

Previsão de séries financeiras: uma aplicação da metodologia Box & Jenkins

Nayane Thais Krespi Musial

Anselmo Chaves Neto

Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia - PPGMNE

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Curitiba, Paraná, Brasil

nayanethais@ufpr.br

Resumo— Este estudo tem como objetivo prever o preço das ações da carteira teórica composta pelas empresas integrantes do IBrX-50 utilizando o modelo de séries temporais Box & Jenkins. Para isso pesquisou-se a literatura relacionada ao método de previsão, bem como aquela que tange o mercado acionário e seu mecanismo de funcionamento. Em relação aos procedimentos metodológicos foram pesquisadas 23 empresas componentes do índice IBrX-50 listadas na BM&FBovespa desde ao menos 2014. A variável utilizada em todas as análises foi o preço de fechamento da ação do último dia de cada mês (portanto dados mensais) e o período de análise corresponde aos anos de 2004 até 2014, sendo 10 anos (2004-2013) para análise e 2014 para realizar as previsões. De forma geral, pode-se verificar que o modelo apresentou previsões com erros médios quadráticos pequenos, mostrando-se satisfatório.

Palavras-chave—séries temporais; previsão; preço de ações.

I. INTRODUÇÃO

O mercado está todo o tempo fornecendo informações acerca do preço dos títulos negociados, objetivando garantir a transparência e equidade destas aos investidores. Logo, permeia essa divulgação, de forma indireta, informações sobre as perspectivas futuras da empresa, vista pelos olhos do mercado, já que esse tipo de informação sempre reflete no preço das ações negociadas [2].

Dentre as ideias que circundam o mercado acionário, a de diversificação parece a menos óbvia para investidores não experientes. Entretanto, conforme [6] afirma em sua teoria, o risco é um fator inerente às decisões de investimento e, portanto, deve-se diversificar esses investimentos com o intuito de diminuir os riscos da melhor forma possível. É nesse contexto que emerge a teoria dos portfólios, que é definida como uma carteira de títulos diversificados.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é prever o preço das ações da carteira teórica composta pelas empresas integrantes do IBrX-50 utilizando o modelo de séries temporais Box & Jenkins.

II. SÉRIES TEMPORAIS – METODOLOGIA BOX & JENKINS

Conforme definido por [7] “uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo.”. A

principal característica deste conjunto de dados é a dependência das observações vizinhas, por sua vez, o foco de interesse ao estudar séries temporais é justamente modelar esta dependência [4].

Sabe-se que modelo ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) e modelo Box & Jenkins são denominações sinônimas. Três etapas, realizadas por meio de um processo iterativo, podem ser utilizadas na construção de modelos ARIMA, sendo: identificação do modelo; estimação dos parâmetros do modelo; e verificação do modelo [7].

Os dados que compõem a série temporal são analisados e dessa forma, procede-se a identificação do modelo ARIMA a ser utilizado [1]. Existem diversos modelos dessa natureza, o que deixa a tarefa de identificar o modelo a ser utilizado não trivial.

Com o modelo já identificado, é necessário estimar seus parâmetros. Para essa estimação em modelos ARIMA, o método dos mínimos quadrados pode ser utilizado. Contudo, para os componentes MA, não existe uma maneira simples de se proceder a essa estimativa [5]. Ainda no que tange a estimação dos parâmetros, outro método bastante utilizado é o da máxima verossimilhança.

Após obter um modelo ajustado para a série temporal, precisa-se determinar a sua adequação e qual a necessidade de melhoria. Existe um método lógico que executa a verificação do modelo e utiliza o cálculo de resíduos ($e_t = z_t - \hat{z}_t$). Portanto, precisa-se examinar a função de autocorrelação dos resíduos (FAC) [1].

Caso o modelo obtido seja adequado, a FAC da amostra dos resíduos $r_e(k)$ não deve apresentar *lags* significativos para nenhum valor de k , que para este caso foram definidos com sendo os maiores que $n^{-1/2}$. Todavia, se este for o caso, os valores observados na série temporal z_t foram transformados em um processo de ruído aleatório e_t .

Os testes de Portmanteau são outra forma de verificar a significância. Ao contrário do teste anterior, este não considera os valores de $r_e(k)$ individualmente, mas sim o conjunto dos k primeiros $r_e(k)$'s. Estes testes apresentam (aproximadamente) uma distribuição Qui-quadrado e testam a hipótese de um conjunto de resíduos ser significativo. Os

testes de Portmanteau não são muito precisos e, portanto, devem ser utilizados apenas como um teste auxiliar [5].

Neste ponto da análise, já se conhece o melhor modelo para a série temporal de dados e, pode-se utilizá-lo com o intuito de gerar previsões de observações futuras. Ou seja, parte-se do período atual t , e supõe-se que se deseja prever a série em um período futuro, $\hat{z}_{t+k}$. Esta nova série representa a previsão para um período $t + k$ feita em t [1].

Na prática, a previsão para o período $t + k$ é construída a partir de sucessivas previsões para os períodos $t+1$, $t+2, \dots, t+k-1$. Neste caso, o valor de z_{t+j} , o qual não é conhecido no tempo t , deve ser substituído pela sua previsão $\hat{z}_{t+j}$. O valor de a_{t+j} , o qual é também desconhecido no tempo t , deve ser substituído por zero, e $a_{t-j} = z_{t-j} - \hat{z}_{t-j}$. Para o início da previsão assume-se que $a_{t-j} = 0$ para $t - j \leq 0$ [1].

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A população de pesquisa compreende todas as empresas que compunham o índice IBrX-50 da BM&FBovespa no 1º quadrimestre (janeiro – abril) de 2015, perfazendo um total de 50 empresas. Integram esse grupo empresas pertencentes aos diversos setores econômicos da bolsa.

Conforme a própria definição do índice IBrX-50, 50 empresas compõem a população da presente pesquisa. Por sua vez a amostra da pesquisa é composta por 23 empresas, as demais empresas foram retiradas da amostra por falta de dados disponíveis para análise.

Os dados utilizados na presente pesquisa foram obtidos por meio da base de dados Thomson. Para alguns esclarecimentos adicionais, foram também consultadas às demonstrações contábeis disponibilizadas no endereço eletrônico da BM&FBovespa. Por fim, o período de análise da variável de pesquisa é de 11 anos, iniciando em 2004 e findando em 2014. Dessa forma, cada empresa analisada terá 132 dados coletados, sendo 12 de cada ano multiplicado por 11 anos.

O software utilizado para a determinação do melhor modelo de série temporal a ser usado, e também para as previsões, foi o Statgraphics. Os modelos foram escolhidos na função de escolha automática desse software, que testa e compara diversos modelos, escolhendo o que melhor representa seus dados. As previsões foram realizadas na sequência, com o auxílio do mesmo programa, na função *forecasting*.

IV. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As Tabelas de I a XXIII mostram os resultados parciais obtidos na previsão do preço das ações do ano de 2014, mês a mês para cada empresa integrante da amostra.

A Tabela I trata dos resultados obtidos para a empresa BRADESCO pertencente ao setor Financeiro e Outros.

TABELA I. BRADESCO

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,1286	0,14331	-0,01469
Fevereiro	0,1344	0,12862	0,00576
Março	0,1538	0,13439	0,01945
Abril	0,1639	0,15384	0,01002
Maio	0,1539	0,16386	-0,00993
Junho	0,1581	0,15394	0,00421
Julho	0,1710	0,15815	0,01283
Agosto	0,2022	0,17098	0,03123
Setembro	0,1721	0,20221	-0,03008
Outubro	0,1846	0,17213	0,01243
Novembro	0,1958	0,18456	0,01123
Dezembro	0,1732	0,19579	-0,02256
Erro quadrático médio		0,0003064765	

Fonte: Dados da pesquisa.

Destaca-se que para a análise de séries temporais o modelo mais adequado foi o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio foi de 0,0003064765.

A Tabela II expõe os resultados que dizem respeito a empresa BRADESPAR, também pertencente ao setor Financeiro e Outros.

TABELA II. BRADESPAR

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,10927	0,12280	-0,01353
Fevereiro	0,10431	0,10583	-0,00152
Março	0,09614	0,10308	-0,00694
Abril	0,09424	0,09412	0,00012
Maio	0,09073	0,09376	-0,00304
Junho	0,09900	0,08986	0,00914
Julho	0,11278	0,10104	0,01174
Agosto	0,10000	0,11619	-0,01619
Setembro	0,08732	0,09684	-0,00952
Outubro	0,08140	0,08418	-0,00278
Novembro	0,07308	0,07994	-0,00686
Dezembro	0,06917	0,07102	-0,00185
Erro quadrático médio		0,0000729132	

Fonte: Dados da pesquisa.

No caso da empresa BRADESPAR o modelo de séries temporais que se mostrou mais adequado é o ARIMA (1,1,0) e o erro quadrático médio é de 0,0000729132.

A empresa BRASIL, componente do setor Financeiro e Outros, tem seus resultados expostos na Tabela III.

TABELA III. BRASIL

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,10221	0,11980	-0,01759
Fevereiro	0,10125	0,10221	-0,00095
Março	0,11178	0,10125	0,01053
Abril	0,11484	0,11178	0,00306
Mai	0,11163	0,11484	-0,00321
Junho	0,12206	0,11163	0,01043
Julho	0,13644	0,12206	0,01439
Agosto	0,17288	0,13644	0,03644
Setembro	0,12431	0,17288	-0,04857
Outubro	0,13649	0,12431	0,01218
Novembro	0,14612	0,13649	0,00962
Dezembro	0,11664	0,14612	-0,02947
Erro quadrático médio		0,0004627817	

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme a Tabela III, o melhor modelo de séries temporais é o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio é 0,0004627817.

Na Tabela IV encontram-se os resultados das previsões realizadas para a empresa BRASKEM pertencente ao setor de Materiais Básicos.

TABELA IV. BRASKEM

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,06962	0,08020	-0,01058
Fevereiro	0,06251	0,06962	-0,00712
Março	0,06757	0,06251	0,00506
Abril	0,05764	0,06757	-0,00992
Mai	0,05694	0,05764	-0,00070
Junho	0,05388	0,05694	-0,00306
Julho	0,05153	0,05388	-0,00236
Agosto	0,05464	0,05153	0,00311
Setembro	0,05614	0,05464	0,00150
Outubro	0,06401	0,05614	0,00787
Novembro	0,06486	0,06401	0,00085
Dezembro	0,05163	0,06486	-0,01323
Erro quadrático médio		0,0000459783	

Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se que o modelo mais adequado para a análise de séries temporais é o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio é 0,0000459783.

TABELA V. BRF S/A

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,21424	0,24436	-0,03013
Fevereiro	0,21263	0,21424	-0,00160
Março	0,22456	0,21263	0,01193
Abril	0,25063	0,22456	0,02607
Mai	0,23915	0,25063	-0,01148
Junho	0,26516	0,23915	0,02602
Julho	0,27569	0,26516	0,01053
Agosto	0,29774	0,27569	0,02206
Setembro	0,28942	0,29774	-0,00832
Outubro	0,32075	0,28942	0,03133
Novembro	0,33033	0,32075	0,00957
Dezembro	0,31549	0,33033	-0,01484
Erro quadrático médio		0,0003750075	

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela V mostra as previsões da empresa BRF S/A componente do setor de Consumo não Cíclico.

De acordo com a análise feita utilizando o método de séries temporais o melhor modelo para esta série é o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio que diz respeito a esse modelo é 0,0003750075.

TABELA VI. CCR S/A

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,07539	0,08657	-0,01118
Fevereiro	0,07810	0,07539	0,00271
Março	0,08481	0,07810	0,00672
Abril	0,08496	0,08481	0,00015
Mai	0,08556	0,08496	0,00060
Junho	0,08772	0,08556	0,00216
Julho	0,08692	0,08772	-0,00080
Agosto	0,09905	0,08692	0,01213
Setembro	0,08160	0,09905	-0,01744
Outubro	0,08997	0,08160	0,00837
Novembro	0,08596	0,08997	-0,00401
Dezembro	0,07474	0,08596	-0,01123
Erro quadrático médio		0,0000705589	

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela VI apresenta os resultados referentes a única empresa representante do setor de Construção e Transporte, CCR S/A.

Conforme resultados obtidos com a análise de séries temporais o modelo que melhor se adequa a esta série de dados é o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio encontrado é de 0,0000705589.

A empresa CEMIG, pertencente ao setor de Utilidade Pública, tem seus resultados expostos na Tabela VII.

TABELA VII. CEMIG

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,06732	0,06772	-0,00040
Fevereiro	0,06481	0,06732	-0,00251
Março	0,07393	0,06481	0,00912
Abril	0,08266	0,07393	0,00872
Mai	0,07559	0,08266	-0,00707
Junho	0,07840	0,07559	0,00281
Julho	0,09008	0,07840	0,01168
Agosto	0,09353	0,09008	0,00346
Setembro	0,07263	0,09353	-0,02090
Outubro	0,06882	0,07263	-0,00381
Novembro	0,06807	0,06882	-0,00075
Dezembro	0,06336	0,06807	-0,00471
Erro quadrático médio		0,0000705100	

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme exposto na Tabela VII, o erro quadrático médio obtido pela análise univariada de séries temporais é de 0,0000705100 e o modelo mais adequado é o ARIMA (0,1,0).

A Tabela VIII expõe os resultados obtidos para a empresa CIA HERING pertencente ao setor de Consumo Cíclico.

TABELA VIII. CIA HERING

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,13183	0,15074	-0,01891
Fevereiro	0,12231	0,12756	-0,00526
Março	0,13474	0,12853	0,00620
Abril	0,11559	0,13375	-0,01816
Mai	0,10652	0,11148	-0,00496
Junho	0,10897	0,11252	-0,00355
Julho	0,10336	0,10639	-0,00303
Agosto	0,13779	0,10515	0,03265
Setembro	0,12181	0,14311	-0,02131
Outubro	0,12281	0,10703	0,01578
Novembro	0,12005	0,13888	-0,01883
Dezembro	0,09900	0,10416	-0,00517
Erro quadrático médio		0,0002458164	

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a análise de séries temporais realizada, o melhor modelo é o ARIMA (1,1,2) com erro quadrático médio respectivo de 0,0002458164.

A empresa GERDAU, pertencente ao setor de Materiais Básicos, é aquela cujos resultados estão expostos na Tabela IX.

TABELA IX. GERDAU

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,08346	0,08971	-0,00626
Fevereiro	0,06987	0,08244	-0,01256
Março	0,07028	0,06755	0,00272
Abril	0,06451	0,07034	-0,00583
Mai	0,06431	0,06353	0,00078
Junho	0,06236	0,06428	-0,00192
Julho	0,06441	0,06202	0,00239
Agosto	0,06246	0,06476	-0,00231
Setembro	0,05654	0,06212	-0,00558
Outubro	0,05308	0,05553	-0,00245
Novembro	0,05213	0,05249	-0,00036
Dezembro	0,04551	0,05197	-0,00645
Erro quadrático médio		0,0000277242	

Fonte: Dados da pesquisa.

Destaca-se que o modelo que mais se adequa a esta série de tempo é o ARIMA (1,1,0) e seu erro quadrático médio encontrado em relação a precisão das previsões é de 0,0000277242.

A Tabela X mostra os resultados obtidos para a empresa ITAUSA, integrante do setor Financeiro e Outros.

TABELA X. ITAUSA

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,13549	0,14035	-0,00486
Fevereiro	0,13980	0,13549	0,00431
Março	0,15198	0,13980	0,01218
Abril	0,16516	0,15198	0,01318
Mai	0,15654	0,16516	-0,00862
Junho	0,15774	0,15654	0,00120
Julho	0,17343	0,15774	0,01569
Agosto	0,19980	0,17343	0,02637
Setembro	0,16727	0,19980	-0,03253
Outubro	0,18170	0,16727	0,01444
Novembro	0,19098	0,18170	0,00927
Dezembro	0,17093	0,19098	-0,02005
Erro quadrático médio		0,0002613462	

Fonte: Dados da pesquisa.

No caso da empresa ITAUSA o melhor modelo para as previsões obtidas a partir da análise da série temporal é o ARIMA (0,1,0) e seu erro quadrático médio é de 0,0002613462.

Na Tabela XI evidenciam-se os resultados obtidos com as previsões feitas para a empresa ITAUUNIBANCO também pertencente ao setor Financeiro e Outros.

TABELA XI. ITAU UNIBANCO

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,03584	0,03805	-0,00221
Fevereiro	0,03619	0,03584	0,00035
Março	0,03965	0,03619	0,00346
Abril	0,04216	0,03965	0,00251
Mai	0,04030	0,04216	-0,00185
Junho	0,04105	0,04030	0,00075
Julho	0,04506	0,04105	0,00401
Agosto	0,05213	0,04506	0,00707
Setembro	0,04396	0,05213	-0,00817
Outubro	0,04707	0,04396	0,00311
Novembro	0,05003	0,04707	0,00296
Dezembro	0,04456	0,05003	-0,00546
Erro quadrático médio		0,0000173567	

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a análise univariada de séries temporais o melhor modelo para estes dados é o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio encontrado é de 0,0000173567.

É na Tabela XII que se apresenta os resultados referentes a empresa KLABIN S/A, que compõe o setor de Materiais Básicos.

TABELA XII. KLABIN S/A

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,00987	0,00980	0,00007
Fevereiro	0,00912	0,00989	-0,00077
Março	0,00917	0,00898	0,00019
Abril	0,00902	0,00918	-0,00016
Mai	0,00847	0,00899	-0,00052
Junho	0,00847	0,00837	0,00010
Julho	0,00877	0,00847	0,00030
Agosto	0,00882	0,00883	-0,00001
Setembro	0,00937	0,00883	0,00054
Outubro	0,00962	0,00948	0,00015
Novembro	0,01098	0,00967	0,00131
Dezembro	0,01193	0,01123	0,00070
Erro quadrático médio		0,0000002950	

Fonte: Dados da pesquisa.

Para esta série de dados de tempo, o modelo mais adequado é o ARIMA (1,1,0) e seu respectivo erro quadrático médio é de 0,0000002950.

TABELA XIII. LOJAS AMERIC

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,05644	0,06055	-0,00411
Fevereiro	0,05554	0,05644	-0,00090
Março	0,06456	0,05554	0,00902
Abril	0,06521	0,06456	0,00065
Mai	0,06411	0,06521	-0,00110
Junho	0,06817	0,06411	0,00406
Julho	0,06992	0,06817	0,00175
Agosto	0,07689	0,06992	0,00697
Setembro	0,06712	0,07689	-0,00977
Outubro	0,07078	0,06712	0,00366
Novembro	0,08231	0,07078	0,01153
Dezembro	0,08391	0,08231	0,00160
Erro quadrático médio		0,0005608129	

Fonte: Dados da pesquisa.

A empresa LOJAS AMERIC, pertencente ao setor de Consumo Cíclico, tem seus resultados expostos na Tabela XIII.

A análise realizada por meio de séries temporais evidenciou que o melhor modelo para os dados é o ARIMA (0,1,0) e seu respectivo erro quadrático médio é de 0,0005608129.

A Tabela XIV é responsável por apresentar os resultados referentes a empresa OI que pertence ao setor de Telecomunicações.

TABELA XIV. OI

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,20652	0,17744	0,02907
Fevereiro	0,17744	0,20652	-0,02907
Março	0,15389	0,17744	-0,02356
Abril	0,10476	0,15389	-0,04912
Mai	0,09474	0,10476	-0,01003
Junho	0,09524	0,09474	0,00050
Julho	0,07118	0,09524	-0,02406
Agosto	0,07018	0,07118	-0,00100
Setembro	0,08471	0,07018	0,01454
Outubro	0,06266	0,08471	-0,02206
Novembro	0,06667	0,06266	0,00401
Dezembro	0,04065	0,06667	-0,02602
Erro quadrático médio		0,0000344399	

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme os resultados obtidos com a análise dos dados por meio de séries temporais o melhor modelo para estes dados é o ARIMA (0,1,0) e o erro quadrático médio é de 0,0000344399.

Na Tabela XV expõe-se os resultados obtidos para a empresa PETROBRAS, que é a única representante do setor de Petróleo, Gás e Biocombustíveis.

TABELA XV. PETROBRAS

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,06652	0,07764	-0,01113
Fevereiro	0,06261	0,06652	-0,00391
Março	0,07248	0,06261	0,00987
Abril	0,07584	0,07248	0,00336
Mai	0,07639	0,07584	0,00055
Junho	0,07890	0,07639	0,00251
Julho	0,08767	0,07890	0,00877
Agosto	0,10847	0,08767	0,02080
Setembro	0,08396	0,10847	-0,02451
Outubro	0,07093	0,08396	-0,01303
Novembro	0,05840	0,07093	-0,01253
Dezembro	0,04556	0,05840	-0,01283
Erro quadrático médio		0,0001547089	

Fonte: Dados da pesquisa.

Neste caso, a análise dos dados realizada por meio de análise de séries temporais mostra que o modelo mais adequado é o ARIMA (0,1,0) e seu respectivo erro quadrático médio é de 0,0001547089.

A empresa SABESP, pertencente ao setor de Utilidade Pública, tem seus resultados expostos na Tabela XVI.

TABELA XVI. SABESP

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,05358	0,07338	-0,01979
Fevereiro	0,04877	0,04867	0,00010
Março	0,04682	0,04729	-0,00048
Abril	0,04040	0,04622	-0,00582
Mai	0,04055	0,03843	0,00212
Junho	0,04461	0,04060	0,00401
Julho	0,05489	0,04586	0,00903
Agosto	0,04672	0,05804	-0,01133
Setembro	0,04110	0,04421	-0,00310
Outubro	0,03885	0,03938	-0,00053
Novembro	0,02787	0,03815	-0,01028
Dezembro	0,02546	0,02450	0,00097
Erro quadrático médio		0,0000644103	

Fonte: Dados da pesquisa.

O modelo ARIMA (1,1,0) se mostrou mais adequado a este conjunto de dados em relação a análise de séries temporais, e o erro quadrático médio encontrado é de 0,0000644103.

A Tabela XVII expõe os resultados que dizem respeito a empresa SID NACIONAL, pertencente ao setor de Materiais Básicos.

TABELA XVII. SID NACIONAL

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,10907	0,13013	-0,02105
Fevereiro	0,10526	0,10907	-0,00381
Março	0,10326	0,10526	-0,00201
Abril	0,10336	0,10326	0,00010
Mai	0,10667	0,10336	0,00331
Junho	0,11554	0,10667	0,00887
Julho	0,09820	0,11554	-0,01734
Agosto	0,10471	0,09820	0,00652
Setembro	0,09664	0,10471	-0,00807
Outubro	0,09469	0,09664	-0,00195
Novembro	0,09378	0,09469	-0,00090
Dezembro	0,08276	0,09378	-0,01103
Erro quadrático médio		0,0000905035	

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise que utilizou a técnica de séries temporais resultou no modelo ARIMA (0,1,0) como o mais adequado a este conjunto de dados, e respectivo erro quadrático médio de 0,0000905035.

Na Tabela XVIII mostram-se os resultados oriundos da análise realizada com os dados da empresa SOUZA CRUZ que compõe o setor de Consumo não Cíclico.

TABELA XVIII. SOUZA CRUZ

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,10381	-0,00040	0,10381
Fevereiro	0,09991	-0,00046	0,09991
Março	0,10119	-0,00044	0,10119
Abril	0,09996	-0,00046	0,09996
Mai	0,11280	-0,00027	0,11280
Junho	0,11191	-0,00028	0,11191
Julho	0,10346	-0,00040	0,10346
Agosto	0,10297	-0,00041	0,10297
Setembro	0,09675	-0,00051	0,09675
Outubro	0,09833	-0,00048	0,09833
Novembro	0,10070	-0,00045	0,10070
Dezembro	0,09487	-0,00053	0,09487
Erro quadrático médio		0,0000001854	

Fonte: Dados da pesquisa.

Neste caso, o erro quadrático médio obtido com a análise dos dados por meio de séries temporais foi de 0,0000001854 e o modelo que forneceu esse erro foi o ARIMA (0,1,0).

A empresa SUZANO PAPEL, pertencente ao setor de Materiais Básicos, tem seus resultados expostos na Tabela XIX.

TABELA XIX. SUZANO PAPEL

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,04521	0,04458	0,00063
Fevereiro	0,04201	0,04551	-0,00350
Março	0,03950	0,04134	-0,00184
Abril	0,03393	0,03898	-0,00504
Mai	0,03794	0,03278	0,00517
Junho	0,03955	0,03878	0,00077
Julho	0,04160	0,03988	0,00172
Agosto	0,04216	0,04203	0,00012
Setembro	0,04682	0,04227	0,00455
Outubro	0,04992	0,04779	0,00214
Novembro	0,05203	0,05057	0,00146
Dezembro	0,05388	0,05247	0,00142
Erro quadrático médio		0,0000084258	

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a empresa SUZANO PAPEL, a análise de séries temporais forneceu como modelo mais adequado o ARIMA (1,1,0) e o erro quadrático médio de 0,0000084258.

TABELA XX. TELEF BRASIL

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,22742	0,22221	0,00521
Fevereiro	0,21293	0,22742	-0,01449
Março	0,23825	0,21293	0,02531
Abril	0,23228	0,23825	-0,00596
Mai	0,22181	0,23228	-0,01048
Junho	0,22306	0,22181	0,00125
Julho	0,22607	0,22306	0,00301
Agosto	0,23734	0,22607	0,01128
Setembro	0,24010	0,23734	0,00276
Outubro	0,25118	0,24010	0,01108
Novembro	0,26070	0,25118	0,00952
Dezembro	0,23233	0,26070	-0,02837
Erro quadrático médio		0,0001822383	

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela XX evidencia os resultados referentes a empresa TELEF BRASIL, integrante do setor de Telecomunicações.

O modelo de análise de séries temporais mais adequado para este conjunto de dados é o ARIMA (0,1,0) com erro quadrático médio de 0,0001822383.

TABELA XXI. TIM PART S/A

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,06085	0,05930	0,00155
Fevereiro	0,05494	0,06085	-0,00591
Março	0,05689	0,05494	0,00195
Abril	0,05815	0,05689	0,00125
Maio	0,05845	0,05815	0,00030
Junho	0,06226	0,05845	0,00381
Julho	0,05774	0,06226	-0,00451
Agosto	0,06040	0,05774	0,00266
Setembro	0,06211	0,06040	0,00170
Outubro	0,06501	0,06211	0,00291
Novembro	0,05995	0,06501	-0,00506
Dezembro	0,05654	0,05995	-0,00341
Erro quadrático médio		0,0000111174	

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela XXI estão expostos os resultados que dizem respeito a empresa TIM PART S/A, pertencente ao setor de Telecomunicações.

O modelo de análise de séries de tempo mais adequado a este conjunto de dados é o ARIMA (0,1,0) e seu respectivo erro quadrático médio é 0,0000111174.

A empresa USIMINAS, pertencente ao setor de Materiais Básicos, tem seus resultados apresentados na Tabela XXII.

TABELA XXII. USIMINAS

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,05714	0,07166	-0,01452
Fevereiro	0,04647	0,05328	-0,00682
Março	0,04877	0,04291	0,00586
Abril	0,04120	0,04954	-0,00834
Maio	0,03704	0,03868	-0,00164
Junho	0,03549	0,03566	-0,00017
Julho	0,03784	0,03497	0,00287
Agosto	0,03800	0,03863	-0,00063
Setembro	0,02942	0,03805	-0,00862
Outubro	0,02607	0,02657	-0,00050
Novembro	0,02356	0,02495	-0,00139
Dezembro	0,02281	0,02272	0,00008
Erro quadrático médio		0,0000000000	

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com os resultados expostos na Tabela XXII, o modelo utilizado para realizar a previsão desse conjunto de dados, ARIMA (1,1,0), foi bastante eficiente, dado que o erro médio quadrático ficou zerado.

Na Tabela XXIII a empresa VALE, componente do setor de Materiais Básicos, tem seus resultados expostos.

TABELA XXIII. VALE

Mês/2014	Preço Observado	Preço Previsto	Diferença
Janeiro	0,14787	0,16150	-0,01363
Fevereiro	0,14331	0,14518	-0,00187
Março	0,13960	0,14241	-0,00281
Abril	0,12993	0,13887	-0,00895
Maio	0,12602	0,12802	-0,00201
Junho	0,12957	0,12525	0,00433
Julho	0,14351	0,13027	0,01324
Agosto	0,12767	0,14625	-0,01858
Setembro	0,11669	0,12456	-0,00786
Outubro	0,10551	0,11454	-0,00902
Novembro	0,09774	0,10332	-0,00557
Dezembro	0,09388	0,09622	-0,00233
Erro quadrático médio		0,0000833240	

Fonte: Dados da pesquisa.

O modelo de séries temporais mais adequado a este conjunto de dados é o ARIMA (0,1,0) e seu respectivo erro quadrático médio é 0,0000833240.

A Tabela XXIV apresenta o ranking dos erros quadráticos médios das 23 empresas pesquisadas.

TABELA XXIV. RANKING DOS EQM

Empresa	Erro quadrático médio
Usiminas	0.0000000000
Suzano Papel	0.0000001854
Klabin S/A	0.0000002950
Tim Part S/A	0.0000111174
ItauUnibanco	0.0000173567
Gerdau	0.0000277242
OI	0.0000344399
Braskem	0.0000459783
Souza Cruz	0.0000474743
SABESP	0.0000644103
CEMIG	0.0000705100
CCR S/A	0.0000705589
Bradespar	0.0000729132
Vale	0.0000833240
Sid Nacional	0.0000905035
Petrobras	0.0001547089
Telef Brasil	0.0001822383
Cia Hering	0.0002458164
Itausa	0.0002613462
Bradesco	0.0003064765
BRF S/A	0.0003750075
Brasil	0.0004627817
Lojas Americ	0.0005608129

Fonte: Dados da pesquisa.

Como é possível verificar na Tabela XXIV os erros quadráticos médios são valores pequenos, mostrando que o modelo Box & Jenkins é eficiente para esse tipo de previsão. Destaque para empresa Usiminas, que apresentou erro quadrático médio com valor significativo após a décima casa decimal.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo prever o preço das ações da carteira teórica composta pelas empresas integrantes do IBrX-50 utilizando o modelo de séries temporais Box & Jenkins. Para tanto utilizou-se 23 empresas que estavam listadas na BM&FBovespa desde ao menos 2004. A variável analisada é o preço de fechamento da ação do último dia útil de cada mês.

Como resultado encontrou-se erros quadráticos médios bastante pequenos, evidenciando a eficiência do modelo Box & Jenkins para a previsão desse tipo de informação. Vale destacar a empresa Usiminas que teve erro quadrático médio praticamente zerado, sendo o melhor resultado encontrado.

Para trabalhos futuros sugere-se ampliar a quantidade de empresas pesquisadas e o período de análise. É possível ainda utilizar outros métodos para fazer a previsão, como os modelos ARCH/GARCH e Redes Neurais de Elman, que são redes de camada recorrente.

REFERÊNCIAS

- [1] G. E. P. Box, G. Jenkins, G. C. Reinsel, "Time Series Analysis", New Jersey: Prentice Hall, 2008.
- [2] A. L. Bruni, "Risco e equilíbrio: uma análise do modelo de precificação de ativos financeiros na avaliação de ações negociadas na Bovespa" (1988-1996). 1998. 163 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- [3] J. Downes, J. E. Godman, "Dicionário de termos financeiros e de investimento", São Paulo: Nobel, 1993.
- [4] R. S. Ehlers, "Análise de Séries Temporais. Departamento de Estatística", UFPR, 2005. Disponível em < <http://www.icmc.usp.br/~ehlers/stemp/stemp.pdf>>. Acesso em: 15/01/2015.
- [5] S. Makridakas, S. C. Wheelwright, R. J. Hyndman, "Forecasting – methods and applications", 3ª ed., John Wiley, New York, 1998.
- [6] H. Markowitz, "Portfolio selection," Journal of Finance, junho, pp. 77 – 91, 1952.
- [7] P. A. Morettin, C. M. de C. Toloi, "Análise de Séries Temporais," São Paulo: Edgard Blücher, 2006.