

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

GUILHERME BITENCOURT MARTINS

**APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE
ANOTADA EVIDENCIAL E_{τ} EM MERCADOS
FINANCEIROS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FLORIANÓPOLIS
2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

GUILHERME BITENCOURT MARTINS

**APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE
ANOTADA EVIDENCIAL E_{τ} EM MERCADOS
FINANCEIROS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Newton C. A. da Costa Jr.

**FLORIANÓPOLIS
2012**

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

M386a Martins, Guilherme Bitencourt
Aplicação da lógica paraconsistente anotada evidencial
em mercados financeiros [dissertação] / Guilherme Bitencourt
Martins ; orientador, Newton Carneiro Affonso da Costa Jr. -
Florianópolis, SC, 2011.
49 p.: grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação
em Economia.

Inclui referências

1. Economia. 2. Lógica. 3. Mercado - Indicadores
econômicos. 4. Economia - Processo decisório - Sistema
especialista (Computação). I. Costa Junior, Newton Carneiro
Affonso da. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDU 33

GUILHERME BITENCOURT MARTINS

**APLICAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE
ANOTADA EVIDENCIAL E_{τ} EM MERCADOS
FINANCEIROS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Economia, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Roberto Meurer
Coordenador

Apresentada à Comissão Examinadora integrada pelos professores:

Prof. Dr. Newton C. A. da Costa Jr.
Orientador

Prof. Dr. André A. Portela
Examinador interno

Prof. Dr. Jaylson da Silveira
Examinador interno

Prof. Dr. Rosilene Marcon
Examinador externo - Univali

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, que sempre me apoiou no que me dispus a fazer.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Newton que sempre esteve de prontidão para acompanhar e suas contribuições que foram de suma importância no desenvolvimento deste trabalho.

Aos comentários e sugestões dados pelos professores componentes da banca examinadora: Prof. Dr. André Portela, Prof. Dr. Jaylson da Silveira e Prof. Dr. Rosilene Marcon.

A todos os colegas e amigos que de alguma forma contribuíram, seja com sugestões ou incentivos, e principalmente Rodrigo Dill por suas observações ao longo do desenvolvimento.

RESUMO

Neste trabalho será apresentado o modelo de um sistema especialista de tomada de decisão definido sob as premissas da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ usando índices de Análise Técnica como indicadores que sinaliza a direção de sentido dos índices para operadores dos mercados. A metodologia vai ao encontro das necessidades para aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, estimando graus de certeza e incerteza, para cada indicador dado pela Análise Técnica, com base em seu êxito na previsão dentro do período de treinamento. Os resultados mostram que, mesmo com um bom desempenho recente, se os indicadores forem considerados isoladamente, levam a um número maior de erros de previsão, enquanto através da modelagem pela Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, certas sinalizações incorretas são desprezadas, elevando o êxito da previsão.

Palavras-chave: Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, Análise Técnica, eficiência de mercado, sistema especialista.

ABSTRACT

This work will present the model of an expert decision-making system defined under the premises of Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$, using indexes of Technical Analysis as indicators that shows the sense of direction to market operators. The methodology meets the requirements for application of Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$ estimating degrees of certainty and uncertainty, for each indicator given by Technical Analysis, based on their success in prediction within the training period. The results show that even with a good recent performance, the indicators are considered in isolation, lead to a greater number of a forecast errors, while through modeling by Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$ certain incorrect signs are ignored, raising the success of prediction.

Keywords: Paraconsistent Annotated Evidential Logic $E\tau$, Technical Analysis, market efficiency, expert system.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
3. ANÁLISE TÉCNICA	21
4. LÓGICA PARACONSISTENTE	24
4.1	
INTRODUÇÃO.....	Erro!
Indicador não definido.	
4.2 LÓGICA CLÁSSICA E LÓGICAS NÃO-CLÁSSICAS.....	25
4.3 IMPRECISÃO E INCONSISTÊNCIA.....	26
4.4 LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA.....	26
4.5 QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO.....	27
4.6 GRAUS DE CONTRADIÇÃO E CERTEZA.....	28
4.7 REGRA DE	
DECISÃO.....	Erro! Indicador
não definido.	
4.8 OPERAÇÕES NOT, OR E AND DA LÓGICA PARACONSISTENTE.....	31
5. METODOLOGIA	32
5.1 DADOS.....	32
5.2 INDICADORES.....	32
6.RESULTADOS	35
6.1 ÍNDICE BM&FBOVESPA.....	36
6.1.1 1º Treinamento	36
6.1.2 2º Treinamento	43
6.2 ÍNDICE S&P500.....	48
6.2.1 1º Treinamento	49
6.2.2 2º Treinamento	56
7.CONCLUSÃO	58
BIBLIOGRAFIA	59
ANEXOS	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão do QUPC em doze regiões, adotando-se como limites $|G_{contr}| = 0,60$ e $|H_{cert}| = 0,60$.

Figura 2 – Previsão via ET versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 3 – Previsão via EA versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 4 – Previsão via EP com 60% versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 5 – Previsão via EP com 70% ou mais versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 6 – Previsão via ET versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 7 – Previsão via EA versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 8 – Previsão via EP com 60% versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 9 – Previsão via EP com 70% ou mais versus buy-and-hold para o Índice BM&FBovespa Futuro em 2010.

Figura 10 – Previsão via ET versus buy-and-hold para o Índice S&P500 Futuro em 2010.

Figura 11 – Previsão via EA versus buy-and-hold para o Índice S&P500 Futuro em 2010.

Figura 12 – Previsão via EP com 60% versus buy-and-hold para o Índice S&P500 Futuro em 2010.

Figura 13 – Previsão via EP com 70% ou 80% versus buy-and-hold para o Índice S&P500 Futuro em 2010.

Figura 14 – Previsão via EP com 90% ou 100% versus buy-and-hold para o Índice S&P500 Futuro em 2010.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Valores para μ_1 , μ_2 , G_{contr} e H_{cert} , de cada região do QUPC.
- Tabela 2: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.
- Tabela 3: Resultados das previsões para BM&FBovespa em 2010.
- Tabela 4: Resultados das previsões para BM&FBovespa em 2010.
- Tabela 5: Coeficientes $\mu_{1r,t}$ e $\mu_{2r,t}$, dos grupos e resultantes.
- Tabela 6: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.
- Tabela 7: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.
- Tabela 8: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.
- Tabela 9: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.
- Tabela 10: Coeficientes $\mu_{1r,t}$ e $\mu_{2r,t}$, dos grupos e resultantes.
- Tabela 11: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.
- Tabela 12: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.
- Tabela 13: Resultados das previsões para S&P500 em 2010.
- Tabela 14: Resultados das previsões para S&P500 em 2010.
- Tabela 15: Resultados das previsões para S&P500 em 2010.
- Tabela 16: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.

1. INTRODUÇÃO

Encontram-se na literatura trabalhos que procuram prever o nível tal como, Sobreiro et al (2009) ou a direção de sentido dos índices de mercado, Chen, Leung e Daouk (2003) e Kim e Chun (2005). Pesquisas abordando a previsão da direção de sentido têm recebido maior atenção recentemente. Dada a natureza do tema proposto tem-se aqui um estudo que desenvolve um sistema especialista para prever a direção de sentido dos índices futuros da Bovespa e S&P500.

A formação desta previsão de direção se dá com base em indicadores de Análise Técnica, tais como utilizados por alguns tipos de investidores nestes mercados. Devido a particularidades destes investidores, de acordo com seus objetivos de investimento observam-se ajustes nos indicadores, que apesar de serem sutis, por vezes apresentam implicações que podem ser divergentes.

Com a intenção de trabalhar nestas diferenças e implicações, utilizam-se três formas de avaliação destes indicadores, uma dita Tradicional e Agregada que podem ser observadas no cotidiano e a outra dita Paraconsistente, que faz uso de premissas da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, procurando superar problemas de divergência entre os indicadores.

Assim formam-se os sistemas especialistas, com base em cada uma das formas de avaliação. Para isto, é feita a análise dos retornos obtidos através de cada uma delas dentro de um período de treino, que usa parte da amostra disponível. O que permite encontrar o sistema especialista que apresenta melhor desempenho e define a estratégia a ser seguida para formação de previsões para o período final da amostra.

1.1. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

Com a intenção de desenvolver um trabalho sob outro prisma de premissas lógicas, devido a situações de contradição encontradas no cotidiano e não suportadas pela lógica clássica, surgiu à ideia deste estudo que faz uso de outra classe lógica, a Lógica Paraconsistente, definindo a área de concentração como a aplicação desta lógica em mercados financeiros.

Pode-se afirmar que o problema de pesquisa se encontra na avaliação de consistência das decisões por investimento, com base nos

indicadores mais usados pela análise técnica e o seu reflexo na administração de tais investimentos.

Inicialmente é feito o uso de regras de investimento para compra e venda de ativos, com base na análise técnica, observando-se as indicações por meio de médias móveis. Dadas as sugestões das regras temos como verificar a consistência, e assim observar que resultados decisões inconsistentes podem gerar, bem como os resultados de decisões consistentes.

Confrontando-se os resultados destas decisões por meio de estratégias de investimento, com base em regras de administração sob as lógicas clássica e paraconsistente.

1.2. JUSTIFICATIVA

O processo de tomada de decisão se torna o momento mais importante de toda a análise que se faz necessária para um projeto de investimento no mercado financeiro, dada à sinalização dos índices técnicos. Visto como o momento crucial de um investimento as opções pela manutenção, venda ou compra de um ativo, obtidas por meio destes índices. Confrontando as opções fornecidas pelos diferentes índices avalia-se a consistência de tais decisões com o auxílio das ferramentas para tal fim.

Com o apoio da lógica paraconsistente para a detecção de indicações inconsistentes no processo decisório se pode estudar a melhor forma de contornar estas situações, deste modo temos que indicações contrárias em relação à administração de um ativo podem não ser problemas teóricos ou uma questão subjetiva do investidor e sim tratados de forma lógica com base nos graus de certeza (μ_1) e incerteza (μ_2) definidos pela lógica paraconsistente ($\mu_1, \mu_2 \in [0,1]$). Levando a avaliação correta da viabilidade do investimento, dado o nível de exigência (N_{exig}) envolvido na análise.

Diante de uma possível previsibilidade e da não necessidade de comportamentos racionais vemos que segundo Leung et al. (2000), a negociação de índices de mercado tem se tornado popular nos maiores mercados financeiros do mundo. Em outro trabalho, Chen et al. (2003) alegam que existem duas razões básicas para o sucesso da negociação desses índices: (i) eles provêm uma maneira efetiva dos investidores diminuírem seus riscos; e (ii) eles criam novas oportunidades de especulações e arbitragem.

Saffi (2003) testa a validade da hipótese dos mercados eficientes no mercado futuro do índice Ibovespa. Ao contrário de Saffi (2003), que seleciona as estratégias mais comuns de análise técnica, optou-se por, além da mudança do período de treinamento, escolher uma estratégia específica de análise técnica. Enquanto Saffi (2003) procura minimizar a crítica de que a estratégia só funcionaria para a série estudada (data-snooping), mediante a técnica de bootstrap, aqui a amostra é dividida em uma amostra de treinamento e outra de teste para checar a aplicabilidade da estratégia, após uma observação inicial. Os resultados encontrados não invalidam as conclusões do trabalho anterior, mas mostram que o derivativo em questão possibilita a exploração de operações mais sofisticadas do que as estratégias usuais e as de comprar e esperar. Sato (2002) emprega uma estratégia de market timing no mercado à vista da BOVESPA. Sato (2002) e Saffi (2003) mostram que a análise técnica não consegue, de forma consistente, retornos superiores. Cunha (2002), analisando os padrões de candlestick no mercado à vista de câmbio e mercado futuro de ações e Santos, Costa e Silveira (2003), constata padrões de dependência nas séries analisadas, dando suporte à análise técnica. Vidotto, Migliato e Zambon (2009) mostram que o indicador de análise técnica Moving Average Convergence/Divergence (MACD) é uma ferramenta eficaz.

A diminuição do risco, conforme Armano, Marchesi e Murru (2005), ocorre porque diminui o impacto de notícias relacionadas a uma única empresa. Isso é algo importante, por exemplo, para fundos de previdência. Novas oportunidades de especulação e arbitragem ocorrem com a composição de fundos baseados nos índices de mercado e também pela negociação dos derivativos desses índices. Outra razão que merece ser mencionada é que os índices de mercado fornecem uma referência, para os investidores, da rentabilidade de um determinado mercado.

Guimarães et al. (2011) verificaram a partir do uso de indicadores de Análise Técnica a não existência da forma fraca de eficiência de mercado para o mercado de índice futuro do Ibovespa, dada a constatação de que foi possível obter retornos acima da estratégia passiva.

Este projeto se justifica no sentido que busca avanços na área técnica da tomada de decisão, verificando as consequências de diferentes níveis de exigência para consistência das decisões, baseadas em índices de mercado.

1.3. OBJETIVOS

Definidas a área de concentração e o problema de pesquisa, têm-se os objetivos geral e específicos a serem alcançados, com o intuito de solucionar tal problema.

Com os objetivos a serem cumpridos determinados, tem-se o caminho a ser seguido para que o problema de pesquisa seja solucionado, seguindo os passos necessários visando atingir os objetivos específicos.

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Pretende-se aqui aplicar a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} , no desenvolvimento de um modelo de sistema especialista de auxílio a decisão, que permita simular o comportamento de um analista financeiro.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o desenvolvimento deste modelo, utilizar-se-á Lógica Paraconsistente, em particular, mecanismos de inferência baseados na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} , e Indicadores Técnicos, os quais servem como base para simular o conhecimento do especialista.

Definir de que maneira os indicadores de Análise Técnica serão utilizados nas estratégias de investimento.

Estabelecer as etapas necessárias para a aplicação do modelo.

Analisar a aplicação de \$100.000,00 durante seis meses e um ano, entre diferentes estratégias de investimentos, com base em indicadores de Análise Técnica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A evolução no campo de finanças, assim como qualquer ciência, pode ser traçada como a interação entre estudos teóricos e empíricos. Em geral a ciência se desenvolve através da construção de hipóteses e teorias com base em dados observados. Se estas hipóteses obtiver sucesso quando realizados os primeiros testes, são submetidas a testes mais rigorosos, onde anomalias podem aparecer. Em seguida novas hipóteses e teorias surgem com a intenção de explicar essas anomalias, com explicações bem sucedidas podem tomar o lugar das antigas, mantendo-as como um caso particular ou substituindo por completo definindo novos modelos com base em outras definições.

As Finanças Modernas surgiram na década de 1950, a partir de trabalhos que sofreram influência da teoria econômica neoclássica. É baseada nos princípios de arbitragem de Modigliani e Miller (1958), na teoria de seleção de carteiras de Markowitz (1952), no modelo de apreçamento de ativos (CAPM) de Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), na teoria da utilidade esperada de von Neumann e Morgenstern (1947) e na teoria de apreçamento de opções de Black e Scholes (1973) e Merton (1973).

Subjacente a todos os modelos e teorias que compõem as Finanças Modernas, encontra-se o paradigma da Hipótese de Mercado Eficiente (HME). O termo *mercado eficiente* foi usado a primeira vez no trabalho de Fama, Fisher, Jensen e Roll (1969), onde definiram *mercado eficiente* como sendo "o mercado que se ajusta rapidamente a novas informações". Ou seja, o preço dos títulos negociados no mercado reflete todas as informações sobre eles.

A validade da HME tem duas implicações: investidores não podem sistematicamente ganhar do mercado e os preços dos títulos são formados de maneira racional. Além disto, supõe-se que os agentes econômicos tomam suas decisões com base nos axiomas da teoria da utilidade esperada e fazem previsões não enviesadas sobre o futuro.

As Finanças Modernas tiveram seu ápice na década de 1970. Contudo, a partir da década seguinte, com o desenvolvimento de computadores cada vez mais velozes, de bancos de dados cada vez maiores e mais completos e de técnicas estatístico-computacionais mais sofisticadas, as pesquisas que testavam os modelos teóricos que explicavam o comportamento dos ativos financeiros numa economia de mercado se tornaram mais profundas e minuciosas. A consequência

destes estudos foi a identificação de uma série de anomalias, principalmente no mercado norte americano, que não podiam ser explicadas pelos principais paradigmas da teoria de Finanças.

Desta forma, desde então, grande parte de artigos publicados nas principais revistas acadêmicas de finanças, versa sobre a detecção desta ou daquela anomalia, seja no mercado de capitais norte americano ou fora dele.

Pesquisas mais recentes, contudo, procuram explicar estas anomalias propondo novos enfoques. Dentre elas, encontram-se as Finanças Comportamentais, que em vez de focar as características do mercado e na sua suposta eficiência na veiculação de informações para a formação dos preços, questiona a própria racionalidade de seus participantes (Thaler, 1999).

Desde a década de 1980, a literatura relacionada com séries financeiras temporais tem produzido importantes estudos que têm questionado as hipóteses de eficiência de mercado fraca e o *Random Walk* (RW), como, por exemplo, os trabalhos de Lo e Mackinley (1988), Poterba e Summers (1988) e Fama e French (1988). Esses autores argumentam que existe considerável evidência de que o retorno das ações é de alguma forma previsível.

Eles mostraram que há fortes evidências de heteroscedasticidade condicional em muitas séries temporais financeiras, significando isto que os retornos dessas séries não são independentes e identicamente distribuídos como estabelece o modelo RW. Entretanto, para Chun et al. (2002), o mercado financeiro pode ser previsível e exibir uma dinâmica caótica. A racionalidade não sendo uma condição necessária para sucesso no mercado, leva a possibilidade de atitudes "irracionais" estarem de acordo com os seus movimentos?

Dentre as diversas estratégias de investimento mais comuns estão as opções de investimento como buy-and-hold onde os investimentos em ativos permanecem definidos na carteira por um longo período, o uso de médias móveis de curto C (1, 2 e 5) e longo L (50, 150 e 200) períodos de tempo, além de médias móveis exponenciais e índice de força relativa (*IRF*) no auxílio à administração dos ativos. Combinações dos horizontes de tempo entre os índices poderão indicar decisões divergentes? Através desta análise das diferentes estratégias pode-se avaliar qual proporcionou os melhores retornos no histórico da série, porém basta consultar o histórico da série para crer em certo comportamento?

Este projeto de pesquisa parte da suposição de que os preços dos ativos podem se desviar do comportamento previsto pela HME, não só pelas inconsistências do processo de formação de preços inerente ao próprio mercado, mas principalmente pela falta de perfeita racionalidade de seus participantes.

Desta forma, a existência de um mercado que não obedece perfeitamente a HME permite o estabelecimento de estratégias de investimentos que consigam auferir uma rentabilidade acima do que seria considerado normal. E, para o desenho de tais estratégias, pretende-se utilizar os recursos de sistemas especialistas baseados em lógicas não clássicas.

Basicamente, a previsão de séries financeiras temporais pode ser vista de duas formas: modelos de previsão do nível e modelos de previsão por classificação. A primeira se baseia na previsão acurada do nível de preços das ações, índices e outros instrumentos de séries financeiras. O grau de acurácia e aceitabilidade da previsão é medido pelo seu desvio das observações reais, minimizando os erros de previsão. A segunda maneira é a previsão da direção ou sinal da mudança do nível de preço. Essa abordagem é defendida por alguns autores (WU e ZHANG, 1997; AGGARWAL e DEMASKEV, 1997; TSAIH, HSU e LAI, 1998; LEUNG, DAOUK e CHEN, 2000; CHEN, LEUNG e DAOUK, 2003; KIM e CHUN, 2005) que argumentam que uma estratégia de negociação baseada em certa previsão, com um pequeno erro de previsão, pode não ser tão rentável quanto uma estratégia de negociação baseada em uma acurada previsão da direção ou sinal de movimento.

Processos de investimentos financeiros necessitam de análises prévias para suas decisões. Com isto, busca-se avaliar a qualidade destas decisões com base nas metodologias comumente utilizadas por meio do grupo de indicadores que servem de suporte para decisão, verificando se suas sinalizações levam a decisões consistentes, neste sentido surge a necessidade de verificar a presença de inconsistências e trabalhar com estas situações visando a melhor decisão.

Muitas vezes, o uso de indicadores para a compra e venda de ativos, sejam eles provenientes da análise técnica, fundamentalista, finanças modernas e mesmo das finanças comportamentais, apresentam sugestões de compra e venda contraditórias. Para resolver, ou minimizar, estes problemas referentes à tomada de decisão usando a lógica clássica tradicional (também conhecida como lógica binária) é necessário o uso de outras lógicas, como a fuzzy ou a paraconsistente.

Dado que a lógica clássica, não possui suporte para tais situações, os limites para que uma afirmativa seja verdadeira ou falsa são bem definidos, apresenta uma transição brusca entre um elemento pertencer ou não a um dado conjunto e representa conceitos bem definidos acerca da análise em questão. Com isto o projeto foca o confronto entre as diferentes estruturas lógicas, com o intuito de detectar a presença de inconsistências e auxiliar a tomada de decisões superando tal restrição.

No caminho para superar tal restrição temos as lógicas Fuzzy e Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, desenvolvida por Costa et al. (1999), que é uma ramificação da Lógica Paraconsistente, onde são adotados para cada afirmativa seus valores grau de certeza e de incerteza. Desta forma podemos detectar, por exemplo que uma afirmativa pode ser verdadeira para a lógica proposicional clássica mas para a Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$, a mesma afirmativa pode se apresentar como quase-verdadeira tendendo a inconsistente ($Q_v \rightarrow T$), que é um dos doze resultados distintos que a afirmativa pode se classificar a partir dos valores do grau de certeza e incerteza, sob certo nível de exigência. Além deste caso podem haver outros como indeterminação a respeito de uma afirmativa. Pretende-se apresentar suas ferramentas o Algoritmo Para-Analisador e o Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC) para auxiliar a visualização de cenários que envolvem análises paraconsistentes.

Com a superação de problemas envolvendo situações de contradição, segue-se no caminho para avaliar a qualidade dos retornos obtidos a partir das diferentes estratégias de investimento. Pretende-se comparar a administração com base nos indicadores tradicionais e estratégia *buy-and-hold* bem como as sugestões dadas pela lógica apresentada pela viabilidade ou não do investimento a partir dos parâmetros de certeza e incerteza obtidos.

Partindo destas condições, pretende-se desenvolver um sistema que ajude os investidores a tomar decisões que o permitam obter retornos ajustados aos riscos que está sujeito (lucro normal), baseando-se nestes indicadores.

Observando para as implicações de características da composição das carteiras como liquidez dos ativos, verificando a hipótese de mercado eficiente, pois se supõe que ações mais líquidas sejam também aquelas mais eficientes.

3. ANÁLISE TÉCNICA

A análise técnica utiliza, principalmente, os gráficos e índices como indicadores e pode ser aplicada em análises de curto, médio e longo prazo. Segundo Noronha (1997), baseia-se na premissa de que o comportamento futuro das cotações pode ser antecipado em função da série histórica de cotações passadas e dos volumes transacionados.

Na prática, como a preocupação dos analistas grafistas não visa investigar o porquê, mas o como os preços se movimentam, sua análise é invariavelmente menos onerosa em tempo, permitindo a aplicação imediata de suas conclusões.

Apesar dessa grande vantagem, vale ressaltar que a análise técnica apresenta algumas limitações, embora não invalidem a utilização dos gráficos como componentes de uma análise de investimentos. O gráfico é mais um instrumento para ser examinado no momento de tomar uma decisão. Se for analisado isoladamente, terá pouca utilidade. Mas se fizer parte de um conjunto de informações sobre o ativo em foco, ajudará o investidor a fazer um julgamento mais adequado ou mais próximo possível ao seu preço justo. Salienta-se, contudo, que um analista técnico "puro" concentra-se apenas nas informações de preços e volumes históricos de uma ação; a ele não interessa mais nenhum tipo de informação.

Segundo Assaf Neto (2006), A hipótese implícita na análise técnica é que as variações nos preços das ações guardam uma relação entre si, descrevendo uma tendência de mercado. Dessa forma, pelas movimentações de preços passadas é possível explicar suas evoluções futuras. Não há uma preocupação formal na análise técnica com as causas que determinam certos movimentos nos preços do mercado de ações, sendo a atenção direcionada às oscilações apresentadas como forma de predizer o futuro.

Portanto, a análise técnica admite que todas as informações relevantes sobre um determinado ativo estão refletidas no seu preço e no volume negociado. Logo, o grafista preocupa-se com o movimento dos preços e não com a sua causa. As premissas básicas da análise gráfica podem assim ser resumidas:

- i) O preço de mercado é determinado pela interação das forças de oferta e demanda;
- ii) O preço de mercado é determinado pela interação das forças de oferta e demanda;

- iii) Oferta e demanda são regidas por fatores racionais e irracionais;
- iv) Os preços tendem a se movimentar em uma direção até que modificações nos fundamentos alterem sua trajetória;
- v) Alguns padrões observados no passado tendem a se repetir no futuro (Teoria Dow).

No começo do século passado, Charles Dow observou o comportamento da massa, atraída para o mercado de investimentos, e o processo de divulgação de informação sobre o mercado, para constituir sua famosa *Teoria Dow* de prognóstico de tendências de preços com base em formações gráficas de preços e volumes passados, segundo Cavalcante, Misumi & Rudge (2005). Argumentam ainda que a Teoria Dow original vinculava uma tendência do mercado, desde que confirmada por movimento de preços semelhantes nas médias do Índice Dow Jones, que ele próprio calculava e divulgava.

Para Cavalcante, Misumi & Rudge (2005) Dow identificou quatro fases, que se repetem na formação de preços: Acumulação, Euforia, Distribuição e Liquidação. A primeira fase congrega os agentes mais bem informados (insiders). Em poder de uma informação de melhor qualidade, procuram executar suas compras sem deixar que os demais participantes do mercado (outsiders) percebam seus movimentos. Nesta fase, no jargão do mercado, diz-se que o mesmo está andando de lado. Na segunda fase, a informação já "vazou" junto aos demais agentes, circulando na forma de boatos. Então, os preços começam a mover-se, lentamente, para cima. No ápice desta fase, um sentimento de euforia generalizada reflete o sentimento de que somente um tolo não investiria seus recursos naquele ativo. Este movimento pressiona os preços a um nível tal que já permite a realização por parte dos primeiros a apostarem no papel. Então, os preços estabilizam-se, caracterizando a fase de distribuição. A euforia dos outsiders e, portanto, os últimos a entrarem, é arrefecida pelas realizações dos insiders. Movimentos de altas e baixas se sucedem até que o otimismo seja transformado em dúvida. Ao primeiro sinal de reversão, os movimentos de queda e sinalização de baixa caracterizam a fase da liquidação, refletindo o pânico dos outsiders, que tentam desfazer-se de suas posições "a qualquer preço", desde que rapidamente. Passado este período crítico, os preços movimentam-se lentamente até encontrar sustentação e iniciar uma nova fase de acumulação ou distribuição.

Leal & Ratner (1999) especificamente, analisam modelos de médias móveis variáveis (MMV), os quais são amplamente conhecidos por analistas técnicos. Argumentam que estes modelos de negociação de

Médias Móveis tem a vantagem de correlação serial positiva em retornos de ações. Um sinal de negociação usualmente segue um grande movimento no preço de ações sobre a afirmativa que o viés de autocorrelação na série temporal continuará na mesma direção.

O analista (se for um analista gráfico, por exemplo) muitas vezes se depara com indicadores técnicos que podem apresentar decisões contraditórias, onde um sugere a compra, outro sugere a venda e ainda outro pode sugerir a manutenção do ativo. Assim, é necessário o desenvolvimento de um sistema especialista que use um processo interno de decisão baseado em lógicas não clássicas, que ajude o investidor ou analista a tomar a melhor decisão naquele momento.

Como exemplo, a partir das regras de média móvel definidas tem-se que as sinalizações para o dia 27/04/2009 do índice IBOVESPA Futuro são: com $C=1$ e $L=50$, $C=1$ e $L=150$ e $C=5$ e $L=150$ compra, enquanto as sinalizações com $C=1$ e $L=200$ e $C=2$ e $L=200$ venda, onde C é a janela de curto prazo e L a janela de longo prazo para regra de média móvel. Observando o movimento do índice após o fechamento das negociações tem-se que houve uma baixa no dia, mostrando que apesar de três das cinco regras sinalizarem a compra do índice, a decisão contrária seria correta, a venda.

Frente a estes resultados depara-se com o problema da contradição entre as regras, onde se pretende aplicar a lógica paraconsistente anotada evidencial $E\tau$, que consiste em estimar graus de confiança de cada indicador através da aplicação das regras dentro da amostra e treinar o sistema com dados históricos, dado que momentos semelhantes são observados ao longo da série dos índices. A intenção aqui é não desprezar estas informações contraditórias e sim leva-las em conta para formar uma sinalização com todas as regras disponíveis.

A ideia é analisar se a atual posição no investimento no ativo deve ser mantida, ou o correto seria mudar sua posição. Considera-se aqui que os índices Bovespa Futuro e S&P500 possuem liquidez no mercado, permitindo a qualquer momento alterar sua posição no investimento.

4. LÓGICA PARACONSISTENTE

4.1. INTRODUÇÃO

Segundo Silva Filho & Abe (2000), os precursores da lógica paraconsistente foram: o lógico polonês J. Lukasiewicz e o filósofo russo N.A. Vasil'ev. Por volta de 1910, simultaneamente, embora de maneira independente, eles idealizaram a possibilidade de uma Lógica Paraconsistente que restringiria, por exemplo, o princípio da contradição, quando formulado da seguinte forma: dadas duas proposições contraditórias, isto é, uma das quais é a negação da outra, então uma das proposições é falsa. Vasil'ev chegou mesmo a articular determinada Lógica Paraconsistente, que ele batizou de imaginária. Nenhum deles tinha, na época, uma visão ampla da Lógica Clássica, tal como hoje a encaramos; eles a tratavam mais ou menos do prisma de Aristóteles, de acordo com as tendências na época. O primeiro lógico a estruturar um cálculo proposicional paraconsistente foi o polonês S. Jaskowski, discípulo de Lukasiewicz. Em 1948 ele publicou suas ideias sobre lógica e contradição, mostrando como se poderia construir um cálculo sentencial paraconsistente, possuindo motivação conveniente. O sistema de Jaskowski, nomeado por ele de lógica discursiva, desenvolveu-se posteriormente (a partir de 1968) em virtude das obras de autores como J. Kotas, L. Furmanowski, L. Dubikajtis, N.C.A. da Costa e C. Pinter.

De acordo com Abe (2009) os sistemas C_n , foram introduzidos por Da Costa, os primeiros sistemas paraconsistentes de relevância. De acordo com algumas referências, estes sistemas foram idealizados por volta de 1954 e as primeiras publicações surgiram na revista francesa, C.R. Acad. Sc. Paris, após 1963. Neste mesmo ano, Da Costa apresentaria a monografia "Sistemas Formais Inconsistentes", Tese de Professor Catedrático de Análise Matemática e Análise Superior, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade Federal do Paraná. Também vale ressaltar que os sistemas C_n foram desenvolvidos no aspecto puramente sintático, ou seja, careciam de semântica.

Silva Filho & Abe (2009) mostram que, em torno de 1965, surgiu a questão de algebrização das lógicas C_n , enfim, que tipo de álgebras subjaziam tais sistemas. Logo, nasceu o conceito de álgebras de Curry que algebrizavam os sistemas C_n , com certas propriedades particulares. Por volta de 1976 surgiram propostas sobre uma semântica para os

cálculos C_n , denominada de teoria das valorações. A seu respeito, tais cálculos se mostraram corretos e completos.

O termo 'paraconsistente' literalmente significa 'ao lado da consistência'. No congresso Latino Americano de Lógica realizado em Santiago, Chile, o filósofo peruano Francisco Miro Quesada propôs tal termo para os sistemas em questão. De modo que o termo 'lógica paraconsistente' teve divulgação imediata no meio científico e o evento foi importantíssimo para propagação do tema.

De acordo com da Costa (1999), do prisma lingüístico, uma Lógica (ou sistema lógico) é uma classe de técnicas que nos permite derivar novas proposições de conjuntos dados de proposições. Por meio de uma lógica, podemos efetuar inferências e editar teorias. Com auxílio da lógica, assim, obtêm-se conclusões de dadas premissas e, ademais, pode-se deduzir consequências dos princípios básicos que definem uma ciência.

4.2. LÓGICA CLÁSSICA e LÓGICAS NÃO-CLÁSSICAS

As lógicas como sistemas de inferências, podem ser classificadas, sem muito rigor, da seguinte forma: lógica clássica e lógica não clássica. Na lógica clássica, toda teoria que for inconsistente (ou, como também se diz, contraditória) é trivial e vice-versa. Em outras palavras, não há separação entre teorias inconsistentes e não triviais (DA COSTA, 1999). O fato é que os princípios binários da Lógica Clássica não admitem algumas das situações que acontecem com frequência na vida real, como as situações contraditórias, as de indefinições, as de ambigüidades, aquelas vagas ou de pouca clareza (ABE & SILVA FILHO, 2000).

São dois os principais métodos de tratamento de um sistema lógico: o lingüístico e o algébrico. Do prisma lingüístico, uma lógica (ou sistema lógico) procura caracterizar certas expressões lingüísticas relevantes para o discurso da lógica.

Hoje, são concebidas infinitas lógicas possíveis, tais como a lógica clássica, a lógica intuicionista de Brouwer-Heyting, a lógica modal clássica, a lógica modal polivalente, a lógica clássica categorial, a lógica difusa, a lógica paraconsistente, entre outras.

com o surgimento das lógicas não-clássicas, a ciência lógica pode ser concebida como o estudo dos diversos sistemas lógicos: lógica clássica, lógica Fuzzy, lógica deôntica, etc.

4.3. IMPRECISÃO e INCONSISTÊNCIA

Observa-se em diversas situações do cotidiano, que em quase todos os conceitos com os quais se pode deparar há certo grau de imprecisão. Por exemplo, desde simples expectativas climáticas por mais precisas que possam parecer há certo grau de imprecisão intrínseco. Muitas situações semelhantes fazem acreditar que a imprecisão é essencial e não se deixa eliminar mesmo com métodos científicos estritos. Esta condição é imposta pelas naturais relações com a realidade. Como a lógica clássica tem se mostrado inadequada ou incapaz de lidar com tais conceitos, naturalmente há o interesse por lógicas alternativas para tal propósito.

No mundo real, seres humanos (ou agentes de forma geral) têm conhecimentos inconsistentes de forma sutil. Podem acreditar em p e $\neg p$ (a negação de p) para alguma proposição p . Isto pode ocorrer, por exemplo, se um agente acredita em p e $\neg q$ sem perceber que p e q são logicamente equivalentes.

A mais importante razão da consideração da lógica paraconsistente foi o de obter teorias, nas quais, inconsistências são permitidas sem o perigo de trivialização.

4.4. LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA

Para Bispo & Cazarini (2006) a paraconsistência estará sempre averiguando se existe algum nível de inconsistência, divergência ou contradição nas diferentes análises. Com relação à contradição, é necessário desde já fazer alguns esclarecimentos. Embora a maioria das ciências evite a contradição, ela está presente em muitos ramos de atividades e do conhecimento. Por exemplo, algumas pessoas são amadas por uns e odiadas por outros, ou seja, essas pessoas são amadas e odiadas ao mesmo tempo, demonstrando um flagrante de contradição.

As lógicas paraconsistentes são uma classe de lógica não clássica e foram edificadas para se encontrar meios de dar tratamento não trivial às situações contraditórias, demonstrando que as lógicas paraconsistentes são mais propícias no enquadramento de problemas ocasionados por situações de contradições, que aparecem quando lidamos com descrições do mundo real (DA COSTA, 1999). Para Abe (2000), no mundo real as inconsistências somente aparecem quando são emitidas opiniões de dois ou mais especialistas sobre um mesmo assunto.

Intuitivamente, na Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et o que se faz é atribuir uma anotação $(\mu_1; \mu_2)$, com μ_1 e μ_2 pertencentes ao intervalo fechado $[0;1]$, a cada proposição elementar (atômica) p de tal modo que μ_1 traduza o grau de crença (ou evidência favorável) que se tem em p e μ_2 , o grau de descrença (ou evidência contrária) (ABE, 1992).

4.5. QUADRADO UNITÁRIO DO PLANO CARTESIANO - QUPC

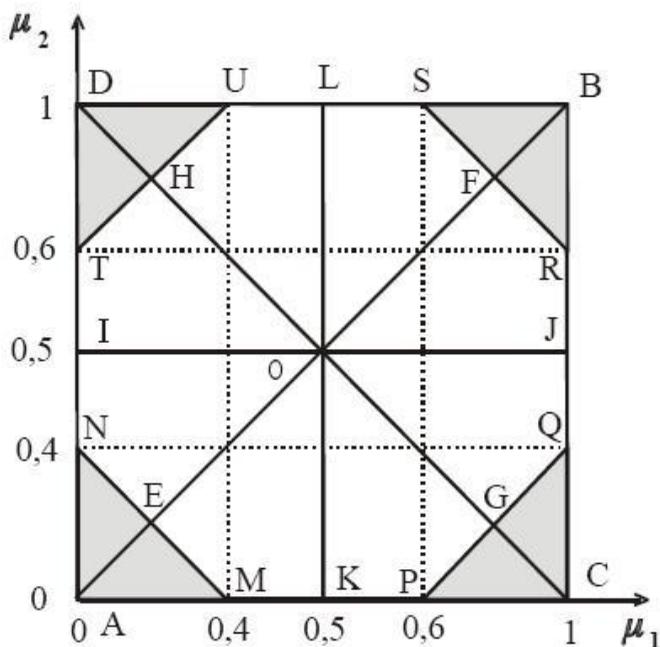


Figura 1 - Divisão do QUPC em doze regiões, adotando-se como limites $|G_{contr}| = 0,60$ e $|H_{cert}| = 0,60$.

O conjunto $[0; 1] \times [0; 1]$ dotado de uma relação de ordem \star tal que $(\lambda_1; \lambda_2) \star (\mu_1; \mu_2)$ se e somente se $\lambda_1 \leq \mu_1$ e $\lambda_2 \leq \mu_2$, onde \leq é a relação de ordem total habitual dos números reais, constitui um reticulado (reticulado das anotações), que denominamos também Quadrado Unitário de Plano Cartesiano (QUPC). Cada par $(\mu_1; \mu_2)$ constitui um estado lógico. Destacam-se os seguintes estados lógicos extremos:

- i) (1;0) representa intuitivamente, crença total e nenhuma descrença (traduz um estado lógico que se chama de **verdade** que é representado por **V**);
- ii) (0;1) representa intuitivamente, nenhuma crença e total descrença (traduz um estado lógico que se chama de **falsidade** que é representado por **F**);
- iii) (1;1) representa intuitivamente, ao mesmo tempo crença e descrença totais (traduz um estado lógico que se chama de **inconsistência** que é representado por **I**);
- iv) (0;0) mostra a ausência total de crença e descrença (traduz um estado lógico que se chama de **paracompleteza** ou **indeterminação** que é representado por **⊥**).

4.6. GRAUS DE CONTRADIÇÃO E CERTEZA

Por ser um trabalho de aplicação, adota-se uma ligação menos formal, entende-se pela linha AB da reta AB ou do segmento AB, onde um ponto A "cai" na região ABC, enfim.

O QUPC pode ser dividido de diversas maneiras distintas. Uma divisão conveniente é em 12 regiões, vide figura 1. A seguir vemos algumas definições:

v) Grau de Contradição: $G_{contr} = \mu_1 + \mu_2 - 1$ logo, $-1 \leq G_{contr} \leq 1$;

vi) Grau de Certeza: $H_{cert} = \mu_1 - \mu_2$ logo, $-1 \leq H_{cert} \leq 1$.

Dadas as definições acima facilmente obtém-se que:

MN: linha limite de paracompleteza, tal que $G_{contr} = -k_1$, $0 < k_1 < 1$;

RS: linha limite de inconsistência, tal que $G_{contr} = +k_1$, $0 < k_1 < 1$;

TU: linha limite de falsidade, tal que $H_{cert} = -k_2$, $0 < k_2 < 1$;

PQ: linha limite de verdade, tal que $H_{cert} = +k_2$, $0 < k_2 < 1$.

Costumeiramente, adota-se $k_1 = k_2 = k$, dando simetria ao gráfico, como na figura 1, onde $k_1 = k_2 = k = 0,60$. O valor de k_2 será chamado de **nível de exigência** (N_{exig}).

Destacam-se na figura 1, quatro principais regiões extremas e uma região central:

Região de paracompleteza, AMN: $-1 \leq G_{contr} \leq -0,60$;

Região de inconsistência, BRS: $0,60 \leq G_{contr} \leq 1$;

Região de verdade, CPQ: $0,60 \leq H_{cert} \leq 1$;

Região de falsidade, DTU: $-1 \leq H_{cert} \leq -0,60$.

Observam-se as regiões CPQ e DTU que são chamadas de regiões de decisão. A primeira, de decisão favorável (viabilidade) e a segunda, de decisão desfavorável (inviabilidade).

Além das regiões vistas, temos a região MNTUSRQP: $-0,60 < G_{contr} < 0,60$ ou $|G_{contr}| < 0,60$ e $-0,60 < H_{cert} < 0,60$ ou $|H_{cert}| < 0,60$, esta é a região que não permite tomada de decisão, ou seja, quando o ponto que traduz o resultado da análise pertence a essa região, dizemos que a análise é **não conclusiva**.

A seguir temos as doze regiões do QUPC destacadas anteriormente:

Região	μ_1	μ_2	G_{contr}	H_{cert}	Descrição
AMN	[0;0,4]	[0;0,4]	[-1;-0,6]	[-0,4;0,4]	Paracompleteza
BRS	[0,6;1]	[0,6;1]	[0,6;1]	[-0,4;0,4]	Inconsistência
CPQ	[0,6;1]	[0;0,4]	[-0,4;0,4]	[0,6;1]	Verdade
DTU	[0;0,4]	[0,6;1]	[-0,4;0,4]	[-1;-0,6]	Falsidade
OFSL	[0,5;0,8[	[0,5;1]	[0;0,6[	[-0,5;0[	Quase Inconsistência tendendo à falsidade
OHUL	]0,2;0,5[	[0,5;1]	[0;0,5[	] -0,6;0[	Quase falsidade tendendo à inconsistência
OHTI	[0;0,5[	[0,5;0,8[	[-0,5;0[	] -0,6;0[	Quase falsidade tendendo à paracompleteza
OENI	[0;0,5[	]0,2;0,5[	] -0,6;0[	] -0,5;0[	Quase paracompleteza tendendo à falsidade
OEMK	]0,2;0,5[	[0;0,5[	] -0,6;0[	[0;0,5[	Quase paracompleteza tendendo à verdade
OGPK	[0,5;0,8[	[0;0,5[	[-0,5;0[	[0;0,6[	Quase verdade tendendo à paracompleteza
OGQJ	[0,5;1]	]0,2;0,5[	[0;0,5[	[0;0,6]	Quase verdade tendendo à inconsistência
OFRJ	[0,5;1]	[0,5;0,8[	[0;0,6[	[0;0,5]	Quase Inconsistência tendendo à verdade

Tabela 1: Valores para μ_1 , μ_2 , G_{contr} e H_{cert} , de cada região do QUPC.

O QUPC dividido em doze regiões permite análises para tomadas de decisão. Por isso, ele é chamado dispositivo (ou algoritmo) para-analisador (DA SILVA FILHO & ABE, 2001).

4.7. REGRA DE DECISÃO

Viu-se anteriormente que, se na análise da viabilidade de um empreendimento, o resultado nos leva a um ponto da região CPQ (de verdade), a decisão é favorável, ou seja, é pela viabilidade do empreendimento; se, a um ponto da região DTU (de falsidade), a decisão é desfavorável, pela inviabilidade do empreendimento; mas se o resultado nos leva a um ponto de qualquer outra região diferente dessas duas, dizemos que a análise é não conclusiva. Essas ideias determinam a regra de decisão (CARVALHO 02), que assim se resume:

$H_{cert} \geq 0,60 \Rightarrow$ decisão favorável (viabilidade);

$H_{cert} \leq -0,60 \Rightarrow$ decisão desfavorável (inviabilidade);

$-0,60 < H_{cert} < 0,60 \Rightarrow$ não conclusivo.

Observemos que foi adotado $|H_{cert}| = 0,60$ como linhas limites de verdade e de falsidade. Isto significa que a análise só é conclusiva quando $|H_{cert}| \geq 0,60$. Por isso, o valor 0,60 (ou 60%) traduz o *nível de exigência* (N_{exig}) da análise. Portanto, o nível de exigência representa o mínimo valor de $|H_{cert}|$ para que se caia na região de verdade ou de falsidade, ou seja, para que tome uma decisão favorável ou desfavorável (CARVALHO 02). Isto significa que as decisões serão tomadas com o mínimo de 60% de certeza.

De uma maneira mais genérica, a regra de decisão pode ser assim escrita:

$H_{cert} \geq N_{exig} \Rightarrow$ decisão favorável (viabilidade);

$H_{cert} \leq -N_{exig} \Rightarrow$ decisão desfavorável (inviabilidade);

$-N_{exig} < H_{cert} < N_{exig} \Rightarrow$ não conclusivo.

O nível de exigência depende da segurança que se quer ter na decisão, que, por sua vez, depende da responsabilidade que ela implica, do investimento que está em jogo, do envolvimento ou não de risco, etc.

Cabe ainda destacar que, se o resultado cai na região BRS (região de inconsistência), a análise é não conclusiva quanto à viabilidade do empreendimento, mas acusa um alto grau de inconsistência dos dados ($G_{contr} \geq 0,60$). Analogamente, se cai na região AMN (de paracompleteza), significa que os dados apresentam um alto grau de indeterminação ($G_{contr} \leq -0,60$).

4.8. OPERADORES NOT, OR e AND DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA EVIDENCIA E τ

O operador *NOT* definido como: $NOT(\mu_1; \mu_2) = (\mu_2; \mu_1)$, deve corresponder à negação da lógica anotada. Note-se que $NOT \top = \perp$, $NOT \perp = \top$, $NOT V = F$ e $NOT F = V$.

OR é o operador definido por:

$(\mu_1; \mu_2)OR(\lambda_1; \lambda_2) = (\max\{\mu_1; \lambda_1\}; \max\{\mu_2; \lambda_2\})$, que possui o mesmo sentido da disjunção clássica, ou seja, o de fazer a maximização.

O operador *AND* é definido por:

$(\mu_1; \mu_2)AND(\lambda_1; \lambda_2) = (\min\{\mu_1; \lambda_1\}; \min\{\mu_2; \lambda_2\})$, seu sentido é o mesmo da conjunção clássica, ou seja, o de fazer a minimização.

5. METODOLOGIA

5.1. DADOS

A base de dados é formada pelos índices futuros das bolsas de valores do Brasil (IBOVESPA) e dos Estados Unidos (S&P500) (anexo A), com a intenção de verificar não só a eficiência de mercado na sua forma fraca mas também particularidades entre estes mercados, tais como padrões de comportamento, diferenças após a aplicação da metodologia, enfim. O uso de índices futuros justifica-se pela possibilidade de operações, como posições de compra e venda simultâneas. Os valores tomados são de fechamento diário entre Julho de 1994 a Dezembro de 2010, obtidos no Economática.

5.2. INDICADORES

Média Móvel de ordem n de y em t com $n, t \in \mathbb{N}$ e $n < t$:

$$mm(y)_{n,t} = \sum_{i=1}^n \frac{y_{t-i}}{n}$$

onde y_t é a série de fechamento diário de y em t . Observa-se que $mm(y)_{n,t}$ proporciona uma estimativa para y_t , com base nos valores passados da série.

Regras de compra (*buy*) e venda (*sell*) em t :

$$\begin{aligned} buy &\equiv mm(y)_{C,t} > mm(y)_{L,t} \\ sell &\equiv mm(y)_{C,t} < mm(y)_{L,t} \end{aligned}$$

onde $mm(y)_{C,t}$ é a média móvel de curto prazo C de y em t e $mm(y)_{L,t}$ é a média móvel de longo prazo L de y em t .

Regra de decisão r para y com C e L em t :

$$r(y)_{C,L,t} = \begin{cases} 1 & \text{se } mm(y)_{C,t} > mm(y)_{L,t} \\ 0 & \text{se } mm(y)_{C,t} < mm(y)_{L,t} \end{cases}$$

onde os sinais 0 e 1 determinam previsões para venda e compra, respectivamente.

Direção do índice y em t :

$$d(y)_t = \begin{cases} 1 & \text{se } y_t > y_{t-1} \\ 0 & \text{se } y_t < y_{t-1} \end{cases}$$

Êxito na previsão do índice y em t pela regra r :

$$G(y)_{r,t} = \begin{cases} 1 & \text{se } r(y)_{C,L,t} = d(y)_t \\ 0 & \text{se } r(y)_{C,L,t} \neq d(y)_t \end{cases}$$

onde 0 representa o erro e 1 o êxito na previsão do índice.

Coefficiente de aproveitamento na previsão de y de ordem n da regra r em t :

$$C(y)_{n,r,t} = \frac{\sum_{i=1}^n G(y)_{r,t-i}}{n}$$

que mede o número de vezes que a regra r acerta a direção de sentido do índice y , em termos percentuais a cada período.

Serão analisadas cinco regras de decisão a partir dos sinais previstos por $r(y)_{1,50,t}$, $r(y)_{1,150,t}$, $r(y)_{1,200,t}$, $r(y)_{5,150,t}$ e $r(y)_{2,200,t}$, com base no trabalho de Ratner e Leal (1999), que faz uso de índices semelhantes e mesma regra de compra e venda.

A partir destas sinalizações, serão tratadas 3 estratégias independentes, de determinar como tomar a decisão, visando a comparação com a estratégia *buy-and-hold*. São elas: Estratégia Tradicional (**ET**), Estratégia Agregada (**EA**) e Estratégia Paraconsistente (**EP**), definidas a seguir.

Estratégia Tradicional (**ET**): A decisão é obtida pela regra que apresentar o maior coeficiente de aproveitamento ($C(y)_{n,r,t}$) dentro de todo período de treinamento, ou seja, n aqui é o número de dados disponível para a amostra de treinamento.

Estratégia Agregada (**EA**) para y em t :

$$EA(y)_t = \begin{cases} 1 & \text{se } \frac{r(y)_{1,50,t} + r(y)_{1,150,t} + r(y)_{1,200,t} + r(y)_{5,150,t} + r(y)_{2,200,t}}{5} > 0,5 \\ 0 & \text{se } \frac{r(y)_{1,50,t} + r(y)_{1,150,t} + r(y)_{1,200,t} + r(y)_{5,150,t} + r(y)_{2,200,t}}{5} < 0,5 \end{cases}$$

novamente 0 para venda e 1 para compra, formando assim a decisão pela sinalização da maioria, levando-se em conta todas as regras definidas.

Estratégia Paraconsistente (EP): Após serem determinadas as sinalizações para as posições no índice, dentro do período de treinamento dos dados, chega-se a decisão a ser tomada considerando inclusive as informações contraditórias, porém para isso é preciso seguir algumas etapas, na aplicação da lógica paraconsistente anotada. Estas etapas são apresentadas a seguir:

1ª) Determinar quais regras terão mais importância na decisão final a ser tomada.

Isto se dará de acordo com o valor do coeficiente de aproveitamento $C(y)_{n,r,t}$ dentro de cada amostra de treinamento.

2ª) Estabelecer o nível de exigência.

Aqui este nível será elevado em 10% a partir de 60%, usualmente utilizado na aplicação da lógica até atingir 100%, desta maneira testando mais de um nível a partir do menor nível aceitável. O que implica na restrição da região de aceitabilidade. Determinando assim o dispositivo para-analisador e a regra de decisão.

3ª) Anotação dos graus de certeza e incerteza.

$\mu_{1r,t}(y)$ ($\mu_{2r,t}(y)$) representa o grau de certeza (incerteza) da afirmativa dada pela regra r em t .

$$\mu_{1r,t}(y) = C(y)_{5,r,t}$$

que usa movimentos de curto prazo do índice, $\mu_{1r,t}(y)$ seu coeficiente de aproveitamento semanal. Para cada regra isoladamente seus coeficientes de certeza e incerteza são entendidos como complementares, ou seja, $\mu_{1r,t}(y) + \mu_{2r,t}(y) = 1$.

4ª) Obter os graus de certeza ($\mu_{1R,t}(y)$) e incerteza ($\mu_{2R,t}(y)$), resultantes.

Após cada regra determinar seu grau de certeza ($\mu_{1r,t}(y)$) e incerteza ($\mu_{2r,t}(y)$), encontra-se os graus resultantes pela aplicação das técnicas de maximização (*OR*) e de minimização (*AND*) da Lógica Paraconsistente Anotada. Aqui o operador *OR* de maximização será aplicado internamente no grupo formado pelos dois piores aproveitamentos dentro da amostra, e o operador *AND* entre grupos, ou seja, entre os três melhores coeficientes e o resultado da maximização entre os dois piores.

5ª) Com estes valores se pode chegar à decisão final, calculando o grau de certeza resultante ($H_{certR,t} = \mu_{1R,t} - \mu_{2R,t}$).

Teste t : Com a intenção de verificar se o retorno da estratégia baseada no sistema especialista é estatisticamente maior que o retorno de uma estratégia ingênua (*buy-and-hold*), faz-se uso do teste t .

Este teste é usado apenas quando se assume que as variâncias das populações são diferentes (o tamanho das duas amostras pode ou não ser igual) e por isso deve ser estimada separadamente. A estatística t para testar se as médias das populações são diferentes, é calculada como a seguir:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{S_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}}$$

Onde $S_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$ onde s^2 é o estimador não viesado da variância de duas amostras, n = número de participantes, dos grupos 1 e 2.

Retorno do índice y em t :

$$ret(y)_t = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}}$$

Índice de Sharpe Generalizado para uma estratégia x em t :

$$ISG = \frac{\overline{ret(x) - ret(y)}}{S_{\overline{ret(x) - ret(y)}}}$$

onde y representa o valor observado do índice no fechamento.

O software necessário para o desenvolvimento da metodologia é um editor de planilhas tal como Microsoft Excel.

6. RESULTADOS

Para os dois índices futuros (BM&FBovespa e S&P500), simulou-se um investimento de \$100.000,00 no fim de 2009 para verificar seu retorno ao longo de seis meses e um ano, com base em cada uma das estratégias definidas na metodologia para fins de comparação com a estratégia *buy-and-hold*. Nos dois casos foram testados períodos de treinamento distintos, o primeiro envolve as cotações de julho de 1994 até dezembro de 2009 e o segundo usa apenas o ano de 2009 para treinamento de cada índice.

A sinalização pelos indicadores mostra resultados semelhantes, quando o período de treinamento envolve apenas o ano de 2009 e todo o histórico de julho de 1994 até dezembro de 2009, indicando que não haveria a necessidade de uma base de dados muito extensa para aplicabilidade do modelo.

6.1. ÍNDICE BOVESPA FUTURO

Ao fim do período de treinamento, as regras de médias móveis foram ranqueadas de acordo com o coeficiente de aproveitamento considerando a amostra de treinamento em questão. Para assim estabelecer cada estratégia de investimento.

6.1.1. 1º TREINAMENTO

Entre 04/07/1994 e 30/12/2010 a amostra totaliza 4083 dias. Foram reservados para análise e treinamento 3836 dias, período compreendido entre 04/07/1994 e 30/12/2009, restando 247 dias, período entre 04/01/2010 e 30/12/2010 para realizar previsões e testes.

Regra	5-150	1-150	1-200	2-200	1-50
$C(y)_{n,r,t}$	0,51411	0,51085	0,50935	0,50908	0,50660

Tabela 2: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.

i) ESTRATÉGIA TRADICIONAL

De acordo com a **ET** desta metodologia a regra que obteve o maior coeficiente de aproveitamento dentro do período de treinamento foi a regra $r(y)_{5,150,t}$, assim para todo o ano de 2010 foram feitas previsões usando suas sinalizações.

A evolução do montante com as previsões por esta regra encontra-se na figura 2. A tabela 3 apresenta os resultados para aplicação do montante durante seis meses e um ano.

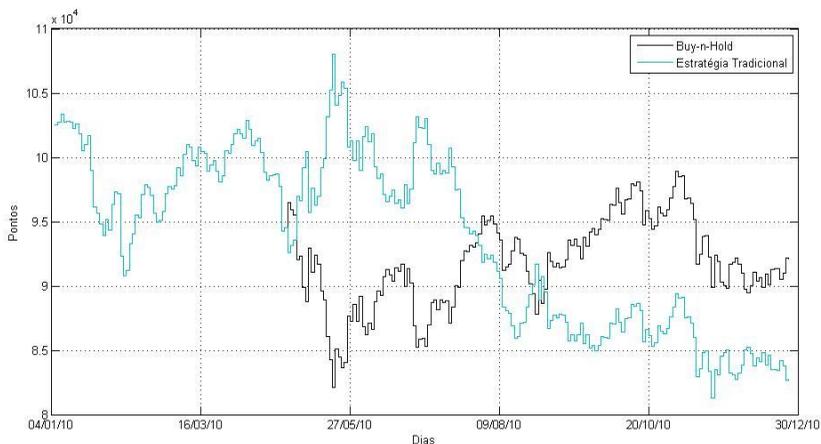


Figura 2 - Previsão via ET versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Tradicional	Estratégia Buy-and-Hold
Seis Meses	μ	0,0374%	-0,1190%
	σ	1,5605	1,5564
	β	1,0026	
	ISG	0,0657	
	t -test	0,7839	
Um Ano	μ	-0,0671%	-0,0238%
	σ	1,3752	1,3766
	β	0,9989	
	ISG	-0,02	
	t -test	-0,350	

Tabela 3: Resultados das previsões para BM&FBovespa em 2010.

Observa-se que para um horizonte de seis meses, o retorno médio da estratégia tradicional é superior ao retorno médio da estratégia passiva, apresentando um valor para σ ligeiramente superior ao da estratégia passiva, além de apresentar β superior a um. Para o período

de teste de um ano, o retorno médio da estratégia apresenta-se inferior ao da estratégia passiva.

O teste $t(0,05)$ foi realizado para a diferença entre os retornos da estratégia passiva com a tradicional, a hipótese nula supôs que os retornos eram iguais e foi aceita, mostrando que não há retornos acima da estratégia passiva de mercado através da estratégia tradicional, tanto para seis meses quanto para um ano.

ii) ESTRATÉGIA AGREGADA

Esta que foi definida pela da sinalização da maioria, apresentou sinalizações semelhantes a **ET** mostrando que a regra $r(y)_{5,150,t}$ acompanha as indicações encontradas a partir de todas as sinalizações, salvo algum momento isolado em que a sinalização agregada se diferencia da $r(y)_{5,150,t}$.

Observa-se também que apesar desta estratégia fazer uso de todas as regras ainda acaba desprezando a sinalização de algumas delas, visto que a decisão da minoria é desprezada.

A evolução do montante com as previsões por esta regra encontra-se na figura 3. A tabela 4 apresenta os resultados para aplicação do montante durante seis meses e um ano.

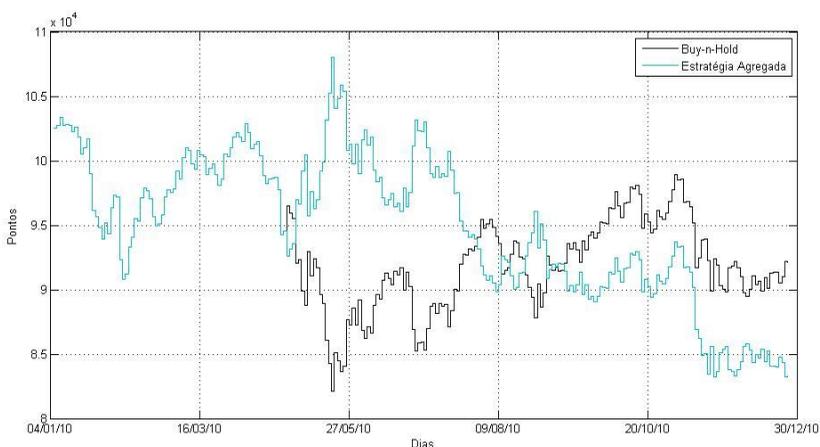


Figura 3 - Previsão via EA versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Agregada	Estratégia Buy-and-Hold
Seis Meses	μ	0,0374%	-0,1190%
	σ	1,5605	1,5564
	β	1,0026	
	ISG	0,0660	
	<i>t</i> -test	0,7839	
Um Ano	μ	-0,0671%	-0,0238%
	σ	1,3753	1,3766
	β	0,9990	
	ISG	-0,018	
	<i>t</i> -test	-0,328	

Tabela 4: Resultados das previsões para BM&FBovespa em 2010.

No horizonte de seis meses de teste os resultados são iguais aos da estratégia tradicional, o que é constatado ao checar-se as sinalizações para este período de teste, pois a sinalização da maioria segue a sinalização da regra de 5 e 150 dias para curto e longo prazo, respectivamente.

A **EA** apresenta as mesmas implicações que a **ET** para o período de seis meses de teste. Já no período de um ano, observa-se que o retorno médio pela estratégia agregada é menor que o retorno médio da estratégia passiva, porém observa-se um valor maior em relação a estratégia tradicional. Os resultados mostram uma ligeira melhora para uma estratégia agregada comparada com a estratégia tradicional, apresentando um valor menor para σ , um β maior, ainda que menor que um.

Foi realizado o teste *t* (0,05) para a diferença entre os retornos da estratégia passiva com a agregada, a hipótese nula supôs que os retornos eram iguais e foi aceita, resultado análogo ao da estratégia tradicional, mostrando que não há retornos acima da estratégia passiva de mercado através da estratégia agregada, em ambos os períodos de teste.

iii) ESTRATÉGIA PARACONSISTENTE

Na Estratégia Paraconsistente (**EP**) aqui definida, o nível de exigência inicial foi de 60%, sendo elevado com aumentos sucessivos de 10% até um nível de 100% de exigência o que caracteriza que a viabilidade da decisão prevista por dada regra é dita como verdadeira.

As operações segundo cada uma das regras aqui analisadas segue no sentido de optar pelo investimento caso haja a viabilidade. Não havendo a viabilidade o investidor sai do índice, de modo que não mantenha o investimento em um ativo cuja afirmação de sua viabilidade é incerta, inconclusiva ou inviável. Assim havendo sinalização pela viabilidade opera-se em seu sentido.

O grau de certeza ($\mu_{1r,t}$) e incerteza ($\mu_{2r,t}$) foram determinados a cada período de tempo de duas formas para produzir as sinalizações usando a média entre $C(y)_{5,r,t}$ e $C(y)_{20,r,t}$ e apenas com $C(y)_{5,r,t}$, focando apenas as sinalizações de curtíssimo prazo, não considerando seus desempenhos mensais.

Para a as duas formas, foram feitos os grupos A, B, C e D, isto porque a formação dos grupos se dá com base em todo o histórico reservado para treinamento da série.

Assim os grupos são: Grupo A com a regra $r(y)_{5,150,t}$ o maior coeficiente de aproveitamento, grupo B com a regra $r(y)_{1,150,t}$ o segundo maior coeficiente, grupo C com a regra $r(y)_{1,200,t}$ e o grupo D usa as regras $r(y)_{1,50,t}$ e $r(y)_{2,200,t}$ que apresentam os dois piores coeficientes, para aplicação intragrupo da técnica de maximização pelo operador *OR* da lógica paraconsistente anotada. Após a aplicação da técnica de maximização interna no grupo D, aplica-se a técnica de minimização *AND* entre os grupos A, B, C e D.

Como exemplo da aplicação da lógica paraconsistente anotada evidencial E_T , apresenta-se os valores do grau de certeza e incerteza resultantes para o primeiro dia previsto no período de teste.

Grupos	A	B	C	D	Resultante
$\mu_{1r,t}$	1	1	1	1	1
$\mu_{2r,t}$	0	0	0	0,2	0

Tabela 5: Coeficientes $\mu_{1r,t}$ e $\mu_{2r,t}$, dos grupos e resultantes.

A coluna D na tabela acima mostra como os graus de certeza e incerteza, podem apresentar-se não complementares.

Apenas com o seu desempenho semanal $C(y)_{5,r,t}$, observa-se uma forte aderência do modelo aos dados. Tem-se que o número de sinalizações pela viabilidade é pequeno se comparado ao número de previsões feitas e, além disso, este número tende a reduzir substancialmente e vir a estabilizar com o aumento do nível de exigência.

Entretanto os resultados observados após a sinalização pela viabilidade melhoram com a elevação do nível de exigência. A 60% de exigência o percentual de acerto dado pela viabilidade foi 47,36%, elevando-se o nível de exigência para 70% este percentual de acerto sobe para 70%. Mantém este percentual quando o nível de exigência sobe para 80% e quando o nível de exigência ultrapassa os 90%, mantém-se o percentual de acerto em 75%. Vide figura 4.

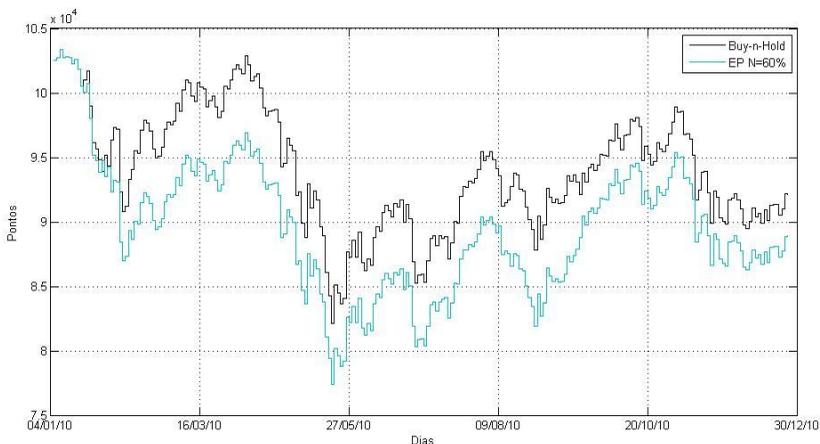


Figura 4 - Previsão via EP com 60% versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

Porém estes resultados ainda ficam aquém de proporcionar retornos acima do mercado, visto que o número de sinalizações pela viabilidade é muito pequeno se comparado com a quantidade de previsões feitas.

Dados que as sinalizações para os níveis de 70% ou mais são as mesmas temos que seus gráficos em comparação com a estratégia *buy-and-hold* são iguais, representados na figura 5.

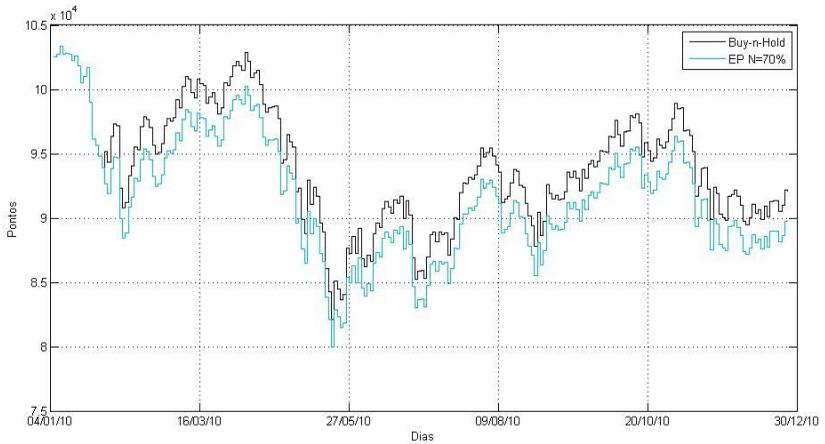


Figura 5 - Previsão via EP com 70% versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

A tabela 6, apresenta os resultados para a **EP**, para os dois períodos de teste. Para seis meses, tem-se que tanto a 60% quanto a 70% de nível de exigência, o retorno médio é inferior a estratégia passiva, de acordo com este resultado, encontra-se valor para σ inferior em ambos os níveis de exigência. Observa-se também que ao elevar-se o nível de exigência o valor do β da estratégia também se eleva, aproximando-se de um.

Para um ano de teste, percebe-se que os retornos médios aumentam consideravelmente em relação às estratégias anteriormente analisadas, aproximando-se da estratégia passiva. Não apenas os valores dos retornos, mas também os valores de β agora estão mais próximos de um.

No teste t (0,05) realizado para a diferença entre os retornos da estratégia paraconsistente com 60% e 70% com a *buy-and-hold*, a hipótese nula supôs que os retornos eram iguais e foi aceita, resultado análogo ao da estratégia tradicional, mostrando que não há retornos acima da estratégia passiva de mercado através da estratégia paraconsistente tanto de 60% quanto de 70%, em ambos os períodos de teste.

Período de teste		Estratégia Paraconsistente		Estratégia Buy-and-Hold
		60%	70%	
Seis Meses	μ	-0,1190%	-0,1679%	-0,1190%
	σ	1,5564	1,5518	1,5564
	β	0,9970	0,9988	
	ISG	-0,092	-0,090	
	<i>t</i> -test	-0,245	-0,107	
Um Ano	μ	-0,0381%	-0,0344%	-0,0238%
	σ	1,3763	1,3764	1,3766
	β	0,9997	0,9998	
	ISG	-0,032	-0,063	
	<i>t</i> -test	-0,115	-0,085	

Tabela 6: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.

A presença da eficiência de mercado em sua forma fraca pode ser observada em todas as metodologias para índice Ibovespa futuro neste treinamento, não sendo possível assim obter ganhos acima de mercado a partir de valores passados da série.

6.1.2. 2º TREINAMENTO

Entre 02/01/2009 e 30/12/2010 a amostra totaliza 493 dias. Foram reservados para análise e treinamento 246 dias, período compreendido entre 02/01/2009 e 30/12/2009, restando 247 dias, período entre 04/01/2010 e 30/12/2010 para realizar previsões e testes.

Regra	5-150	1-150	1-200	2-200	1-50
$C(y)_{n,r,t}$	0,62500	0,62500	0,60870	0,60870	0,55612

Tabela 7: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.

i) ESTRATÉGIA TRADICIONAL

Para **ET** desta metodologia a regra que obteve o maior coeficiente de aproveitamento dentro do período de treinamento foram as regras $r(y)_{5,150,t}$ e $r(y)_{1,150,t}$, isto porque suas sinalizações apresentam-se semelhantes no período, assim para todo o ano de 2010 foram feitas previsões usando suas sinalizações.

A figura 6 apresenta a evolução financeira do montante com base nas previsões desta estratégia e a tabela 8 mostra os resultados obtidos, para os dois períodos de teste.

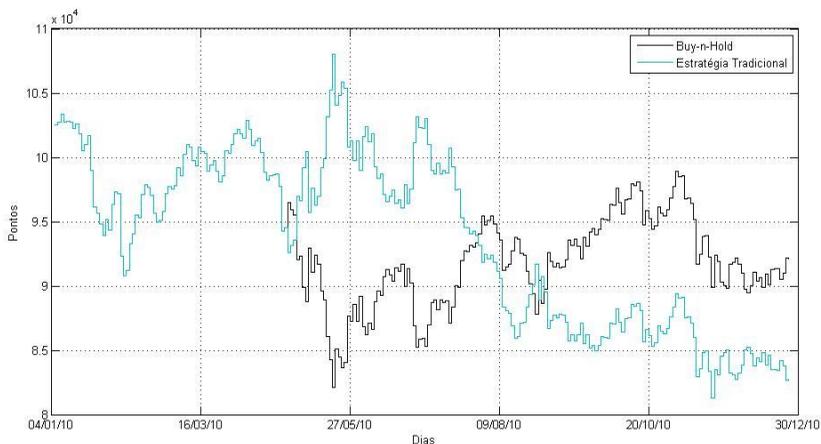


Figura 6 - Previsão via ET versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Tradicional	Estratégia Buy-and-Hold
Seis Meses	μ	0,0374%	-0,1190%
	σ	1,5605	1,5564
	β	1,0026	
	ISG	0,0657	
	t -test	0,7839	
Um Ano	μ	-0,0776%	-0,0341%
	σ	1,3681	1,3698
	β	0,9986	
	ISG	-0,02	
	t -test	-0,352	

Tabela 8: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.

Para esta estratégia não há mudanças nos resultados quanto aqueles encontrados para a mesma estratégia no primeiro treinamento. Reafirmando que o modelo não necessita de uma base de dados muito extensa para aplicação.

ii) ESTRATÉGIA AGREGADA

Esta que foi definida pela da sinalização da maioria, apresentou sinalizações semelhantes a **ET** mostrando que as regras $r(y)_{5,150,t}$ e $r(y)_{1,150,t}$ acompanham as indicações encontradas a partir de todas as sinalizações, exceto algum momento isolado em que a sinalização agregada se diferencia de $r(y)_{5,150,t}$ e $r(y)_{1,150,t}$.

Apesar de esta estratégia fazer uso de todas as regras observa-se também que ainda acaba desprezando a sinalização de algumas delas, visto que a decisão da minoria é desprezada.

A evolução do montante com as previsões por esta regra encontra-se na figura 7. A tabela 9 apresenta os resultados para aplicação do montante durante seis meses e um ano.

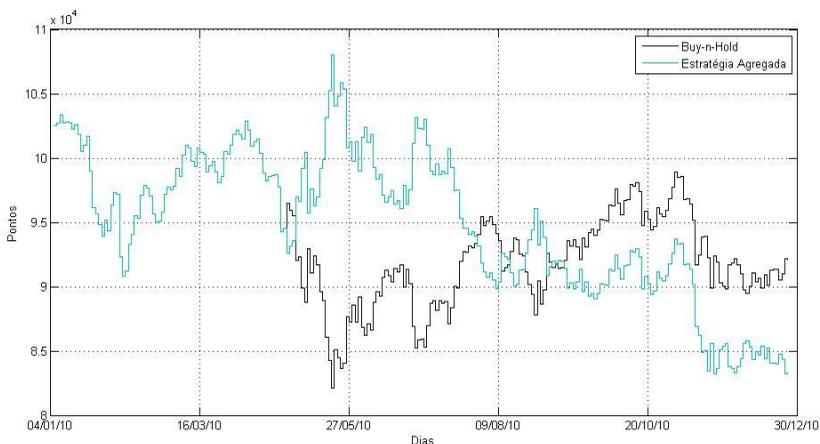


Figura 7 - Previsão via EA versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Agregada	Estratégia Buy-and-Hold
Seis Meses	μ	0,0374%	-0,1190%
	σ	1,5605	1,5564
	β	1,0026	
	ISG	0,0657	
	<i>t</i> -test	0,7839	
Um Ano	μ	-0,0749%	-0,0341%
	σ	1,3682	1,3698
	β	0,9988	
	ISG	-0,018	
	<i>t</i> -test	-0,330	

Tabela 9: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.

iii) ESTRATÉGIA PARACONSISTENTE

Para **(EP)** aqui definida, o nível de exigência inicial foi de 60%, sendo elevado com aumentos sucessivos de 10% até um nível de 100% de exigência o que caracteriza que a viabilidade da decisão prevista por dada regra é dita como verdadeira.

As operações segundo cada uma das regras aqui analisadas segue no sentido de optar pelo investimento caso haja a viabilidade. Não havendo a viabilidade o investidor sai do índice, de modo que não mantenha o investimento em um ativo cuja afirmação de sua viabilidade é incerta, inconclusiva ou inviável. Assim havendo sinalização pela viabilidade opera-se em seu sentido.

O grau de certeza ($\mu_{1r,t}$) e incerteza ($\mu_{2r,t}$) foram determinados a cada período de tempo de duas formas para produzir as sinalizações usando a média entre $C(y)_{5,r,t}$ e $C(y)_{20,r,t}$ e apenas com $C(y)_{5,r,t}$, focando apenas as sinalizações de curtíssimo prazo, não considerando seus desempenhos mensais.

Para as duas formas, foram feitos os grupos A, B, C e D, isto porque a formação dos grupos se dá com base em todo o histórico reservado para treinamento da série.

Assim os grupos são: Grupo A com a regra $r(y)_{5,150,t}$ e grupo B com a regra $r(y)_{1,150,t}$ os maiores coeficientes de aproveitamento, o segundo maior coeficiente grupo C com a regra $r(y)_{1,200,t}$ e o grupo D usa as regras $r(y)_{1,50,t}$ e $r(y)_{2,200,t}$ que apresentam os dois piores coeficientes, para aplicação intragrupo da técnica de maximização pelo

operador *OR* da lógica paraconsistente anotada. Após a aplicação da técnica de maximização interna no grupo D, aplica-se a técnica de minimização *AND* entre os grupos A, B, C e D.

Como exemplo, da robustez da aplicação da lógica paraconsistente anotada evidencial E_{τ} , observa-se que os valores do grau de certeza e incerteza resultantes para o primeiro dia previsto neste treinamento são iguais aos do treinamento anterior.

Grupos	A	B	C	D	Resultante
$\mu_{1r,t}$	1	1	1	1	1
$\mu_{2r,t}$	0	0	0	0,2	0

Tabela 10: Coeficientes $\mu_{1r,t}$ e $\mu_{2r,t}$, dos grupos e resultantes.

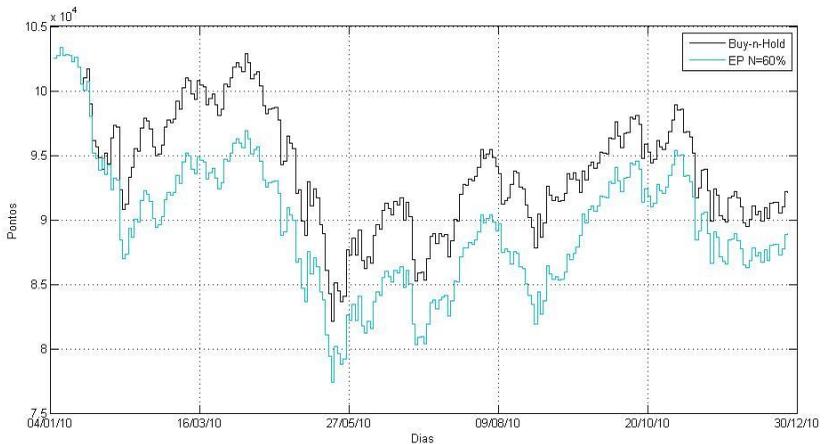


Figura 8 - Previsão via EP com 60% versus buy-and-hold para o BM&FBovespa Futuro em 2010.

Estes resultados ainda ficam aquém de proporcionar retornos acima do mercado, visto que o número de sinalizações pela viabilidade é muito pequeno se comparado com a quantidade de previsões feitas. Contudo que há sinalizações dadas como viáveis que podem errar a direção do índice.

Dados que as sinalizações para os níveis de 70% ou mais são as mesmas temos que seus gráficos em comparação com a estratégia buy-and-hold são iguais, representados na figura 9.

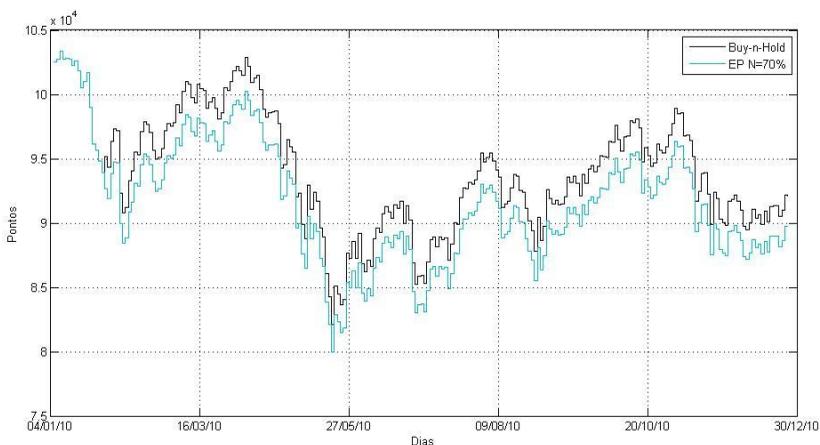


Figura 9 - Previsão via EP com 70% ou mais versus buy-and-hold para BM&FBovespa Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Paraconsistente		Estratégia Buy-and-Hold
		60%	70%	
Seis Meses	μ	-0,1190%	-0,1679%	-0,1190%
	σ	1,5518	1,5546	1,5564
	β	0,9970	0,9988	
	ISG	-0,092	-0,090	
	t -test	-0,245	-0,107	
Um Ano	μ	-0,0484%	-0,0447%	-0,0341%
	σ	1,3694	1,3695	1,3698
	β	0,9996	0,9997	
	ISG	-0,032	-0,063	
	t -test	-0,116	-0,086	

Tabela 11: Resultados das previsões para BM&FBovespa 2010.

A tabela 11 mostra como os resultados se assemelham confirmando também para a estratégia paraconsistente.

6.2. S&P500

Finalizado o período de treinamento, as regras de médias móveis foram ranqueadas de acordo com o coeficiente de aproveitamento

considerando a amostra em questão. Para assim estabelecer quais regras formarão cada estratégia de investimento.

6.2.1. 1º Treinamento

Entre 04/07/1994 e 31/12/2010 a amostra totaliza 4305 dias. Foram reservados para análise e treinamento 4044 dias, período compreendido entre 04/07/1994 e 31/12/2009, restando 261 dias, período entre 01/01/2010 e 31/12/2010 para realizar previsões e testes.

Regra	1-200	2-200	5-150	1-150	1-50
$C(y)_{n,r,t}$	0,51768	0,51743	0,51694	0,51156	0,49399

Tabela 12: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.

i) ESTRATÉGIA TRADICIONAL

De acordo com a **ET** desta metodologia a regra que obteve o maior coeficiente de aproveitamento dentro do período de treinamento foi a regra $r(y)_{1,200,t}$, a primeira sinalização para teste será com base nesta regra, e assim para cada resultado em 2010 atualizam-se os coeficientes de aproveitamento e a regra que define a decisão da estratégia pode ser alterada, ao logo de 2010 foram feitas previsões usando as sinalizações de $r(y)_{1,200,t}$ e $r(y)_{2,200,t}$ esta que por vezes apresentou coeficiente de aproveitamento maior que $r(y)_{1,200,t}$.

Com esta estratégia não foi possível obter retornos acima do mercado. O que vem a confirmar a teoria, afirmando que não é possível ter de retornos acima do mercado. Vide figura 10 com a evolução da aplicação ao longo de um ano e a tabela 13 com os resultados.

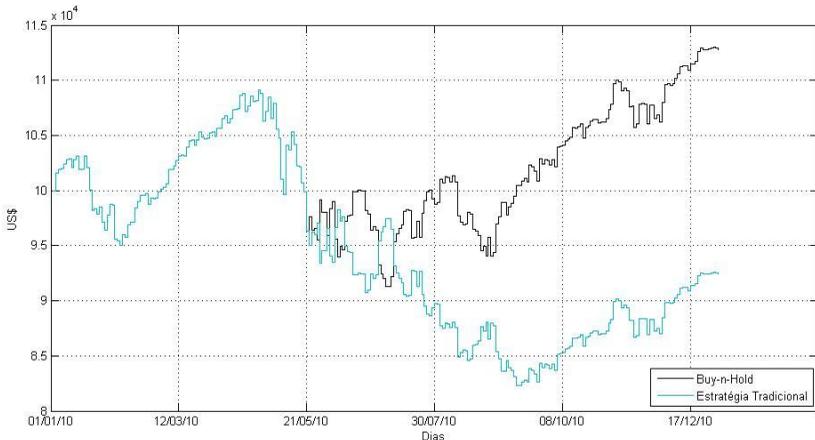


Figura 10 - Previsão via ET versus buy-and-hold para S&P500 Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Tradicional	Estratégia Buy-and-Hold
Seis Meses	μ	-0,0216%	-0,0531%
	σ	1,2596	1,2587
	β	1,0007	
	ISG	0,0208	
	t -test	0,2011	
Um Ano	μ	-0,0239%	0,0523%
	σ	1,1119	1,1110
	β	1,0008	
	ISG	-0,0522	
	t -test	-0,7828	

Tabela 13: Resultados das previsões para S&P500 em 2010.

A tabela 13 mostra que ao longo do período de teste de seis meses a estratégia tradicional apresenta um valor maior para o retorno médio que a estratégia passiva, o que vem a se inverter ao manter a aplicação sob a administração desta estratégia por um ano. O σ para seis meses é maior que o da estratégia passiva, de acordo com seu retorno médio também superior. O valor para β maior que 1 e ISG positivo podem indicar que a estratégia pode apresentar uma rentabilidade superior a estratégia passiva.

O teste $t(0,05)$ foi realizado para a diferença entre os retornos da estratégia passiva com a tradicional, a hipótese nula supôs que os retornos eram iguais e foi aceita, mostrando que não há retornos acima da estratégia passiva de mercado através da estratégia tradicional, tanto para seis meses quanto para um ano.

ii) ESTRATÉGIA AGREGADA

A sinalização por esta estratégia obtida a partir da sinalização da maioria apresentou retorno melhor que o observado pela **ET**, mostrando que a decisão composta pela sinalização de todas as regras pode representar maiores ganhos em relação a uma regra específica.

De sua definição temos que apesar de fazer uso de todas as regras ainda acaba desprezando a sinalização de algumas delas, visto que a decisão da minoria é desprezada e que por vezes pode apresentar sinalizações corretas. Vide figura 11 com a evolução financeira, mantidas as decisões por meio desta estratégia e a tabela 14 com os respectivos resultados.

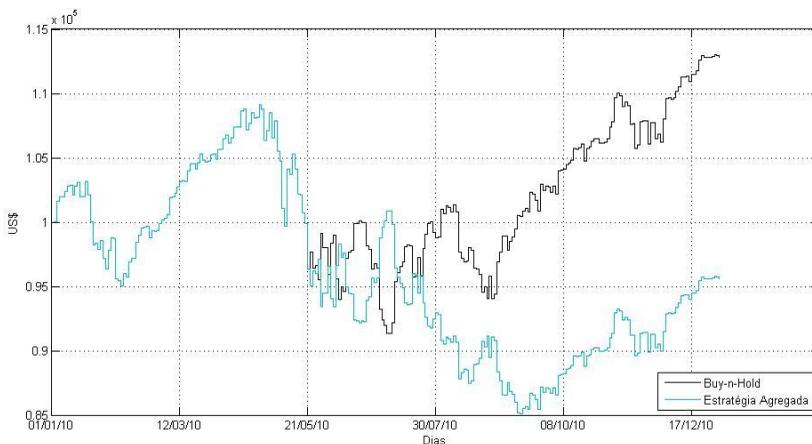


Figura 11 - Previsão via EA versus buy-and-hold para S&P500 Futuro em 2010.

Período de teste		Estratégia Agregada	Estratégia Buy-and-Hold
Seis Meses	μ	0,0050%	-0,0531%
	σ	1,2598	1,2587
	β	1,0009	
	ISG	0,0376	
	<i>t</i> -test	0,3711	
Um Ano	μ	-0,0110%	0,0523%
	σ	1,1121	1,3766
	β	1,0010	
	ISG	-0,042	
	<i>t</i> -test	-0,650	

Tabela 14: Resultados das previsões para S&P500 em 2010.

Os resultados mostram que para um horizonte de seis meses de aplicação, tem-se um retorno médio superior a estratégia passiva. Ainda que o valor σ seja superior ao da passiva. O β com valor maior que 1 também é um indicativo favorável a rentabilidade da estratégia. Bem como o ISG apresentar-se positivo.

Aqui novamente o teste *t* (0,05) foi realizado para a diferença entre os retornos da estratégia agregada com a passiva, à hipótese nula supôs que os retornos eram iguais e foi aceita, mostrando que não há retornos acima da estratégia passiva de mercado através da estratégia tradicional, para ambos os períodos de teste.

iii) ESTRATÉGIA PARACONSISTENTE

Dada (**EP**) definida, o nível de exigência partindo de 60%, foi elevado em 10% sucessivamente até um nível de 100% de exigência, o que caracteriza que a viabilidade da decisão prevista por dada regra é dita como verdadeira.

O grau de certeza ($\mu_{1r,t}$) e incerteza ($\mu_{2r,t}$) foram determinados a cada período de tempo de duas formas para produzir as sinalizações usando a média entre $C(y)_{5,r,t}$ e $C(y)_{20,r,t}$ e apenas com $C(y)_{5,r,t}$, focando apenas as sinalizações de curtíssimo prazo, não considerando seus desempenhos mensais.

Para as duas formas, foram feitos os grupos A, B, C e D, isto porque a formação dos grupos se dá com base em todo o histórico reservado para treinamento da série.

Os grupos são: Grupo A com a regra $r(y)_{1,200,t}$ que possui o maior coeficiente de aproveitamento, grupo B com a regra $r(y)_{2,200,t}$ o segundo maior coeficiente, grupo C com a regra $r(y)_{5,150,t}$ e o grupo D usa as regras $r(y)_{1,50,t}$ e $r(y)_{1,150,t}$ que apresentam os dois piores coeficientes de aproveitamento, para aplicação intragrupo da técnica de maximização pelo operador *OR* da lógica paraconsistente anotada. Após a aplicação da técnica de maximização interna no grupo D, aplica-se a técnica de minimização *AND* entre os grupos A, B, C e D.

De modo semelhante, percebe-se uma boa aderência do modelo aos dados. Tem-se que o número de sinalizações pela viabilidade é pequeno se comparado ao número de previsões feitas, mas agora em maior número em relação ao desempenho definido pela média entre semanal e mensal, e, além disso, de acordo com o resultado prévio, este número tende a reduzir substancialmente e vir a estabilizar.

Aqui os resultados observados após a sinalização pela viabilidade apresentam-se diferentemente do mercado brasileiro. A partir de 60% de nível de exigência o percentual de acerto pela viabilidade que foi de 59,72%, eleva-se para 66,66% quando se eleva o nível de exigência para 70%, e mantém-se este percentual de acerto enquanto o nível de exigência continua elevando-se.

Entretanto, encontram-se melhores ganhos em relação aos retornos obtidos por esta estratégia, para cada nível de exigência. O melhor retorno observado foi através da estratégia com nível de exigência de 60%, dado que esta apresentou 55 sinalizações pela viabilidade e obteve êxito em 36 delas, o que levou a retornos muito próximos do mercado. Vide figura 12.

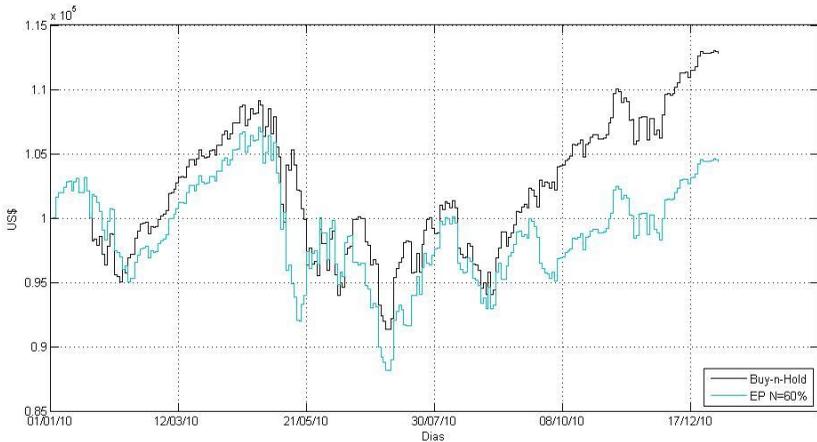


Figura 12 - Previsão via EP com 60% versus buy-and-hold para S&P500 Futuro em 2010.

Para níveis de exigência mais altos os retornos médios foram superiores ao obtido com o 60%. Os gráficos representam as evoluções da aplicação com os níveis de 70% e 80% que apresentam as mesmas sinalizações, de maneira análoga para 90% e 100%, estão nas figuras 13 e 14, respectivamente. E a tabela 15 apresenta os resultados para ambos níveis de exigência e para os dois períodos de teste.

Período de teste		Estratégia Paraconsistente		Estratégia Buy-and-Hold
		60%	70%	
Seis Meses	μ	-0,0804%	-0,0003%	-0,0531%
	σ	1,2572	1,2598	1,2587
	β	0,9988	1,0009	
	ISG	-0,021	0,083	
	t -test	-0,174	0,336	
Um Ano	μ	0,0226%	0,0652%	0,0523%
	σ	1,1120	1,1103	1,1110
	β	1,0009	0,9993	
	ISG	-0,028	0,027	
	t -test	-0,304	0,132	

Tabela 15: Resultados das previsões para S&P500 em 2010.

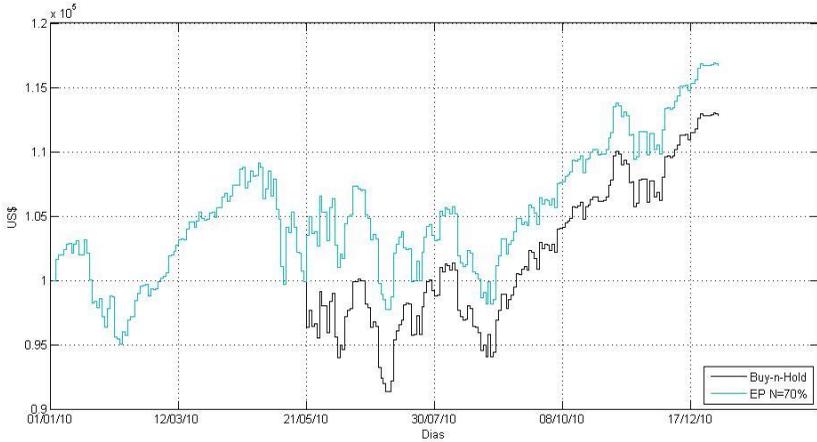


Figura 13 - Previsão via EP com 70% ou 80% versus buy-and-hold para S&P500 Futuro em 2010.

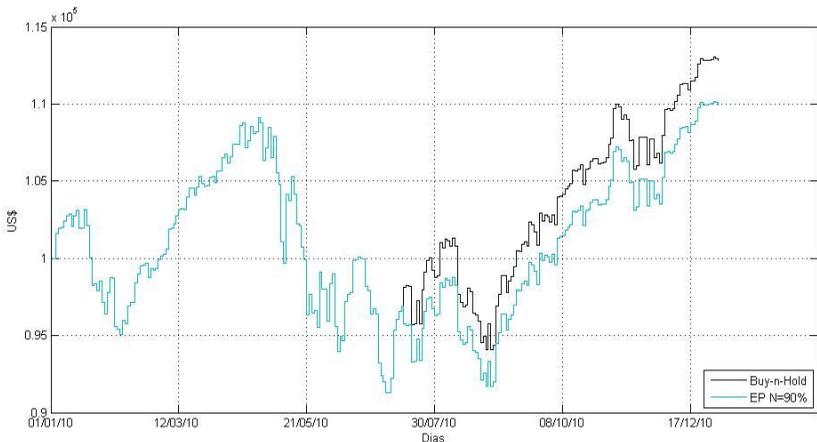


Figura 14 - Previsão via EP com 90% ou 100% versus buy-and-hold para S&P500 Futuro em 2010.

Para seis meses, tem-se que para 60% de nível de exigência, o retorno médio é inferior a estratégia passiva observa-se que o valor de σ é inferior ao da estratégia passiva. Mas para 70% o retorno médio se mostra superior ao retorno médio da estratégia passiva, apresentando valor para σ maior que a estratégia passiva. Observa-se também que ao elevar-se o nível de exigência o valor do β da estratégia também se

eleva, ultrapassando um juntamente com um valor para ISG positivo, ambos para 70%.

Para um ano de teste, percebe-se que os retornos médios aumentam consideravelmente em relação as estratégias anteriormente analisadas, aproximando-se da estratégia passiva no caso do nível de exigência de 60% e para o nível de exigência de 70% tem-se que o retorno médio apresenta-se superior ao da estratégia passiva associado a um valor para σ inferior ao da estratégia passiva e um β bem próximo a um, porém inferior. E também atentando para o valor de ISG positivo.

O teste t (0,05) realizado para a diferença entre os retornos da estratégia paraconsistente com 60% e 70% com a passiva, a hipótese nula supôs que os retornos eram iguais e foi aceita, resultado análogo ao da estratégia tradicional e agregada, mostrando que não há retornos acima da estratégia passiva de mercado através da estratégia paraconsistente tanto de 60% quanto de 70%, em ambos os períodos de teste.

Através deste treinamento foi possível constatar que não há possibilidade de manter ganhos superiores a uma estratégia passiva de mercado, verificando a eficiência de mercado em sua forma fraca também para a bolsa S&P500. Porém a evolução do montante aplicado, mantido sob as sinalizações da **EP** com nível de exigência de 70% apresentou um montante superior ao observado pela estratégia passiva.

6.2.2. 2º TREINAMENTO

Entre 01/01/2009 e 31/12/2010 a amostra totaliza 522 dias. Foram reservados para análise e treinamento 261 dias, período compreendido entre 04/07/1994 e 31/12/2009, restando 261 dias, período entre 01/01/2010 e 31/12/2010 para realizar previsões e testes.

Na amostra de treinamento as regras foram ranqueadas de acordo com o coeficiente de aproveitamento considerando toda a amostra disponível, conforme a tabela abaixo. Para assim estabelecer cada estratégia de investimento.

Regra	1-200	2-200	5-150	1-150	1-50
$C(y)_{n,r,t}$	0,60655	0,60655	0,58559	0,58559	0,53081

Tabela 16: Aproveitamento das regras de acordo com $C(y)_{n,r,t}$.

Dado que as sinalizações no período de treinamento levaram ao mesmo ranqueamento das regras constatou-se que as sinalizações são as

mesmas, o que leva as mesmas decisões pela viabilidade e apresenta uma evolução igual a observada no 1º treinamento.

7. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento desta pesquisa foi possível constatar que os mercados financeiros, norte-americano e brasileiro, apresentam semelhanças, mas ao mesmo tempo diferenças, sob a aplicação de uma mesma metodologia de análise.

Os resultados encontrados corroboram a Hipótese de Eficiência de Mercado na sua forma fraca, mostrando que para o mercado brasileiro não há a possibilidade de se obter ganhos acima dos proporcionados por uma estratégia passiva com significância estatística, baseando-se em indicadores de Análise Técnica. No caso norte-americano, os resultados também corroboram a hipótese de eficiência de mercado na forma fraca, no entanto se observa o retorno médio maior na análise proporcionado pela **EP** ante a *buy-and-hold*.

Ressalta-se aqui a importância da aplicação da metodologia da Estratégia Paraconsistente **EP** que possibilitou em todos os cenários retornos médios acima das outras estratégias definidas. Mostrando que se pode encontrar uma evolução financeira acima da normalmente obtida por estratégias de Análise Técnica em geral. E simultaneamente mostrando que sob suas premissas é possível obter retornos médios acima do mercado com base em indicadores de Análise Técnica, mas não significativos (0,05), o que pode ser visto na aplicação da metodologia para o caso da bolsa S& P500.

Por fim este trabalho mostra que apesar de os mercados apresentarem comportamentos cíclicos, apenas em alguns casos específicos é possível ter retornos acima do que pode ser encontrado através de uma estratégia passiva, verificando que há grande dificuldade em explicar os movimentos futuros dos índices com base em seus dados passados. No entanto foi possível através da metodologia definida para aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$.

A grande vantagem de se trabalhar com tais medidas de avaliação e análise é que é possível programar em planilhas trabalhando-se com operações elementares que permitem parametrizar, restringir valores, obter implicações e determinar resultados, a partir de dados fixos.

Sem dúvida a maior contribuição da aplicação desta metodologia é a possibilidade de se obter sinalizações para inversão de tendência e elevar o nível de exigência para que estas sinalizações sejam obtidas, levando a um maior coeficiente de aproveitamento destas sinalizações, o que pode ser verificado na aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial $E\tau$ em todos os cenários de aplicação.

BIBLIOGRAFIA

ABE, J. M.; ARAÚJO, H. C.; CELESTINO, U.; SILVA FILHO, J. I. *Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et.* v. 1, p. 99, 2011.

ABE, J. M.; BRUNSTEIN, I.; CARVALHO, F. R. Tomadas de decisão com ferramentas da Lógica Paraconsistente Anotada. **XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG.** 2003.

ABE, J. M.; BRUNSTEIN, I.; CARVALHO, F. R. Um Estudo de Tomada de Decisão Baseado em Lógica Paraconsistente Anotada: Avaliação do Projeto de uma Fábrica. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção.** v. 1, p. 47-62, 2003.

ABE, J. M.; COSTA, N. C. A.; LEITE, C. F. S.; MUROLO, A. C.; SILVA, F. J. I. *Lógica paraconsistente aplicada.* ed. Atlas, v. 1, p. 214, **1999.**

ASSAF NETO, A. *Mercado Financeiro.* 7^a ed. São Paulo: Atlas, 2006.

BISPO, C. A. F.; CAZARINI, E. W. Avaliação qualitativa paraconsistente do processo de implantação de um sistema de gestão ambiental. **Gestão e Produção.** v. 13, n. 1, p. 117-127, 2006.

CAVALCANTE, F.; MISUMI, J. Y.; RUDGE, L. F. *Mercado de Capitais: o que é, como funciona.* ed. 6, 2005.

CHUN, S.; KIM, K.; KIM, S. H. Chaotic analysis of predictability versus knowledge discovery techniques: case study of the Polish stock market. **Expert Systems.** v. 19, n. 5, p.264-272, 2002.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Permanent and temporary components of stock prices. **Journal of Political Economics.** v. 96, p. 246-273, 1988.

LEAL R.P.C.; RATNER, M. Tests of technical trading strategies in the emerging equity markets of Latin America and Asia. **Journal of Banking & Finance.** v. 23, p. 1887-1905, 1999.

LO, A. W.; MACKINLAY, C. Stock market prices do not follow random walks: evidence from a simple specification test. **Review of Financial Studies**. v. 1(1), p. 41-66, 1988.

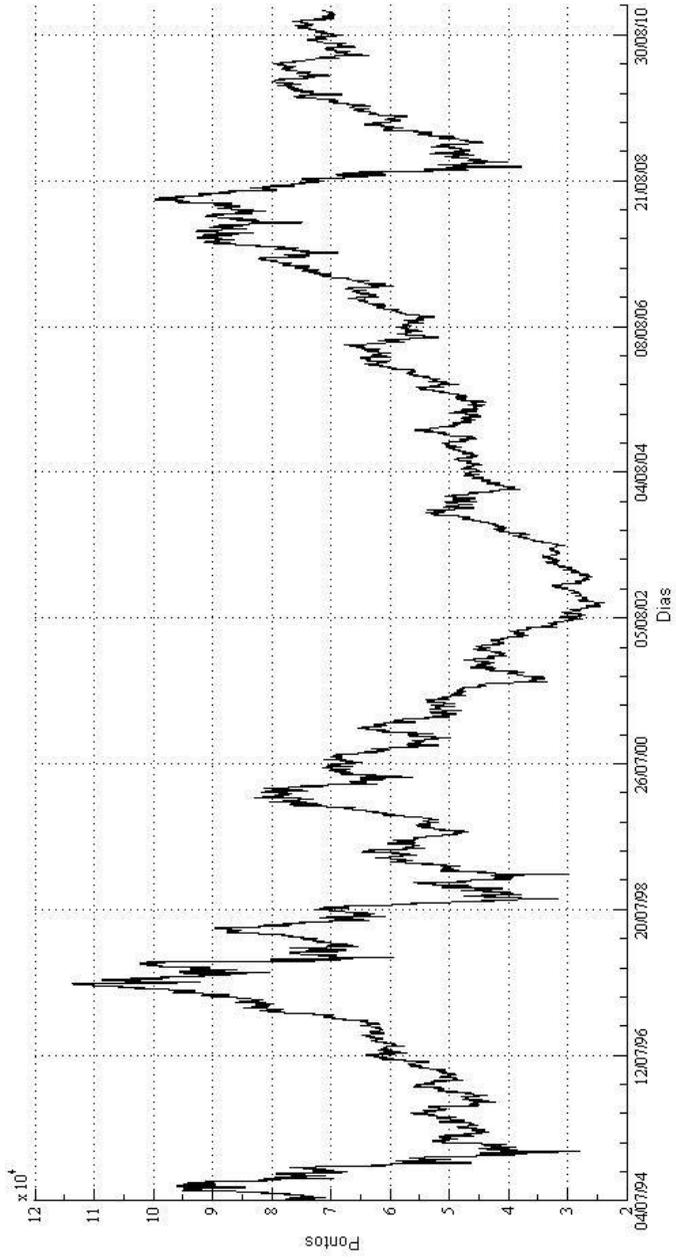
NORONHA, M. Análise Técnica, Teorias e Ferramentas Estratégicas. Ed. São Paulo, 1995.

POTERBA, J.; SUMMERS, L. Mean reversion in stock prices: evidence and implications. **Journal of Financial Economics**. v. 22, p. 27-59, 2004.

SAFFI, P. A. C. Análise Técnica: Sorte ou Realidade? **Revista Brasileira de Economia**, v. 57(4), p. 953-974. 2003.

SATO, A. Os riscos do market timing. **Resenha BM&F**. v. 148, p. 20-24, 2002.

ANEXO A – BM&FBovespa



ANEXO B – S&P500

