundiais de minérios que demoraram em investir em expansão.

Segundo o *International Copper Study Group* (ICSG), o mercado mundial do cobre metálico no ano de 2007 apresentou uma escassez de produção frente ao consumo da ordem de 64 Mt, prevendo-se respectivamente um excesso de 85 Mt e

¹ Fazer um corner em um Mercado é tomar o controle desse mercado através da compra de tantos títulos que poucos desses títulos restem. Assim, esse indivíduo ou grupo acaba definindo o preço do ativo acima de qualquer preço considerando a relação entre a oferta e a procura (Think Finance, 2006).

429 Mt para 2008 e 2009. A China em 2007 absorveu 27% do consumo mundial do cobre, seguido em quantidade pelos EUA (11,8%), Alemanha (7,6%), Japão (6,9%) e Coréia do Sul (4,4%).

Em 2008 ocorreu o inesperado, devido à crise no crédito que começou nos EUA e se expandiu para todo mundo e a rápida desaceleração chinesa, os preços das commodities em geral desabaram. Estoques se multiplicaram. A incerteza e a expectativa de recessão mundial agravaram o cenário. O preço do minério de cobre caiu para os mesmos níveis do ano de 2003, ou seja, em menos de um ano o preço caiu aproximadamente 65%.

As expectativas para os preços futuros são incertas. Somente é sabido que como em toda a história dos preços do cobre, ciclos de altos preços e baixos estoques são seguidos por ciclos de altos estoques e baixos preços (VALOR, 2006).

Como vimos, os preços históricos do cobre são uma composição de diversos fatores interligados, como: oferta, demanda, crescimento mundial, estoques, expectativas e outros.

2.2. Pesquisas

A questão da pesquisa de comportamento de preços de commodities é um assunto que vem sendo ostensivamente discutido pela comunidade acadêmica internacional desde a década de 80 (WATKINS; MCALEER, 2004), tendo sido encontrados estudos desde a década de 60 (MANDELROT, 1963). Constata-se na literatura do assunto, que pesquisas realizadas nos últimos 25 anos alternam-se entre análises empíricas que enfocam o risco e a volatilidade do comportamento dos preços dessas commodities. Sobre a revisão bibliográfica do tema, vale ressaltar que os estudos realizados sobre o assunto evoluíram com o tempo.

Fama e French (1987) embasados na teoria do estoque desenvolveram uma pesquisa com 21 commodities, entre as quais, cobre, prata, platina e ouro, a fim de identificar elementos que influenciam as cotações futuras. Em um primeiro momento do estudo, os autores determinaram uma equação linear na qual a dependente “preços futuros” era função dos “preços à vista”, da “taxa de juros” e de uma variável dummy, para identificar se o produto possuía sazonalidade. O

modelo mostrou baixa capacidade de previsão para os metais analisados. Em um segundo momento do estudo, foi estabelecida uma nova equação linear cuja dependente “preços de contratos futuros” era função dos “preços à vista” mais um “prêmio pela expectativa de variação no tempo”. O modelo mostrou evidências da influência das expectativas de prêmio, mas não se mostrou estatisticamente significativa quando testado para o cobre, ouro e platina, e se mostrou “confuso” para o minério de prata.

Chang et al (1990) utilizando a abordagem do CAPM, analisaram se o retorno médio foi proporcional ao risco do contrato de contratos futuros de três metais (cobre, platina e prata) entre os anos de 1964 e 1983. Nesse estudo, foram comparados o risco e o retorno dos ativos commodities com o retorno do mercado de ações e títulos sem risco. Como resultado, os autores observaram que os contratos futuros eram consistentemente mais arriscados do que o mercado de ações e títulos do governo, e ainda, que esses contratos, como regra geral, não tinham sido bem recompensados pelo mercado. Adicionalmente, observaram que existe uma correlação negativa entre o beta e o tempo de maturidade do contrato, comprovando que o risco sistemático de um ativo com vida limitada é uma função da vida remanescente deste ativo.

Chowdhury (1991) testou a hipótese da eficiência dos mercados para quatro metais não-ferrosos (cobre, chumbo, estanho e zinco) a partir da teoria da cointegração. A abordagem deste estudo foi analisada de duas formas diferentes. Na primeira forma, foi determinado se ambos os preços futuro e spot do mercado de uma commodity, são cointegrados com os mesmos preços futuro e spot de mercados de outras commodities. Neste caso, a cointegração entre dois ativos diferentes em dois mercados diferentes indica que um mercado é influenciado por outro, demonstrando ineficiência. Em um segundo momento, testes para cointegração foram conduzidos entre preços spot e futuro de cada um dos quatro mercados analisados. Assim, considerando que a hipótese da eficiência dos mercados pressupõe que ambos os preços, spot e futuro, devem seguir a mesma tendência, variando na mesma direção, os preços spot e futuro devem ser cointegrados quando analisado um único mercado. Os resultados encontrados pelo autor sugeriram uma não rejeição da hipótese nula de que há cointegração entre os diferentes mercados analisados, e adicionalmente, de que não há um vetor de

cointegração envolvendo os preços spot e futuro de um mesmo mercado, ou seja, a rejeição da hipótese de eficiência para o mercado das quatro commodities.

McMillan e Speight (2001) analisaram a volatilidade de preços diários de seis commodities de metais não-ferrosos no período compreendido entre 1971 e 2000, desmembrando a volatilidade em curto e longo prazo. Sob esta abordagem, objetivaram isolar alguns fatores que contribuem para a volatilidade de curto prazo, como movimentos especulativos, chegada de novas informações e posições de hedge, e fatores fundamentais, que contribuem para a volatilidade no longo prazo, como a disponibilidade física dos produtos e as leis de demanda e oferta. Esta decomposição em curto e longo prazo foi possível com a utilização de um modelo GARCH modificado, chamado component-GARCH ou somente CGARCH. Como resultados foram demonstrados que a meia vida de choques de volatilidade de curto prazo direcionada pelo mercado se estendem por até oito dias, enquanto a meia vida média de choques de volatilidade de longo prazo é de cerca de 190 dias. Encontraram-se evidências de que existe vínculo entre a volatilidade dos metais, uma tendência dirigida em um primeiro momento pelos preços do alumínio e em um segundo momento pelos preços do cobre. Mais especificamente, a volatilidade dos preços de longo prazo, enquanto exibe uma memória de longo prazo, de fato é estacionário e possui tendência de reversão a média.

Utilizando-se a metodologia Box & Jenkins e a commodity cobre temos o trabalho de Hu (2008) em que ele testa a série de preços das commodities cobre e alumínio especificamente no mercado chinês entre os anos de 2003 e 2007. Primeiramente, para previsão se preços futuros das commodities, aplica-se modelos univariados (ARIMA) e posteriormente modelos multivariados, baseados na cointegração e no VEC (Vetor de Correção de Erro). Ao final, concluí-se que os preços presentes são influenciados pelos preços passados, comprovando-se a utilidade dos modelos ARIMA. Entretanto, ao se adicionar novas variáveis, com a utilização de modelos multivariados, o resultado se tornou mais consistente do que somente com os modelos univariados, tendo uma melhor acurácia.

No Brasil são poucas as pesquisas realizadas sobre o comportamento de preços de commodities, e quase a totalidade dos estudos encontrados na revisão bibliográfica enfoca o estudo de commodities agrícolas. Temos como exemplos o livro de Marques, Melo e Filho (2008) no qual se analisa de forma teórica e

prática o funcionamento dos mercados futuros e de opções agropecuárias. Nele, é discutido os fundamentos de opções sobre futuros agropecuários; estratégias avançadas com mercados futuros, opções e derivativos; análise de preços e operações de contratos futuros.

Bressan e Lima (2000) trataram da aplicabilidade de modelos de previsão de series temporais como ferramenta de decisão de compra e venda de contratos futuros da commodity boi gordo na BM&F, em datas próximas ao vencimento. Os modelos estudados foram o ARIMA, Redes Neurais e Modelos Lineares Dinâmicos. Calculando o índice Sharpe os modelos foram comparados. Utilizando os dados semanais entre 1996 e 1999, foram encontrados resultados dos retornos financeiros, sendo positivos na maioria dos contratos analisados, mostrando o potencial de aplicabilidade dessa ferramenta para futuras decisões. Somente o modelo ARIMA e os Lineares Dinâmicos tiveram resultados satisfatórios.

Berti (2004) analisou neste trabalho a aplicabilidade de modelos econométricos para previsão de preço, como forma de oferecer suporte a decisão de compra e venda da commodity celulose. Para isso utilizou-se uma série de preços internacionais de 1986 até 2002. No trabalho foram comparados o modelo univariado, o modelo VAR (vetor Auto-regressivo entre o preço da celulose e o nível de estoques) e o modelo VEC (entre o preço da celulose, o nível de estoques e a demanda mundial da commodity). Como resultado o modelo VEC foi o que obteve melhor previsão. Entre os modelos univariados, o AR(1) foi o que apresentou melhor aderência a série.

Medeiros et al (2006) realizou estudos sobre a previsão do preço da arroba boi gordo utilizando modelos ARIMA na série histórica de preços do ano de 1995 até 2005. O modelo apresentou coeficientes estatísticos significantes, com indicadores de erro pequenos e boa explicação da variação dos dados originais. Sob o ponto de vista prático, ele se revelou um processo de previsão acurado, produzindo resultados consistentes e próximos dos valores de mercado.

Albuquerque e Moraes (2007) realizaram um estudo para prever o preço médio mensal para a commodity cacau tendo como base de dados o período de 1970 até 2005. Utiliza-se a metodologia Box & Jenkins e através do AIC (Akaike Information Criterion) escolhe-se o melhor modelo. Verifica-se por meio de uma

previsão ex-antes, fundamentada nos dados amostrais, uma pequena queda no preço futuro do produto durante o ano de 2006.

De fato são raras as publicações brasileiras que abordam o estudo de comportamento de preços de commodities minerais, como a realizada por Castro e Rossi Jr. (2000), na qual foi estudado o comportamento de exportação de commodities brasileiras, inclusive minério de ferro e alumínio, a partir de modelos vetoriais auto-regressivos (VAR) sob a influência de variáveis exógenas.

Matias (2006) também enfoca os minerais em que se utiliza a abordagem dos fractais para estudar os preços da commodity cobre. Neste estudo, através da teoria dos fractais, é desenvolvido um modelo estatístico de previsão de preços para a commodity cobre, utilizando-se como base de dados o período de 1974 e 2005. A Teoria dos Fractais abre um novo e contraditório mercado, pois vai contra a moderna teoria de finanças, principalmente a Hipótese de Eficiência de Mercado. Ao final, o estudo mostra que apesar da aplicabilidade do modelo, os resultados não são persistentes, não se encontrando uma equação geral para a série.

3 Metodologia

3.1. Tipo de pesquisa

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa descritiva, quantitativa, bibliográfica, experimental, exploratória e explicativa.

Este estudo é descritivo, pois é feita uma análise das características de uma determinada população, os preços da commodity cobre listado na LME.

Quantitativo devido ao seu caráter numérico, sendo quase tudo exemplificado, mostrado e concluído com a ajuda de números e de recursos estatísticos, como: percentagem, moda, média, mediana, desvio-padrão, variância, coeficiente de correlação, análise de gráficos e de regressões,...).

Bibliográfico, pois todo o trabalho está baseado em livros, artigos, teses e trabalhos científicos.

A pesquisa exploratória constitui-se em um elemento chave para este trabalho, uma vez que proporcionou maiores informações sobre o tema e serviu como uma etapa preliminar para a motivação da realização da pesquisa. Segundo Andrade (2005), a pesquisa exploratória complementada pela bibliográfica é aquela que visa descobrir novas idéias, e dar um novo enfoque para o trabalho pesquisado. Tem a finalidade de definir os objetivos de um trabalho, facilitar a delimitação de um tema e se constitui em uma fase preparatória para outro tipo de pesquisa.

Ainda, de acordo com os objetivos propostos por este trabalho, percebe-se seu caráter explicativo, a qual tem por finalidade aprofundar o conhecimento da realidade, procurando a razão, o porquê das coisas (ANDRADE, 2005).

Neste trabalho, portanto, as pesquisas descritiva, exploratória e experimental realizadas inicialmente motivaram o aprofundamento na pesquisa sobre o tema. Quando complementada pela revisão bibliográfica, subsidiam a realização da análise empírica dos dados, a partir do que, é possível alcançar os objetivos gerais e específicos propostos inicialmente.

3.2. Os dados

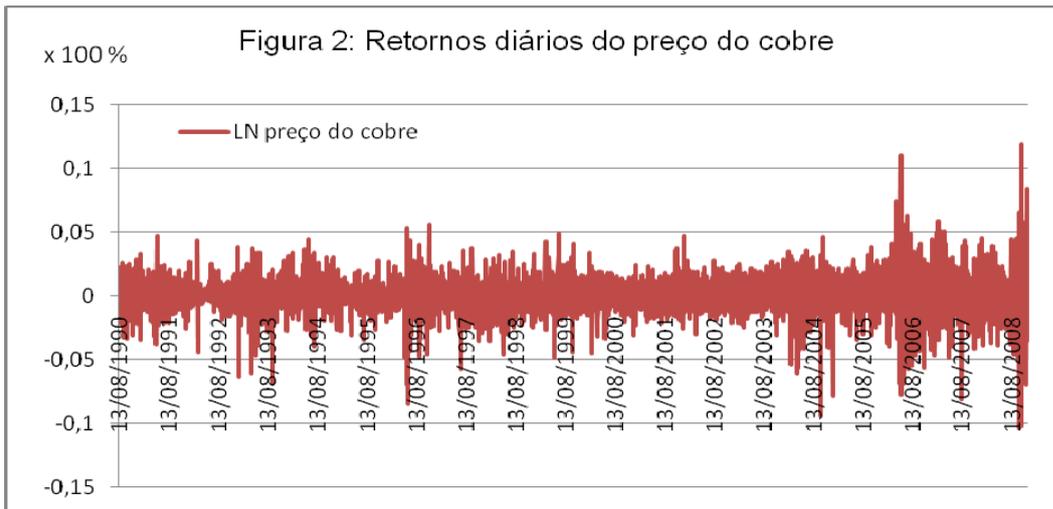
O trabalho está baseado na análise das séries temporais dos preços spot da commodity cobre listados na LME entre os dias 13/08/1990 e 10/12/2008, ou seja, 4635 observações. Utilizou-se a série de preços spot devido a sua grande liquidez, diminuindo as distorções especulativas e facilitando o estudo com cotações em todos os dias úteis da amostra.

Como uma série qualquer de preços de commodity só tem valores positivos, essa série não pode ter uma distribuição normal que varia de menos infinito até mais infinito. Para se tentar deixar a série com uma distribuição normal calculamos o log dos retornos diários.

Foi utilizada a função logarítmica da série de retornos diários do preço do cobre. Segundo o Teorema Central do Limite, para uma amostra grande o suficiente, uma série log(retornos diários) tende a uma distribuição normal. Para isso, foi usada a equação a seguir:

$$r_t = \ln \frac{x_t}{x_{t-1}} \quad (1)$$

Onde x_t é o preço no dia t e x_{t-1} o preço no dia anterior. Como podemos analisar, trabalhando com a função logarítmica dos retornos diários, perde-se a primeira observação, passando a ter 4634 observações. Contudo essa perda é compensada com a maior estabilidade da variância e com a melhor semelhança da nova amostra com uma normal. Essa melhora será mostrada mais a frente. A seguir, vemos o gráfico da distribuição normal:



Fonte: Elaboração Própria

O trabalho foi realizado com os preços nominais, ou seja, sem descontar a inflação. Isto devido à dificuldade de se encontrar um índice de inflação mundial, existindo basicamente índices regionais, além disso, saber qual índice melhor influência o mercado de cobre. Mesmo que se escolhesse um índice qualquer, esses índices são mensais, então a série de dados diários teria que ser transformada em mensal através de preços médios ou finais, com isso o tamanho da amostra seria dividido por aproximadamente 22 (dias úteis em um mês). Como o trabalho deseja apenas comprovar a melhoria de eficiência utilizando o modelo Box & Jenkins, não haverá grandes perdas em se usar os preços nominais.

3.3. Teste de normalidade

O teste de normalidade mais utilizado segundo Brooks (2002) é o teste de Jarque-Bera (JB). Ele consiste na comparação da assimetria e curtose da série testada com a assimetria e curtose de uma normal, através da seguinte estatística:

$$JB = n \left[\frac{A^2}{6} + \frac{(C-3)^2}{24} \right] \quad (2)$$

Onde A é a assimetria, C a curtose e n o tamanho da amostra.

O teste JB mede o excesso de assimetria e curtose com relação à normal. A assimetria permite medir a extensão a qual a distribuição possui simetria em relação à própria média da série. A curtose compara a distribuição de frequências da série com a distribuição normal (LAPPONI, 2000). Nesse sentido, a distribuição normal é simétrica e mesocúrtica. A estatística JB segue uma distribuição qui-quadrada com dois graus de liberdade. Para cada valor de JB temos uma probabilidade p associada à estatística qui-quadrada. Se o valor p for demasiadamente baixo, rejeitamos a hipótese nula de que a amostra é normal. Resumidamente, pode-se assumir que o p valor é a probabilidade da amostra ser normal.

3.4. Teste da estacionaridade

De acordo com Brooks (2002), um processo é considerado estacionário se sua média, variância e autovariância se mantêm constantes ao longo do tempo. Na prática, o que acontece é que os dados flutuam ao longo de uma média constante, independente do tempo (PINTO, 2006).

Para se verificar se uma série é estacionária ou não se pode aplicar o teste da raiz unitária. Se for encontrada uma raiz unitária em uma série, rejeita-se a hipótese nula de que a amostra é estacionária.

H_0 : comportamento estacionário; não existem raízes unitárias;

H_1 : comportamento não-estacionário; existem raízes unitárias.

Suponha que os valores de y possam ser encontrados a partir da seguinte regressão:

$$y_t = \rho \ln(x_t) + \varepsilon_t \quad (3)$$

Para a qual se tem: $\rho \geq 1$ comportamento não-estacionário;

$\rho < 1$ comportamento estacionário.

O teste de raiz unitária utilizado no trabalho é o teste aumentado de Dickey-Fuller e com ele é possível estimar o valor de ρ .

3.5. Metodologia Box & Jenkins

Conforme Moretti & Toloi (1987), uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo.

De acordo com DeLurgio (1998) e Makridakis et al (1998), nenhum outro modelo de previsão univariável tem sido tão amplamente discutido quanto à construção dos modelos ARIMA, também sendo expresso como modelo auto-regressivo integrado de médias móveis. Este tipo de modelo econométrico foi desenvolvido inicialmente por G. P. Box e G. M. Jenkins. Segundo Box & Jenkins (1974) sua metodologia consiste em um modelo univariado, ou seja, que baseia em uma única série temporal. A metodologia Box & Jenkins parte do princípio de que os modelos podem ser construídos a partir da informação contida nos próprios dados.

O modelo auto-regressivo de ordem p – AR(p) é usado quando há autocorrelação entre as observações, ou seja, de acordo com Gujarati (2000), o processo auto-regressivo é usado quando o valor de uma variável n o período t depende de seu valor no período anterior ($t-1$) e de um termo aleatório. A forma geral do modelo auto-regressivo de p -ésima ordem, AR(p) pode ser definida como:

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + u_t \quad (4)$$

Onde u_t é um erro aleatório do tipo ruído branco. Sendo assim, o exemplo mais simples de um processo auto-regressivo é o chamado AR(1):

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

O modelo de média móvel de ordem q – MA(q) é usado quando há autocorrelação entre os resíduos, ou seja, existe uma relação de dependência entre o conjunto de erros em períodos passados (DELURGIO, 1998). O caso geral de um processo MA(q) é definido como:

$$y_t = \mu - \beta_1 u_{t-1} - \beta_2 u_{t-2} - \beta_3 u_{t-3} - \dots - \beta_q u_{t-q} + u_t \quad (6)$$

Onde μ é uma constante. O exemplo mais simples de um processo de média móvel é o chamado MA(1):

$$y_t = \mu + u_t - \beta_1 u_{t-1} \quad (7)$$

O modelo auto-regressivo de média móvel – ARMA(p,q) é usado quando há auto-correlação entre as observações e auto-correlação entre os resíduos. A forma geral de um modelo ARMA(p,q) é:

$$y_t = \theta + \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + u_t - \beta_1 u_{t-1} - \beta_2 u_{t-2} - \dots - \beta_q u_{t-q} \quad (8)$$

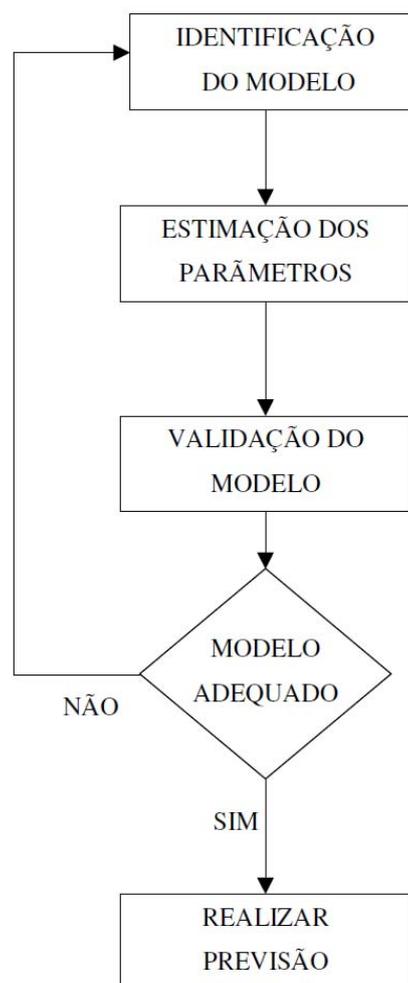
Onde θ é uma constante. O modelo mais simples é o ARMA(1,1):

$$y_t = \theta + \alpha_1 y_{t-1} + u_t - \beta_1 u_{t-1} \quad (9)$$

Os modelos AR, MA e ARMA são utilizados apenas para séries temporais estacionárias, que não tem raiz unitária. Porém, caso uma série seja não estacionária (tem raiz unitária), é possível diferenciá-lo d vezes, até torná-la estacionária, então, aplicar o modelo ARIMA (p,q). Esse é o chamado modelo ARIMA(p,d,q), que significa auto-regressivo integrado de média móvel.

Box e Jenkins (1976) formalizam a teoria da utilização de componentes auto-regressivos e de médias móveis na modelagem de séries temporais utilizando-se de duas idéias básicas na criação de sua metodologia de construção de modelos: a parcimônia que é a utilização do menor número possível de parâmetros para se obter uma representação adequada do fenômeno em estudo e a interatividade, ou seja, a informação empírica é analisada teoricamente e o resultado deste estágio é confrontado com a prática sucessivas vezes, até que o modelo obtido seja satisfatório. O resumo do fluxo dessa metodologia é apresentado a seguir:

Figura 3: Fluxograma da metodologia Box & Jenkins (PINTO, 2006)



3.5.1. Identificação do modelo

Primeiramente faz-se a preparação dos dados para atingir a estacionaridade, Makridakis et al (1998) e DeLugio (1998) sugerem a utilização dos seguintes procedimentos: projeção dos dados em gráficos para verificar a existência de algum padrão; ajustes como deflacionar ou logaritimizar, estabilizando a variância; usar a Função de Auto-correlação (FAC) e a Função Parcial de Auto-correlação (FACP) para verificar a existência de algum padrão nos dados da série; diferenciação dos dados para obter estacionaridade; examinar os FAC e FACP para identificar potenciais modelos, podendo ter ajuda de softwares especialistas.

A função auto-correlação deriva da função auto-variância e é definida como:

$$\rho_k = \gamma_k / \text{var}(x_t) \quad (10)$$

Onde $k = 0, 1, 2, \dots$ e ρ_k é uma medida padrão de dependência entre os intervalos de tempo (defasagem), onde, para todo k , $|\rho_k| \leq 1$.

A função auto-correlação parcial é definida como sendo o último termo auto-regressivo de um modelo AR(p):

$$AR(1) = y_t = \theta_1 y_{t-1} + u_t \quad (11)$$

$$AR(2) = y_t = \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + u_t \quad (12)$$

$$AR(p) = y_t = \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + u_t \quad (13)$$

Sendo assim, $\theta_1, \theta_2, \theta_p$ são os coeficientes de auto-correlação parcial. Para facilitar os cálculos para estimar-los, utilizam-se os próprios coeficientes de auto-correlação ρ_k . Considerando $K=1, 2, 3, \dots, p$ e $\rho_t = \rho_{-t}$, obtemos assim um sistema de equações conhecido como equações de Yule Walker:

$$\rho_1 = \theta_1 + \theta_2 \rho_1 + \dots + \theta_p \rho_{p-1} \quad (14)$$

$$\rho_2 = \theta_1 \rho_1 + \theta_2 + \dots + \theta_p \rho_{p-2} \quad (15)$$

$$\rho_p = \theta_1 \rho_{p-1} + \theta_2 \rho_{p-2} + \dots + \theta_p \quad (16)$$

Portanto, conhecendo o valor de p e as auto-correlações $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_p$, pode-se calcular os coeficientes das auto-correlação parcial através da matriz a seguir.

$$\begin{pmatrix} 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \dots & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \theta_{k1} \\ \theta_{k2} \\ \vdots \\ \theta_{kk} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_k \end{pmatrix} \quad (17)$$

A identificação do modelo deriva do comportamento da FAC e da FACP. Segundo Pinto (2006), a FAC decai exponencialmente para os modelos AR, sofre um corte brusco após a defasagem q para os modelos MA e decai exponencialmente após a defasagem q para o modelo ARMA, ou seja, analisando a FAC é possível identificar apenas o parâmetro q . a definição do parâmetro p é feita através da análise da FACP, que alias, só foi definida para essa finalidade. A FACP decai exponencialmente para os modelos MA, sofre um corte brusco após a defasagem p para os modelos AR e decai exponencialmente após a defasagem p para os modelos ARMA. A seguir, tem-se um quadro resumido das características das funções para os diversos processos:

Tabela 3: Comportamento da FAC e FACP nos modelos AR, MA e ARMA

	AR	MA	ARMA
Comportamento FAC	Decai exponencialmente	Corte brusco após a defasagem q	Decai exponencialmente após a defasagem q
Comportamento FACP	Corte brusco após a defasagem p	Decai exponencialmente	Decai exponencialmente após a defasagem p

Fonte: Pinto, 2006

Para melhor entendimento do quadro, temos em seguida exemplos dos gráficos das funções teóricas das FAC's, FACP's dos modelos AR(1), MA(1) e ARMA(1,1) extraídos de Brooks (2002).

Figura 4: Exemplo 1 de FAC e FACP do AR(1)

Modelo AR(1): exemplo 1

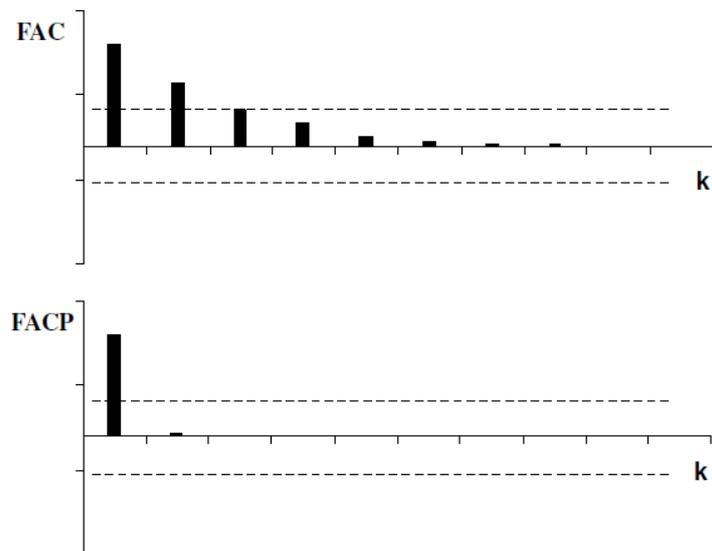


Figura 5: Exemplo 2 de FAC e FACP de AR(1)

Modelo AR(1): exemplo 2

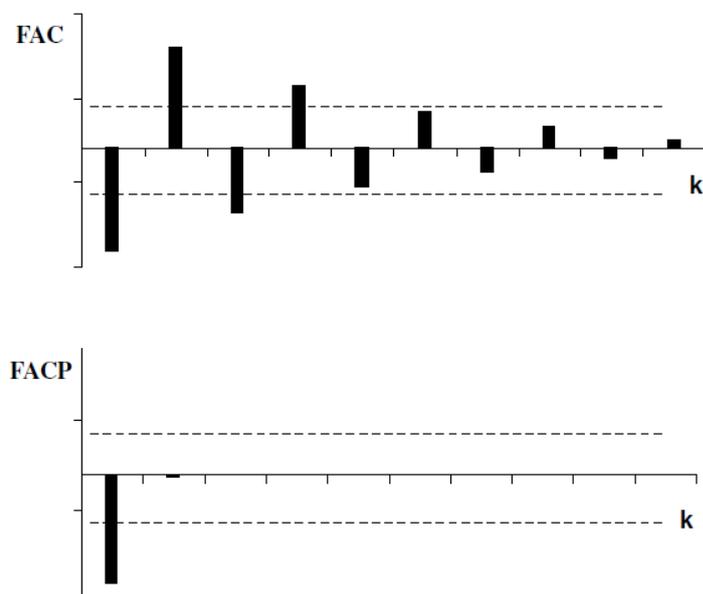


Figura 6: Exemplo 1 de FAC e FACP de MA(1)
Modelo MA(1): exemplo 1

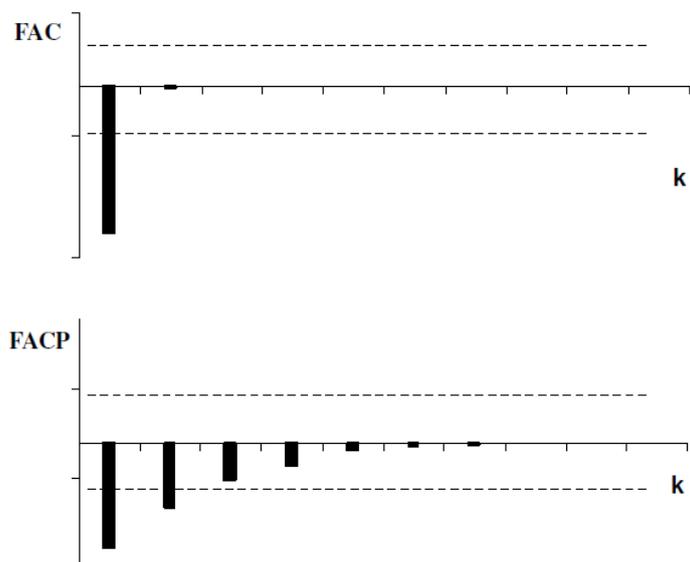


Figura 7: Exemplo 2 de FAC e FACP do MA(1)

Modelo MA(1): exemplo 2

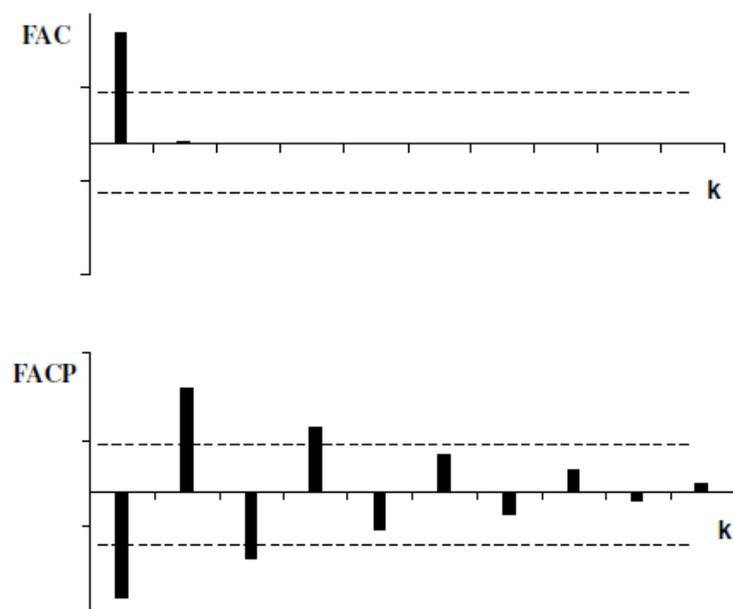


Figura 8: Exemplo 1 de FAC e FACP do ARMA(1,1)

Modelo ARMA (1,1): exemplo 1

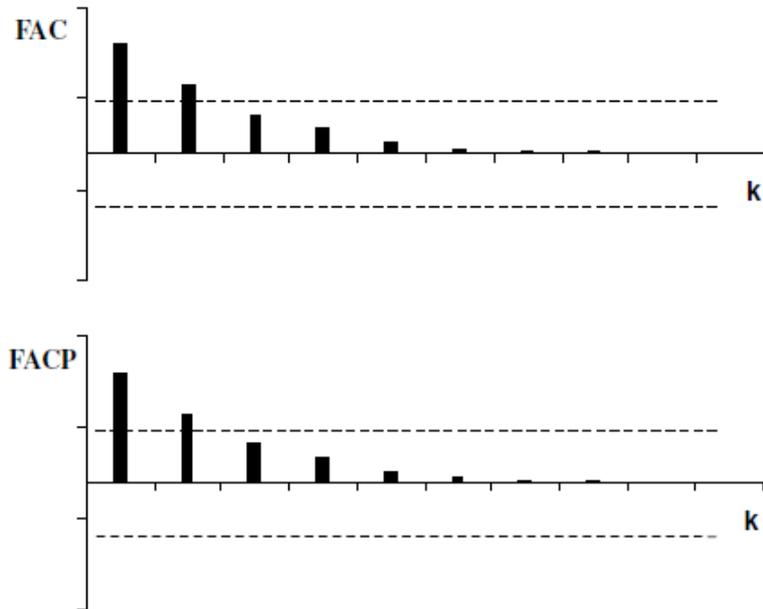
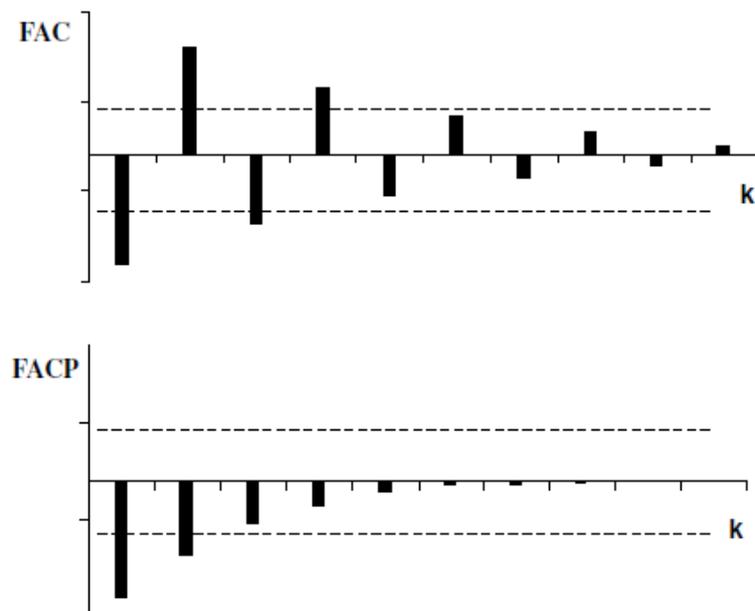


Figura 9: Exemplo 2 de FAC e FACP do ARMA(1,1)

Modelo ARMA (1,1): exemplo 2



No modelo ARIMA temos que definir o parâmetro d . Ele nada mais é do que o grau de diferenciação necessário para tornar os dados estacionários. Pela análise da FAC e da FACP a série é diferenciada até o grau d , de forma que os comportamentos das funções mencionadas sejam semelhantes a um dos pares de comportamento apresentados nas figuras anteriores. Uma vez conhecido o parâmetro d , podemos definir os parâmetros p e q do modelo ARIMA (p,d,q).

3.5.2. Estimação dos parâmetros

Segundo Bolfarine e Sandoval (2001), nessa fase é necessário definir os parâmetros α 's e β 's da equação de regressão. Os parâmetros auto-regressivos (α 's) são lineares, sendo mais simples de se estimar. Pode-se utilizar o método dos mínimos quadrados ordinários que consiste na obtenção dos parâmetros que minimize a soma das diferenças entre os pontos observados na amostra e os pontos estimados pela equação de regressão com os respectivos parâmetros ao quadrado. Já os parâmetros de média móvel β 's não são lineares, tornando a sua estimação mais difícil. Utiliza-se nesse caso o método da verossimilhança que consiste em encontrar estimadores que gerem valores que mais se assemelhem aos valores da amostra.

3.5.3. Validação do modelo

Nessa etapa estabelecemos critérios para escolher o melhor modelo dentre os possíveis. Considerando-se o princípio da parcimônia, já citado anteriormente, leva-se em consideração a menor quantidade de parâmetros a serem adicionados ao modelo, reduzindo-se os seus graus de liberdade. Entretanto ao se adicionar novos parâmetros, pode-se reduzir a soma do seu erro quadrático e melhorar o R^2 . Para melhor decidir qual modelo usar, utilizamos o critério do AIC (Akaike Information Criteria) e ou o SBC (Schawartz Bayesian Criterion), representados a seguir:

$$\text{AIC} = T \ln(\text{soma do quadrado dos resíduos}) + 2n \quad (18)$$

$$\text{SBC} = T \ln(\text{soma do quadrado dos resíduos}) + n \ln(T) \quad (19)$$

Onde T é o número total de observações e n é o número de parâmetros estimados (p, q, d, \dots). A regra de escolha é que o melhor modelo é aquela que apresentar o menor AIC e o menor SBC entre os candidatos (PINTO et al, 2008).

Outros testes são utilizados para saber a qualidade do modelo. Eles consistem em analisar as auto-correlações entre os resíduos encontrados. A estatística Q calculada por meio do teste de Box-Pierce (Portmanteau) ou pelo teste de Ljung-Box é verificada para testar se um determinado conjunto de auto-correlações de resíduos é estatisticamente diferente de zero. Essa estatística possui distribuição qui-quadrada, k graus de liberdade e são definidas como:

$$Q(k) = T \sum_{i=1}^k \rho_i^2 \quad (\text{Box-Pierce}) \quad (20)$$

$$Q(k) = T(T + 2) \sum_{i=1}^k \frac{\rho_i^2}{T-1} \quad (\text{Ljung e Box}) \quad (21)$$

Onde T é o número total de observações e as hipóteses são:

$$H_0 = \rho_1 = \dots = \rho_k = 0 \quad (22)$$

$$H_a = \rho_i \neq 0 \quad (23)$$

A interpretação de ambos os modelos é a mesma. Se o Q calculado for maior do que o Q tabelado para determinado nível de significância, não se aceita a hipótese nula H_0 de que os resíduos não são auto-correlacionados. Porém, isto implica em aceitar a hipótese alternativa H_a de que pelo menos uma auto-correlação é estatisticamente diferente de zero, ou seja, o erro não é ruído branco. No caso da aceitação da hipótese alternativa, rejeita-se o modelo.

3.5.4. Previsão

Utilizaremos o modelo Box & Jenkins para realizar previsões. Como a maior preocupação das previsões é a acurácia dos valores estimados, utilizaremos a medida do erro para testar a sua eficácia.

Uma medida bastante utilizada é a representação dos desvios em termos relativos. A forma mais direta desse tipo de representação, de acordo com Makridakis et al (1998), é apresentar os erros percentuais:

$$PE_t = \left[\frac{y_t - F_t}{F_t} \right] \times 100 \quad (24)$$

Onde F_t é o valor previsto de y no tempo t .

Essa equação não consegue medir o erro ao longo do tempo, apenas mede o erro percentual ao longo do tempo. Se os erros de cada instante forem simplesmente somados, os erros negativos irão compensar os erros positivos e o erro total seria muito baixo. Segundo Makridakis et al (1998) a solução é calcular a média dos valores absolutos dos erros percentuais (MAPE) com relação ao tamanho da amostra n :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |PE_t|}{n} \quad (25)$$

3.6. Ferramentas utilizadas

A coleta de dados foi feita através do programa Bloomberg.

O tratamento dos dados coletados e o cálculo da função log-normal dos retornos diários foram feitos com o auxílio da planilha eletrônica EXCEL.

Toda parte estatística, da metodologia Box & Jenkins e de aplicação dos testes foi feita com a ferramenta EVIEWS 5.0. No apêndice pode ser verificado o roteiro, passo a passo, dos procedimentos e testes realizados.

4 Resultados

4.1. Escolha da metodologia Box & Jenkins

Como foi visto no ítem 2.1.3 deste trabalho, com a análise histórica dos preços do cobre, conseguimos entender um pouco melhor como é regido este mercado. Foi dito que a série de preços do cobre tem como algumas das principais variáveis a oferta, a demanda, o crescimento mundial, os estoques do minério, e expectativas futuras.

Todas essas variáveis tem em comum a sua dependência com os valores passados. Este fato nos leva a crer que existe alguma relação com dos preços futuros do cobre com os seus preços passados, pois os preços passados dependiam dos mesmos fatores.

Além da dependência da série com os preços passados, todas as outras variáveis citadas a cima podem ser consideradas constantes em curto prazo. Para aumentar a oferta, por exemplo, considerando todo o ciclo de produção do cobre, desde os primeiros estudos de viabilidade da mina até o início da sua produção, demora-se alguns anos.

A escolha do modelo Box&Jenkins se encaixa justamente nessa situação, em que os valores futuros sofrem influência dos passados e as outras variáveis dependentes não se alteram significativamente no curto prazo, fazendo com que a série tenda a sua média histórica a curto prazo.

4.2. Normalidade

Utilizando-se o teste de Jarque-Bera com 99% de confiança, não se encontra indícios de normalidade. Entretanto, quando usamos os dados para a função log(retornos diários), uma melhora sensível foi sentida como pode-se observar no gráfico a seguir:

Figura 10: Histograma dos Preços da Commodity Cobre

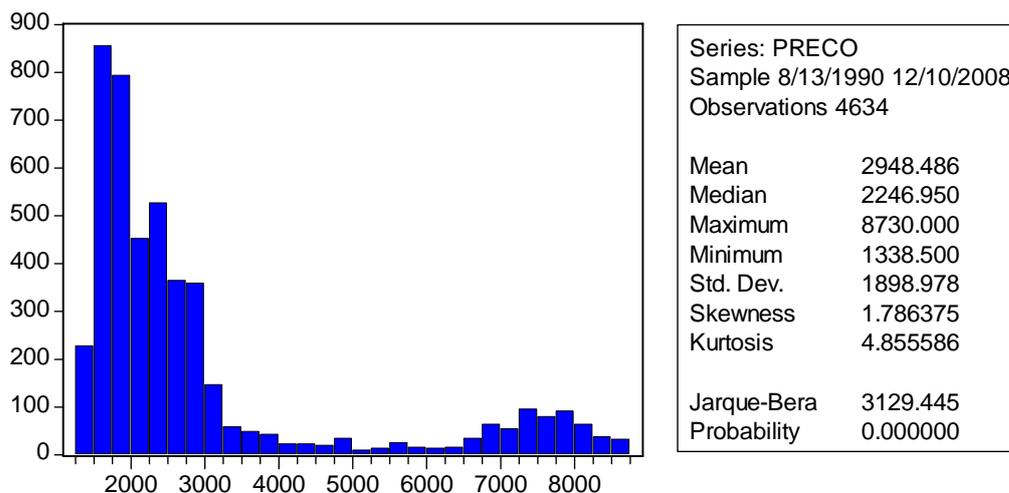
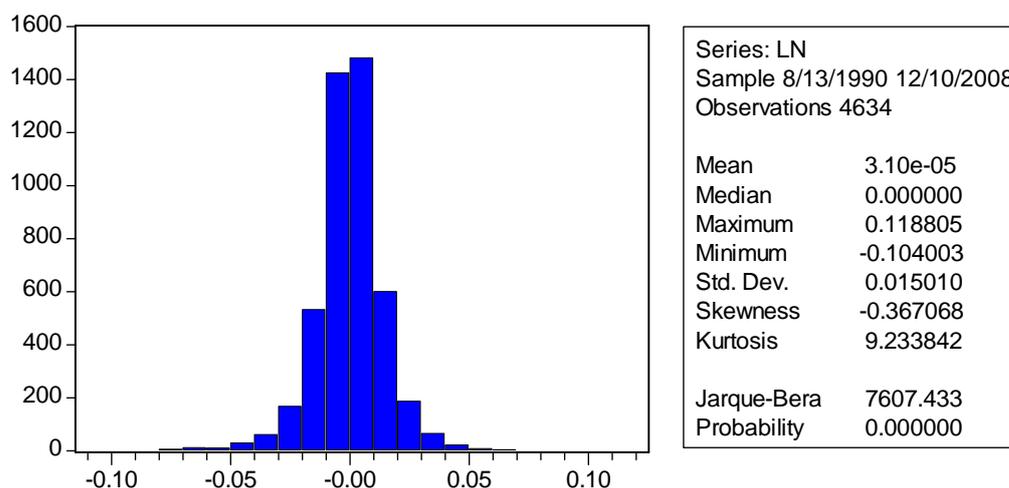


Figura 11: Histograma do Log dos Retornos Diários dos Preços do Cobre



Levando-se em consideração a probabilidade p muito próxima de zero, rejeitamos a hipótese nula de que a distribuição é normal em ambos os casos.

A aplicação da metodologia Box & Jenkins será feita, mesmo já tendo identificado que as séries não se comportam como uma normal. Como inconveniente, pode-se encontrar resultados de baixa qualidade. Entretanto, o impacto da violação desse pressuposto é mais intenso em modelos que levam em consideração o risco também, o que não acontece na metodologia Box & Jenkins. Além disso, o objetivo desse trabalho é testar a aplicabilidade do modelo Box & Jenkins, não sendo razoável interromper o estudo em função da não normalidade. Mesmo com essa restrição, algumas conclusões podem ser obtidas.

4.3. Estacionaridade

O teste de estacionaridade foi feito através do teste aumentado de Dickey-Fuller, também, acompanhado de seu p-valor, ou seja, a probabilidade da série apresentar uma raiz unitária. O intervalo de confiança adotado foi o mesmo do teste de normalidade, 99%.

Como no momento do teste, não é sabido qual o modelo auto-regressivo mais adequado para explicar o comportamento de cada série temporal, a defasagem utilizada foi escolhida automaticamente pelo Eviews 5.0 que utilizou o método SIC de escolha. Os resultados encontrados estão mostrados a seguir:

Figura 12: Teste Aumentado de Dickey-Fuller para a Série Ln dos Preços da Commodity Cobre

Null Hypothesis: LN has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=31)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-72.03138	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.431579	
5% level	-2.861968	
10% level	-2.567041	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LN)

Method: Least Squares

Date: 12/23/08 Time: 13:41

Sample (adjusted): 8/14/1990 12/10/2008
 Included observations: 4633 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN(-1)	-1.057275	0.014678	-72.03138	0.0000
C	3.24E-05	0.000220	0.147074	0.8831
R-squared	0.528388	Mean dependent var		6.97E-06
Adjusted R-squared	0.528286	S.D. dependent var		0.021824
S.E. of regression	0.014989	Akaike info criterion		-5.562575
Sum squared resid	1.040440	Schwarz criterion		-5.559795
Log likelihood	12887.71	F-statistic		5188.519
Durbin-Watson stat	2.001351	Prob(F-statistic)		0.000000

No teste ADF, a série analisada não apresentou a existência de uma raiz unitária, ou seja, a amostra pode ser considerada como estacionária. De acordo com Makridakis et al (1998), estacionaridade significa que não existe crescimento ou declínio da amostra ao longo do tempo, simplificando, os valores flutuam ao longo de uma média constante, independente do tempo.

4.4. Auto-correlação

Através da utilização do teste de Ljung-Box, analisamos a dependência entre os preços presentes e futuros com os seus valores passados. Foi considerado um intervalo de confiança de 95%. A seguir é mostrado o teste:

Figura 13: Teste de Ljung-Box

Date: 12/23/08 Time: 13:43

Sample: 8/13/1990 12/10/2008

Included observations: 4634

Autocorrelation		Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob	
				1	-0.056	-0.056	14.607	0.000
				2	-0.022	-0.025	16.804	0.000
				3	-0.015	-0.017	17.780	0.000
				4	0.049	0.047	29.068	0.000
				5	0.011	0.016	29.617	0.000
				6	0.020	0.024	31.512	0.000
				7	0.049	0.054	42.675	0.000
				8	0.011	0.016	43.230	0.000
				9	-0.031	-0.028	47.690	0.000
	*		*	10	0.075	0.072	73.707	0.000
				11	-0.001	0.001	73.711	0.000
				12	0.030	0.030	77.825	0.000
				13	0.002	0.008	77.840	0.000
				14	0.009	0.001	78.179	0.000
				15	0.007	0.007	78.410	0.000
				16	0.037	0.035	84.762	0.000
				17	-0.018	-0.022	86.308	0.000
				18	0.031	0.027	90.828	0.000
				19	0.003	0.006	90.858	0.000
				20	0.018	0.009	92.387	0.000
				21	0.013	0.018	93.170	0.000
				22	-0.019	-0.025	94.790	0.000
				23	0.001	-0.005	94.800	0.000
				24	-0.012	-0.016	95.520	0.000
				25	0.009	0.002	95.901	0.000
				26	-0.008	-0.015	96.217	0.000
				27	0.017	0.019	97.588	0.000
				28	0.006	0.002	97.771	0.000
				29	0.013	0.017	98.528	0.000
				30	-0.023	-0.022	101.10	0.000
				31	0.017	0.011	102.46	0.000
				32	0.004	0.005	102.52	0.000
				33	-0.007	-0.008	102.74	0.000
				34	0.008	0.008	103.00	0.000
				35	-0.007	-0.009	103.22	0.000
				36	0.016	0.016	104.48	0.000

Analisando o teste, percebe-se que existe auto-correlação a partir da primeira defasagem, ou seja, o valor imediatamente anterior influencia o preço seguinte. Em outras palavras, parte do preço de um determinado dia, depende, ou é explicado, pelo preço do cobre no dia anterior. A intensidade dessa correlação é de aproximadamente 6%, pequena, mas não desprezível.

O valor negativo da primeira defasagem explica a tendência de inversão da curva log-normal do preço no cobre. O valor futuro será positivo e irá se alternando na seqüência.

4.5. Escolha da melhor equação de regressão

Como na visualização do correlograma não conseguimos visualizar nada parecido com nenhum modelo. Não existem decaimentos exponenciais nem cortes bruscos as FAC e FACP, não sendo possível identificar o melhor modelo a ser aplicado. De acordo com a metodologia, deve-se diferenciar a série até que o correlograma apresente um comportamento que permita a identificação da regressão. Utilizaremos então, o correlograma da primeira derivada para esse fim, como é mostrado a seguir:

Figura 14: Correlograma da Primeira Derivada

Date: 12/23/08 Time: 13:43

Sample: 8/13/1990 12/10/2008

Included observations: 4633

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
****	****	1	-0.515	-0.515	1228.3	0.000
	***	2	0.012	-0.344	1228.9	0.000
	**	3	-0.028	-0.304	1232.7	0.000
	**	4	0.048	-0.212	1243.4	0.000
	*	5	-0.022	-0.183	1245.6	0.000
	*	6	-0.009	-0.182	1246.0	0.000
	*	7	0.031	-0.125	1250.4	0.000
	*	8	0.002	-0.073	1250.5	0.000
	*	9	-0.069	-0.160	1272.9	0.000
*	*	10	0.086	-0.076	1307.4	0.000
	*	11	-0.050	-0.096	1318.9	0.000
	*	12	0.030	-0.061	1323.2	0.000
		13	-0.019	-0.049	1324.9	0.000
		14	0.003	-0.052	1324.9	0.000
	*	15	-0.010	-0.066	1325.3	0.000
		16	0.038	-0.001	1332.1	0.000
		17	-0.050	-0.044	1343.5	0.000
		18	0.037	-0.014	1350.0	0.000
		19	-0.022	-0.014	1352.2	0.000
		20	0.010	-0.018	1352.7	0.000
		21	0.011	0.024	1353.2	0.000
		22	-0.027	-0.007	1356.6	0.000
		23	0.016	-0.004	1357.8	0.000
		24	-0.015	-0.026	1358.9	0.000
		25	0.018	-0.015	1360.4	0.000
		26	-0.018	-0.048	1361.9	0.000
		27	0.016	-0.032	1363.1	0.000
		28	-0.008	-0.048	1363.4	0.000
		29	0.021	-0.006	1365.5	0.000
		30	-0.037	-0.040	1371.9	0.000
		31	0.025	-0.034	1374.7	0.000
		32	-0.001	-0.020	1374.7	0.000
		33	-0.012	-0.037	1375.4	0.000
		34	0.013	-0.020	1376.2	0.000
		35	-0.016	-0.042	1377.5	0.000
		36	0.018	-0.026	1378.9	0.000

Analisando o correlograma, percebe-se que se trata de um modelo ARIMA, pois só é possível identificá-lo a partir da 1 derivada, logo o d é 1. Como na FAC acontece um corte brusco depois da defasagem q (1 também) e na FACP o comportamento decai exponencialmente ($p = 0$), concluímos que por essa análise o melhor modelo seria o ARIMA(0,1,1)

Para confirmar a afirmação anterior, faremos a regressão para os 6 modelos mais usuais e verificaremos o seu AIC. Os modelos são: AR(1); MA(1); ARMA(1,1); ARIMA(1,1,0); ARIMA(0,1,1); ARIMA(1,1,1). Os resultados completos estão expostos no anexo.

Para simplificar a análise, na tabela a seguir, encontram-se os valores de AIC de cada regressão:

Tabela 4: Valores de AIC e Raj^2 para os diferentes modelos

Modelo	AIC	Raj^2
AR(1)	-5,563	0,3%
MA(1)	-5,563	0,3%
ARMA(1,1)	-5,563	0,4%
ARIMA(1,1,0)	-6,551	62,9%
ARIMA(0,1,1)	-6,952	75,1%
ARIMA(1,1,1)	-6,953	75,2%

Com esta tabela concluímos que as regressões AR(1), MA(1) e ARMA(1,1) não são úteis para esse modelo. A regressão ARIMA (1,1,0) tem resultados medianos e os ARIMA(0,1,1) e ARIMA(1,1,1) conseguiram bons resultados de AIC e também de Raj^2 . Logo os resultados encontrados pelo correlograma e pelo AIC são semelhantes, pois ambos mostram o modelo ARIMA (0,1,1) como um dos mais indicados. Confirma-se assim, a teoria de Box & Jenkins no que diz respeito à seleção e identificação dos modelos. Concluímos que o AIC se apresentou como uma metodologia eficaz para a seleção do melhor modelo.

A identificação do modelo através dos correlogramas, também, se mostrou eficaz, entretanto, este processo pode ser bastante trabalhoso. Por exemplo, se estivéssemos analisando várias commodities, teríamos que fazer um correlograma para cada commodity com suas respectivas defasagens, se necessário.

Analisando o correlograma dos resíduos, não encontramos correlação serial entre eles, como é visto a seguir para o modelo ARIMA (0,1,1).

Figura 15: Correlograma dos Resíduos

Date: 12/23/08 Time: 14:15

Sample: 8/15/1990 12/10/2008

Included observations: 4632

Q-statistic
probabilities adjusted
for 2 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.001	-0.001	0.0066	
		2	-0.038	-0.038	6.7516	
		3	-0.001	-0.001	6.7535	0.009
		4	0.038	0.037	13.421	0.001
		5	0.027	0.027	16.848	0.001
		6	0.010	0.013	17.352	0.002
	*	7	0.064	0.066	36.210	0.000
		8	-0.000	-0.001	36.211	0.000
		9	-0.016	-0.013	37.395	0.000
		10	0.063	0.062	55.941	0.000
		11	0.015	0.008	56.918	0.000
		12	0.020	0.021	58.754	0.000
		13	0.014	0.015	59.641	0.000
		14	-0.001	-0.007	59.644	0.000
		15	0.018	0.016	61.189	0.000
		16	0.029	0.028	65.210	0.000
		17	-0.009	-0.019	65.625	0.000
		18	0.026	0.026	68.748	0.000
		19	0.010	0.008	69.258	0.000
		20	0.014	0.008	70.208	0.000
		21	0.020	0.020	72.038	0.000
		22	-0.022	-0.028	74.394	0.000
		23	0.003	-0.003	74.448	0.000
		24	-0.015	-0.016	75.472	0.000
		25	0.009	0.002	75.880	0.000
		26	-0.009	-0.015	76.241	0.000
		27	0.019	0.021	77.957	0.000
		28	0.006	-0.000	78.117	0.000
		29	0.015	0.018	79.098	0.000
		30	-0.024	-0.025	81.864	0.000
		31	0.019	0.016	83.528	0.000
		32	0.002	0.000	83.541	0.000
		33	-0.004	-0.005	83.635	0.000
		34	0.005	0.004	83.742	0.000
		35	-0.004	-0.005	83.803	0.000
		36	0.014	0.013	84.764	0.000

4.6. Box & Jenkins como modelo de previsão

Utilizou-se o modelo de previsão dentro da própria amostra já ajustada, tentando de certa forma conseguir os melhores resultados possíveis do modelo.

Como era de se esperar, o modelo Box & Jenkins sozinho, não se mostrou um bom previsor. Sendo ele apenas um componente de um modelo com outras variáveis. Utilizamos apenas um modelo de previsão para curto prazo, para as 8 últimas observações da amostra. Um modelo de longo prazo não teria muito sentido, já que o modelo voltará para a sua média, ficando constante depois. Através da tabela dos diferentes modelos e do seu MAPE a seguir, consegue-se visualizar melhor:

Tabela 5: MAPE de cada modelo de regressão

Modelo	MAPE
AR(1)	102
MA(1)	102
ARMA(1,1)	103
ARIMA(1,1,0)	51
ARIMA(0,1,1)	48
ARIMA(1,1,1)	46

Por essa tabela, vemos que o modelo Box & Jenkins não é muito útil para se calcular preços futuros com precisão devido ao alto valor do MAPE. Percebe-se também, que os três modelos ARIMA seriam os mais razoáveis levando-se em consideração o seu menor MAPE, confirmando a escolha do modelo pelo correlograma: ARIMA(0,1,1); e pelo AIC: ARIMA (0,1,1) e ARIMA(1,1,1). O modelo ARIMA (1,1,0) foi o terceiro melhor considerando-se o AIC. Os resultados completos desse teste encontram-se em anexo. Para melhor entendimento podemos comparar os valores reais com os valores previstos pelos modelos ARIMA através da tabela a seguir:

Tabela 6: Valores de previsão x valores reais dos modelos ARIMA

Data	Real	ARIMA(0,1,1)	ARIMA(1,1,0)	ARIMA(1,1,1)
12/01/2008	(0.008322)	-0.002208	-0.002208	-0.010328
12/02/2008	-0.009797	-0.007688	-0.007448	0.001831
12/03/2008	-0.031141	-0.013528	-0.014855	-0.021830
12/04/2008	-0.052424	-0.020287	-0.020082	-0.019051
12/05/2008	-0.069648	-0.025077	-0.027878	-0.039924
12/08/2008	0.083316	0.054055	0.048392	0.049848
12/09/2008	-0.035307	-0.044790	-0.056220	-0.026720
12/10/2008	0.032286	0.038524	0.044902	0.024452

Isso demonstra que apesar dos preços futuros serem dependentes do passado, os preços e erros passados, tão somente, não são capazes de prever os preços futuros. Sendo necessário, então, adicionar outras variáveis e componentes aos modelos ARIMA, para que se tenha um resultado mais satisfatório.

5 Conclusões

5.1. Considerações finais

O objetivo principal desse trabalho foi alcançado, uma vez que foi desenvolvido um estudo estatístico para melhor entender a série temporal dos preços da commodity cobre e esta série pode ser parcialmente explicada pela metodologia Box & Jenkins.

Os objetivos secundários também foram respondidos. Mostrou-se o porquê da escolha do modelo Box & Jenkins. No corpo da pesquisa foi visto que através do teste de Ljung-Box, existe a presença de auto-correlação dos valores passados com os futuros. Identificou-se os melhores modelos matemáticos capazes de testar a eficiência desta teoria como sendo o ARIMA (0,1,1) e (1,1,1). Foram buscados na literatura acadêmica estudos, com o objetivo de subsidiar a análise empírica realizada. Ao final do trabalho obtem-se resultados razoáveis nos modelos de previsão de séries futuras devido principalmente aos elevados erros percentuais MAPE pouco inferiores a 50%.

Avalia-se então, que o estudo cumpriu o papel a que se propôs, uma vez que conseguiu responder as questões apresentadas, atingindo seus objetivos finais. Para facilitar o entendimento e tentar fomentar o interesse dos leitores e pesquisadores do assunto, a metodologia foi descrita e aplicada de forma bastante clara. Espera-se que este estudo possa contribuir de alguma forma para o desenvolvimento de um modelo de precificação de commodities preciso e eficaz no futuro.

5.2. Trabalhos futuros

Como sugestões para futuros trabalhos existem uma infinidade de estudos que podem ser feitos com a finalidade de acrescentar e revelar novas conclusões sobre o assunto.

Alguma dessas sugestões podem ser estudos comparando o modelo Box & Jenkins utilizado nesse trabalho com o modelo aleatório mais amplamente estudado e aceitado para explicar a variação dos preços das commodities, comparando-se o seu AIC, R^2 e o MAPE.

Podem ser feitos estudos testando outras commodities e verificar se todas sofrem influência do seu preço passado. As commodities podem ser as mais variadas possíveis, tais como: petróleo, alumínio, café, celulose,...

Ainda utilizando o modelo Box & Jenkins, pode ser útil dividir a série estudada em séries menores, de 3 a cinco anos e analisar se em algum período esse modelo se torna mais preciso tanto para explicar a série passada como para prever a série futura.

Outras pesquisas podem ser feitas utilizando modelos de regressão multivariadas, nas quais se pode tentar achar regressões que melhor expliquem e prevejam a série de preços, usando-se algumas das outras variáveis que influenciam no preço das commodities, já citadas nesse estudo, como: estoques, oferta e demanda, produção, crescimento e expectativas (variável dummy) entre outras.

6 Bibliografia

ALBUQUERQUE, A. P.; MORAES, M. C. Modelagem Econométrica para a Previsão do Preço Futuro do Cacau: Abordagem ARIMA. **Revista Ciência Administração**, v.13, n.2, p.193 – 207, Nov, Fortaleza, 2007.

ALEXANDER, C.; CUNHA, L. M. S.; GANDRA, G. T. **O Cobre Brasileiro em Ascensão no Cenário Mundial**, BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 13, p. 65 – 94, mar 2001.

ANDRADE, M. M. **Introdução a Metodologia do Trabalho Científico**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

BERTI, L. C. **A Utilização de Modelos Ergonômicos para a Previsão do Preço da Celulose no Mercado Internacional**: Uma Comparação entre Modelos Univariados e Multivariados. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, Brasil, 2004.

BLOOMBERG.COM, EUA. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com>>. Acesso em: 13 dez 2008.

BONFARINE, H.; SANDOVAL, M. C. **Introdução a Inferência Estatística**, Coleção Matemática Aplicada – Sociedade Brasileira de Matemática, 2001.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time Series Analysis**, 3 ed., Prentice-Hall, Inc, 1994.

BRESSAN, A. A. Tomada de Decisão em Futuros Agropecuários com Modelos de Previsão de Séries Temporais. **RAE Eletrônica**, v. 3, n. 1, São Paulo, Brasil, jan 2004.

_____.; LIMA, J. E. Modelos de Previsão de Preços Aplicados aos Contratos Futuros de Boi Gordo na BM&F. **Revista Nova Economia**, Belo Horizonte, Brasil, jan, 2002.

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance**. Cambridge University Press. United Kingdom: 2002

CASTRO, A. S.; ROSSI JR., J. L. **Modelos de Previsão para a Exportação das Principais Commodities Brasileiras**. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. n. 716, abr 2000.

CHANG, E. C.; CHEN, C.; CHEN, S. Risk and Return in Copper, Platinum, and Silver Futures. **The Journal of Future Market**. v. 1, n 1, p. 29 – 39, fev. 1990.

CHOWDHURY, A. R. Futures Markets Efficiency: Evidence for Cointegration Test. **The Journal of Future Market**. v. 11, n. 5, p. 577 – 589, out 1991.

DeLURGIO, S. A. (1998). **Forecasting Principles and Applications**. 1st Edition. Singapore: McGraw-Hill. 802p

DNPM. **Departamento Nacional de Pesquisas Minerais**. Anuário Mineral Brasileiro 2008. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 23 dez 2008.

EDELSTEIN, D. **Metal Prices in the United States Through 1998 – Copper**. USGS Minerals Information Team. Special Publication, 1999.

FAMA, E. The Behavior of Stock Market Prices, **Journal of Business** 38, 1965.

_____.; FRENCH, K. R. Commodities Futures Prices: Some Evidence of Forecast Power, Premiums and Theory of Storage. **The Journal of Business**. v. 60, n. 1, jan 1987.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**, 3 ed., Pearson Education do Brasil, 2000.

HU, Z. **Time Series Forecasting Model for Chinese Future Marketing Prices of Copper and Aluminum**. Georgia States University, Estados Unidos, 2008.

ICSG - **INTERNACIONAL COPPER STUDY GROUP**. EUA. Disponível em: <<http://www.icsg.org>>. Acesso em: 11 de novembro de 2008.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYDMAN, R. J. (1998). **Forecasting Methods and Applications**. 3rd edition. New Jersey: John Wiley & Sons. 642p.

MANDELBROT, B. B. The Variation of Certain Speculative Prices. **The Journal of Business**. v. 36, n. 4, p. 394, out. 1963.

_____.; HUDSON, R. **Mercados Financeiros Fora de Controle: A Teoria dos Fractais Explicando o Comportamento dos Mercados**. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

MATIAS, M. A. **Análise do Comportamento de Preços da Commodity Cobre: Uma abordagem sobre a ótica da teoria dos fractais**. Dissertação de Mestrado. UnB, UFPB, UFPE, UFRN. Brasília, Brasil, 2006.

MCMILLAN, D. G.; SPEIGHT, A. E. H. **Non-ferrous Metals Price Volatility: A Component Analysis**. Resource Policy. v. 27, p. 199 – 207, 2001.

MEDEIROS, A. L. et al. **Modelagem ARIMA na previsão da arroba do boi gordo**. XLIV Congresso da SOBER, Fortaleza, Brasil, 2006.

MORETTIN & TOLOI. **Previsão de Séries Temporais**. Ed. Atual, 1987 (2a edição), São Paulo.

NYMEX - **New York Mercantile Exchange**. EUA. Disponível em: <<http://www.nymex.com>>. Acesso em: 22 dez. 2008.

PARANAPANEMA, S. A. **Mineração Caraíba**. Bahia, Brasil. Disponível em: <<http://paranapanema.com.br/caraiba>>. Acesso em 22 dez. 2008.

PINTO, A. L. A. et al. **Aplicação do Modelo ARIMA à Previsão do Preço das Commodities Agrícolas Brasileiras**, XLVI Congresso da SOBER, julho, 2008, Rio Branco, Brasil.

PINTO, R. B. **Finanças Comportamentais e Metodologia Box & Jenkins: Uma Aplicação no Mercado Brasileiro**. Dissertação de Mestrado. PUC-Rio. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

ROSA, M. E. Os Minerais e o Brasil. **Revista Ciência Online**. Ano II, n. 06, mar-mai. 2003. Disponível em: <<http://www.cienciaonline.org>>. Acesso em: 26 dez 2008.

THINK FINANCE. Disponível em: <<http://www.tinkfn.com>>. Acesso em: 27 dez. 2008.

TSAY, R. S. **Analysis of Financial Time Series**, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC. Dicionário. Santa Catarina, Brasil. Disponível em: <<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br>>. Acesso em: 23 dez. 2008.

Valor Econômico S/A. São Paulo: Globo: ano 8, n. 2172, fev. 2008.

WATKINS, C.; MCALEER, M. Econometric Modeling of Non-ferrous Metal Prices. **Journal of Economic Surveys**, v.18, n. 5, 2004.

7 Anexos

7.1. Série de dados

Devido ao tamanho exagerado da série de preços do cobre, não será mostrado aqui todos os dados, apenas os iniciais e finais para se poder acompanhar o item 7.2 e as previsões. Entretanto para maiores detalhes, pode-se obter a série completa nos programas Bloomberg, Economática, e no site da LME.

Tabela 7: Dados utilizados

Date	Preço	Retorno_In	Date	Preço	Retorno_In
13/08/1990	2862,70	0	05/11/2008	4070,00	-0,0552
14/08/1990	2837,70	-0,00877	06/11/2008	3805,00	-0,06733
15/08/1990	2839,60	0,000669	07/11/2008	3755,00	-0,01323
16/08/1990	2904,10	0,02246	10/11/2008	3875,00	0,031457
17/08/1990	2888,60	-0,00535	11/11/2008	3640,00	-0,06256
20/08/1990	2875,70	-0,00448	12/11/2008	3621,00	-0,00523
21/08/1990	2873,80	-0,00066	13/11/2008	3670,00	0,013441
22/08/1990	2872,30	-0,00052	14/11/2008	3820,00	0,040059
23/08/1990	2816,80	-0,01951	17/11/2008	3660,00	-0,04279
24/08/1990	2869,30	0,018467	18/11/2008	3750,00	0,024293
28/08/1990	2891,20	0,007604	19/11/2008	3590,00	-0,0436
29/08/1990	2828,00	-0,0221	20/11/2008	3480,00	-0,03112
30/08/1990	2868,20	0,014115	21/11/2008	3540,00	0,017094
31/08/1990	2856,60	-0,00405	24/11/2008	3750,00	0,057629
03/09/1990	2857,60	0,00035	25/11/2008	3695,00	-0,01478
04/09/1990	2834,00	-0,00829	26/11/2008	3755,00	0,016108
05/09/1990	2820,50	-0,00477	27/11/2008	3696,00	-0,01584
06/09/1990	2830,40	0,003504	28/11/2008	3620,00	-0,02078
07/09/1990	2866,50	0,012674	01/12/2008	3590,00	-0,00832
10/09/1990	2941,80	0,02593	02/12/2008	3555,00	-0,0098
11/09/1990	2940,90	-0,00031	03/12/2008	3446,00	-0,03114
12/09/1990	2941,40	0,00017	04/12/2008	3270,00	-0,05242
13/09/1990	2958,40	0,005763	05/12/2008	3050,00	-0,06965
14/09/1990	2911,70	-0,01591	08/12/2008	3315,00	0,083316
17/09/1990	2930,30	0,006368	09/12/2008	3200,00	-0,03531
18/09/1990	2836,00	-0,03271	10/12/2008	3305,00	0,032286

Fonte: Broomberg

7.2.

Roteiro dos testes estatísticos realizados no Eviews 5.0

Para facilitar o acompanhamento dos procedimentos e testes realizados, a seguir veremos o roteiro passo a passo.

- Importar a série de retorno_{ln} do preço do cobre:
Caminho: *File>Open>Foreign Datas as Workfile> Selecionar Arquivo em seguida selecionar a opção retorno_{ln}.*
- Teste de normalidade:
Caminho: *View>Descriptive Statistics> Histogram and Stats Table*
- Teste de estacionaridade:
Caminho: *View>Unit Root Test> Selecionar no campo Test Type a opção Augmented Dickey-Fuller.*
- Correlograma e Auto-correlação:
Caminho: *View>Correlogram>Selecionar a opção Level.*
- Correlograma da série diferenciada:
Caminho: *View>Correlogram>Selecionar a opção 1st difference.*
- Equações de regressão dos modelos ARIMA:
Caminho: *Quick> Estimate Equation.*
Preencher para AR(1) - ln ar(1); MA(1) – ln ma(1); ARMA(1,1) – ln ar(1) ma(1); ARIMA(1,1,0) – ln d(ln) ar(1); ARIMA(0,1,1) – ln d(ln) ma(1); ARIMA(1,1,1) – ln d(ln) ar(1) ma(1).
- Verificar a existência de auto-correlação dos resíduos:
Caminho: *View>Residual Test> Correlogram – Q – Statistics*
- Previsões:
Caminho: *Forecast>Preencher no campo Forecast Sample com o período desejado: 12/01/2008 12/10/2008.*

7.3. Resultado completo das regressões

Figura 16: AR(1):

Dependent Variable: LN
 Method: Least Squares
 Date: 12/23/08 Time: 13:51
 Sample (adjusted): 8/14/1990 12/10/2008
 Included observations: 4633 after adjustments
 Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.057272	0.014676	-3.902308	0.0001
R-squared	0.003273	Mean dependent var		3.10E-05
Adjusted R-squared	0.003273	S.D. dependent var		0.015012
S.E. of regression	0.014987	Akaike info criterion		-5.563002
Sum squared resid	1.040445	Schwarz criterion		-5.561612
Log likelihood	12887.70	Durbin-Watson stat		2.001349
Inverted AR Roots	-0.06			

Figura 17: MA(1)

Dependent Variable: LN
 Method: Least Squares
 Date: 12/23/08 Time: 13:52
 Sample: 8/13/1990 12/10/2008
 Included observations: 4634
 Convergence achieved after 5 iterations
 Backcast: 8/10/1990

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.059618	0.014671	-4.063538	0.0000
R-squared	0.003404	Mean dependent var		3.10E-05
Adjusted R-squared	0.003404	S.D. dependent var		0.015010
S.E. of regression	0.014985	Akaike info criterion		-5.563351
Sum squared resid	1.040307	Schwarz criterion		-5.561961
Log likelihood	12891.28	Durbin-Watson stat		1.996916
Inverted MA Roots	.06			

Figura 18: ARMA (1,1):

Dependent Variable: LN

Method: Least Squares

Date: 12/23/08 Time: 13:53

Sample (adjusted): 8/14/1990 12/10/2008

Included observations: 4633 after adjustments

Convergence achieved after 21 iterations

Backcast: 8/13/1990

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.211042	0.227628	0.927136	0.3539
MA(1)	-0.270511	0.224187	-1.206632	0.2276
R-squared	0.003687	Mean dependent var		3.10E-05
Adjusted R-squared	0.003472	S.D. dependent var		0.015012
S.E. of regression	0.014986	Akaike info criterion		-5.562987
Sum squared resid	1.040012	Schwarz criterion		-5.560206
Log likelihood	12888.66	Durbin-Watson stat		1.997105
Inverted AR Roots	.21			
Inverted MA Roots	.27			

Figura 19: ARIMA (1,1,0)

Dependent Variable: LN

Method: Least Squares

Date: 12/23/08 Time: 13:54

Sample (adjusted): 8/15/1990 12/10/2008

Included observations: 4632 after adjustments

Convergence achieved after 21 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN)	0.500312	0.005148	97.18947	0.0000
AR(1)	0.461047	0.014174	32.52854	0.0000
R-squared	0.628987	Mean dependent var		3.29E-05
Adjusted R-squared	0.628907	S.D. dependent var		0.015013
S.E. of regression	0.009146	Akaike info criterion		-6.550668
Sum squared resid	0.387258	Schwarz criterion		-6.547887
Log likelihood	15173.35	Durbin-Watson stat		1.682540
Inverted AR Roots	.46			

Figura 20: ARIMA (0,1,1)

Dependent Variable: LN

Method: Least Squares

Date: 12/23/08 Time: 13:56

Sample (adjusted): 8/14/1990 12/10/2008

Included observations: 4633 after adjustments

Convergence achieved after 18 iterations

Backcast: 8/13/1990

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN)	0.501786	0.000621	808.4859	0.0000
MA(1)	0.986673	0.003138	314.4112	0.0000
R-squared	0.751503	Mean dependent var		3.10E-05
Adjusted R-squared	0.751449	S.D. dependent var		0.015012
S.E. of regression	0.007484	Akaike info criterion		-6.951617
Sum squared resid	0.259397	Schwarz criterion		-6.948836
Log likelihood	16105.42	Durbin-Watson stat		2.078040

Inverted MA Roots -0.99

Figura 21: ARIMA (1,1,1)

Dependent Variable: LN

Method: Least Squares

Date: 12/23/08 Time: 13:57

Sample (adjusted): 8/15/1990 12/10/2008

Included observations: 4632 after adjustments

Convergence achieved after 17 iterations

Backcast: 8/14/1990

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN)	0.501734	0.000607	825.9077	0.0000
AR(1)	-0.040410	0.014950	-2.703040	0.0069
MA(1)	0.987896	0.003022	326.8687	0.0000
R-squared	0.751894	Mean dependent var		3.29E-05
Adjusted R-squared	0.751787	S.D. dependent var		0.015013
S.E. of regression	0.007480	Akaike info criterion		-6.952620
Sum squared resid	0.258969	Schwarz criterion		-6.948449
Log likelihood	16105.27	Durbin-Watson stat		2.002657

Inverted AR Roots -0.04

Inverted MA Roots -0.99

7.4. Gráficos das previsões para os modelos ARIMA

Figura 22: Previsão ARIMA(1,1,0)

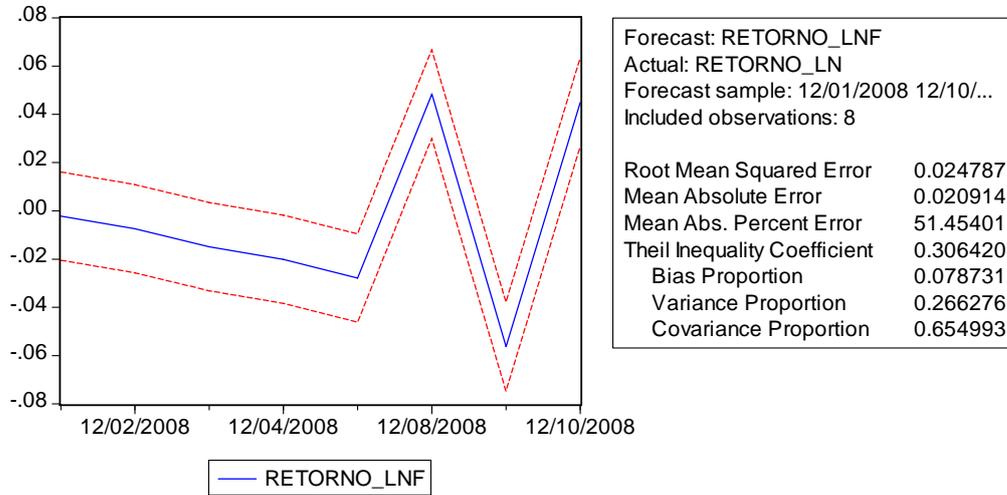


Figura 23: Previsão ARIMA(0,1,1)

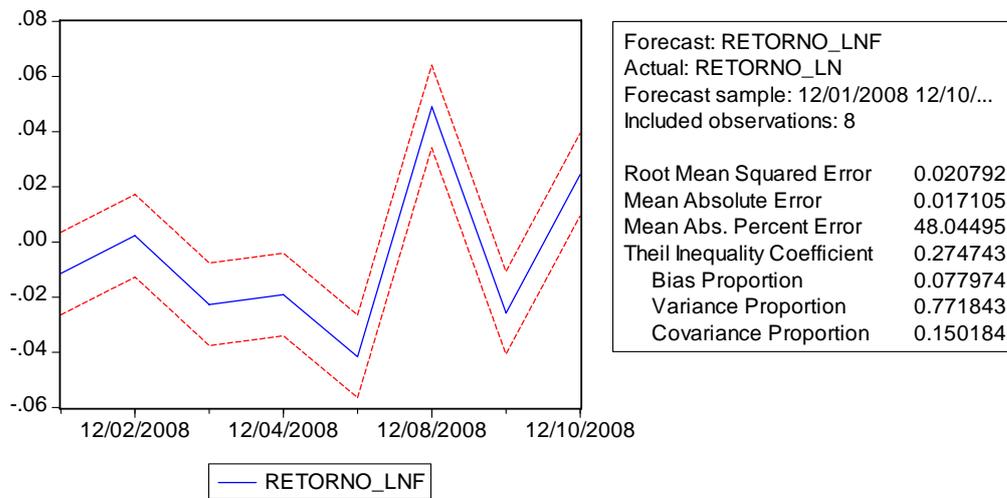
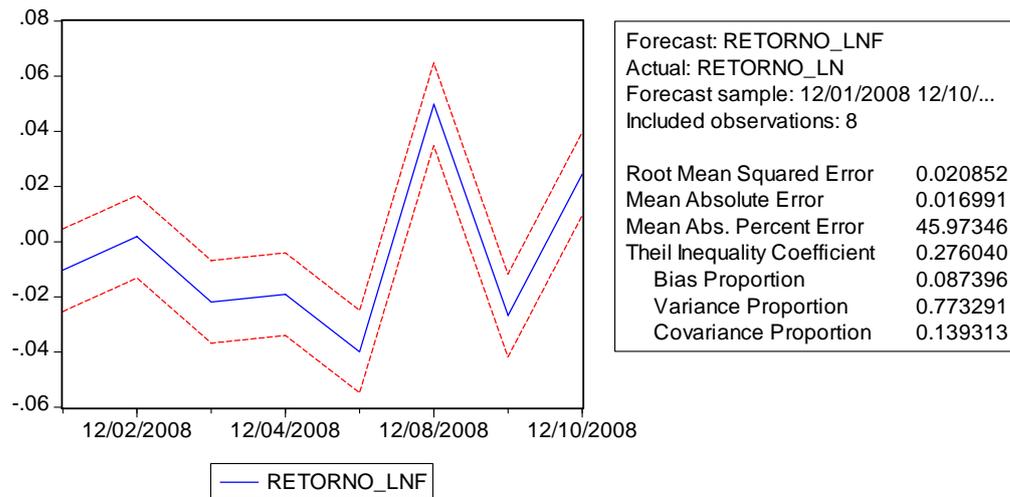


Figura 24: Previsão ARIMA(1,1,1)



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)