

Aplicación de la Teoría de Valores Extremos y del Análisis Fundamentalista en Estrategias *Long-Short*: un Análisis de *Pair Tradings* del Mercado Brasileño

Resumen

En las últimas décadas, ha crecido el número de fondos que procuran explotar ineficiencias de mercado por medio de estrategias de arbitraje, en las cuales se destaca la estrategia *long-short*. Gran parte de los análisis utilizados para la obtención de los *pair tradings*, no obstante, no llevan en consideración los desvíos extremos existentes en el proceso de interdependencia entre los activos involucrados y los indicadores de calidad operacional de las firmas. La Teoría de los Valores Extremos y el Análisis Fundamentalista fueron utilizados en este trabajo para que fuesen modeladas las series de la razón entre precios de pares de activos obtenidos a partir de la estructura de indicadores contables propuestos por Piotroski (2000). Tales abordajes permitieron que fuesen consideradas empresas con señalizaciones positivas de posibilidad de lucro, estructura de capital y eficiencia operacional, además de distribuciones capaces de capturar los co-movimientos extremos asociados a los *pair tradings* seleccionados. A partir de tal modelaje, fue creado un nuevo abordaje cuantitativo para la estrategia *long-short*, la cual denominamos estrategia *GEV Long-Short*. Los resultados obtenidos sugieren que el mejor ajuste de los cuantiles extremos por intermedio de la distribución de valores extremos tiene capacidad de proporcionar sustentación probabilística más refinada para que el retorno a la media justifique la posibilidad de arbitraje *long-short*.

Palabras Clave: Estrategias *Long-Short*; Teoría de Valores Extremos; Arbitraje; *Pair Trading*; Análisis Fundamentalista.

Danilo Soares Monte-Mor

Máster en Economía (UFES) y Doctorando en Ciencias Contables y Administración (Fucape) y Profesor de la Fucape Business. **Contacto:** School. Av. Fernando Ferrari, 1358, Boa Vista, Vitória (ES), CEP 29075-505. **E-mail:** danilo@fucape.br

Marco Aurélio dos Santos Sanfins

Doctor en Estadística (UFRJ) y Profesor de la Universidad Federal Fluminense (UFF). **Contacto:** Rua Mário Santos Braga, S/N, Valouguinho, Niterói (RJ), CEP 24.020-140. **E-mail:** marcosanfins@automata.uff.br

Silvania Neris Nossa

Máster en Ciencias Contables (Fucape) y Doctoranda en Ciencias Contables y Administración (Fucape). **Contacto:** Av. Fernando Ferrari, 1358, Boa Vista, Vitória (ES), CEP 29075-505. **E-mail:** silvania@fucape.br

Aridelmo José Campanharo Teixeira

Doctor en Controladuría y Contabilidad (USP) y Profesor de la Fucape Business. **Contacto:** School. Av. Fernando Ferrari, 1358, Boa Vista, Vitória (ES), CEP 29075-505. **E-mail:** aridelmo@fucape.br

1. Introducción

En las últimas décadas, ha crecido el número de fondos que procuran explotar ineficiencias de mercado por medio de arbitraje. La explotación de tales ineficiencias puede darse por medio de estrategias como la estrategia *long-short*, en la cual son asumidas tanto posiciones compradas (*long*) como vendidas (*short*) en acciones o índices de acciones, sea en el mercado al contado o de derivados. Durante muchos años, no obstante, gran parte de los *pair tradings* utilizados en esas estrategias fueron construidos con base en análisis que no consideran los desvíos extremos existentes en el proceso de interdependencia entre los activos involucrados y los indicadores de calidad operacional de las firmas. El objetivo de este trabajo es verificar si por medio del análisis fundamentalista propuesto por Piotroski (2000) y de la Teoría de Valores Extremos es posible que se establezca un nuevo abordaje cuantitativo para la estrategia *long-short*, de forma que sean considerados, además de empresas con señalizaciones positivas de posibilidad de lucro, estructura de capital y eficiencia operacional, distribuciones capaces de capturar co-movimientos extremos asociados a los *pair tradings* seleccionados.

Trabajos que incluyen a Gatev, Goetzmann y Rowwenhorst (2006) se basan en abordajes en los cuales los co-movimientos entre dos activos son medidos por la suma del cuadrado de las diferencias entre sus respectivas series de precios normalizadas. Con abordajes semejantes siguen Nath (2006), y Do y Hamza (2006). Se percibe, no obstante, que el modelaje probabilístico de la serie de los co-movimientos de los precios de los *pair tradings* requiere distribuciones con colas pesadas, una vez que gran parte de las oportunidades de arbitraje se genera a partir de esos movimientos extremos.

Otros trabajos, como los de Alexander (1999), Alexander y Dimitriu (2005a), Dunis y Ho (2005) y Caldeira y Portugal (2010), utilizaron la técnica de cointegración, que procura explotar la dependencia de largo plazo existente entre series temporales, en el contexto de estrategias *index tracking*. Herlemont (2000), Alexander y Dimitiu (2005b) y Lin, McRae y Gulati (2006) también aplicaron tal metodología en el contexto de estrategias que involucran *pair tradings*. Se percibe, no obstante, que, incluso pares de activos que no poseen interdependencia de largo plazo, pueden generar en corto plazo oportunidades de arbitraje. En ese sentido, se hace necesario el desarrollo de técnicas cuantitativas *long-short* más apropiadas al análisis de los co-movimientos extremos de los pares de activos, cointegrados o no. Es en ese contexto que la Teoría de los Valores Extremos desempeña un papel fundamental por su gran capacidad de modelaje de datos extremos.

Con el intuito de verificar la posibilidad de la utilización de la teoría de extremos en la detección de *timings* más oportunos para arbitraje, fueron seleccionadas en el mercado brasileño empresas *Winners* con mayor liquidez y valor de mercado. Según Piotroski (2000), al considerarse carteras con tales características, retornos anormales *buy-and-hold* de hasta un 23% podrían ser obtenidos en el mercado americano. Los resultados de Piotroski (2000) fueron confirmados también en el mercado brasileño por Lopes y Galgi (2007), especialmente en el segundo año después de la construcción de la cartera. A partir de tales resultados, se espera que la utilización del Análisis Fundamentalista en consonancia con la Teoría de Valores Extremos permita que sean consideradas, además de empresas con señalizaciones positivas de posibilidad de lucro, estructura de capital y eficiencia operacional, distribuciones capaces de capturar los co-movimientos extremos asociados a los *pair tradings* seleccionados.

Pares de acciones de empresas importantes en el escenario brasileño fueron utilizados para la aplicación del nuevo abordaje cuantitativo a ser propuesto, el cual denominamos estrategia *GEV Long-Short*. Los resultados obtenidos fueron comparados a los resultados que son obtenidos cuando los ajustes son efectuados a partir de la distribución normal. La implementación de la estrategia *GEV Long-Short* fue efectuada por el abordaje *Block Máxima*. Los parámetros fueron estimados por máxima verosimilitud. La estimación de los parámetros y demás análisis fueron efectuados con el uso del programa estadístico *R-Project* a partir del paquete *fExtremes*, específico para análisis de los valores extremos.

Los resultados obtenidos sugieren que la elección de *pairs trading*, por medio del análisis fundamentalista, y el modelaje de las series de los cocientes de los precios, por intermedio de la distribución de valores extremos, tienen capacidad de proporcionar un mejor ajuste de los cuantiles de probabilidades extremos, de forma a detectarse con una mayor precisión *timings* más oportunos para las reversiones de las tendencias de caída y de aumento de la razón de fijación de precios entre pares de activos.

Los resultados obtenidos sugieren asimismo que, aunque pueda existir un sincronismo aparente entre los precios de las acciones, la condición de cointegración no es necesariamente un requisito para que estrategias *long-short* puedan ser construidas, como es el caso de la estrategia *GEV Long-Short* propuesta. Tal hecho se sustenta, una vez que el modelaje probabilístico de la razón de fijación de precios, por medio de la distribución de valores extremos, no procura establecer relación de dependencia entre los procesos generadores de cada serie de precios, sino verificar probabilísticamente, a partir de la existencia de cada proceso generador, momentos en que la razón de fijación de precios se posiciona en cuantiles extremos y se muestra fuera de los estándares de normalidad.

Este artículo contribuye para la literatura de finanzas al proponer la utilización del modelaje de datos extremos como herramienta que puede proporcionar informaciones para que sea efectuado un monitoreo *ex-ante* de la difusión gradual de las informaciones privadas y de los respectivos ajustes relativos de los precios de pares de acciones. Tal monitoreo se torna importante en la medida en que posibilita que los *players* revisen sus expectativas (Análisis Fundamentalista) y perciban con menor desfase temporal el *timing* oportuno en que deben operar como *traders* (Teoría de los Valores Extremos). El modelaje de eventos extremos confiere al abordaje propuesto un avance en términos de oportunidades de arbitraje con relación a la metodología que utiliza cointegración, una vez que el hecho de que series de precios no sean cointegradas no excluye la posibilidad de la existencia de oportunidades de arbitraje en corto plazo.

Este artículo sigue estructurado de la siguiente forma: en las secciones 2 y 3 son efectuadas breves introducciones acerca de la estrategia *Long-Short* y de la Teoría de Valores Extremos; en la sección 4, es introducida la estrategia *GEV Long-Short* y son presentados los resultados comparativos entre los ajustes efectuados por la distribución de valores extremos y por la distribución normal. La sección 5 se destina a la conclusión y demás comentarios.

2. Hedge Funds y Estrategias Long-Short

De entre los fondos que utilizan la estrategia *long-short* se destacan los *Hedge Funds*. Creado en 1949 por Alfred W. Jones, el primer *Hedge Fund* era un fondo cuya estrategia se basaba en la compra de acciones subvaluadas y en la venta a descubierto de acciones sobrevaluadas con el intuito de proteger la cartera contra riesgos de mercado, o sea, reducir el riesgo de las carteras por medio de posiciones vendidas en otras acciones (Fothergill & Coke, 2000). Así pues, al comprar acciones que él creía que tenían buen potencial de retornos y mantener posición vendida en papeles en los cuales se sentía pesimista, Jones acabó reduciendo su exposición al riesgo del mercado de acciones.

Al trabajar con tales posiciones, Jones reducía su riesgo, una vez que, caso el mercado como un todo tuviese un desempeño negativo, el fondo ganaría al menos en parte de sus posiciones (en el caso, las ventas, o *short*). Su estrategia, no obstante, cuando confirmadas las perspectivas trazadas, permitía que el fondo obtuviese lucro en las dos operaciones, o sea, con el alza de las acciones compradas y con la caída de las ventas a descubierto, una vez que su posición permitía adquirirlas por un valor inferior. Esa estrategia hizo que, incluso con la cobranza de una tasa de remuneración en torno del 20% del retorno líquido, el fondo administrado por Jones presentase un retorno mayor que el de cualquier otro fondo, lo que despertó un gran interés y atrajo, a finales de la década de 60, tanto a inversores como a profesionales de mercado, que crearon centenas de nuevos fondos *hedge* (Fothergill & Coke, 2000).

Con la crisis de la década de los 70, no obstante, algunos *Hedge Funds* fueron extintos y solamente en la mitad de la década de los 90 fueron reintroducidos en los fondos de interés de los inversores (Anjivel, Boudreau, Perskin & Urias, 2000). Pero si, teóricamente, las estrategias de inversiones adoptadas por ese tipo de fondo reducían los riesgos, ¿por qué algunos inversores hacen asociación de los *Hedge Funds* con inversiones de riesgo elevado y por qué ellos sufrieron tanto con la crisis de la década de los 70? La respuesta reside en el hecho de que el objetivo de la estrategia mencionada arriba puede no ser el único adoptado por un *Hedge Fund*.

Por ejemplo, muchos *Hedge Funds* adoptan estrategias que involucran impulso, o sea, el uso de derivativos para multiplicar el desempeño del fondo. Fue exactamente la adopción de estrategias más agresivas y de posiciones extremadamente impulsadas que llevaron a muchos *Hedge Funds* a fuertes pérdidas en el final de la década de los 60 e inicio de la década de los 70 en los EE.UU. Ese proceso de acumulación de pérdidas duró hasta 1986, cuando el desempeño del *Tiger Fund* trajo los *Hedge Funds* de vuelta como opción para grandes inversores (Branco & Franco, 2004).

En el Brasil, no existe reglamentación para los *Hedge Funds*, sino para fondos que, a veces, actúan como *Hedge Funds*. De acuerdo con la nueva clasificación efectuada por el Banco Central y basada en riesgo (introducida en marzo de 2005), tales carteras están entre los fondos genéricos. Fondos de esa categoría tienen permiso de mantener posiciones impulsadas (Branco & Franco, 2004). En los EE.UU., los *Hedge Funds* son sociedades limitadas en lo referente al número de usuarios, poco reguladas y exentas de los controles de la reglamentación *Company Act* de 1940 (restricciones a impulso, venta a descubierto, concentración de riesgo, etc.), aplicada a los *mutual funds* (Liang, 2003). La falta de exigencias en relación a la transparencia de los balances y de las operaciones de los *Hedge Funds* norteamericanos hace que haya auditorías particulares. Esas auditorías, no obstante, según Liang (2003), son limitadas, una vez que un 40% de una muestra amplia no es auditada adecuadamente. En el Brasil, la rigidez en la reglamentación de las operaciones de los *Hedge Funds* es mucho mayor, una vez que esos fondos reciben el mismo tratamiento legal que otros fondos, como los de renta fija, por ejemplo. Esa reglamentación, aunque en algunos casos presente restricciones en relación a las negociaciones, proporciona a los inversores mayor seguridad en relación a la fijación de precios de las cuotas de los respectivos fondos.

Actualmente, aunque los *Hedge Funds* presenten otras estrategias de inversión bastante diversificadas en relación al grado de especialización y categorización (*opportunistic, event driven, futures and currencies arbitrage, market timing, market neutral, global, equity hedge, etc.*), la importancia de Alfred W. Jones debe ser reconocida, una vez que, a partir de su fondo *hedge*, se estableció lo que hoy es conocido como la estrategia *long-short* en el mercado de acciones.

En la próxima sección, serán presentados los principales fundamentos de la Teoría de Valores Extremos y del Análisis Fundamentalista, las cuales fueron utilizadas en la construcción de un nuevo abordaje cuantitativo para la estrategia *long-short*.

3. Análisis Fundamentalista y la Teoría de los Valores Extremos (TVE)

En el universo cuantitativo de la detección de oportunidades de arbitraje, no es conveniente considerar que todos los inversores estén de acuerdo en relación a la distribución de probabilidad de los precios de los activos. Lo que los inversores hacen es aproximar, en función de las informaciones que tienen disponibles, la distribución empírica de los datos para distribuciones conocidas y que mejor se adecuen al tipo de análisis requerido. De esa forma, en corto plazo, los precios pueden no reflejar todas las informaciones existentes, pero el conjunto de interpretaciones que cada inversor hace de las informaciones públicamente disponibles (ineficiencias de corto plazo). Por consecuencia, son creadas oportunidades de arbitraje, dadas las diferentes expectativas que cada inversor hace acerca de la estrategia y de la cartera óptima para destinación de sus recursos.

La asimetría informacional existente entre el gestor y los accionistas que no participan directamente en las tomas de decisiones, por ejemplo, es uno de los factores que puede justificar las posibilidades de arbitraje. En la literatura de finanzas, se ha tornado más frecuente la utilización de la contabilidad para la disminución de tal asimetría informacional. Algunos estudios buscaron relacionar los retornos de las acciones con indicadores financieros construidos a partir de informaciones contables (análisis fundamentalista), de forma que fuese verificada la relación existente entre los precios e informaciones contenidas en los balances de las empresas: Ball y Brown (1968), Fama y French (1992), Baruch y Thiagarajan (1993), Fama y French (1995), Fama y French (1996), Abarbanell y Bushee (1997), Abarbanell y Bushee (1998), Ali y Hwang (2000), Bird, Gerlach y Hall (2001), Piotroski (2000), y Lopes y Galdi (2007). Tales estudios sugieren que la transparencia y calidad

tanto de los procesos de gestión como de las informaciones contenidas en los balances son factores asociados al desempeño de las empresas en el mercado de acciones. Con base en tales características, Piotroski (2000) construyó carteras en el mercado americano con base en empresas que fueron clasificadas como *winner*s y *loser*s.

En la próxima sección, será verificado que es posible, por medio del análisis fundamentalista propuesta por Piotroski (2000) y de la Teoría de Valores Extremos, establecer un abordaje que permita que los *players* de mercado revisen sus expectativas (Análisis Fundamentalista) y perciban con menor desfase temporal el *timing* oportuno en que deben operar como *traders*.

3.1 Modelaje Univariado de los Máximos

La TVE es un ramo de la probabilidad que estudia el comportamiento estocástico de extremos asociados a un conjunto de variables aleatorias con distribución común F . Las características de la distribución de esos extremos (distribución del máximo o mínimo) son determinadas por las caudas de la distribución F .

Algunos autores se refieren al artículo de Bortkiewicz (1922) como el marco inicial del desarrollo de la Teoría de los Valores Extremos (TVE). En ese artículo, Bortkiewicz aborda la distribución del tamaño del intervalo entre el máximo y el mínimo, pero en una muestra con distribución normal. En términos más generales, los fundamentos básicos de la TVE fueron inicialmente expuestos por Fisher y Tippett (1928), que introdujeron los tres tipos posibles de distribución asintótica de los valores extremos, hoy conocidas como distribuciones de Gumbel, Fréchet y Weibull. No obstante, uno de los primeros a estudiar y a formalizar la aplicación estadística de esa teoría fue Gumbel (1954), cuya metodología será presentada a seguir.

Al analizar una muestra como un todo, se encuentra únicamente un máximo (o mínimo) absoluto asociado a un número finito de observaciones. En el intuito de tornar la disposición de las observaciones pasible de análisis a partir de la TVE, una muestra puede ser dividida en subperíodos disjuntos y de mismo tamaño, de forma que sean extraídos los máximos de cada subperíodo.

Considérese, para tanto, variables aleatorias X_1, X_2, \dots i.i.d. con función de distribución F y un conjunto $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ formado por n de esas variables. A partir de ese conjunto podemos obtener una nueva sucesión al reordenar sus términos en orden creciente de magnitud, a saber

$$(X_{(n)}) = \{X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}\}$$

en que $X_{(1)} = \min X$ y $X_{(n)} = \max X$.

Definición 3.1 – La función $F_{X_{(n)}}(x) = P(X_{(n)} \leq x) = [P(X \leq x)]^n = F^n(x)$, $x \in \mathbb{R}$, $n \in \mathbb{N}$ es denominada función de distribución de máximo.

Nótese que en la definición arriba mencionada $P(X_{(n)} \leq x) = [P(X \leq x)]^n$, una vez que, dada la independencia de las variables $P(\cap_{i=1}^n [X_i \leq x]) = \prod_{i=1}^n [P(X_i \leq x)]$.

Observación 3.1 – Aunque en la mayor parte de las veces tratemos a la TVE a partir de un abordaje de las observaciones máximas, los mismos resultados pueden ser utilizados en el abordaje de los mínimos, dada la conversión inmediata

$$\text{Min}(X_1, X_2, \dots, X_n) = -\text{Max}(-X_1, -X_2, \dots, -X_n)$$

A partir de la distribución del máximo e interesados en el análisis de la cola de la distribución F , observe que el máximo converge en probabilidad para el límite superior x_F del soporte de la distribución F , o sea

$$X_{(n)} \xrightarrow{p} x_F$$

cuando $n \rightarrow \infty$ y para $x_F \leq \infty$, siendo $x_F = \sup\{x \in \mathbb{R} / F(x) < 1\}$, una vez que para n suficientemente grande:

- se $x < x_F$, entonces $P(X_{(n)} \leq x) = F^n(x) \rightarrow 0$
- se $x \geq x_F$, con $x_F < \infty$, entonces $P(X_{(n)} \leq x) = F^n(x) \rightarrow 1$

No obstante, para valores de n pequeños, es necesario que se conozca previamente la distribución F (que en general es desconocida) para que se establezca la distribución del máximo y, para valores de n suficientemente grandes, la función de distribución del máximo se torna degenerada, o sea, $P(X_{(n)} \leq x) \rightarrow 0$.

Fisher y Tippet (1928), no obstante, establecieron un resultado en el cual la distribución de los máximos estandarizados por secuencias de constantes (a_n) y (b_n) converge para ciertas distribuciones límite, denominadas distribuciones extremas o distribuciones Extreme Value (EV). Ese resultado es hoy conocido como teorema de Fisher-Tippett.

Teorema 3.1 (Teorema de Fisher Tippett) – Sea $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$ (una sucesión de variables aleatorias i.i.d con función de distribución F). Si existiere una secuencia (a_n) de términos positivos, una secuencia real (b_n) y una función de distribución H no degenerada tales que

$$P[X_{(n)} \leq a_n x + b_n] = F^n(a_n x + b_n) \xrightarrow{d} H(x)$$

entonces las únicas formas posibles de H son las distribuciones Gumbel, Fréchet o Weibull, también denominadas distribuciones del tipo I, II y III, respectivamente.

Tales distribuciones límite están asociadas a un parámetro de forma λ . A seguir están presentadas las distribuciones límite para máximos, así como los respectivos gráficos de las distribuciones extremas con parámetro de forma iguales a 0, 1 y -1, respectivamente:

- Gumbel $\lambda = 0, x \in \mathbb{R}$: $F_\lambda(x) = \exp[-\exp(-x)]$
- Fréchet $\lambda > 0, x \in \mathbb{R}$: $F_\lambda(x) = \begin{cases} \exp(-x)^{-\lambda}, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x \leq 0 \end{cases}$
- Weibull $(\lambda < 0, x \in \mathbb{R})$: $F_\lambda(x) = \begin{cases} \exp[-(-x)^{-\lambda}], & \text{se } x \leq 0 \\ 1, & \text{se } x > 0 \end{cases}$

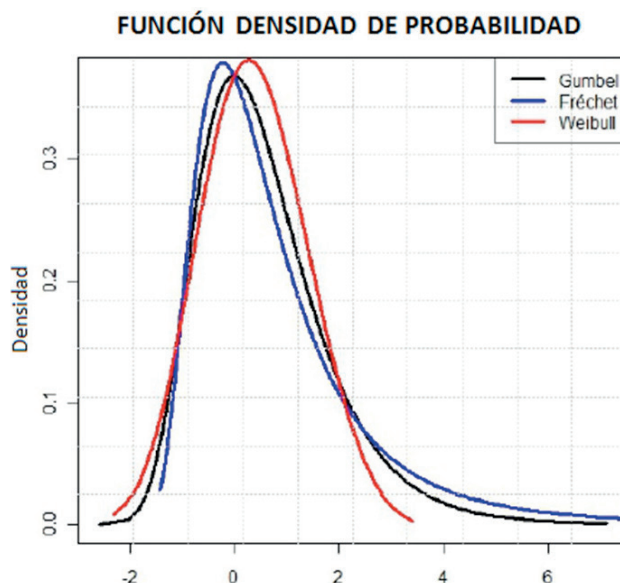


Figura 1. Gráfico de las distribuciones extremas con parámetros de forma iguales a 0, 1 y -1, respectivamente

Nótese que el Teorema de Fisher-Tippett especifica las distribuciones extremas límite para las cuales hay posibilidad de convergencia de distribución del máximo estandarizado $\frac{X_{(n)} - b_n}{a_n}$, aunque no establezca condiciones que F debe satisfacer para que ocurra tal convergencia (Embrechts, Klippelberg Mikosch, 1997).

Obsérvese asimismo que las distribuciones EV pueden ser estimadas sin que se haga necesaria la utilización de la distribución F . Una vez estimada la distribución límite, no obstante, inferencias acerca de la distribución empírica F pueden ser efectuadas, una vez que de $H(x) = F^n(x)$ se obtiene:

$$F(x) = [H(x)]^{1/n}$$

En trabajos anteriores a los publicados por Von Mises (1936) y Jenkison (1955), no obstante, la estimación del parámetro λ que especifica la distribución límite era efectuada, suponiéndose la convergencia de la distribución teórica F para cada una de las distribuciones límite, con posterior aplicación de tests para verificación de la distribución extrema con mejor calidad de ajuste. El avance teórico introducido por esos autores fue bastante significativo, una vez que bajo la ξ -parametrización, o representación de Jenkison-van Mises 1936 y Jenkison (1955), las distribuciones de Gumbel, Frichét y Weibull pueden ser generalizadas en una forma denominada Distribución Generalizada de Valor Extremo (*Generalized Extreme Value* – GEV), que representa una familia de funciones de distribución de un único parámetro ξ . O sea, la parametrización de las funciones extremas permitió que fuesen estimados los parámetros de la verdadera distribución límite. Sigue la Distribución Generalizada de Valor Extremo:

$$G_\xi(T(x)) = G_{\xi,\mu,\sigma}(x) = \begin{cases} \exp\left(-\left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{\frac{-1}{\xi}}, \xi \neq 0, 1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma} > 0\right) \\ \exp\left[-\exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right], \xi = 0 \end{cases}$$

Para el caso límite ($\xi \rightarrow 0$), tenemos que G_ξ corresponde a la distribución Gumbel. Asimismo, si $\xi < 0$, H_ξ corresponde a la distribución Weibull y si $\xi > 0$, H_ξ corresponde a la distribución Fréchet.

La función densidad de probabilidad (fdp) de la distribución generalizada $G_{\xi\mu\sigma}$ puede ser obtenida por diferenciación y aplicación de la regla de la cadena sigue a seguir:

$$G_{\xi,\mu,\sigma}(x) = \begin{cases} \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{\left(\frac{-1}{\xi}-1\right)} \exp\left[-\left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{\frac{-1}{\xi}}\right], \xi \neq 0, \mu \in \mathbb{R}, \sigma > 0 \\ \exp\left[-\exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right] \exp\left(-\frac{x - \mu}{\sigma}\right) \frac{1}{\sigma}, \xi = 0, x \in \mathbb{R}, \mu \in \mathbb{R}, \sigma > 0 \end{cases}$$

En la Figura 2 están presentados los gráficos de las fdp asociadas a cada una de las tres distribuciones.

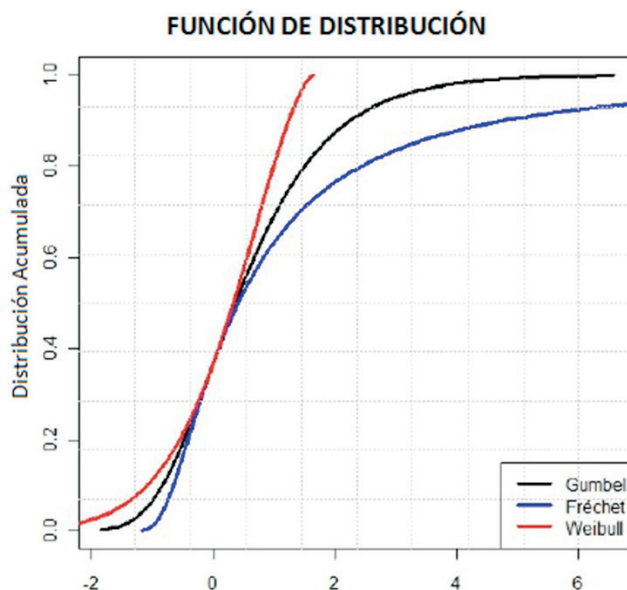


Figura 2. Gráfico fdp de las distribuciones extremas con parámetro de forma iguales a 0, 1 y -1, respectivamente

4. Nueva Propuesta Cuantitativa *Long-Short*

Esa sección se destina a la presentación del nuevo abordaje cuantitativo *long-short*, construido a partir de pesquisa empírica en que fueron utilizados datos de empresas listadas en la BM&FBovespa referente al período entre 2005-2008. Además de los precios, fueron utilizadas informaciones contables obtenidas en la base de datos Económica en el intuito de seleccionar las empresas *Winners*, conforme metodología propuesta por Piotroski (2000). Una vez que el interés es verificar la posibilidad de la utilización de la teoría de extremos en la detección del *timing* más oportuno para arbitraje, fueron seleccionadas únicamente las empresas *Winners* con mayor liquidez y valor de mercado. Según Piotroski (2000), al considerarse tales carteras, retornos anormales de hasta un 23% podrían ser obtenidos en estrategias *buy-and-hold*. Los resultados de Piotroski (2000) fueron confirmados también en el mercado brasileño por Lopes y Galdi (2007), especialmente en el segundo año después de la construcción de la cartera. La Tabla 1 presenta los 9 indicadores utilizados en la construcción del *score* propuesto por Piotroski (2000).

De las empresas pertenecientes al quintil superior (*winner*), fueron seleccionadas aquellas empresas de mayor liquidez y valor de mercado (Lopes & Galdi, 2007). A partir del modelaje efectuado por la Teoría de los Valores Extremos de la razón de los precios de las empresas seleccionadas, las acciones *winner* seleccionadas fueron monitoreadas de forma que fuese verificado el momento en que la razón de precios alcanzase los cuantiles extremos proporcionados por el modelaje de los extremos. Las empresas seleccionadas fueron monitoreadas durante los dos años después de la formación de la cartera *winner*, conforme proposición de Lopes y Galdi (2007).

4.1 Estrategia GEV *Long-Short*

La estrategia *long-short* más simples adoptada por los *players*, también llamada estrategia *number one*, es un tipo de estrategia *pair trading* y está basada en el alquiler de una determinada acción que está sobrevaluada en relación al precio de otra acción específica (Nicholas, 2000). El objetivo de esa estrategia es obtener un retorno adicional y que no esté relacionado a la apreciación o depreciación de esos activos, sino al desempeño relativo entre las posiciones compradas (*long*) y vendidas (*short*).

En esa operación, las acciones alquiladas son inmediatamente vendidas y el montante obtenido es totalmente invertido en la compra de la otra acción que compone el *pair trading*. Al final del período de maduración del alquiler, se espera que el *pair trading* esté con razón de la determinación de precios (k) en relación a la posición inicial menor lo suficiente para cubrir los costes generales de la transacción y generar los retornos adicionales deseados, o sea, se espera que la venta de las acciones compradas sea superior al valor necesario para compra de las acciones alquiladas y que deben ser devueltas aumentadas de la tasa de negociación, que en general es del 1% (Nicholas, 2000). De modo análogo, caso k sea obtenido por medio de la razón de los precios de los activos subevaluado y sobrevaluado, respectivamente, entonces se espera que la razón k esté mayor lo suficiente para que se pueda alcanzar los resultados deseados.

Obsérvese que, a pesar de que el mercado opere en caída, es posible que se obtenga rentabilidad positiva. Basta que las posiciones sean efectuadas de forma que el activo *short* se desvalorice más que el activo *long*. Ese es, entre otros, uno de los importantes beneficios que las estrategias *long-short* pueden proporcionar, una vez que, además de tornar oportunas rentabilidades positivas, protegen la cartera contra riesgos sistémicos de declive del mercado.

La gran cuestión que involucra la nueva implementación cuantitativa *long-short* propuesta se basa en el modelaje (por medio de la TVE) de la serie obtenida a partir del cociente de los precios del *pair trading* a ser arbitrado, de forma que sea detectado, por ejemplo, con un 95% de confianza, el momento en que esa razón ocupe cuantiles extremos de la GEV ajustada, o sea, para que sea determinado *a priori* oportunidades de arbitraje entre pares de activos.

Para tanto, en este estudio, fue utilizada la estrategia propuesta por Piotroski (2000) para la selección de empresas *winners*, utilizándose informaciones contables de 2005 y 2006. Del portfolio *Winner* fueron seleccionadas las empresas con mayor liquidez para que fuesen construidos los *pair tradings*, los cuales fueron monitoreados durante los dos años después de la formación del portfolio *winner* (2007 y 2008), conforme proposición de Lopes y Galdi (2007).

Tabla 1

Indicadores y variables contables utilizados en la construcción del F-Score

Indicador	Variable	Score
ROA_{it}	LL_{it}/AT_{it-1}	$\uparrow ROA > 0$ (1) $\downarrow ROA < 0$ (0)
CF_{it}	$(CXCX_{it} - CXCX_{it-1})/AT_{it-1}$	$\uparrow CF > 0$ (1) $\downarrow CF < 0$ (0)
ΔROA_{it}	$ROA_{it} - ROA_{it-1}$	$\uparrow \Delta ROA > 0$ (1) $\downarrow \Delta ROA < 0$ (0)
$ACCRUAL_{it}$	$[LL_{it} - (CXCX_{it} - CXCX_{it-1})]/AT_{it-1}$	$\uparrow CF > ROA$ (1) $\downarrow CF < ROA$ (0)
$\Delta LIQUIDEZ_{it}$	$(AC_{it} / PC_{it}) - (AC_{it-1} / PC_{it-1})$	$\uparrow \Delta LIQ > 0$ (1) $\downarrow \Delta LIQ < 0$ (0)
$\Delta ENDIVID_{it}$	$[(PC_{it} + PELP_{it})/AT_{it-1}] - [(PC_{it-1} + PELP_{it-1})/AT_{it-1}]$	$\uparrow \Delta ENDIVID > 0$ (1) $\downarrow \Delta ENDIVID < 0$ (0)
OFERTA DE AÇÕES	Emisión de acciones el año anterior a la construcción de la cartera	$\uparrow OFER = 0$ (1) $\downarrow OFER > 0$ (0)
$\Delta MARGEM_{it}$	$(LB_{it} / REC_{it}) - (LB_{it-1} / REC_{it-1})$	$\uparrow \Delta MARG > 0$ (1) $\downarrow \Delta MARG < 0$ (0)
$\Delta GIRO_{it}$	$(REC_{it} / AT_{it}) - (REC_{it-1} / AT_{it-1})$	$\uparrow \Delta GIRO > 0$ (1) $\downarrow \Delta GIRO < 0$ (0)

Obs.: El F-Score (Piotroski, 2000) es un indicador construido a partir de la suma de Scores relacionados a la indicadores contables referentes a la posibilidad de lucro, estructura de capital y eficiencia operacional. De acuerdo con esa clasificación, cada empresa i puede tener score mínimo de cero y máximo de nueve en cada año fiscal. Las definiciones de las variables que componen los indicadores que forman parte del F-Score siguen presentados a seguir:

- CXECX = Caja y equivalente la caja de la empresa i en el año t ;
- AC = Activo circulante de la empresa i en el año t ;
- PC = Pasivo circulante de la empresa i en el año t ;
- LB = Lucro bruto de la empresa i en el año t ;
- PELP = Pasivo exigible a largo plazo de la empresa i en el año t ;
- REC = Recaudación de ventas de la empresa i en el año t ;
- LL = Lucro líquido de la empresa i en el año t ;

Fuente: Nossa, Teixeira y Lopes (2010, p. 8), adaptado de Piotroski (2000) y Lopes y Galdi (2007)

Observe que, para que pueda ser efectuado el análisis de las series de precios a partir de la teoría de extremos, se hace necesario que sea escogido un período que contemple la existencia de ambos los activos, o sea, de forma que tengamos informaciones sobre los precios de los activos para todas las fechas del período escogido. En nuestro análisis, el período escogido para la obtención de los cuantiles extremos no incorpora la crisis financiera de 2008, una vez que esa crisis generó impactos singulares en el comportamiento de muchos activos. Obsérvese asimismo que el número de datos colectados debe ser suficientemente grande para que podamos dividir la serie del cociente de los precios del *pair trading* a ser arbitrado en bloques (abordaje *Block Máximo*).

Para que pueda ser verificado el mejor ajuste de la GEV y garantizar la estabilidad de la distribución ajustada, fue efectuado un análisis comparativo por medio de modelajes con tamaños de bloque iguales a 5, 10, 15 y 20 observaciones, de modo que sean obtenidas cuatro series con los valores de las razones máximas y mínimas para períodos de 1, 2, 3 y 4 semanas, respectivamente.

La estadística de Kolmogorov-Smirnov fue utilizada para comprobar si la suposición de que la distribución de los máximos y mínimos de los datos analizados convergen para la distribución GEV. Un análisis de los residuos por medio del QQ-Plot fue efectuada para que fuese verificada también la calidad del ajuste de la GEV para los diferentes tamaños de bloques considerados.

Ajustada la GEV para las series de los máximos y mínimos y verificado para qué tamaño de bloque se tiene mayor estabilidad, fueron calculados los cuantiles 95% y 5% para las series de los máximos y mínimos referentes a ese tamaño de bloque, respectivamente. Ese ajuste, por medio de la distribución de valores extremos lleva, a la definición:

Definición 4.1 (Cuantil GEV *Long-Short*) – Sea $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ un conjunto de variables aleatorias que representan la razón de determinación de precios entre activos. Se denomina Cuantil GEV *Long-Short* el cuantil 95% (o 5%) obtenido por medio de la distribución extrema hacia el cual la distribución de los máximos (o mínimos) estandarizados converge.

Los cuantiles GEV *Long-Short*, juntamente con los cuantiles proporcionados por la normal, fueron superpuestos a la serie de las razones para un período subsecuente al período analizado. Como inferencias acerca de la verdadera distribución F de la serie pueden ser efectuadas a partir de la GEV ajustada, fueron superpuestos también en ese gráfico los verdaderos cuantiles de la serie, ambos obtenidos a partir de la GEV estimada. Esos cuantiles fueron utilizados para que fuesen verificados los momentos en los cuales la razón de determinación de precios ocupó cuantiles extremos. La búsqueda por el *timing* de arbitraje más oportuno lleva a la definición:

Definición (Saturación relativa del desequilibrio) – Dos activos se encuentran en posición de saturación relativa de desequilibrio cuando la razón de determinación de precios de esos activos se encuentra fuera del intervalo definido por los cuantiles GEV *Long-Short*.

A partir de la detección de tales franjas (puntos de saturación relativa del desequilibrio), fueron estructuradas sub-estrategias de arbitraje que inicien en posiciones compradas y vendidas y que liquiden o aumenten las posiciones, a depender del comportamiento de los retornos ofrecidos por el par de activos arbitrado. Un nivel de rentabilidad para la operación del 3% fue fijado como punto de *stop* para la operación. Vale resaltar que el nivel de rentabilidad para el desarme de la operación no necesariamente debe ser del 3%, pero puede variar de acuerdo con el riesgo que el inversor está dispuesto a correr y con el porcentual de rentabilidad deseado.

A partir de las informaciones obtenidas y de la elaboración de las sub-estrategias, fueron calculadas las rentabilidades proporcionadas por el abordaje GEV y por el abordaje que utiliza distribución Normal. La comparación de tales estrategias es esencial para que se confirme la suposición de que el mejor ajuste de los cuantiles extremos por intermedio de la GEV tiene capacidad de proporcionar sustentación probabilística más refinada para que el retorno a la media justifique la posibilidad de arbitraje *long-short*.

Los pares de activos *winners* PETR4 x VALE5 y VIVO4 x TCSL4 fueron utilizados para la aplicación del nuevo abordaje cuantitativo propuesto. Obsérvese que el primer caso es un ejemplo de arbitraje entre empresas de sectores diferentes y que confieren gran representatividad en el total de negociaciones del mercado brasileño. El segundo par se refiere al arbitraje entre activos *winners* de un mismo sector, que en el período se presentaba una importante etapa de crecimiento en el Brasil.

Aunque en los dos casos exista un sincronismo entre los precios del par de activos considerados, tal sincronismo no es necesariamente un requisito para que estrategias *long-short* puedan ser construidas, como es el caso de la GEV *Long-Short Strategy* propuesta. Tal hecho se sustenta, una vez que el modelaje probabilístico de la razón de determinación de precios por medio de la GEV no procura establecer relación de dependencia entre los procesos generadores de cada serie de precios de los activos, sino verificar probabilísticamente, a partir de la existencia de cada proceso generador, momentos en los cuales la razón de determinación de precios ocupa cuantiles extremos y se muestra fuera de los estándares usuales. Esa interpretación confiere a la metodología de análisis un avance en términos de oportunidades de arbitraje con relación a la metodología que utiliza, por ejemplo, la cointegración, una vez que el hecho de que series de precios de activos no sean cointegradas no excluye la posibilidad de la existencia de oportunidades de arbitraje en el corto plazo. Por el test de Engle-Granger fue verificado que el par de activos PETR4 x VALE5 no es cointegrado y que el par VIVO4 x TCSL4 es cointegrado.

4.2 PETR4/VALE5 y VIVO4/TCSL4

A seguir se presenta un modelaje comparativo de la razón entre los precios de la PETR4 y VALE5 a partir del ajuste de las distribuciones GEV y Normal. Los datos colectados forman una muestra de 651 observaciones de los valores diarios de los precios de esos activos para el período del 1/1/2005 al 2/7/2007.

A partir del método de máxima verosimilitud, fueron obtenidas las estimativas para los parámetros ξ , μ y σ de la GEV en el modelaje de los máximos y mínimos, respectivamente, para bloques de tamaño 5, 10, 15 y 20 días.

Las Figuras 3 y 4 se refieren al QQ-plot de los residuos para los modelajes referentes al máximo y mínimo para los diferentes tamaños de bloques. Nótese que en el modelaje del mínimo los bloques de tamaño 20 garantizaron mayor estabilidad para la GEV, una vez que el *plot* de los residuos mostró mejor ajuste. Ya en el modelaje de los máximos, los bloques de tamaño 15 garantizaron mayor estabilidad. A seguir están presentadas las estimativas de los parámetros ξ , μ y σ para el modelaje de los máximos y mínimos con bloques de tamaño 15 y 20, respectivamente.

$$\xi = -0,3945844 \quad \mu = 1,6959661 \quad \sigma = 0,2533173$$

$$\xi = -0,5216825 \quad \mu = 1,5910817 \quad \sigma = 0,2604460$$

La estadística de Kolmogorov-Smirnov fue utilizada para comprobar la suposición de que la distribución del máximo y mínimo de los datos analizados converge para la distribución GEV ajustada. Los p-valores obtenidos en el modelaje de los máximos y mínimos fueron de 0,9429 y 0,9373, respectivamente, suficientes para garantizar las convergencias.

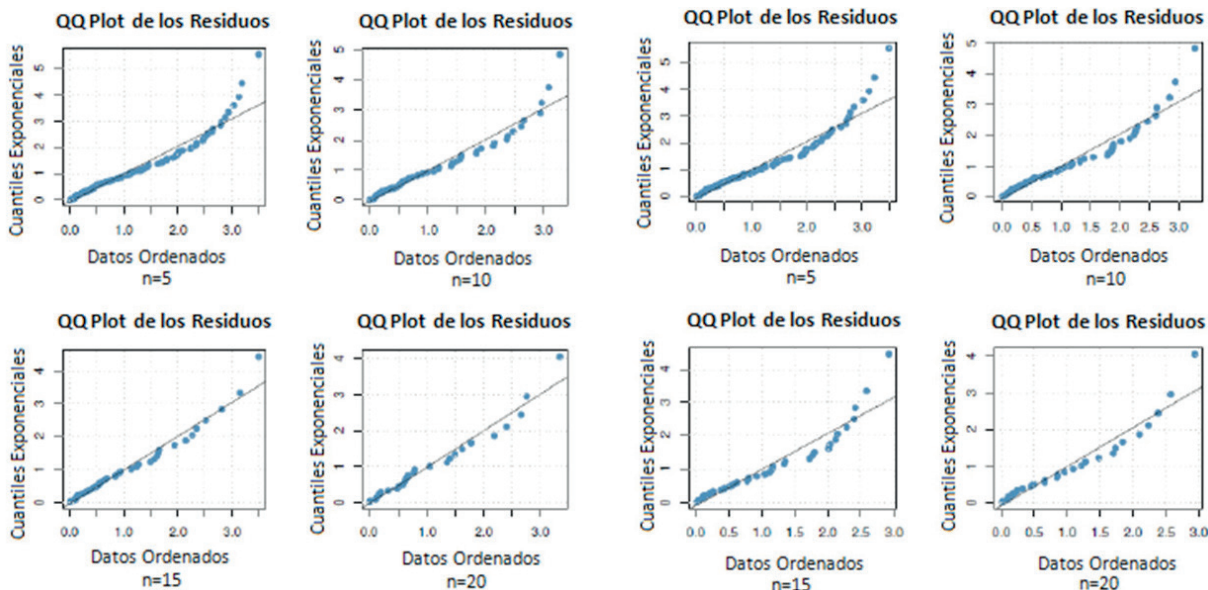


Figura 3. QQ-Plot de los residuos para el modelaje de los máximos

Figura 4. QQ-Plot de los residuos para el modelaje de los mínimos

A partir de los parámetros obtenidos, la GEV ajustada para mínimos y máximos proporciona 1,183819 y 2,139097 como cuantiles 5% y 95% para la razón $k = \text{PETR4.SA}/\text{VALE5.SA}$, respectivamente. Al utilizarse una distribución Normal, se obtiene para el mismo nivel de significancia los valores 1,299182 y 2,109515, respectivamente. La Figura 5 compara los cuantiles de probabilidad obtenidos con la performance de la razón k para los 131 días subsecuentes al período analizado. Nótese que, caso los *players* tuviesen conocimiento acerca de los cuantiles estimados por la Normal y GEV, a partir del monitoreo diario de la evolución de la razón entre los activos la siguiente estrategia de arbitraje podría ser construida:

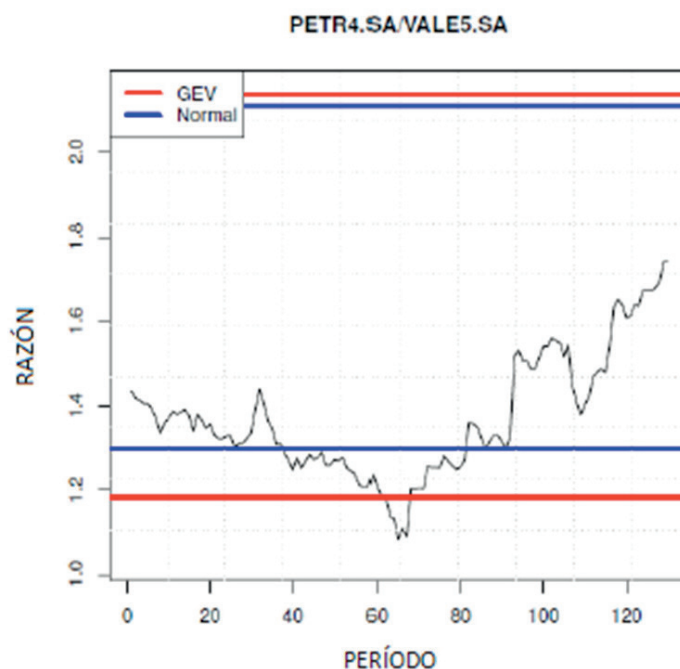


Figura 5. Comparación de los cuantiles de probabilidad obtenidos con la performance de la razón $k = \text{PETR4.SA}/\text{VALE5.SA}$ para los 131 días subsecuentes al 02/07/2007.

1. Al acompañarse la evolución de la razón $k = \text{PETR4.SA}/\text{VALE5.SA}$, se verifica que el día 8/8/2007 (período 26), se podrían montar posiciones compradas en PETR4 y vendidas en VALE5, una vez que en ese día la razón k alcanza el cuantil 5% estimado a través de la distribución Normal;
2. Al fijar una rentabilidad acumulada del 3% como punto de *stop* de la operación, se verifica que el desarme de tales posiciones ocurriría el día 15/8/2007 (período 32), cinco días hábiles después del *start* de la operación (ver Figura 6);
3. En razón de que el modelaje por la normal sobreestime el cuantil inferior, en vez de simplemente desarmarse la posición, los *players* podrían invertir las posiciones, o sea, asumir posición comprada en VALE5 y vendida en PETR4, una vez que en ese período la razón k todavía no ha alcanzado el soporte inferior proporcionado por la GEV;
4. La nueva posición podría mantenerse armada hasta que la razón alcanzase el cuantil inferior indicado por la GEV, lo que ocurrió el día 28/9/2007 (período 61), treinta y un días hábiles después de la inversión. El gráfico de la Figura 7 muestra la rentabilidad acumulada a partir de la inversión de las posiciones armadas.

Al ser analizada la estrategia como un todo, obtendríamos una rentabilidad conjunta del 12,19% para un período de 36 días hábiles.

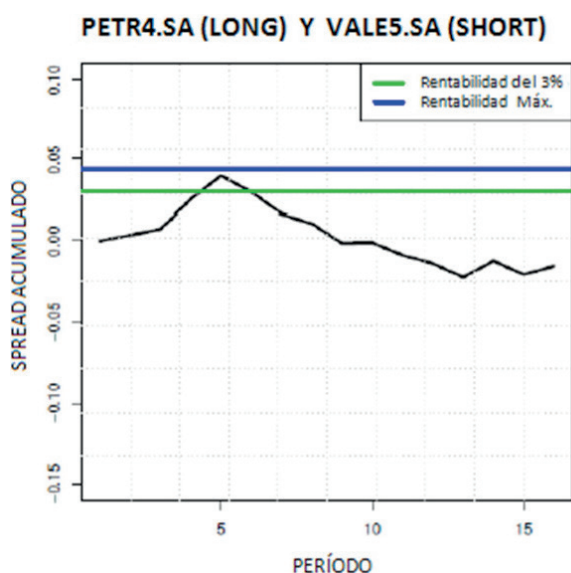


Figura 6. Rentabilidad acumulada de las posiciones a partir del cuantil de la norma

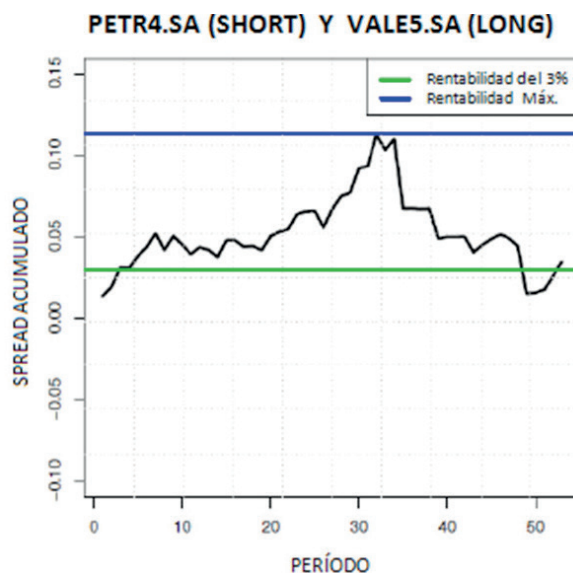


Figura 7. Rentabilidad acumulada de las posiciones a partir de la inversión de las posiciones

El mismo análisis fue desarrollado para el par VIVO4 y TCSL4, cuyos datos colectados forman una muestra de 396 observaciones de los valores diarios de los precios de esos activos para el período del 1/6/2006 al 15/12/2007. En este caso, tanto en el modelaje de los máximos como en el de los mínimos los bloques de tamaño 5 garantizaron mayor max-estabilidad para la GEV.

A partir de los parámetros obtenidos, la GEV ajustada para mínimos y máximos proporciona 0,9042828 y 1,455642 como cuantiles 5% y 95% para la razón $k = \text{VIVO4}/\text{TCSL4}$, respectivamente. Al utilizarse una distribución normal, se obtienen para el mismo nivel de significancia los valores 0,9285019 y 1,424783, respectivamente. En la Figura 8 son comparados los cuantiles de probabilidad obtenidos con la performance de la razón k para los 54 días subsecuentes al período analizado. En la Figura 8 están también incluidas las inferencias acerca de los verdaderos cuantiles de probabilidad, a saber 1,052407 y 1,505114, respectivamente.

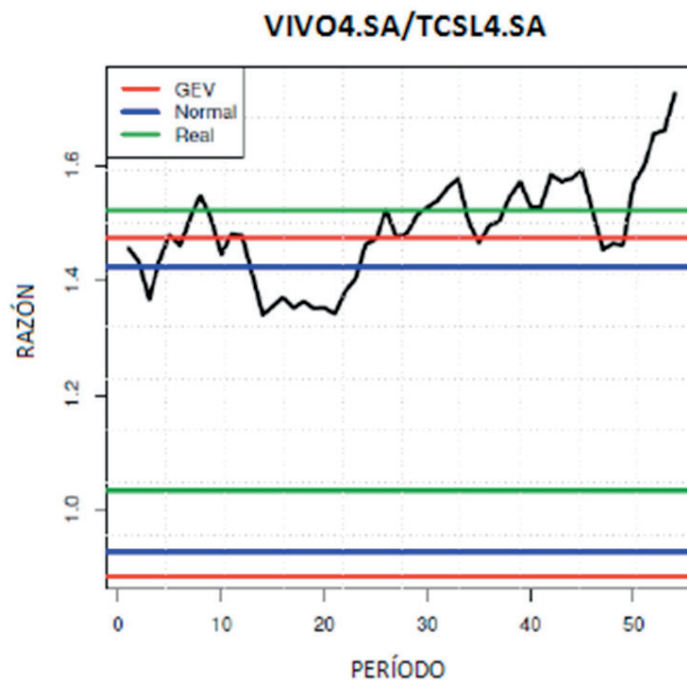


Figura 8. Performance de la razón $k = \text{PETR4.SA}/\text{VALE5.SA}$ para los 54 días subsecuentes al período comprendido entre el 01/06/2006 y el 15/12/2007

Caso los *players* tuviesen conocimiento acerca de los cuantiles estimados por la normal y GEV, a partir del monitoreo diario de la evolución de la razón entre los activos la siguiente estrategia de arbitraje podría ser armada:

1. Al acompañarse la evolución de la razón $k = \text{VIVO4}/\text{TCSL4}$, se verifica que en el período 2 la razón de determinación de precios k mantiene su tendencia de caída y asume un valor bastante próximo del cuantil 95% proporcionado por la distribución normal. Aunque la razón esté por debajo de los soportes superiores de la GEV, el valor de k se encuentra próximo de esos soportes, lo que refuerza la expectativa de caída continuada de la razón de determinación de precios. Delante de eso, se podrían montar posiciones comprada en TCSL4 y vendida en VIVO4, fijándose una rentabilidad acumulada del 2% para inversión de las posiciones. A partir de ese límite, se verifica que tal inversión ocurriría al final del mismo día, o sea, un día hábil después del *start* de la operación (ver Figura 9), a partir de la obtención de una rentabilidad acumulada del 2,04%.
2. Al alcanzarse la rentabilidad deseada, se asume la posición comprada en VIVO4 y vendida en TCSL4. Nótese que la inversión de las posiciones se justifica por la reacción natural del mercado a la tendencia de caída continua a la cual la razón k fue sometida.
3. Una vez armadas las nuevas posiciones, se puede determinar el punto de *stop* de la operación cuando k alcance el real soporte superior de la distribución de los datos o cuando sea obtenida una rentabilidad acumulada del 2%, contada a partir del punto en que k rompe el límite superior proporcionado por la GEV. En ese caso, ese momento se muestra presente 5 días hábiles después del inicio de la inversión, cuando la razón de determinación de precios alcanza el valor real del soporte de la distribución. Para ese período, la operación proporcionó rentabilidad acumulada del 5,38% (ver Figura 10), la cual es igual a la rentabilidad máxima que podría ser obtenida en el período. Ese hecho es uno más de los factores que comprueba el mejor ajuste de los cuantiles extremos a partir de la GEV.

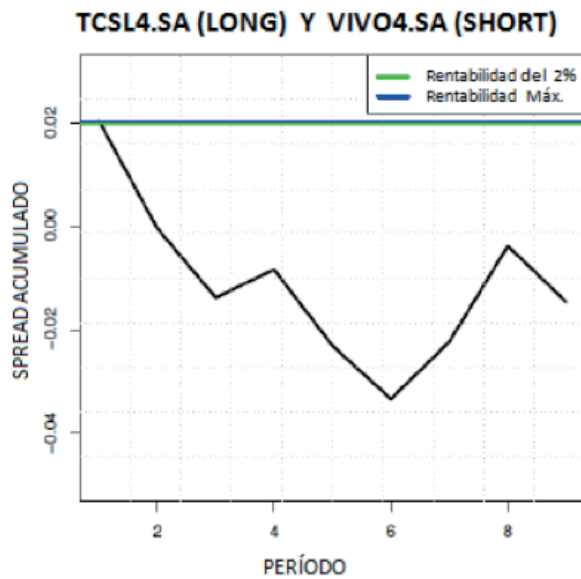


Figura 9. Rentabilidad acumulada de las posiciones a partir del cuantil de la normal

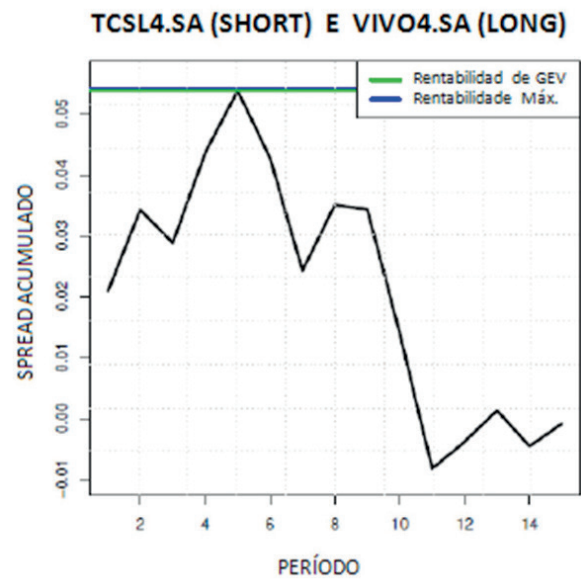


Figura 10. Rentabilidad acumulada a partir de la inversión de las posiciones

Al analizarse la estrategia como un todo, se obtiene una rentabilidad conjunta del 7.42% para un período de 6 días hábiles. La estrategia utilizada podría asimismo ser ampliada de modo que fuesen invertidas nuevamente las posiciones, una vez que el soporte superior de la real distribución de los datos fue alcanzado. Se podría determinar el punto de *stop* de la operación caso sea obtenida una rentabilidad acumulada del 2% contada a partir del punto en que k rompe el límite superior proporcionado por la GEV. Caso tal inversión fuese utilizada, sería incorporado a la rentabilidad conjunta de la operación un 3,99% en 5 días hábiles.

Árbitros más agresivos podrían adoptar como momento de *stop* de la estrategia por encima el punto en que sea obtenida una rentabilidad acumulada del 2% contada a partir del momento en que k rompe el límite superior proporcionado por la normal (y no por la GEV). Observe que, caso las expectativas de esos árbitros se confirmasen, el mercado retornaría a la situación inicial en que se encontraba en el inicio de toda la estrategia, una vez que estaría en tendencia de caída y rompiendo el cuantil superior proporcionado por la normal. Nótese que ese hecho se confirma para el período analizado.

5. Conclusión

En el universo cuantitativo de la detección de oportunidades de arbitraje no se puede considerar que todos los inversores estén de acuerdo en relación a la distribución de probabilidad de los precios de los activos. Eso porque, en la mayor parte de los casos, la verdadera distribución de los precios, así como de los respectivos retornos, es desconocida. Lo que los inversores hacen, en verdad, es aproximar en función de las informaciones que tienen disponibles la distribución empírica de los datos para distribuciones conocidas y que mejor se adecuen al tipo de análisis requerido. Ese hecho hace que no seamos capaces de asegurar, en la práctica, la existencia de un conjunto de carteras y de estrategias que sean eficientes a todos los inversores (lo que no implica la no existencia teórica de la frontera eficiente y de estrategias que maximicen de rentabilidad). Por consecuencia son creadas oportunidades de arbitraje, dadas las diferentes expectativas que cada inversor hace acerca de la cartera óptima para destinación de sus recursos, de las tendencias de evolución de los precios de los activos financieros y de las estrategias a ser utilizadas.

La velocidad y la eficiencia de la interpretación de las informaciones por parte de los inversores tampoco pueden ser consideradas homogéneas, aunque se considere que las informaciones estén instantáneamente disponibles a todos los inversores.

El desfase temporal causada por el factor procesamiento y la calidad de interpretación causada por el factor eficiencia hacen que no se pueda considerar todavía, como lo hacen las finanzas modernas, las hipótesis de racionalidad ilimitada e información perfecta. En ese sentido, los precios de los activos financieros no reflejan en cada momento toda la información disponible, pero el conjunto de interpretaciones que cada inversor hace de esas informaciones.

En ese sentido, la búsqueda de metodologías de análisis que mejor incorporen las reacciones de los inversores frente a las alteraciones del comportamiento del mercado se tornan cada vez más necesarias. Conforme verificado, por medio de los ejemplos anteriores, el modelaje (por medio de la TVE) de las series obtenidas, a partir de los cocientes de los precios de los *pairs trading* arbitrados mostró que la GEV mejor ajustó los cuantiles extremos de probabilidades. Ese resultado fue obtenido al detectar, con un 95% de confianza, un *timing* más oportuno para la reversión de la tendencia de caída y de aumento de la razón de determinación de precios entre los pares de activos escogidos.

El par de activos PETR4 y VALE5 confiere gran representatividad en el total de negociaciones del mercado brasileño. Aunque exista un sincronismo aparente entre los precios de los dos activos considerados, se verificó a partir de ese ejemplo que la condición de cointegración no es necesariamente un requisito para que estrategias *long-short* puedan ser construidas, como es el caso de la GEV *Long-Short Strategy* propuesta. Tal hecho se sustenta, una vez que el modelaje probabilístico de la razón de determinación de precios, por medio de la GEV, no procura establecer relación de dependencia entre los procesos generadores de cada serie de precios de los activos, sino que se propone verificar probabilísticamente. Así pues, a partir de la existencia de cada proceso generador, momentos en que la razón de determinación de precios ocupa cuantiles extremos y se muestra fuera de los estándares de normalidad. Esa interpretación confiere a la metodología de análisis un avance en términos de oportunidades de arbitraje con relación a la metodología que utiliza cointegración, una vez que el hecho de que series de precios de activos no sean cointegradas no excluye la posibilidad de la existencia de oportunidades de arbitraje en corto plazo.

Además de las rentabilidades positivas obtenidas para los pares de activos considerados, los resultados sugieren que el modelaje a partir de la GEV es capaz de proporcionar informaciones acerca de oportunidades de arbitraje en corto plazo, aunque para pares de activos que no posean interdependencia de largo plazo. Los resultados sugieren asimismo que el mejor ajuste de los cuantiles extremos por medio de la GEV tiene capacidad de proporcionar sustentación probabilística más refinada para que el retorno a la media justifique la posibilidad de arbitraje *long-short*. Es importante observar, no obstante, que, aunque el modelaje de los datos por medio de la distribución normal haya súper-estimado los cuantiles inferiores y subestimado los cuantiles superiores, tales cuantiles señalaron tendencias secundarias de crecimiento para los pares de activos considerados.

La utilización de los cuantiles teóricos de la GEV puede proporcionar informaciones para que sea efectuado un monitoreo ex-ante de la difusión gradual de las informaciones privadas y de los respectivos ajustes relativos de los precios. Tal monitoreo se torna importante en la medida en que posibilita que los *players* revisen sus expectativas y perciban con un pequeño desfase temporal el *timing* oportuno en que deben operar como *traders*. Los altos desempeños obtenidos por medio del monitoreo de las dos acciones de mayor peso del mercado brasileño y de dos acciones importantes en el creciente sector de comunicaciones confirman la importancia de la nueva estrategia cuantitativa *long-short* propuesta como metodología de análisis dentro del mercado de arbitraje.

6. Referencias

- Abarbanell, J. S. & Bushee, B. J. (1998). Abnormal return to a fundamental analysis strategy. *The Accounting Review*, 73 (1), pp. 19-45.
- Abarbanell, J. S. & Bushee, B. J. (1997). Fundamental analysis, future earnings, and stock prices. *Journal of Accounting Research*, 35(1), pp. 1-24.
- Alexander, C. (1999). Optimal Hedging Using Cointegration. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series A*, 1(357), pp. 2039-2058. Recuperado em 11/04/2014 de <http://www.icma-centre.ac.uk/pdf/cointegration.pdf>.
- Alexander, C. & Dimitriu, A. (2005a). Indexing and statistical arbitrage: tracking error or cointegration? *Philosophical Transactions of the Royal Society, Journal of Portfolio Management*, 31(1), pp. 5063-5078.
- Alexander, C. & Dimitriu, A. (2005b). Indexing, cointegration and equity market regimes. *International Journal of Finance and Economics*, 10(3), pp. 213-231.
- Ali, A. & Hwang, L. (2000). Country-specific factors related to financial reporting and the value relevance of accounting data. *Journal of Accounting Research*, 31(1), pp. 1-21.
- Anjivel, S.I., Boudreau, B.E., Perskin, M.W. & Urias M.S. (2000). Why hedge funds make sense? *Quantitative Strategies Research Memorandum*, Morgan Stanley.
- Ball, R. & Brown, P. (1968). An Empirical evaluation of accounting income numbers. *Journal of Accounting Research*, 6(2), pp. 159-178.
- Baruch, L. & Thiagarajan, S. R. (1993). Fundamental information analysis. *Journal of Accounting Research*, 31(2), pp. 190-215.
- Bird, R., Gerlach, R. & Hall, A. D. (2001). The prediction of earnings movements using accounting data: an update and extension of Ou and Penman. *Journal of Asset Management*, 2(2), pp. 180-195. doi:10.1057/palgrave.jam.2240043
- Bortkiewicz, L. V. (1922). Variationsbreite und mittlerer Fehler. *Sitzungsber, Berli. Math. Gess*, 3(21), pp. 3-11.
- Branco, G.C. & Franco, D. (2004). Risco e retorno nos hedge funds brasileiros. 4º Encontro da Sociedade Brasileira de Finanças – SBFIN. Rio de Janeiro.
- Caldeira, J.F. & Portugal, M.S. (2010). Estratégia Long-Short, Neutra ao Mercado, e Index Tracking Baseadas em Portfólios Cointegrados. *Revista Brasileira de Finanças*, 8(4), pp. 469-504.
- Dunis, C.L. & Ho, R. (2005). Cointegration portfolios of european equities for index tracking and market neutral strategies. *Journal of Asset Management*, 1(1), pp. 33-52.
- Do, B.F. & Hamza, K. (2006). A new approach to modeling and estimation for pairs trading. Working Paper Series. Monash University. Recuperado em 11/04/2014 de https://statarb.googlecode.com/files/0PairsTrading_BinhDo.pdf.
- Embrechts, P., Kluppelberg, C. & Mikosch, T. (1997). *Modelling extremal events for insurance and finance*. Springer-Verlag: Berlin.
- Fama, E. F. & French, K. R. (1992). The cross section of expected stock returns. *The Journal of Finance*, 47(2), pp. 427-465.
- Fama, E. F. & French, K. R. (1995). Size and book-to-market factors in earnings and returns. *The Journal of Finance*, 50(1), pp. 131-155.
- Fama, E. F. & French, K. R. (1996). Multifactor explanations of asset pricing anomalies. *Journal of Finance*, 51(1), pp. 55-84.

- Fisher, R. A. & Tippett, L. H. C. (1928). Limiting Forms of the Frequency Distribution of the Largest or Smallest Member of a Sample. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 1(24), pp. 180-190.
- Fothergill, M. & Coke, C. (2000). *Funds of Hedge Funds. An Introduction to Multi-manager Funds*. Deutsche Bank.
- Gatev, E., Goetzmann, W. & Rouwenhorst, K. (2006). Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule. *Review of Financial Studies* 3(19), pp. 797-827.
- Gumbel, E. J. (1954). *Statistics Theory of Extreme Values and Some Practical Applications*. Nat. Bureau of Standards Applications Mathematics Series, 2(33), pp. 1-51.
- Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of Extremes*. Columbia University Press, New York *Journal of Business*, 1(63), pp. 383-408.
- Herlemont, D. (2000). *Pairs Trading, Convergence Trading, Cointegration*. YATS Working Papers. YATS Finances Technologies.
- Jenkinson, A. F. (1955). The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 1(81), pp. 158-171.
- Liang, B. (2003). Hedge fund returns: Auditing and accuracy. *The Journal of Portfolio Management* 29(3), pp. 111-122.
- Lin, Y., McRae, M. & Gulati, C. (2006). Loss Protection in Pairs Trading through Minimum Profit Bounds: A Cointegration Approach. *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences*, 6(16), pp. 114-130.
- Lopes, A. B. & Galdi, F. C. (2007). Financial statement analysis generate abnormal returns under adverse conditions? In: *Annual Meeting of the American Accounting Association*. Chicago, Illinois.
- Loomis C. J. (1966). The Jones Nobody Keeps Up With. *Fortune Magazine*, pp. 237-248.
- Nath, P. (2006). *High Frequency Pairs Trading with U.S Treasury Securities: Risks and Rewards for Hedge Funds*. Working Paper Series. London Business School.
- Nicholas, J. G. (2000). *Market-Neutral Investing: long/short hedge funds strategies*. Bloomberg Professional Library, New York, ed. 1.
- Piotroski, J. D. (2000). Value investing: the use of historical financial statement information to separate winners from losers. *Journal of Accounting Research*, 38, pp. 1-41.
- Sanfins, M. A. S. (2009). *Copulas para distribuições generalizadas de valores extremos multidimensionais*. Rio de Janeiro: UFRJ/IM.
- Von Mises, R. (1936). La distribution de la plus grande de n valeurs. Reprinted in *Selected Papers Volumen II*, American Mathematical Society, Providence, R.I., 1954, pp. 271-294.