

**artículos no derivados de
proyectos de investigación**

Modelo de valoración de activos financieros (CAPM) y teoría de valoración por arbitraje (APT): Un test empírico en las empresas del sector eléctrico brasileño*

SICI: 0123-1472(201307)14:35<731:CAPMTV>2.0.TX;2-8

Fernando de Sousa Santana

Contador, profesor académico, Fundação Presidente

Antônio Carlos, Universidade do Estado de Minas Gerais.

Magíster en administración y candidato a doctor en ciencias económicas, Universidad Nacional de Córdoba.

Correo electrónico: professorsantana@ig.com.br

* Artículo de reflexión.

Resumen El Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM) y la Teoría de Valoración por Arbitraje (APT) son técnicas de valoración de activos financieros empleadas para estimar el retorno generado por las inversiones. Con el propósito de evaluar la aplicabilidad de esos modelos, se realizó un estudio empírico para verificar el comportamiento de los retornos esperados de las acciones de empresas brasileñas de energía eléctrica. Para tal efecto, los riesgos y los retornos estimados por los modelos fueron confrontados con los datos reales. La muestra está conformada por las acciones de las empresas que componen el Índice de Energía Eléctrica, IEE, elaborado por la Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo, BM&F Bovespa, con un total de 15 activos. Los resultados sugieren que los factores macroeconómicos, en general, no tienen en cuenta la rentabilidad de las acciones de las empresas estudiadas, ya que el control público excesivo sugiere que los participantes del mercado atribuyen mayor importancia a las variables específicas de la industria que a los factores macroeconómicos.

Palabras clave Modelo de valoración de activos financieros, teoría de valoración por arbitraje, retorno esperado, riesgo.

Palabras claves descriptor Empresas eléctricas-Brasil, valoración de empresas, análisis de valores.

Código JEL G39

Capital Asset Pricing Model and Arbitrage Pricing Theory: an Empirical Test on the Brazilian Entities of the Electrical Sector

Abstract Capital Asset Pricing Model (CAPM) and Arbitrage Pricing Theory (APT) are valuation techniques of financial actives which are employed to determine return generated on investment. With the purpose of evaluating the applicability of these models in mind, an empirical study was performed in order to verify expected return be-

havior on Brazilian's Electrical Sector stocks. There was confrontation between risk and expected return given by the models and real data. The sample is comprised by quoted entities of Índice de Energia Eléctrica (IEE), developed by Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBovespa) stock market, over a basis of 15 assests. The results suggest macroeconomic factors—in general—to disregard stock profitability of the studied entities. This happens because of the fact that excessive public control suggests participants to give more importance to specific variables of the industry rather than macroeconomic factors.

Keywords author Capital Asset Pricing Model, Arbitrage Pricing Theory, expected return, risk.

Key words plus Electric Companies-Brazil, business valuation, stock analysis.

Modelo de precificação de ativos financeiros (CAPM) e teoria de precificação por arbitragem (APT): Teste empírico nas empresas do setor elétrico brasileiro

Resumo O Modelo de Precificação de Ativos Financieros (CAPM) e a Teoria de Precificação por Arbitragem (APT) são técnicas de avaliação de ativos financeiros empregadas para estimar o retorno gerado pelos investimentos. Com o propósito de avaliar a aplicabilidade desses modelos, realizou-se estudo empírico para verificar o comportamento dos retornos esperados das ações de empresas brasileiras de energia elétrica. Para tal, os riscos e retornos estimados pelos modelos foram confrontados com dados reais. A amostra é conformada pelas ações das empresas que compõem o Índice de Energia Eléctrica, IEE, elaborado pela Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo, BM&F Bovespa, com um total de quinze ativos. Os resultados sugerem que os fatores macroeconómicos, em geral, não levam em conta a rentabilidade das ações das empresas estudadas, uma vez o controle público excessivo sugere que os participantes do

mercado atribuem maior importância às variáveis específicas da indústria que a fatores macroeconômicos.

Palavras-chave autor Modelo de precificação de ativos financeiros, teoria de precificação por arbitragem, retorno esperado, risco..

Palavras-chave descritor Empresas electric-Brasil, avaliação de empresas, análise de ações.

Introducción

Todas las actividades económicas —sean industriales o de servicios— valoran el retorno que sobreviene de la remuneración del capital invertido y que es percibido, principalmente, en términos monetarios y porcentuales.

No obstante, hay algunos factores inesperados que pueden perjudicar ese rendimiento, al provocar imprevisibilidad en cuanto al precio, lo que puede generar ganancias o pérdidas adicionales.

Esos factores, aún desconocidos y sobre los que no se tiene dominio, representan riesgos para la actividad económica y pueden ser clasificados como:

- a. riesgos de negocio, si estuviesen relacionados con la propia actividad; o
- b. riesgos no especificados, si se derivasen de eventos externos no controlables.

De esta manera, es importante mencionar que, para que la actividad sea compensatoria, es imprescindible que el retorno y el riesgo sean directamente proporcionales, es decir, que la actividad más arriesgada tenga un retorno superior que compense el riesgo.

En ese sentido, con el objetivo de obtener un indicador de rentabilidad en el sector de

energía eléctrica de Brasil, el presente trabajo se basa en un test empírico que consiste en la aplicación del Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM)¹ y de la Teoría de Valoración por Arbitraje (APT).²

Con el objetivo de analizar la aplicabilidad de estos modelos, fueron utilizados los fundamentos de la teoría moderna de finanzas para verificar su comportamiento, al confrontar riesgos y retornos estimados según los modelos con los datos reales, en un intento por explicar coherentemente los retornos generados por las inversiones.

Para tal fin, a continuación, se hará una revisión teórica del Modelo de Valoración de Activos de Capital y de la Teoría de Valoración por Arbitraje.

1. Estado del arte

Esta investigación se fundamenta en la metodología empleada por Carlos Juan Swoboda (2003), e involucra la aplicación de los modelos CAPM y APT, técnicas de valoración de activos financieros que, entre otros aspectos, estiman el retorno generado por inversiones.

1.1 Modelo de Valoración de Activos Financieros, CAPM

El modelo de valoración de activos financieros es muy útil para fines de inversión al representar una de las mejores alternativas para el cálculo de la tasa de retorno exigida por los inversionistas (Ross, Westerfield & Jaffe, 1995).

1 Sigla correspondiente a la expresión inglesa *Capital Asset Price Model*.

2 Sigla correspondiente a la expresión inglesa *Arbitrage Pricing Theory*.

Por tratarse de una metodología suficientemente exacta para numerosas aplicaciones, el modelo CAPM cuenta con gran aceptación en la estimación de costos de capital y puede ser considerado una evolución de la teoría de finanzas.

El CAPM es un método muy difundido, que puede ser aplicado en diversas situaciones, como la evaluación del impacto del riesgo generado en las acciones de la empresa por un nuevo proyecto; la definición del precio de activos que aún no fueron negociados en el mercado; o la verificación de la razonabilidad del retorno de ciertos activos.

Basados en el trabajo de Harry Markowitz (1952), los estudiosos William F. Sharpe (1964), John Lintner (1965) y Jan Mossin (1966) desarrollaron el método CAPM, que se fundamenta en el hecho de que los inversionistas, ciertamente, optan por aquellas inversiones que implican el mayor retorno esperado para determinado nivel de riesgo (nivel de volatilidad del retorno).

Este modelo permite la verificación de aquellas inversiones que ofrecen mayor retorno esperado para cada nivel de riesgo; estos elementos juntos representan la frontera de riesgo-retorno eficiente de las alternativas de inversión. Además, se debe considerar que hay una opción de inversión teóricamente libre de riesgo, que involucra una alternativa sin riesgo de *default*.

Se entiende que el inversionista escoge un portafolio de inversiones con base en dos aspectos esenciales: la tasa de retorno esperada y la volatilidad, que se mide por la varianza de la tasa de retorno.

Así, para definir el portafolio óptimo —conjunto de opciones de inversión que sobrestiman la relación riesgo-retorno—, es necesario verificar las opciones eficientes disponibles, incluyendo las inversiones que componen la frontera de riesgo-retorno eficiente y la inversión libre de riesgo (figura 1).

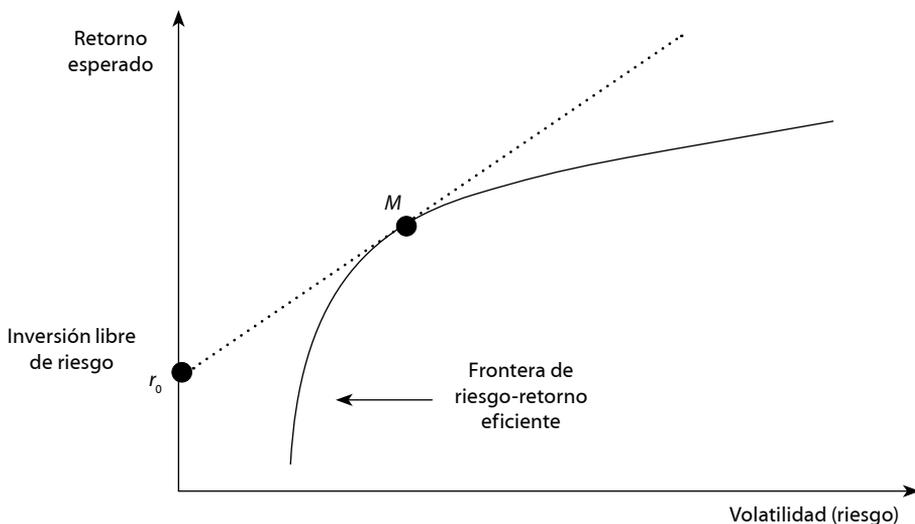


Figura 1. Frontera de Riesgo-Retorno Eficiente

En la figura 1, en la relación de riesgo-retorno, la recta parte del punto r_0 , que representa la inversión libre de riesgo y pasa tangencialmente por la frontera de riesgo-retorno eficiente (punto M).

En ese sentido, la decisión de la inversión debe fundamentarse en un portafolio balanceado de riesgo y retorno denominado frontera de riesgo-retorno eficiente. Sin embargo, eso no quiere decir que todas las inversiones se volcarán apenas hacia la inversión libre de riesgo y hacia la inversión M, puesto que también podrán involucrar aquellas que representan una relación riesgo-retorno semejante a aquella evidenciada por la inclinación de la recta que une los puntos r_0 y M.

$$r_i = r_0 + \beta [E(r_m) - r_0] + \delta \quad (1)$$

Donde:

r_i = representa la tasa de retorno esperada para la inversión (i);

r_0 = representa la tasa de retorno de inversión libre de riesgo;

β = representa el Beta de la inversión (o del sector), que indica la sensibilidad de la inversión (i) al riesgo sistémico (riesgo del mercado);

$E(r_m)$ representa el retorno promedio esperado de los activos de riesgo disponibles en el mercado; típicamente se mide por la rentabilidad promedio del mercado accionario,

δ = representa los ajustes para la aplicación del modelo en otros mercados

El ajuste de la relación riesgo-retorno se logra mediante la adecuación del precio de los

activos relacionados con cada alternativa de inversión.

Se obtiene, entonces, la ecuación del modelo CAPM que se emplea para determinar el retorno esperado de una alternativa de inversión, dado el nivel de riesgo relativo al del mercado (ecuación 1):

En el CAPM, cuando la variable riesgo se deja de lado, la diferencia entre el monto invertido y el recibido en el rescate de la aplicación incluye la cuota que compensa al inversionista por el adelanto del consumo, que se designa como *tasa de retorno libre de riesgo* o *tasa pura de interés*.

En general, se utiliza el retorno de los títulos federales como *proxy* de la tasa libre de riesgo, pues, en teoría, el riesgo de insolvencia se anula por el hecho de que el gobierno puede fijar impuestos para aumentar sus ingresos y cumplir sus compromisos. Este hecho evidencia la rentabilidad media a largo plazo de esos títulos como la medida más adecuada para determinar la tasa libre de riesgo de una economía.

Esa tasa debería ser estable, pues no se esperan grandes cambios en el grado de impaciencia del ahorrador en el transcurso del tiempo. Sin embargo, de acuerdo con el momento de la economía, se pueden percibir variaciones considerables en la rentabilidad de los títulos del gobierno.

Esas variaciones ocurren debido a la política monetaria del gobierno o en virtud de la percepción de riesgo macroeconómico de los agentes. Por tanto, con el fin de atenuar esas distorsiones, el *proxy* para la tasa de interés libre de riesgo debe basarse en el promedio a

largo plazo de la rentabilidad de los títulos federales.

El coeficiente *beta* es utilizado para medir el riesgo no diversificable,³ que se expresa en un índice que mide la relación entre el retorno de un activo y el retorno del mercado. En este sentido, si:

- Beta >1, el riesgo no diversificable de la inversión es superior al del promedio del mercado,
- Beta <1, el riesgo no diversificable de la inversión es inferior al del promedio del mercado.
- Beta = 1, la variación del riesgo no diversificable de la inversión tiende a seguir al mercado.

Así, esta verificación es importante para disminuir el riesgo total del portafolio.

También es esencial mencionar que cuanto mayor sea el riesgo relacionado con una inversión, mayor será la prima de riesgo de mercado (rentabilidad adicional) exigida por los inversionistas al adquirir ese activo que implica determinado grado de riesgo.

La prima de riesgo de mercado se refiere al “precio del riesgo” y se calcula mediante la diferencia entre el retorno promedio esperado de los activos de riesgo disponibles en el mercado y el retorno de inversión libre de riesgo (ecuación 2):

$$\left[E(r_m) - r_0 \right] \quad 2$$

Donde:

$E(r_m)$ representa el retorno promedio esperado de los activos de riesgo disponibles en el mercado, típicamente representado por la rentabilidad promedio del mercado accionario;

r_0 representa la tasa de retorno de la inversión libre de riesgo

Frecuentemente, la representación práctica de la prima de riesgo de mercado se basa en índices bursátiles como Ibovespa —en el mercado brasileño— y S&P 500 —en el mercado estadounidense—.

El retorno de mercado es más volátil que el retorno libre de riesgo; por ello, el cálculo de la prima de riesgo de mercado debe realizarse a partir de un promedio a largo plazo.

1.2 Teoría de valoración por arbitraje, APT

La Teoría de Valoración por Arbitraje (APT) fue formulada por Stephen A. Ross en 1976. A diferencia de lo que ocurre con otros modelos, la prerrogativa del modelo APT es que sus exámenes empíricos no están enfocados en el portafolio de mercado (Huberman, 1982).

La teoría APT proporciona el retorno que será generado por la realización de una inversión que presenta un determinado riesgo (Bodie, Kane & Marcus, 2000).

En la metodología APT, el retorno esperado de activos con riesgo se desprende de una combinación lineal de *k* factores, que permite incluir cualquier cantidad de factores de riesgo, siendo el retorno esperado del activo una función de esos elementos.

³ Riesgo que no es específico de algún sector de la economía y que afecta a todas las empresas.

Esa cantidad k de factores está directamente relacionada con el tamaño del conjunto de activos a ser analizados e involucra el número de activos utilizados en la investigación empírica y el número de factores a ser estimados (Dhrymes, Friend & Gulteken, 1984).

De esta manera, la ecuación básica de APT está determinada por (ecuación 3):

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_{i1} Ativ_t + \beta_{i2} Desemp_t + \beta_{i3} DJ_t + \beta_{i4} Infl_t + \beta_{i5} Risco_t + \beta_{i6} Camb_t + \beta_{i7} Juro_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Donde:

R_i representa el retorno de la acción i en el período t ;

α_i representa el coeficiente lineal (retorno mínimo esperado en ausencia de riesgo);

F_k representa el valor correspondiente a cada factor k ,

$Ativ_t$ representa el Índice de Desempleo en el período t ;

DJ_t representa el Índice *Dow Jones* de la Bolsa de Valores de Nueva York en el período t ;

$Infl_t$ representa la inflación, medida por el *Índice de Preços ao Consumidor Amplo* (IPCA) en el período t ;

$Risco_t$ representa el Riesgo País, representado por el *Emerging Markets Bond Index* (EMBI+), del Banco J.P. Morgan, en el período t ;

$Camb_t$ representa la Tasa de Cambio del real frente al de Estados Unidos de América (EEUU) en el período t ;

$Juro_t$ representa la Tasa de Interés del Mercado, representada por la Tasa Selic, publicada por el Banco Central del Brasil en el período t ;

β_{i1} a β_{i7} representa el Beta de la acción i para cada factor.

La composición de los precios se derivará de las influencias del riesgo sistemático que los factores macroeconómicos desempeñan sobre el mercado, pero esos elementos no se pueden verificar fácilmente y se relacionan con algunos acontecimientos inesperados que tienen influencia directa en la volatilidad de las tasas de retorno esperadas.

Igualmente, en la APT, el riesgo no sistemático proviene de eventos característicos de cada activo de riesgo y no influyen significativamente en el desempeño económico de los otros activos, excepto cuando el mercado está extremadamente concentrado en un número reducido de títulos.

2. Metodología

Esta investigación pretende analizar el comportamiento de los retornos esperados de las acciones de las empresas brasileñas de energía eléctrica, mediante la aplicación de los modelos CAPM y APT.

2.1 Definición de la muestra

La muestra de esa investigación está conformada por las acciones de las empresas de energía eléctrica que componen el Índice de Energía Eléctrica, IEE, elaborado por la Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo, BM&F Bovespa, y abarca un total de 15 activos (tabla 1).

Acción	Tipo	Código
CESP	PNB N1	CESP6
CELESC	PN N2	CLSC4
CEMIG	PN N1	CMIG4
COELCE	PNA	COCE5
CPFL ENERGIA	ON NM	CPFE3
COPEL	PNB N1	CPLE6
ELETRORBRAS	ON N1	ELET3
ELETROPAULO	PN N2	ELPL4
ENERGIAS BR	ON NM	ENBR3
EQUATORIAL	ON NM	EQTL3
AES TIETE	PN	GETI4
LIGHT S/A	ON NM	LIGT3
MPX ENERGIA	ON NM	MPXE3
TRACTEBEL	ON NM	TBLE3
TRANS PAULISTA	PN N1	TRPL4

Tabla 1. Acciones de las empresas de energía eléctrica en IEE

Fuente: elaboración propia

El estudio cubre el precio de las acciones de estas empresas al cierre del último día hábil de cada mes, durante el período comprendido entre diciembre de 2005 y diciembre de 2010, y abarca 61 observaciones de cada acción estudiada.

Al hacer la comparación de las empresas estudiadas (tabla 2), se puede percibir que durante el período, el rendimiento bruto de las acciones presentó una gran variación. Mientras que las acciones de Coelce (COCE5) rindieron 271,9%, los activos de MPX Energía (MPXE3) rindieron solamente 0,8% durante todo el período estudiado. No obstante, esa acción presentó la mayor variación en precio durante el período, con un valor mínimo de R\$5,27 y un máximo de R\$47,37, lo que generó una desviación estándar de 12,10. En contrapartida, el activo con menor fluctuación en precio fue la acción de Cespe (CESP6), que varió entre R\$16,22 y R\$20,81, lo que resultó en una desviación estándar de 0,92.

Acción	Rendimiento bruto (%)	Precio promedio (R\$)	Precio mínimo (R\$)	Precio máximo (R\$)	Varianza	Desviación estándar
CESP6	16,5	18,40	16,22	20,81	0,84	0,92
CMIG4	66,4	19,84	14,06	24,83	8,31	2,88
COCE5	271,9	17,07	6,66	26,28	23,74	4,87
CPLE3	201,6	25,56	12,09	36,75	40,39	6,36
CPLE6	181,0	26,87	14,51	40,76	38,06	6,17
ELET3	82,5	18,14	11,81	27,03	9,60	3,10
ELPL4	221,4	17,16	8,05	26,30	28,02	5,29
ENBR3	82,1	25,32	18,42	36,42	23,87	4,89
EQTL3	97,1	8,12	4,84	10,63	2,49	1,58
GETI4	251,3	13,03	6,36	22,35	16,35	4,04
LIGT3	166,2	16,54	7,51	23,07	9,74	3,12
MPXE3	0,8	26,43	5,27	47,37	146,35	12,10
TBLE3	150,4	17,40	10,30	25,78	9,69	3,11
TRPL4	240,9	32,88	11,74	51,77	111,84	10,58

Tabla 2. Rendimiento total, promedio, varianza y desviación estándar de las acciones de las empresas de energía eléctrica en BM&F Bovespa

Fuente: elaboración propia

2.2 Definición del modelo de análisis

Para la evaluación del retorno de inversión comparado con su riesgo inherente, en el presente trabajo, fueron empleados los modelos Capital Asset Pricing Model (CAPM) y Arbitrage Pricing Theory (APT) y se recurrió a métodos estadísticos de regresión lineal y al modelo de mínimos cuadrados ordinarios.

El modelo CAPM prevé que el retorno esperado de un activo sea explicado solamente por el retorno del mercado y el riesgo inherente al activo, representado por el factor *beta*. Por ende, se espera que el coeficiente lineal α_i no sea significativamente diferente de cero.

Se aplicó, entonces, el test de Jarque-Bera (JB), para evaluar la normalidad de la distribución de frecuencia, con un nivel de significación de 5%, lo que resulta en un valor crítico para el test JB de 5,991. Solamente, las acciones de Coelce (COCE5) y de Copel (CPLE3) presentaron valores de JB por encima del valor crítico.

La matriz de correlación, presentada en la tabla 3, a continuación, indica que, incluso cubriendo empresas del mismo sector, en general, las variables tienen baja correlación (alrededor de 0,3), presentándose apenas algunos casos aislados con niveles más altos, que llegan al máximo de 0,74.

Después de obtener los parámetros de la regresión (*beta*), con el fin de validar la aplicación de CAPM, se desarrolló una segunda ecuación, en la que el rendimiento neto promedio de cada acción se plantea en función de los *beta* generados a partir del modelo anterior. De esta forma, se probó si el retorno de las acciones menos la tasa libre de riesgo puede efectivamente obtenerse a partir del *beta* de la empresa.

La APT evalúa la relación existente entre el retorno de las acciones y los diversos factores macroeconómicos que, en teoría, pueden impactar el mercado bursátil del país.

Como no hay una definición exacta de los factores macroeconómicos a ser probados como variables explicativas del modelo, en la presente investigación se optó por definir, con base en la literatura, las variables usualmente adoptadas en trabajos anteriores. En ese sentido, la ecuación del modelo está determinada por (ecuación 4):

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_{i1}Ativ_t + \beta_{i2}Desemp_t + \beta_{i3}DJ_t + \beta_{i4}Infl_t + \beta_{i5}Risco_t + \beta_{i6}Camb_t + \beta_{i7}Juro_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

- R_i representa el retorno de la acción *i* en el período *t*,
- F_k representa el valor correspondiente a cada factor *k*;
- $Ativ_t$ representa el Índice de Actividad Económica en el período *t*;
- $Desemp_t$ representa el Índice de Desempleo en el período *t*;
- DJ_t representa el Índice Dow Jones de la Bolsa de Valores de Nueva York en el período *t*;
- $Infl_t$ representa la Inflación, medida por el Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) en el período *t*;
- $Risco_t$ representa el Riesgo País, representado por el *Emerging Markets Bond Index* (EMBI+), del Banco J.P. Morgan, en el período *t*;
- $Camb_t$ representa la Tasa de Cambio del real frente al dólar de Estados Unidos de América (EEUU) en el período *t*;

	CESP6	CMIG4	COCE5	CPLE3	CPLE6	ELET3	ELPL4	ENBR3	EQTL3	GETI4	LICT3	MPXE3	TBLE3	TRPL4
CESP6	1,00													
CMIG4	0,24	1,00												
COCE5	-0,04	0,24	1,00											
CPLE3	0,19	0,37	0,36	1,00										
CPLE6	0,28	0,59	0,29	0,74	1,00									
ELET3	0,14	0,45	0,16	0,40	0,56	1,00								
ELPL4	0,12	0,35	0,18	0,22	0,37	0,29	1,00							
ENBR3	0,23	0,57	0,29	0,39	0,61	0,40	0,51	1,00						
EQTL3	0,26	0,15	0,36	0,19	0,33	0,15	0,49	0,50	1,00					
GETI4	-0,02	0,34	0,14	0,36	0,37	0,34	0,34	0,57	0,27	1,00				
LICT3	-0,15	0,37	0,24	0,31	0,44	0,30	0,37	0,34	0,32	0,34	1,00			
MPXE3	0,18	0,33	0,40	0,52	0,43	0,15	0,32	0,47	0,38	0,42	0,27	1,00		
TBLE3	0,02	0,28	0,23	0,54	0,46	0,20	0,16	0,27	0,09	0,36	0,37	0,41	1,00	
TRPL4	-0,04	0,32	-0,09	0,40	0,38	0,15	0,24	0,26	0,09	0,35	0,29	0,29	0,49	1,00

Tabla 3. Matriz de correlación de las acciones de las empresas de energía eléctrica

Fuente: elaboración propia

- $Juro_t$ representa la Tasa de Interés del Mercado, representada por la Tasa Selic, publicada por el Banco Central del Brasil en el período t ;
- α_i representa el coeficiente lineal (retorno mínimo esperado en ausencia de riesgo);
- β_{i1} a β_{i7} representa el Beta de la acción i para cada factor.

3. Cómputo y análisis de resultados

En esta sección se presentarán y discutirán los resultados obtenidos al aplicar los modelos CAPM y APT. Además, estos resultados serán contrastados con los obtenidos con base en teorías económicas aplicables.

3.1. Resultados del modelo CAPM

Como se mencionó anteriormente, los *beta* fueron estimados por regresión simple, por el método de los mínimos cuadrados, y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 4. Exceptuando la acción de Cespe (CESP6), los *beta* son estadísticamente significativos según la prueba t de Student⁴ (Prueba t), con una probabilidad de 5%. Lo mismo ocurre con la prueba F .⁵ No obstante, el coeficiente de determinación R^2 es bastante bajo, en general, menor que 0,2 para todas las acciones, hecho que evidencia el bajo poder explicativo del modelo.

La prueba de Durbin-Watson (DW), que evalúa la existencia de autocorrelación entre las variables, indica que los precios de las acciones de Equatorial (EQTL30), Light S/A (LIGT3), Tractabel (TBLE3) y Trans Paulista (TRPL4) están autocorrelacionados con el mercado.

En la mayoría de estas empresas de energía, el valor de los coeficientes *beta* estimados está en un nivel por debajo de 0,5, lo cual indica que el precio de las acciones de estas empresas oscila, proporcionalmente, menos que las variaciones del mercado (tabla 4).

A partir de los parámetros de regresión (*beta*) de la primera ecuación, se realizó la segunda serie de regresiones, tomando como variable independiente el rendimiento neto promedio de cada acción y como variable dependiente los parámetros (*beta*) de la ecuación de la primera serie.

Se obtuvieron, entonces, los siguientes parámetros:

$$RM = 0,5834 + -20,9294 \beta_i \\ (4,80)(-1,35)$$

Basándose en los resultados de las pruebas, no se puede afirmar que el coeficiente *beta*, obtenido en la ecuación, sea diferente de cero, con una probabilidad de 5% o mayor, según la estadística t .

Además, el test F también señala la no significación estadística de los parámetros del modelo. El coeficiente de determinación R^2 indica que la ecuación del modelo CAPM prácticamente no explica los cambios en la variable dependiente.

4 Test empleado para evaluar la exactitud de un procedimiento analítico.

5 Test usado para evaluar la previsión relativa de los dos métodos analíticos.

Acciones	Beta	Estad t	P. value	F	Prob. F	R ²	R ² ajustado	DW
CESP6	0,02	0,69	0,49	0,48	0,49	0,01	- 0,01	1,72
CMIG4	0,26	2,18	0,03	4,75	0,03	0,08	0,06	2,00
COCE5	0,50	3,45	0,00	11,90	0,00	0,17	0,16	2,08
CPLE3	0,68	4,97	0,00	24,70	0,00	0,30	0,29	2,27
CPLE6	0,43	3,42	0,00	11,73	0,00	0,17	0,15	2,05
ELET3	0,47	2,86	0,01	8,16	0,01	0,12	0,11	2,43
ELPL4	0,41	3,45	0,00	11,90	0,00	0,17	0,16	2,15
ENBR3	0,45	3,36	0,00	11,30	0,00	0,16	0,15	2,06
EQTL3	0,43	3,08	0,00	9,48	0,00	0,14	0,13	2,60
GETI4	0,35	3,20	0,00	10,22	0,00	0,15	0,14	2,42
LIGT3	0,52	3,12	0,00	9,76	0,00	0,14	0,13	2,59
MPXE3	1,75	7,67	0,00	58,81	0,00	0,50	0,49	2,09
TBLE3	0,36	3,35	0,00	11,22	0,00	0,16	0,15	2,51
TRPL4	0,28	2,32	0,02	5,40	0,02	0,09	0,07	2,50

Tabla 4. Coeficientes beta de las empresas de energía eléctrica
Fuente: elaboración propia

Frente a estos resultados, para la muestra analizada en la presente investigación, no se puede confirmar la teoría subyacente al modelo CAPM, de que el retorno de los activos sea explicado solamente por el riesgo propio del activo y por las variaciones del mercado.

3.2. Resultados obtenidos con el modelo APT

En el modelo APT se desarrolló una ecuación en la que el retorno neto de las acciones de las empresas de energía eléctrica se explica por múltiples factores macroeconómicos.

La tabla 5, a continuación, demuestra los parámetros obtenidos en esa ecuación:

Como se puede verificar en la tabla 5, los resultados de las ecuaciones demuestran que la mayoría de los parámetros no son estadísticamente significativos, según la prueba t, con un

nivel de significación de 5%, lo que indica que la hipótesis nula de que estos parámetros son diferentes de cero no puede ser rechazada.

La variable *tasa de interés* fue significativa para tres acciones (CPLE6, CPLE6 y LIGT3), las variables representativas del índice Dow Jones y de la tasa de cambio solo fueron significativas para dos acciones y la variable *nivel de actividad económica* fue significativa para apenas una acción (ENBR3). Las demás variables no se muestran significativas para ninguna acción.

En ese mismo sentido, según la prueba F, no se puede rechazar la hipótesis nula para siete ecuaciones del modelo con un nivel de significancia de 5% (tabla 6). El coeficiente de determinación R² ajustado presenta valores bastante reducidos, la mayoría por debajo de 0,3, lo que indica el bajo poder de explicación del modelo.

Acción	A	Inflación	Interés	Cambio	Desempleo	Actividad	Dow Jones	Riesgo País
CESP6	0,00	-0,00	-0,07	0,05	-0,02	0,02	0,13	0,03
t	0,77	-0,52	-1,86	0,63	-0,88	0,33	1,96	1,22
CMIG4	0,01	-0,00	-0,16	-0,12	-0,02	0,07	0,11	-0,01
t	0,78	-0,59	-1,18	-0,43	-0,25	0,28	0,44	-0,07
COCE5	0,03	-0,01	0,05	0,01	0,07	-0,43	0,17	-0,26
t	2,59	-1,47	0,34	0,03	0,91	-1,46	0,58	-2,39
CPLE3	0,02	-0,01	-0,11	-0,50	0,01	-0,18	0,74	0,05
t	1,56	-1,09	-0,69	-1,54	0,07	-0,61	2,56	0,46
CPLE6	0,01	-0,00	-0,31	-0,28	0,00	0,08	0,32	0,01
t	1,54	-0,59	-2,26	-1,00	0,06	0,33	1,26	0,06
ELET3	0,01	-0,01	-0,24	0,10	-0,04	0,21	-0,14	-0,27
t	0,86	-0,87	-1,35	0,26	-0,45	0,63	-0,43	-2,22
ELPL4	0,02	-0,01	-0,06	-0,41	0,04	-0,07	0,06	-0,08
t	2,28	-1,39	-0,42	-1,51	0,61	-0,27	0,24	-0,92
ENBR3	0,01	-0,00	0,05	-0,51	0,09	-0,57	0,18	-0,04
t	1,20	-0,23	0,35	-1,68	1,30	-2,09	0,65	-0,39
EQTL3	0,01	-0,00	-0,27	-0,69	0,02	0,01	-0,37	-0,14
t	1,05	-0,78	-2,02	-2,47	0,27	0,04	-1,47	-1,45
GETI4	0,02	0,00	0,04	-0,16	0,09	-0,34	0,01	-0,11
t	2,68	0,04	0,32	-0,62	1,53	-1,46	0,05	-1,26
LIGT3	0,02	-0,00	-0,38	0,10	-0,01	-0,19	-0,01	-0,30
t	1,42	-0,03	-2,36	0,31	-0,15	-0,62	-0,02	-2,69
MPXE3	-0,01	0,00	-0,10	-2,28	0,19	-0,35	0,47	0,06
t	-0,36	0,24	-0,34	-3,88	1,33	-0,66	0,90	0,29
TBLE3	0,01	0,00	-0,11	-0,25	0,01	0,19	0,12	-0,07
T	1,38	0,69	-0,91	-1,00	0,24	0,87	0,55	-0,87
TRPL4	0,01	0,00	-0,05	-0,53	-0,06	0,09	-0,08	0,07
T	1,43	0,98	-0,34	-1,88	-0,87	0,34	-0,30	0,77

Tabla 5. Parámetros estimados según el modelo APT

Fuente: elaboración propia

Acción	Estadística F	Probabilidad F	R ² ajustado	DW
CESP6	1,39	0,23	0,04	1,89
CMIG4	0,63	0,73	- 0,05	1,83
COCE5	2,34	0,04	0,14	2,11
CPLE3	3,07	0,01	0,20	2,40
CPLE6	2,48	0,03	0,15	1,88
ELET3	1,75	0,12	0,08	2,34
ELPL4	1,98	0,08	0,10	1,89
ENBR3	2,12	0,06	0,12	2,09
EQTL3	4,61	0,00	0,30	2,41
GETI4	1,33	0,25	0,04	2,61
LIGT3	4,28	0,00	0,28	2,18
MPXE3	5,19	0,00	0,33	2,00
TBLE3	1,85	0,10	0,09	2,56
TRPL4	0,88	0,53	- 0,01	2,54

Tabla 6. Pruebas estadísticas del modelo APT

Fuente: elaboración propia

Con base en estos resultados, se puede constatar que, en general, los precios de las acciones de las empresas de energía eléctrica que componen la muestra no pueden ser explicados por los factores macroeconómicos estudiados.

Conclusiones

El presente estudio pretendía evaluar el comportamiento de los retornos de las acciones a partir de la aplicación de los modelos CAPM y APT en el mercado brasileño. Para ello, se empleó una muestra de acciones de empresas del sector de energía eléctrica que componen el Índice de Energía Eléctrica, IEE, elaborado por la Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo, BM&F Bovespa, con un total de 15 acciones.

Los resultados de las regresiones evidencian que no se puede confirmar que el retor-

no de los activos sea explicado solamente por el riesgo propio del activo y por las variaciones del mercado, teoría subyacente al modelo CAPM, ya que las pruebas estadísticas indican que los parámetros de la ecuación —en la que el rendimiento neto promedio de cada acción se explica por los *beta* de las empresas— no son significativos con una probabilidad de 5%, por lo menos. En este mismo sentido, el coeficiente de determinación R² indica que la ecuación del modelo tiene bajo poder de explicación de las alteraciones en la variable dependiente.

Para el modelo APT, con el cual se examinó la relación entre el retorno de las acciones y los factores macroeconómicos, se obtuvieron resultados semejantes ya que los factores son no significativos para casi todas las acciones. El factor que presentó mayor significación estadística fue la tasa de interés, que resultó aceptable para

tres acciones (CPLE6, CPLE6 y LIGT3). Las demás variables resultaron significativas apenas para dos acciones o menos.

Estos resultados sugieren que los factores macroeconómicos, en general, no explican el retorno de las acciones de las empresas estudiadas. Esto ocurre tal vez por la naturaleza de la actividad ejercida por las empresas que componen la muestra ya que, en Brasil, las empresas se encuentran bajo un estricto control gubernamental, que abarca desde la determinación del área de actuación —lo que imposibilita la expansión territorial— hasta la cantidad ofrecida y el precio de venta de la energía eléctrica —fijados por el gobierno—.

En ese sentido, es posible que, en sus evaluaciones, los agentes del mercado atribuyan mayor importancia a las variables específicas del sector que a los factores macroeconómicos.

Se propone, como sugerencia para futuros estudios, el análisis de la relación entre los retornos de las empresas de energía eléctrica y los factores específicos del sector y del ambiente económico en que actúan.

Referencias

- Bolsa de Valores Mercadorias e Futuros de São Paulo, BM&F Bovespa (2012). *Relatório Dados de Mercado, Janeiro de 2012*. Disponible en: <http://bmfbovespa.comunique-se.com.br>
- Bodie, Zvi; Kane, Alex & Marcus, Alan J (2000). *Fundamentos de Investimentos*. Porto Alegre: Bookman.
- Dhrymes, Phoebus J.; Friend, Irwin & Gultekin, Bulent (1984). A Critical Reexamination of the Empirical Evidence on the Arbitrage Pricing Theory. *The Journal of Finance*, 39 (2), 323-346.
- Huberman, Gur (1982). A Simple Approach to Arbitrage Pricing Theory. *Journal of Economic Theory*, 28 (1), 183-191.
- Iudícibus, Sérgio de; Martins, Eliseu; Gelbcke, Ernesto Rubens; Santos, Arioaldo dos (2010). *Manual de contabilidade societária*. São Paulo: Atlas.
- Lintner, John (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budget. *Review of Economics and Statistics*, 47 (1), 13-37. Disponible en: <http://www.grbestpractices.org/sites/grbestpractices.org/files/The%20valuation%20of%20risk%20assets%20and%20the%20selection%20of%20risky%20investments%20in%20stock%20portfolios%20and%20capital%20budgets.pdf>
- Markowitz, Harry (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7 (1), 77-91. Disponible en: http://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf
- Mossin, Jan (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica*, 34 (4), 768-783. Disponible en: <http://efinance.org.cn/cn/fm/Equilibrium%20in%20a%20Capital%20Asset%20Market.pdf>
- Ross, Stephen (1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory*, 13 (3), 341-360.
- Ross, Stephen; Westerfield, Randolph & Jaffe, Jeffrey (1995). *Administração Financeira*. São Paulo: Atlas.
- Sharpe, William F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under

Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 19 (3), 425-442. Disponible en: <http://efinance.org.cn/cn/fm/Capital%20Asset%20Prices%20A%20Theory%20of%20Market%20Equilibrium%20under%20Conditions%20of%20Risk.pdf>

Swoboda, Carlos Juan (2003). Teoría del arbitraje de precios: una investigación empírica para la Argentina. *III Encuentro Internacional de Finanzas*, Santiago de Chile.

- Fecha de recepción: 5 de septiembre de 2012
- Fecha de aceptación: 27 de junio de 2013

Para citar este artículo

Santana, Fernando de Sousa (2013). Modelo de valoración de activos financieros (CAPM) y teoría de valoración por arbitraje (APT): un test empírico en las empresas del sector eléctrico brasileño. *Cuadernos de Contabilidad*, 14 (35), 731-746.