

## 4

### Resultados

Para cada um dos países analisados, geramos previsões *out-of-sample* de um, seis e doze passos à frente, para todos os títulos. Como utilizamos diferentes bases de dados, os “cortes” adotados para avaliar o desempenho preditivo dos modelos também é diferente; são eles:

- EUA: janeiro de 1985 a julho de 1995;
- Reino Unido: janeiro de 1982 a julho de 1995;
- Chile: janeiro de 2002 a dezembro de 2007;
- Brasil: janeiro de 2000 a dezembro de 2007.

Os valores efetivamente observados são separados, para que possamos fazer uma comparação com os números obtidos com a previsão.

Conforme previamente assinalado, utilizamos duas métricas para avaliar a performance das previsões: erro quadrático médio e erro absoluto. Os modelos são ordenados, e as tabelas exibem as três melhores performances observadas para cada um dos *yields* dos títulos.

#### 4.1

##### **Análise a partir do Erro Quadrático Médio**

A tabela 3 mostra os erros quadráticos médios para as previsões um passo à frente, para todos os países e os seus respectivos títulos. Algo que chama a atenção é a performance do modelo AR univariado, que obteve a melhor previsão dentre cinco dos doze títulos.

No caso da previsão um passo à frente, nossos modelos obtiveram desempenhos bastante variados. Para a economia norte-americana, temos o VAR (1) – modelo que considera somente o *yield* do título e variáveis macro – alcançando a melhor

performance preditiva para o título de 10 anos e a segunda melhor performance para o título de 5 anos. O VAR (2) – modelo que considera somente o *yield* de todos os títulos e variáveis macro – obteve a terceira melhor previsão para os títulos de 3 meses e 10 anos norte-americanos. O modelo EQ (2) – uma equação para o *yield* do título e utiliza os valores de fato observados das variáveis macro, onde a informação econômica afeta o retorno dos papéis, mas não ocorre a relação no sentido inverso – obteve a melhor previsão para o título de 2 anos, a segunda melhor performance para o papel de 3 meses, e ficou com a terceira colocação para o título de 5 anos. O VAR (5) – modelo que descreve os retornos de todos os títulos conjuntamente com um VAR e as variáveis macroeconômicas adquirem os valores de fato observados no período de previsão, e a informação econômica afeta os retornos, mas a relação não se dá em sentido contrário – foi o melhor preditor para o título norte-americano de 3 meses, e o segundo melhor mecanismo de previsão para o papel de 5 anos.

No caso do Reino Unido, o modelo auto-regressivo foi o melhor para os títulos de 2, 5 e 10 anos. Ainda foi o segundo melhor preditor, quando o VAR (3) – modelo que explica o retorno dos títulos com um VAR que engloba todos os papéis, sem incorporação de informação econômica – se mostrou o melhor mecanismo de previsão para o título de 3 meses. O VAR (3) foi o segundo melhor preditor para três títulos ingleses mais longos. O modelo VAR (1) obteve a terceira posição em todas as previsões de títulos do Reino Unido.

Os resultados obtidos para o Chile mostram o VAR (1) e EQ (2) como os “campeões” das previsões para os títulos de 3 meses e 2 anos, respectivamente. O VAR (1) obteve também a terceira posição na previsão do retorno do título de 2 anos, enquanto o VAR obteve a terceira colocação na previsão do *yield* do papel de 3 meses. O EQ (1) – modelo no qual o comportamento do retorno do título segue uma equação e as variáveis macroeconômicas são modeladas por um VAR, e a informação econômica afeta os retornos, mas essa relação não vale em sentido contrário – foi o melhor preditor para ambos os papéis chilenos aqui analisados.

No Brasil, o VAR (2) obteve a melhor performance na previsão do retorno do título de 3 meses, enquanto o modelo AR foi o melhor preditor para o título de 1

ano. O VAR (2) ainda foi o segundo colocado na previsão do *yield* do papel de 1 ano. O VAR (3) obteve o segundo e terceiro melhor desempenhos na previsão dos retornos para os títulos de 3 meses e 1 ano, respectivamente.

Assim sendo, as informações contidas nas taxas longas e as variáveis macroeconômicas parecem não trazer ganhos expressivos na previsão de taxas curtas. Este resultado encontra respaldo na literatura já produzida, como em Ang e Piazzesi (2003) e Vereda, Lopes e Fukuda (2007).

Tabela 3 - Erros Quadráticos Médios - Previsão 1 Passo à Frente

Países / Maturidades	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	EQ 1	EQ 2	AR
EUA - 3 meses	0.034475	0.029587 (III)	0.030003	0.033484	0.016867 (I)	0.035588	0.019139 (II)	0.030689
EUA - 2 anos	0.055735	0.054029	0.057046	0.066645	0.052204 (III)	0.063287	0.050019 (I)	0.050301 (III)
EUA - 5 anos	0.058482 (II)	0.059972	0.061923	0.068396	0.065177	0.062439	0.059817 (III)	0.057751 (I)
EUA - 10 anos	0.049009 (I)	0.051675 (III)	0.053024	0.055860	0.057431	0.053955	0.054494	0.051384 (II)
UK - 3 meses	0.115253 (III)	0.149670	0.097088 (I)	0.176321	0.189168	0.147760	0.162974	0.10632 (II)
UK - 2 anos	0.053279 (III)	0.070237	0.047679 (II)	0.114220	0.112318	0.104180	0.100168	0.039208 (I)
UK - 5 anos	0.055452 (III)	0.071404	0.054721 (II)	0.097726	0.094820	0.077192	0.074448	0.042909 (I)
UK - 10 anos	0.050110 (III)	0.056092	0.048133 (II)	0.060947	0.060846	0.056745	0.056423	0.040267 (I)
Chile - 3 meses	0.038642 (I)	0.046483	0.042094	0.044168	0.044939	0.039096 (II)	0.040038 (III)	0.050223
Chile - 2 anos	0.038018 (III)	0.043584	0.040534	0.050078	0.046802	0.037121 (II)	0.032553 (I)	0.039769
Brasil - 3 meses	0.266642	0.109007 (I)	0.146884 (II)	0.539844	0.163593 (III)	0.727773	0.271638	0.205146
Brasil - 1 ano	0.679768	0.529876 (II)	0.639244 (III)	1.081875	0.666574	1.029657	0.750314	0.378313 (I)

(I), (II) e (III) indicam, nessa ordem, os modelos que obtiveram o três melhores resultados

A tabela 4 mostra as previsões seis passos à frente, onde o desempenho dos modelos aqui propostos foi sensivelmente melhor do que aquele obtido nas previsões um passo à frente. O VAR (5) foi o melhor modelo de previsão para todos os títulos norte-americanos analisados, sempre seguido pelo EQ (2). As terceira posições se dividiram entre os VAR (2) e (3) e o modelo auto-regressivo.

Enquanto para os EUA o resultado foi bastante satisfatório, o mesmo não pode ser dito para o Reino Unido. O modelo AR seguiu como a melhor ferramenta de previsão, ocupando três primeiros lugares (as três maturidades mais longas) e uma segunda posição (papel de 3 meses). O modelo AR foi seguido de perto pelo VAR (3), modelo em que os *yields* são explicados somente por seus valores defasados, sem qualquer incorporação de informação econômica na previsão; o VAR (3) obteve uma primeira colocação e três segundas posições. Nas previsões seis passos à frente, o desempenho dos modelos aqui propostos foi sensivelmente

melhor do que aquele obtido nas previsões um passo à frente. O VAR (2) despontou como terceiro melhor preditor para as três maturidades mais longas, enquanto o VAR (1) foi o modelo mais acurado para o título de 3 meses.

No caso do Chile, os modelos EQ (2) e VAR (5) foram os melhores mecanismos de previsão, enquanto o VAR (2) obteve o terceiro melhor desempenho para ambos os títulos.

Os modelos aqui propostos também obtiveram melhores resultados para a economia brasileira, em comparação com a previsão um passo à frente. O VAR (5) foi o melhor mecanismo para o papel de 3 meses, e o segundo melhor para o título de 1 ano. O modelo auto-regressivo continuou obtendo bom desempenho, mas o EQ (2) também mostrou eficácia como mecanismo de previsão, ficando com uma segunda e terceira posições no “ranking” das previsões.

Em suma, podemos perceber que, se para as previsões de curtíssimo prazo a incorporação de variáveis econômicas nos modelos de previsão não traziam resultados relevantes, para a previsão seis passos à frente não se pode dizer o mesmo. Embora os modelos AR tenham seguido como um dos principais mecanismo, as previsões em que o comportamento dos títulos foram governados pelos modelos EQ (2) e VAR (5) obtiveram excelente resultado.

Tabela 4 - Erros Quadráticos Médios - Previsão 6 Passos à Frente

Países / Maturidades	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	EQ 1	EQ 2	AR
EUA - 3 meses	0.83205	0.478069	0.407689 (III)	0.745846	0.052646 (I)	0.790375	0.057247 (II)	0.503299
EUA - 2 anos	0.847547	0.682962	0.668573	0.927123	0.274493 (I)	1.094854	0.335213 (II)	0.64943 (III)
EUA - 5 anos	0.659223	0.538423 (III)	0.574469	0.642674	0.36767 (I)	0.754572	0.468609 (II)	0.597712
EUA - 10 anos	0.453908	0.416313 (III)	0.430927	0.458212	0.34468 (I)	0.478719	0.366425 (II)	0.445388
UK - 3 meses	1.241537 (III)	1.875226	0.794277 (I)	2.405694	2.927080	1.507231	1.864612	0.934557 (II)
UK - 2 anos	1.220876	1.18309 (III)	0.697884 (II)	1.619109	1.829991	1.573142	1.717584	0.674954 (I)
UK - 5 anos	1.28036	1.096326 (III)	0.714404 (II)	1.360975	1.514789	1.44604	1.602745	0.67626 (I)
UK - 10 anos	0.779772	0.755427 (III)	0.542443 (II)	0.816312	0.933613	0.880105	0.967857	0.445001 (I)
Chile - 3 meses	1.086386	0.408667 (III)	0.433012	1.243963	0.133946 (II)	0.908051	0.112781 (I)	1.312546
Chile - 2 anos	0.663876	0.539769 (III)	0.554069	0.600304	0.175559 (I)	0.57215	0.176714 (II)	0.613367
Brasil - 3 meses	12.65421	7.56671	7.93033	20.502500	2.059407 (I)	25.11748	2.122713 (II)	4.910414 (III)
Brasil - 1 ano	18.7464	19.95646	18.86807	28.032640	14.67025 (II)	32.04979	18.31215 (III)	7.391005 (I)

(I), (II) e (III) indicam, nessa ordem, os modelos que obtiveram o três melhores resultados

A tabela 5 exibe o resultado obtido para as previsões 12 passos à frente, que seguiu a mesma linha observada na previsão para seis meses, com desempenhos bastante parecidos para nossos modelos.

Para a economia norte-americana, os modelos EQ (2) e VAR (5) despontaram como os melhores mecanismos de previsão. Para todas as maturidades, o VAR (3) ficou como o terceiro melhor preditor.

Os resultados obtido para o Reino Unido foram sensivelmente piores que aqueles observados para os EUA. O modelo auto-regressivo seguiu como melhor mecanismo de previsão, juntamente com o VAR (3), que se trata de um modelo VAR que explica o comportamento do retorno dos títulos somente pelos seus valores defasados, sem qualquer incorporação de informação econômica.

Para o Chile, os modelos EQ (2) e VAR (5) foram os melhores mecanismos de previsão, enquanto o VAR (2) obteve o terceiro melhor desempenho para ambos os títulos.

Embora, o modelo auto-regressivo tenha mostrado boa performance para o caso brasileiro, os modelos EQ (2) e VAR (5) obtiveram resultados satisfatórios, sendo o melhor preditor para o título de 3 meses (EQ (2)), e o segundo melhor mecanismo de previsão para ambas as maturidades (VAR (5)).

Assim, pode-se notar que para previsões de prazo mais longo, a incorporação de informação econômica impacta de forma relevante os resultados, levando a previsões mais acuradas.

Tabela 5 - Erros Quadráticos Médios - Previsão 12 Passos à Frente

Países / Maturidades	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	EQ 1	EQ 2	AR
EUA - 3 meses	3.196769	2.108463	1.386903 (III)	2.823289	0.092503 (II)	2.868026	0.092426 (I)	1.826160
EUA - 2 anos	2.633111	2.243167	1.601805 (III)	2.620595	0.457112 (I)	2.916817	0.500794 (II)	1.796510
EUA - 5 anos	1.689827	1.416508	1.185445 (III)	1.501811	0.654737 (I)	1.681716	0.830732 (II)	1.414841
EUA - 10 anos	1.102859	1.027859	0.900329 (III)	1.002880	0.714693 (I)	1.013208	0.723089 (II)	1.011897
UK - 3 meses	2.795076 (III)	4.682591	2.289508 (II)	5.871233	8.794545	2.916804	4.710421	2.224559 (I)
UK - 2 anos	3.003301	2.657277 (III)	1.492831 (I)	3.319465	4.753253	3.058491	4.129939	1.599446 (II)
UK - 5 anos	3.225514	2.305383 (III)	1.336757 (I)	2.623698	3.808128	2.748898	3.831848	1.526105 (II)
UK - 10 anos	1.939638	1.674222 (III)	1.07738 (II)	1.791653	2.584718	1.938373	2.589743	0.946508 (I)
Chile - 3 meses	5.347789	2.155513 (III)	2.281723	8.605797	0.558353 (II)	4.513899	0.152718 (I)	4.743183
Chile - 2 anos	1.61912	1.059309 (III)	1.279287	1.750381	0.215543 (I)	1.515158	0.237468 (II)	1.458757
Brasil - 3 meses	42.01649	30.74476	27.91328	52.637960	5.632005 (II)	60.96397	3.438009 (I)	13.28791 (III)
Brasil - 1 ano	51.50404	51.24485	47.04609 (III)	53.279380	41.68591 (II)	65.21141	50.151760	18.2442 (I)

(I), (II) e (III) indicam, nessa ordem, os modelos que obtiveram o três melhores resultados

## 4.1

### Análise do Erro Absoluto

A tabela 6 mostra o resultado para a previsão um passo à frente. mais uma vez, o modelo AR foi o melhor mecanismo de previsão, sendo por oito vezes preditor mais acurado.

Para a economia norte-americana, o modelo auto-regressivo obteve o melhor desempenho para as três taxas mais longas, enquanto o VAR (5) foi o modelo mais acurado para o título de 3 meses. O EQ (2) foi o segundo melhor modelo para as duas taxas mais curtas, e o VAR (3) também apareceu entre as melhores performances.

Para o Reino Unido, o modelo auto-regressivo obteve a melhor performance para os títulos de todas as maturidades. O segundo melhor mecanismo de previsão foi o VAR (3), seguido do VAR (1).

Os resultados para o Chile apontam que a incorporação de informação econômica auxilia a melhor previsão dos *yields*, uma vez que para ambos os títulos, todos os modelos que exibiram as três melhores previsões contêm variáveis macro em sua estrutura.

Para o Brasil, o VAR (5) foi o segundo modelo mais acurado na previsão dos retornos dos títulos, enquanto o modelo AR obteve o melhor resultado.

Assim, vê-se que a análise dos erros absolutos corrobora o resultado encontrado para erros quadráticos médios: a incorporação de variáveis macroeconômicas nos modelos não traz melhorias na performance preditiva.

Tabela 6 - Erros Absolutos - Previsão 1 Passo à Frente

Países / Maturidades	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	EQ 1	EQ 2	AR
EUA - 3 meses	0.134935	0.121312	0.119947	0.127349	0.096472 (I)	0.132300	0.102725 (II)	0.119106 (III)
EUA - 2 anos	0.186288	0.179959	0.178101 (III)	0.204975	0.181388	0.197415	0.176627 (II)	0.172353 (I)
EUA - 5 anos	0.195549	0.193179 (III)	0.189399 (II)	0.208778	0.203684	0.198548	0.195494	0.185053 (I)
EUA - 10 anos	0.181219 (II)	0.184659	0.181817 (III)	0.194711	0.193766	0.184495	0.183903	0.179453 (I)
UK - 3 meses	0.19837 (II)	0.233045	0.204939 (III)	0.295924	0.308351	0.267597	0.287790	0.14967 (I)
UK - 2 anos	0.158447 (II)	0.185321	0.17554 (III)	0.248618	0.243277	0.233064	0.224138	0.070237 (I)
UK - 5 anos	0.168532 (II)	0.190350	0.189134 (III)	0.249272	0.242742	0.219246	0.213238	0.071404 (I)
UK - 10 anos	0.160814 (II)	0.178052	0.172082 (III)	0.200094	0.198000	0.188916	0.189725	0.056092 (I)
Chile - 3 meses	0.176486	0.145227 (II)	0.163688	0.154999 (III)	0.171202	0.140237 (I)	0.163369	0.173825
Chile - 2 anos	0.147449	0.140699 (I)	0.146072	0.174474	0.159451	0.14568 (III)	0.144864 (II)	0.163593
Brasil - 3 meses	0.391973	0.498275	0.355626 (III)	0.692498	0.351333 (II)	0.822826	0.470533	0.305998 (I)
Brasil - 1 ano	0.546346 (I)	0.725366	0.734586	0.964496	0.710865 (III)	0.927526	0.769544	0.644879 (II)

(I), (II) e (III) indicam, nessa ordem, os modelos que obtiveram o três melhores resultados

A tabela 7 exibe os resultados para a previsão dos retornos dos títulos seis passos à frente. Aqui, os modelos propostos apresentam uma performance bastante melhor se comparada a previsão de curtíssimo prazo.

Para os EUA, o VAR (5) foi a melhor ferramenta de previsão para os três títulos de maturidades mais longas, seguido pelo EQ (2), que também exibiu bons resultados.

Se para previsão um passo à frente dos retornos dos títulos britânicos o modelo AR foi unânime, aqui ele sequer aparece entre as três melhores performances. Porém, o modelo que obteve melhor resultado foi o VAR (3), que também não contém variáveis macro, explicando as taxas pelos valores defasados dos retornos de títulos de todas as maturidades. Os modelos VAR (1) e (2), que contém informação econômica, foram o segundo e terceiro melhores resultados, respectivamente.

Os resultados obtidos para o Chile mostram que as variáveis macroeconômicas são relevantes na previsão, pois os modelos EQ (2) e VAR (5) obtiveram os melhores desempenhos, seguidos pelos modelos AR e VAR (3).

O VAR (5) foi o melhor mecanismo de previsão para os retornos dos títulos brasileiros, seguido pelos modelos VAR (1) e EQ (2). Todos contêm variáveis macroeconômicas em suas composições.

Tabela 7 - Erros Absolutos - Previsão 6 Passos à Frente

Países / Maturidades	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	EQ 1	EQ 2	AR
EUA - 3 meses	0.704254	0.515485	0.471881 (III)	0.653817	0.17299 (I)	0.66562	0.186671 (II)	0.524594
EUA - 2 anos	0.751902	0.642345	0.634922 (III)	0.770060	0.41727 (I)	0.837683	0.47962 (II)	0.639666
EUA - 5 anos	0.673789	0.591629 (III)	0.612132	0.652667	0.497241 (I)	0.684236	0.556889 (II)	0.614813
EUA - 10 anos	0.559363	0.536136 (III)	0.551953	0.565858	0.493991 (II)	0.556614	0.491803 (I)	0.546656
UK - 3 meses	0.743897 (II)	0.938294 (III)	0.683947 (I)	1.182416	1.329196	0.978648	1.119081	1.875226
UK - 2 anos	0.675604 (II)	0.909342 (III)	0.663543 (I)	1.014530	1.077353	1.004587	1.051980	1.183090
UK - 5 anos	0.684645 (II)	0.967891 (III)	0.66723 (I)	0.977128	1.025445	1.012223	1.068616	1.096326
UK - 10 anos	0.53467 (I)	0.717504 (III)	0.567139 (II)	0.743776	0.795432	0.776977	0.813659	0.755427
Chile - 3 meses	1.021796	0.936692	0.561458	0.984395	0.281535 (II)	0.870456	0.259936 (I)	0.561545 (III)
Chile - 2 anos	0.687737	0.69933	0.621867 (III)	0.667108	0.325875 (I)	0.670189	0.33114 (II)	0.631707
Brasil - 3 meses	1.979965 (III)	3.476196	2.689187	4.456188	1.320536 (I)	4.901379	1.384357 (II)	2.602764
Brasil - 1 ano	2.379254 (I)	4.043101	4.043656	5.031644	3.281696 (II)	5.417113	3.858183 (III)	4.047625

(I), (II) e (III) indicam, nessa ordem, os modelos que obtiveram o três melhores resultados

A tabela 8 mostra os resultados das previsões doze passos à frente, muito semelhantes aos desempenhos obtidos nas previsões para 6 meses.

O resultado obtido para os dados norte-americanos exhibe os modelos VAR (5) e EQ (2) como os melhores mecanismos de previsão, resultado semelhante ao obtido na previsão seis passos à frente.

O VAR (3) seguiu como melhor preditor para os retornos dos títulos britânicos, e o VAR (1) – que contém variáveis macroeconômicas – foi o segundo melhor mecanismo de previsão.

Para os dados chilenos, os modelos EQ (2) e VAR (5) também seguiram como os melhores mecanismos de previsão, seguidos pelo modelo auto-regressivo.

O EQ (2) foi o melhor preditor para o retorno do título de 3 meses, enquanto o VAR (1) obteve o melhor resultado para o papel de 1 ano. O VAR (5) foi, para ambos os títulos, o segundo melhor mecanismo de previsão.

Tabela 8 - Erros Absolutos - Previsão 12 Passos à Frente

Países / Maturidades	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	EQ 1	EQ 2	AR
EUA - 3 meses	1.43204	1.145648	0.904056 (III)	1.295331	0.244734 (I)	1.297155	0.248392 (II)	1.082035
EUA - 2 anos	1.349989	1.151002	0.971309 (III)	1.275530	0.535739 (I)	1.344667	0.571352 (II)	1.090660
EUA - 5 anos	1.058687	0.927115	0.895154 (III)	0.972553	0.680945 (I)	1.033541	0.756481 (II)	0.967641
EUA - 10 anos	0.823318	0.805065	0.805954	0.813224	0.718864 (I)	0.798789 (III)	0.743548 (II)	0.844192
UK - 3 meses	1.179039 (II)	1.476583 (III)	1.177109 (I)	2.005056	2.449098	1.477215	1.879712	4.682591
UK - 2 anos	1.079132 (II)	1.505922	1.003694 (I)	1.502465	1.774030	1.457426 (III)	1.694010	2.657277
UK - 5 anos	1.083105 (II)	1.63212	0.948983 (I)	1.38817 (III)	1.658564	1.456263	1.699443	2.305383
UK - 10 anos	0.786933 (I)	1.213608	0.788151 (II)	1.128891 (III)	1.349961	1.210991	1.375110	1.674222
Chile - 3 meses	2.074693	2.19206	1.368631	2.397565	0.422172 (II)	2.039958	0.312173 (I)	1.315338 (III)
Chile - 2 anos	1.023541	1.135183	1.014996	1.190854	0.364255 (I)	1.058316	0.417229 (II)	0.880569 (III)
Brasil - 3 meses	3.238963 (III)	6.218092	4.93244	7.078255	2.159252 (II)	7.625148	1.785549 (I)	5.092575
Brasil - 1 ano	3.626718 (I)	6.652818	6.405598 (III)	6.884952	5.493894 (II)	7.763967	6.437895	6.533841

(I), (II) e (III) indicam, nessa ordem, os modelos que obtiveram o três melhores resultados