Insper

Programa de Mestrado Profissional em Economia

Ivan Jabur Zemella

Modelo de *trend-following* utilizando técnicas de construção de portfólio: Um estudo revisado aos dias atuais

São Paulo

2019

Ivan Jabur Zemella

Modelo de *trend-following* utilizando técnicas de construção de portfólio: Um estudo revisado aos dias atuais

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia do Insper, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia; Áreas de Concentração: Economia dos negócios. Linha de Pesquisa: Mercado Financeiro. Econometria. Técnica de análise de investimento. Derivativos. Técnicas de Programação e Finanças Quantitativas.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Barbosa Soares

São Paulo

2019

Zemella, Ivan Jabur

Modelo de trend-following utilizando técnicas de construção de portfólio: Um estudo revisado aos dias atuais. Ivan Jabur Zemella. São Paulo, 2019.

Dissertação (Mestrado – Programa de Mestrado Profissional em Economia) – Insper, 2019

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Barbosa Soares

1. *Trend-following.* 2. *Momentum*. 3. Regressões. 4. estatistica-t. 5. Indicadores. 6. *Backtest.* I. Ivan Jabur Zemella II. Modelo de *trend-following* utilizando técnicas de construção de portfólio

Ivan Jabur Zemella

Modelo de *trend-following* utilizando técnicas de construção de portfólio: Um estudo revisado aos dias atuais

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia do Insper, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia; Áreas de Concentração: Economia dos Negócios. Linha de Pesquisa: Finanças Quantitativas.

Data de Aprovação: __/__/__

Banca Examinadora

_____

Prof. Dr. Gustavo Barbosa Soares

Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

_____

Prof. Dr. Gustavo Monteiro de Athayde

Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

_____

Prof. Dr. Alessandro Martim Marques

Fundação Getúlio Vargas

Dedicatória

Dedico esta dissertação a minha companheira para a vida, Karen, que esteve ao meu lado tanto nos bons quanto nos maus momentos, por sua interminável paciência e colaboração, além da minha família Claudio, Inês, Julia e Laura, pelo amor, preocupação e presença.

Agradecimentos

Agradeço a vida e a Deus pela oportunidade e capacidade de enfrentar os desafios.

Agradeço aos meus pais Claudio e Inês, pela parceria e auxílio de enfrentar qualquer desafio e dificuldade que a vida pode nos trazer, vencendo-os de forma virtuosa e alegre.

Agradeço às minhas irmãs Julia e Laura por toda preocupação e carinho.

Agradeço à minha companheira de vida, Karen, por toda paciência, ajuda, amor e afeto durante toda esta difícil jornada. Agradeço também por todo carinho para vencer os desafios dos últimos anos, porque sem este, isso não seria possível.

Agradeço aos meus colegas por toda preocupação e ajuda.

Agradeço ao meu time do banco, em específico ao Flavio, Luiz e Vinicius, por toda cumplicidade, paciência e ajuda.

Resumo

Este trabalho consiste no desenvolvimento e implementação de uma estratégia de investimento que se baseia em tendências, conhecida como *momentum* e inspirada no trabalho *Time Series Momentum* (Moskowitz, Ooi, & Pedersen, 2012), além de outros fatores muito utilizados no mercado financeiro para testar a rentabilidade de investimentos. Foram selecionados 112 ativos do mercado financeiro global de diferentes naturezas – juros, ações, *commodities* e câmbio – por um período de 20 anos. Através de técnicas modernas para análise de investimentos como *portfolio construction, clustering, backtesting*, análise de sinais e etc., e por meio de testes estatísticos, buscou-se inferir resultados mais eficientes quando comparados a *benchmarks* relevantes do mercado financeiro atual. Além da estratégia de *momentum* utilizada por Moskowitz, Ooi & Pedersen (2012), foram utilizados indicadores como RSI (força de movimentos) e MACD (convergência de médias), com o intuito de promover uma diversificação na estratégia final, além de prazos e custos de transação, de forma a trazer um estudo mais realista e abrangente.

Palavras Chave: *Trend-following,* Momentum*, estratégias, regressões,* estatística-*, indicadores, backtest*

Abstract

This work consists in the development and implementation of a new trend-following investment strategy (momentum strategy) inspired in the work Time Series Momentum (Moskowitz, Ooi, & Pedersen, 2012) and in others factors commonly used in the actual financial markets to test investment results. The work consists in 112 assets traded in the financial market around the world from different types - rates, equities, commodities and fx assets – analyzed during a 20-year period. Using modern techniques to analyze those investments with portfolio construction, clustering, backtesting, signal analysis, statistic tests and etc, the work suggests the possibility of efficient results when compared to global benchmarks. In addition to momentum (Moskowitz, Ooi, & Pedersen, 2012) implementation and those tests, the work uses two indicators RSI (strength movement over market) and MACD (averages convergences), in order to be able to add some strategy diversification in the final investment strategy proposed and create a more realistic and broader approach.

Key Words: Trend-following, Momentum, strategies, regressions, statatistics, indicators, backtest

Sumário Executivo

Com a crescente importância das finanças quantitativas e sua aplicabilidade no mercado financeiro, diversos trabalhos foram produzidos com o intuito de discutir temas relacionados a análises, formatos e estatísticas de investimentos para tomadas de decisão. Este trabalho tem como objetivo, embasado por um estudo de Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012), aprofundar uma análise sobre tendências de investimentos, implementando tal estratégia em ativos do mercado financeiro e ampliando seu escopo. Estratégias de tendência, bem como alguns indicadores aqui utilizados, são populares e comuns em diversas abordagens de investimentos entre os agentes financeiros, sejam eles fundos, agentes autônomos ou até mesmo bancos de investimentos. Sua popularidade se dá tanto pela facilidade de compreendê-las como de estudá-las.

Uma estratégia de tendência é uma análise de retornos e dados estatísticos passados, os quais servem de insumo para a construção de uma árvore de decisões. O objetivo de se estudar uma estratégia de tendência e tomar decisões de compra e venda de ativos, a fim de se obter resultados mais rentáveis. *Momentum,* que é a estratégia foco do trabalho, parte da premissa de que, observando retornos passados e seus sinais, pode-se utilizar os sinais como indicativos de comportamentos futuros, ou seja, um ativo que esteja subindo/descendo, tende – por *momentum* – a continuar nessa mesma direção no próximo período de análise.

A implementação de *momentum* neste trabalho foi inspirada no artigo de Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012), porem de forma aprimorada e agregando novas estratégias ligadas a tendência. Foram utilizadas, também, técnicas de construção de portfólio, *clustering* e outras ferramentas estatísticas para auxiliar na tomada de decisão mais eficiente, abrangendo uma série de limitações apresentadas no trabalho base e inserindo a estratégia em um ambiente mais realista, buscando trazer a análise mais próxima aos dias atuais. O trabalho consiste na seleção de 112 ativos, de diferentes naturezas – juros, câmbio, ações e *commodities* – em um período de 20 anos.

O texto é segregado em diversas seções, iniciando-se pelo estudo estatístico que consiste em analisar o comportamento dos ativos financeiros previamente selecionados

no tempo. Nesse estudo, é possível inferir quais períodos de investimentos (*lookback periods)* são os ideais para a implementação de *momentum*, bem como a relação entre eles e os tipos dos ativos previamente selecionados, construindo assim, de uma forma mais complexa e realista, uma estratégia de *momentum* para cada grupo de ativos.

Além de *momentum*, o trabalho também traz para o estudo outros dois indicadores de tendência comumente conhecidos no mercado financeiro: MACD e RSI. O MACD – *Moving Average Convergence Divergence* – e um indicador que mostra a relação entre médias móveis dos preços dos ativos e suas mudanças, com o objetivo de tomar decisões de compra e venda. Já o RSI – *Relative Strenght Indicator* –, e um indicador que mostra a magnitude das mudanças recentes de preços com o objetivo de avaliar se um ativo deve ser comprado ou vendido, isto e, analisa a média de ganhos e perdas em um determinado período buscando prever comportamentos futuros.

Com os dados estatísticos, é possível construir diversas estratégias de *momentum*, em seguida agregar o MACD e o RSI, utilizando diferentes *lookback periods*, e incluir ativos como fundos e outros indicadores do mercado financeiro. Por fim, foram realizadas análises de correlações, *sharpe ratios* e outros tantos dados, promovendo uma análise estatística dos desempenhos, relevantes para a conclusão deste trabalho. Uma vez definida uma combinação eficiente, e possível construir uma estratégia final que reúna os indicadores de MACD e RSI com *momentum*, desenvolvendo uma estratégia híbrida que busca englobar mais fatores de tendência do que apenas o momentum apresentado por Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012).

O resultado apresenta não apenas dados relevantes e aplicáveis aos níveis de retorno e risco do mercado atual, mas também um comportamento positivo da estratégia em períodos de diferentes momentos do mercado financeiros. A aplicação de *backtest* e *stress test* é feita tanto na estratégia final como nas estratégias isoladas, permitindo a visualização do ganho com a inclusão dos indicadores (diversificação), além de uma clara evolução na construção de estratégias de tendência no arcabouço de finanças quantitativas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - estatistica-t das regressões do retorno $\frac{r_t^s}{\sigma_{t-1}^s}$ (1 mês) versus sinal dos retornos de investimentos r_{t-h}^s em diferentes períodos 21
Figura 2 - estatistica-t das regressões do sinal do retorno r_t^s (1 mês) versus sinal dos retornos de investimentos r_{t-h}^s em diferentes períodos 24
Figura 3 - estatistica-t das regressões do retorno $\frac{r_t^s}{\sigma_{t-1}^s}$ (1 mês) versus dos retornos de investimentos $\frac{\beta_h r_{t-h}^s}{\sigma_{t-h-1}^s}$ 26
Figura 5 – Sharpe ratios de diferentes períodos de investimento 34
Figura 6 – Sharpe ratios de diferentes ativos e seus grupos 35
Figura 7 – Matriz de Ws (0.04, -0.05, 0.51, 0.61) 42
Figura 8 – Matriz de Ws (0.01, -0.03, 0.41, 0.59) 42
Figura 9 – Pesos finais de uma combinação de sinais de todos os ativos 43
Figura 10 – Desempenho das estratégias de momentum sem considerar o ajuste pela volatilidade 46
Figura 11 – Desempenho das estratégias de momentum ajustado pela volatilidade 47
Figura 12 – Desempenho das estratégias de momentum ajustado pela volatilidade 49
Figura 13 – Retorno mensal das estratégias 50
Figura 14 – Matriz de correlação das cinco estratégias e tabela numérica 52
Figura 15 – Matriz de correlação com os ativos selecionados 54
Figura 16 – Composição da estratégia final 56
Figura 17 – Estratégias de RSI com retorno já ajustados pela volatilidade 58
Figura 18 –Desempenho dos indicadores MACD já ajustados pela volatilidade 61
Figura 19 – Composição da estratégia final discriminada com os indicadores 64
Figura 20 –Retornos da estratégia final já ajustado pela volatilidade no período 65
Figura 21 - Resumo do backtest e stress events da estratégia final 66
Figura 22 - Análise do drawdown da estratégia e dos cinco piores períodos da estratégia 67
Figura 23 – Análise da distribuição de retornos da estratégia final 68
Figura 24 – Volatilidade por ativo 72
Figura 25 – Pesos de cada ativo após o scaling de volatilidade 72
Figura 26 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de ativos 73
Figura 27 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de câmbio 74
Figura 28 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de juros 75
Figura 29 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de commodities 76
Figura 30 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de ações 77

Figura 31 – Retorno da estratégia de média ponderada de todos os RSI e MACD 78
Figura 32 – Gráfico de drawdown e distribuição de retornos das estratégias do RSI ponderado 79
Figura 33 – Gráfico de drawdown e distribuição de retornos das estratégias do MACD ponderado 80
Figura 34 – Backtest e stress test do indicador RSI4.....81
Figura 35 – Backtest e stress test do indicador MACD5 82
Figura 36 – Janela móvel de seis meses das volatilidades e Sharpe Ratio de RSI4 e MACD5 respectivamente 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando todos os ativos 30
Tabela 2 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de juros.....31
Tabela 3 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de ações.....31
Tabela 4 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de câmbio.....32
Tabela 5 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de commodities 32
Tabela 6 – Ativos utilizados na matriz de correlação comparativa.....51
Tabela 7 – Tipos de indicadores construídos.....57
Tabela 8 - Resumo comparativo backtest dos indicadores de RSI.....60
Tabela 9 – Resumo comparativo backtest dos indicadores de MACD.....63

SUMÁRIO

1. Introdução 15

2. Revisão de Literatura 17

3. Composição do trabalho 20

4. Análise de horizontes de investimento e tipos de ativos 20

5. Composição das estratégias de momentum e construção 36

5.1 Indicadores: 36

5.2 Momentum combined signal e hit ratio: 38

5.3 Construção do portfólio 44

5.4 Análise, contextualização e comparação de características 51

6. Construção e aplicação da estratégia final 55

6.1 Características gerais 55

6.2 O RSI 58

6.3 O MACD 61

6.4 A estratégia final 64

7. Conclusão 68

8. Referências 70

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma estratégia de investimentos em ativos mais eficiente e rentável que a de *momentum* apresentada pelos autores Ooi, Moscowitz e Pedersen em sua obra *Time Series Momentum (2012).*

Momentum é uma estratégia que consiste na compra de ativos que estejam se valorizando (ativos ganhadores) e na venda de ativos que estejam se desvalorizando (ativos perdedores), embasada na expectativa de que ativos em ambas as situações tendem a seguir um comportamento contínuo, ou seja, os que estão perdendo seguem a perder e os que estão ganhando seguem a ganhar. (Asness, Moskowitz, & Pedersen, 2013) destacam como a importância e capacidade de extrair valor de tal estratégia simples está cada vez mais presente em diferentes ativos e mercados. Além de ser, de acordo com (Investopedia 2015), uma das mais eficientes estratégias na construção de análises técnicas de mercado.

A estratégia segue uma lógica onde, para comprar e vender ativos, observa-se os retornos deles. Estes retornos, sejam negativos ou positivos, dão ao agente investidor um sinal de compra e venda. Caso a premissa de *momentum* de que um ativo tende a seguir uma mesma tendência seja cumprida, o ativo seguirá uma tendência de alta ou queda gerando lucros ao agente investidor; caso contrário, fará o investidor mudar a sua direção de compra/venda para venda/compra com um prejuízo e em busca de uma nova tendência. Idealmente, o investidor opta por observar uma pré-determinada janela de retornos onde acompanhará, de tempos em tempos, o retorno de tal ativo, a fim de

verificar se os sinais obtidos no período anterior resultarão em lucros ou prejuízos no próximo período.

Um passo a passo para esta estratégia seria:

(i) constrói-se uma forma de observar o retorno de um ativo, para que assim possa inferir se este ativo apresenta retornos positivos ou negativos;

(ii) define-se um período em que o agente investidor revisita o retorno do ativo (*holding period)*;

(iii) realiza-se uma análise por meio do sinal do retorno observado em (i), verificando se o ativo permanece com a mesma performance, atualizando a sua estratégia ou permanecendo com a anterior;

(iv) a cada novo período, o agente investidor repete o processo de revisitar o ativo.

Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012), em seu estudo *Time Series Momentum*, testaram a implementação da estratégia de *momentum* em ativos de diferentes tipos como ações, *commodities*, juros e câmbio, buscando investigar se a estratégia é eficiente. Encontraram, por meio de análises estatísticas, que em certas condições e determinados horizontes de investimentos, a implementação da estratégia é extremamente eficiente.

O mercado de investimentos tem sido diariamente atualizado com novas teorias, áreas de estudo e ferramentas de investimento. Atualmente, novas técnicas de construção de portfólio e seleção de planos e métodos têm revisado a implementação da estratégia de *momentum,* bem como outras táticas de *trend-following*, contribuindo com relevância para o meio acadêmico de finanças quantitativas.

Nesse sentido, torna-se interessante não só o desenvolvimento de tal estratégia, bem como o estudo mais aprofundado dela, a fim de acrescentar novos pontos sob as

descobertas destacadas por (Ooi, Moscowitz e Pedersen 2012), expandindo assim a teoria desenvolvida pelos autores.

Este trabalho é, portanto, um estudo, detalhamento e apresentação de resultados de uma nova metodologia para construir um portfólio com estratégias de *trend-following* com 112 ativos de diferentes tipos (Ações, Câmbio, Juros e *Commodities). Utiliza-se* de técnicas modernas de construção de portfólio e segregação de investimentos, que são analisados com o intuito de inferir os ganhos oriundos de tais inovações.

Serão apresentadas diversas noções estatísticas que fomentam o porquê da escolha de alguns prazos de investimento, bem como o acréscimo de fatores novos e outros indicadores de *trend-following* junto à teoria de *Momentum*, base de comparação e inspiração para a construção do trabalho.

2. Revisão de Literatura

Com a crescente globalização, evolução tecnológica e consequente expansão do mercado financeiro de fundos de investimento, é inegável que a quantidade de investidores e interessados no mercado em geral é cada vez maior. A existência de agentes que se utilizam de diversas estratégias para investir permitiu a expansão de técnicas e formas de compreender e diversificar portfólios no mercado, buscando um rendimento cada vez melhor para os diferentes perfis de investidores.

Cada vez mais os investidores passaram a se aprofundar em formas distintas de expandir seus portfólios e diversificar com eficiência os seus investimentos, encontrando nas estratégias quantitativas a forma mais exata e matemática de inferir dados de diferentes mercados e aplicar estudos estatísticos, a fim de obter técnicas inovadoras e assertivas, além de encontrar padrões de mercado cada vez mais concisos.

Há muito tempo já são utilizadas médias, medianas e outros fatores estatísticos simples que deram origem ao que hoje compõe o arcabouço de estratégias quantitativas

para se investir. As estratégias são compostas por técnicas cada vez mais robustas e complexas para compreender o desempenho de diferentes ativos financeiros, como médias móveis, indicadores de volume para diferentes ativos e gráficos estilizados, dando uma força cada vez maior para finanças quantitativas e técnicas analíticas no mercado financeiro.

Dentre as diversas formas de se aplicar finanças quantitativas e tais técnicas analíticas no mercado atual, as estratégias de tendência (*trend-following*) têm, cada vez mais, ganhado espaço e se tornado as mais usadas por agentes, fundos e o mercado financeiro em geral. A percepção e a correta interpretação dos movimentos de tendência, combinada à capacidade quantitativa de compreender os dados históricos e estatísticos do mercado, permitiu aos agentes notarem que *trend-following* possui um retorno eficiente e rentável quando comparado a diversas outras técnicas. Teorias muito discutidas no âmbito acadêmico, como análises fundamentalistas e *random walk model*, ganharam grande concorrência com o crescimento de diversas estratégias específicas de tendência, como *momentum*, indicadores de tendência (MACD, RSI, *Bollinger bands e outros*) e análises de volumes.

De acordo com estudos realizados por equipes de derivativos e quantitativa dos Bancos *JP Morgan* (2015), *Bank of America* (2019) e *UBS* (2013), *momentum* é atualmente a estratégia de *trend-following* mais popular e discutida no mercado financeiro.

Momentum é, também, o objeto de estudo central de uma das principais obras acadêmicas que já discutiu sobre o tema, *Time Series Momentum*, de Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012). Neste, os autores apresentam estudos focados em ações, *commodities* e títulos públicos, bem como seus retornos aplicados a estratégias de comprar e segurar ativos em determinados períodos (*Momentum*), discutindo a eficiência do mesmo com análises preliminares, porém inovadoras, que fomentam cada vez mais a discussão de tais estratégias de tendência.

Além disso, bancos privados como UBS, *Goldman Sachs*, *Bank of America* e *JP Morgan Chase* e fundos de investimentos como AQR, *Bridgewater*, *Kadima Asset* e

outros grandes nomes do mercado possuem equipes dedicadas ao desenvolvimento de modelos quantitativos e estudos focados no mercado financeiro com experiências e práticas diárias.

Diversas obras acadêmicas, como a de Greyserman and Kaminski (2014) e Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012), são literaturas recentes que se aprofundaram ainda mais na estratégia e comprovaram a ideia de que tais técnicas estão cada vez mais atuais e globalizadas entre os diferentes agentes de mercado, tanto em âmbito comercial quanto acadêmico.

Apesar da inexistência de um trabalho específico que aborde a aplicação de *trend-following momentum* e expanda a análise de Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012), existem diversas obras que servem de inspiração para seu desenvolvimento e reprodução. Pedersen & Levine (2015), *Which trend is your friend*, Zaremba e Szczygielski (2019), *The alpha momentum effect in commodities* e Huth & Scholz (2018), Alpha Momentum, são alguns exemplos de obras que abordam efeitos de tendência e *momentum*. É importante destacar que boa parte do acervo bibliográfico foi escrito nos últimos cinco anos, reforçando ainda mais a crescente discussão de assuntos ligados a análises como a feita nesse trabalho.

Além disso, o próprio Moskowitz, com Pedersen e Asness (2013), aprofundou o estudo sobre *momentum* em *Value and Momentum Everywhere*, apresentando ainda melhor desempenho na estratégia, com diversas análises que reforçam a teoria da eficiência de sua aplicação, além de sua capacidade em extrair valor do mercado. Serve assim de inspiração para futuros trabalhos acadêmicos que busquem implementar um ganho de eficiência em suas estratégias de mercado por análises de tendências.

3. Composição do trabalho

Além da introdução e revisão literária, esse trabalho propõe uma interpretação mais completa da análise feita por Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012), a fim de estudar mais a fundo o *momentum*. A idéia é fundamentar, via resultados estatísticos, premissas básicas que serão os pilares na reconstrução não só de uma nova estratégia de *momentum,* com novas características não consideradas por Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012), como também uma expansão do estudo com a inclusão de outros indicadores de tendência, a fim de inferir sobre a possibilidade de mais ganhos com os mesmos.

Na parte central do trabalho, além de técnicas novas de construção de portfólio, serão apresentados resultados práticos segregados e conjugados entre os diversos temas abordados. Por fim, o desenvolvimento estatístico inclui uma série de estudos sobre os retornos apresentados, bem como uma vasta análise de dados para discussão da eficiência da estratégia construída.

4. Análise de horizontes de investimento e tipos de ativos

Antes de qualquer análise e implementação prática da estratégia, é necessário realizar um estudo de eficiência de desempenho e da relação dos ativos ao longo do tempo. Assim como apresentado por Ooi, Moscowitz e Pedersen (2012) é importante construir uma análise primária entre um investimento de curto espaço de tempo versus demais investimentos em diferentes horizontes de tempo, permitindo uma primeira apuração do padrão de comportamento do portfólio escolhido. Tal análise é muito semelhante à realizada pelos autores, mas de forma mais completa e com duas análises adicionais, além do apresentado em *Time Series Momentum.* Englobar as três abordagens torna-se interessante, pois permite uma conclusão efetiva de diferentes métodos que poderiam ser utilizados na análise de tais comportamentos.

Na primeira abordagem, como pode ser observado na figura 1, é feita uma regressão simples entre o retorno de um investimento de curto prazo (vinte e um dias úteis ou um mês) ajustado pela sua volatilidade estimada e comparado a uma variável

explicativa que consiste no sinal do retorno do mesmo investimento em diferentes horizontes de tempo. Nesse caso, como na variável explicativa, apresenta-se apenas uma análise de sinal, não se faz necessário o ajuste do investimento pela volatilidade estimada dele. O resultado será um histograma de estatistica-t do beta da regressão, que é referente a cada *lookback period* (prazo de investimento) versus a variável dependente de um mês.

Análise 1

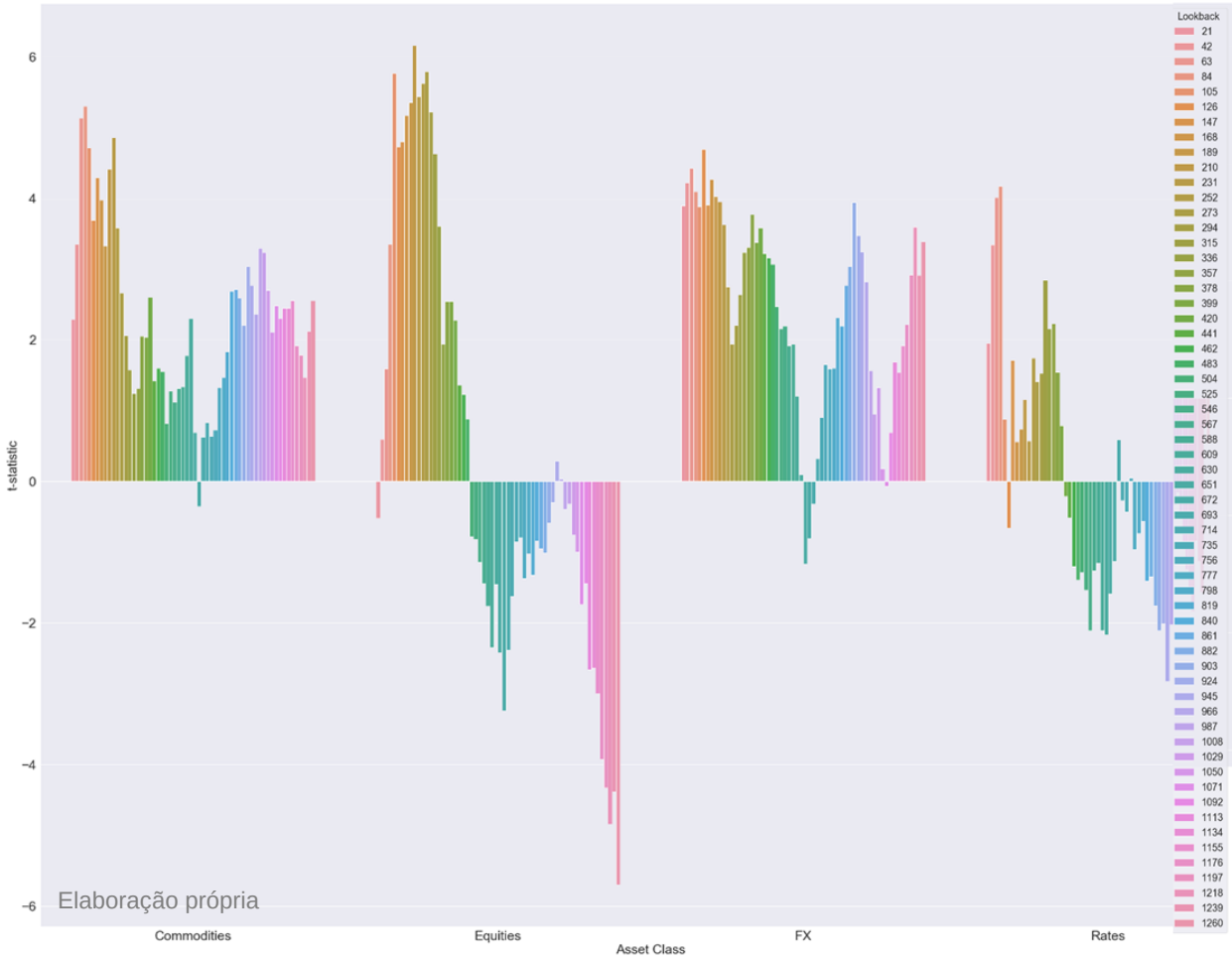


Figura 1 - estatistica-t das regressões do retorno $\frac{r_t^S}{\sigma_{t-1}^S}$ (1 mês) versus sinal dos retornos de investimentos r_{t-h}^S em diferentes períodos

Por fim, os gráficos são separados por tipo de ativo, a fim de evidenciar especificidades que cada classe de ativo pode apresentar ao longo do tempo.

A fórmula associada à análise 1 pode ser reproduzida como abaixo:

$$\frac{r_t^s}{\sigma_{t-1}^s} = \alpha + \beta_h sign(r_{t-h}^s) + \varepsilon_t^s \qquad (1)$$

Onde:

r_t^s é o retorno do ativo *s* no período *t*

σ_{t-1}^s é a volatilidade do ativo *s* no período *t-1*

α é o intercepto da regressão

β_h é o coeficiente do sinal

r_{t-h}^s é o retorno do ativo *s* no período *t* defasado em um loockback *h*

$sign(r_{t-h}^s)$ é o sinal do retorno acima

ε_t^s é o termo do erro associado à regressão

A segunda abordagem apresenta construção semelhante à anterior, com apenas uma diferença na construção da regressão, que agora é feita por meio da interação do sinal do retorno de um investimento de um mês, que é a variável dependente da regressão, versus o sinal do retorno de um investimento em diversos *lookback periods* de investimento.

Essa diferenciação, apesar de não apresentar mudanças significativas no comportamento da estatistica-t quando comparada com a abordagem 1, permite uma análise simplista de diferentes cenários de investimentos e suas relações, sem a influência de volatilidade em tais ativos.

Além disso, abrange diferentes tipos de análise visto que, semelhante à abordagem 1 que utiliza sinais na regressão, a abordagem 2 também não utiliza a volatilidade estimada, e nas variáveis independente e explicativa a análise é feita apenas por meio dos sinais dos retornos. Torna-se apenas uma regressão simples do comportamento de sinais dos retornos de 112 ativos de câmbio (*FX)*, ações (*Equities)*, juros (*Rates)* e *commodities* ao longo do tempo. A fórmula da segunda análise pode ser descrita como segue:

$$sign(r_t^s) = \alpha + \beta_h sign(r_{t-h}^s) + \varepsilon_t^s \quad (2)$$

Onde:

r_t^s é o retorno do ativo *s* no período *t*

$sign(r_t^s)$ é o sinal do retorno acima

α é o intercepto da regressão

β_h é o coeficiente do sinal do retorno no loockback *h*

r_{t-h}^s é o retorno do ativo *s* no período *t* defasado em um loockback *h*

ε_t^s é o termo do erro associado à regressão

Análise 2

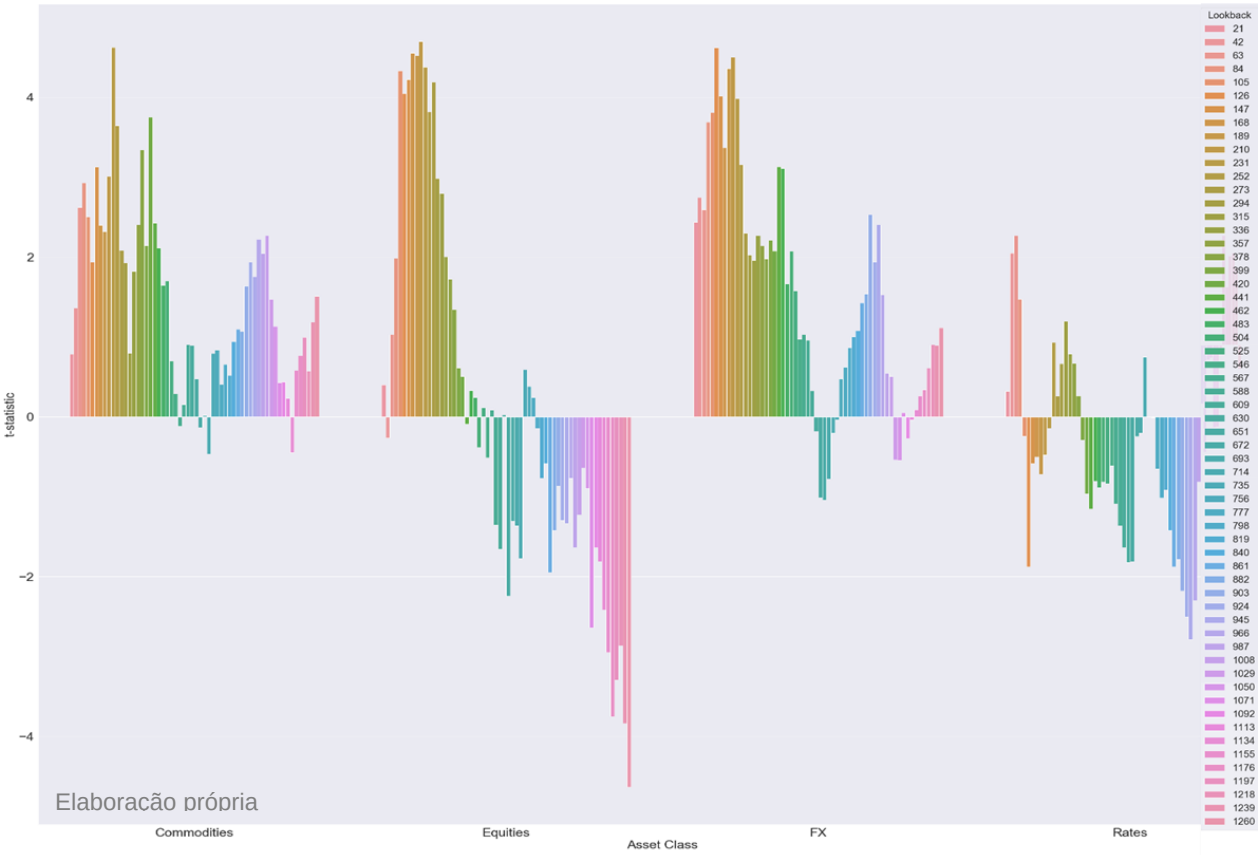


Figura 2 - estatistica-t das regressões do sinal do retorno r_t^s (1 mês) versus sinal dos retornos de investimentos r_{t-h}^s em diferentes períodos

Já a análise 3, apresenta uma regressão entre os retornos de investimentos de um mês ajustados pela volatilidade estimada dos mesmos e os retornos de diferentes *lookback periods*, também ajustados por suas respectivas volatilidades estimadas. Tal aplicação busca inferir uma regressão que englobe o excesso de retorno existente em cada abordagem de investimento, fazendo assim uma análise profunda do comportamento de cada tipo de ativo em diferentes condições de preços e volatilidades ao longo do tempo. A regressão da abordagem 3 pode ser descrita da seguinte maneira:

$$\frac{r_t^s}{\sigma_{t-1}^s} = \alpha + \frac{\beta_h r_{t-h}^s}{\sigma_{t-h-1}^s} + \varepsilon_t^s \qquad (3)$$

Onde:

r_t^s é o retorno do ativo *s* no período *t*

σ_{t-1}^s é a volatilidade do ativo *s* no período *t-1*

α é o intercepto da regressão

β_h é o coeficiente do retorno

r_{t-h}^s é o retorno do ativo *s* no período *t* defasado em um loockback *h*

σ_{t-h-1}^s é a volatilidade do ativo s no período anterior ao *t* defasado em um loockback *h*

ε_t^s é o termo do erro associado à regressão

Assim como já destacado por Moskowitz, Ooi, & Pedersen (2012) e também observado em todas as três abordagens apresentadas, a utilização dos retornos de um mês é um bom previsor de comportamento de outros horizontes de investimentos e revela, com alta significância, uma relação forte em parte dos ativos em investimentos de até um ano. Ou seja, as regressões entre os retornos de um mês e os retornos de até um ano apresentam estatistica-t de alta significância, sejam as regressões aplicadas aos sinais, ajustadas pela volatilidade ou ambos.

Análise 3

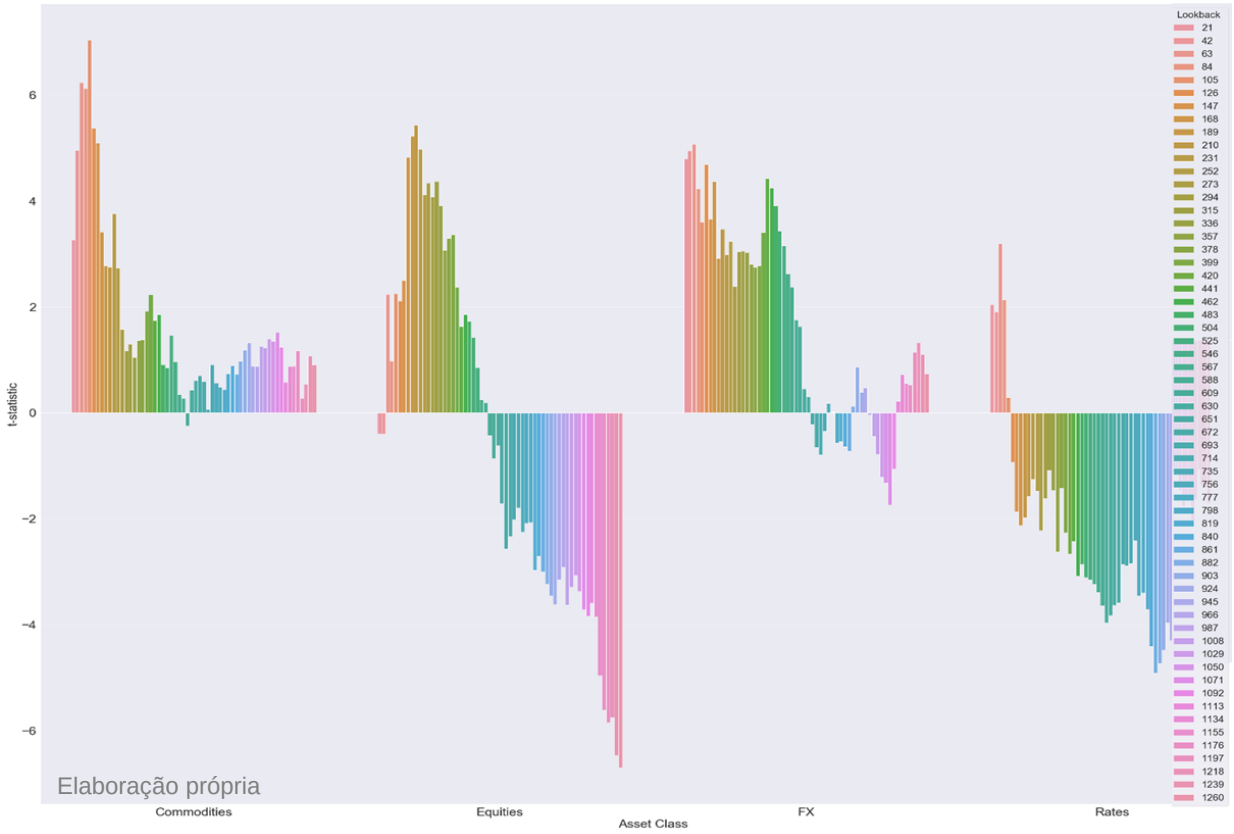


Figura 3 - estatistica-t das regressões do retorno $\frac{r_t^S}{\sigma_{t-1}^S}$ *(1 mês) versus dos retornos de investimentos* $\frac{\beta_h r_{t-h}^S}{\sigma_{t-h-1}^S}$

Outro ponto de destaque é a mudança na significância das estatisticas-t após este prazo, sinalizando um movimento de *reversal* no comportamento dos ativos. Isso permite não só fundamentar um período ideal para a realização do horizonte de investimento da estratégia escolhida neste trabalho, mas também traz uma opção na construção de estratégias alternativas de *reversal* para os ativos em questão, após determinados horizontes de investimentos.

Um bom exemplo é o forte *reversal* dos ativos de *Equities* a partir de um ano, presente em todas as abordagens propostas, em que se observa a vertiginosa redução da estatistica-t. Pedersen & Levine (2015) e Giner & Zakamulin (2018) destacaram a grande importância de analisar mudanças de tendência, médias móveis diferentes

comportamentos de ativos, fazendo com que seja de suma importância considerar o *reversal* em ações importante na hora de montar a estratégia final.

Além disso, outros comportamentos interessantes, como a presença de alta significância entre o investimento de um mês e dos demais horizontes em ativos de *commodities*, alimentam a ideia de que a implementação de *momentum* para tais ativos seria inicialmente a mais eficiente do que a de qualquer outra classe. Rallis & Miffre (2005) já discutiam a grande capacidade de utilizar ativos classificados como *commodities* para estratégias de investimentos focadas em tendência.

Os resultados da análise de todos as abordagens fomentam o interesse nas primeiras aplicações de *momentum* no portfólio previamente selecionado. A forte relação entre um mês e um ano levanta a hipótese de que, possivelmente, a aplicação de uma estratégia que compre ativos ganhadores e venda ativos perdedores, com revisões da posição de um em um ano e sempre observando retornos móveis (*lookback periods)* de um mês, seria de extrema eficiência.

Com essa hipótese, é possível iniciar a discussão já proposta por Moskowitz, Ooi e Pedersen (2012) sobre cada um dos tipos de ativos e suas peculiaridades por meio da interpretação das três abordagens aqui expostas. Ativos como juros, por exemplo, se mostraram extremamente instáveis, algo já esperado dada a economia atual e análises posteriores como a do *Bank of America (2019)*, permitindo entendermos o porquê da dificuldade de determinados períodos de investimento já não conseguirem mais explicar os retornos de ativos da classe de juros.

Ainda, com base nas informações extraídas das três abordagens acima destacadas, é possível expandir a análise para outros casos que reforçam ainda mais a existência de forte poder explicativo em investimentos de um determinado horizonte com outros, por exemplo um mês *versus* um ano. Ao reunir um grupo de ativos que servem de índices para as classes de investimentos utilizadas nas abordagens acima (FX, Rates, Commodities e Equities), é possível construir uma regressão múltipla entre tal grupo de ativos e uma variável dependente, que seria o resultado de uma estratégia de *momentum*. Idealmente, o intercepto de tal regressão resultaria na significância da existência de movimentos de tendência ao longo do tempo.

Tendo como base o desempenho das estatisticas-t nas três abordagens mostradas acima, espera-se um desempenho semelhante no valor dos testes de tais “alfas” extraídos nas estratégias. Ou seja, quanto mais significativa é a correlação entre os horizontes de investimentos, maior deve ser a possibilidade de extrair do mercado um desempenho superior ao do mercado hipotético construído com os *benchmarks* globais selecionados.

O *momentum strategy* consiste na estratégia de base comparativa entre o desempenho de diversos horizontes de investimentos “*lookback*” com diferentes balanceamentos em “*holding*” períodos. Os horizontes de investimentos analisados dão origem a janelas móveis de retornos, que darão embasamento para análise e criação de sinais de compra e venda. Quando a performance do ativo for positiva, o *momentum* indicará o sinal de compra, e quando for negativa, indicará uma venda.

É importante destacar nesse momento que, diferentemente do modelo proposto por (Ooi, Pedersen e Moskowitz 2012), os horizontes de investimento são defasados por um período, tornando assim a inferência realista e fazendo com que a estratégia produza o sinal de compra ou venda para o próximo período, e assim por diante.

Já o agregado de índices explicitado abaixo representa *benchmarks* já utilizados pela literatura de (Ooi, Pedersen e Moskowitz 2012), e tem como objetivo construir uma espécie de mercado sintético que serve como base de comparação para as diversas estratégias de horizontes e períodos.

Tais índices possuem abrangência semelhante à dos ativos selecionados para construir *momentum strategy,* além de histórico e liquidez para que sejam introduzidos desde o mesmo período analisado na estratégia*.* Os índices são detalhados a seguir:

Mkt: MSCI Index – Índice global de ações mundial

Bond: Barclays Index - Índice agregado de *bonds* construído pelo banco Barclays, que inclui um grupo mundial de títulos de renda fixa

GSCI: GSCI Index é um índice global de diversos ativos de *commodities*

SMB, HML e UMD: Fatores criados por Fama-French utilizados como proxys de fatores de *momentum* e avaliações de diferentes setores de investimento.

MSCI, Barclays Index e GSCI index são ativos extremamente líquidos e conhecidos globalmente, disponíveis em qualquer plataforma e que representam investimentos focados em seus respectivos setores, com os mais variados grupos de ativos. Já SMB e HML representam um grupo de fatores desenhados por Fama-French para analisar a performance de empresas nos diversos mercados de investimento. Por fim, UMD é fator ou componente de *momentum* para analisar retornos de portfólio.

Semelhante à abordagem 3, a estratégia de *momentum* considera os retornos dos ativos ajustados pela sua volatilidade, bem como os indicadores selecionados, que também são ajustados pelas suas próprias volatilidades, mantendo um padrão comparativo mais realista e aprimorando a estrutura produzida por Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012).

Os resultados da tabela 1 representam a estatistica-t do intercepto da regressão:

$$Mom\ Strategy_{lb,rev} = \alpha + \beta_1 Mkt + \beta_2 Bond + \beta_3 GSCI + sSMB + hHML + uUMD + \varepsilon_t \quad (4)$$

Onde:

α é o intercepto da regressão

$\beta_1, \beta_2\ e\ \beta_3$ são os coeficientes dos indicadores Mkt, Bond e GSCI, respectivamente

Mkt é o MSCI Index (ações)

$Bond$ representa o Barclays Index

$GSCI$ é o índice de *commodities*

s é o coeficiente do fator SMB

h é o coeficiente de HLM

$SMB\ e\ HML$ são fatores de Fama-French

u é o coeficiente de UMD

UMD é o fator de *momentum*

ε_t é o termo do erro da regressão

Lookback holding	21	63	126	189	252	294	378	420	525
21	2.095079	4.322568	4.136766	3.636884	3.373368	2.923047	2.599537	2.407599	1.637589
63	2.002011	3.245913	3.134067	2.725280	2.450420	2.146880	1.515593	1.240535	0.493566
126	1.652206	2.931959	2.045550	1.707304	1.416261	1.684746	1.178888	0.942427	0.099964
189	1.290294	1.370485	0.889945	1.452156	1.205694	0.817027	0.768599	0.208385	0.513299
252	2.028006	3.509325	1.276121	1.037469	1.223304	1.019550	0.839561	1.021036	0.424832
294	0.041935	1.189520	0.939738	1.765557	1.629332	0.966469	0.573730	0.444637	0.109020
378	3.268367	2.480349	2.584219	2.673853	1.104135	0.620290	0.285038	0.120378	0.110555
420	1.196635	1.748457	0.541435	2.731856	1.494064	-0.473625	-0.711413	-0.250480	0.026107
525	4.506141	0.659605	1.324200	0.733370	-0.395144	-0.014270	0.130371	0.022951	0.247917

Elaboração própria

Tabela 1 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando todos os ativos

As tabelas 2 a 5 apresentam a estatística-t dos alfas da regressão supracitada, considerando uma estratégia de *momentum* que inclui os tipos de ativos utilizados nesse estudo. Ou seja, considera-se a performance ou o quanto de alfa é possível extrair na estratégia como um todo quando comparado com os índices selecionados.

É possível notar que, semelhante à análise feita entre horizontes de investimentos das três abordagens, o desempenho de estratégias com horizontes de investimentos e *holding period* até 252 dias úteis (um ano) concentra os alfas com maiores estatísticas-t da regressão. Ainda, é importante ressaltar o padrão de comportamento observado, salvo poucas exceções, de que quanto maior é o horizonte de investimento de análise (*lookback)* ou o período de carregamento do ativo (*holding period)* da estratégia, menor é o alfa extraído pela regressão, reforçando ainda mais a ideia de que até determinado horizonte as estratégias de *trend-following* mostram-se eficientes.

Além da análise combinada dos ativos com os indicadores, é importante analisar os alfas inferidos para as estratégias por tipo de ativo, a fim de estudar mais profundamente os comportamentos diferentes entre tipos de ativos.

Lookback holding	21	63	126	189	252	294	378	420	525
21	1.131424	1.439923	0.933431	0.537271	2.006032	2.358342	2.691060	2.487613	2.333767
63	1.416076	2.040540	1.267390	0.819632	2.415062	2.391241	2.806754	2.378108	2.388284
126	2.034777	2.165809	1.205641	1.215664	2.672404	2.575195	2.832945	2.450557	2.556906
189	0.189124	-0.087562	-0.120953	2.160356	1.720285	1.688649	1.812667	1.552523	1.336839
252	0.829813	1.870501	1.120427	0.451291	2.466781	2.492107	1.719169	1.258889	1.256117
294	2.177242	1.181284	1.292282	0.366578	2.338726	3.093268	2.433591	3.379996	3.411648
378	-0.194533	-0.780048	-0.563969	1.485720	1.408195	1.328318	2.648719	2.511971	2.168562
420	0.523095	2.283695	0.535941	1.331662	1.921454	1.617819	1.639399	1.476147	0.842220
525	-0.224716	-0.726683	0.069677	1.208176	0.866629	0.871446	0.585390	1.074393	1.882803

Elaboração própria

Tabela 2 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de juros

Lookback holding	21	63	126	189	252	294	378	420	525
21	1.394645	3.108983	2.625981	3.770826	2.971331	2.938545	2.185371	1.994495	0.704992
63	0.662145	1.914701	1.921092	2.346836	2.121179	1.349147	0.803722	0.510186	0.061489
126	-0.111078	2.415953	1.886898	1.961095	1.763367	1.723643	1.172723	0.790440	0.314624
189	-0.594727	0.129891	0.110690	1.291890	0.811764	0.444507	0.013636	-0.453255	-0.494725
252	1.145825	3.324303	0.730910	0.573386	0.828388	0.568125	0.907698	0.986849	0.609483
294	-0.171276	0.747359	-0.157593	0.764233	0.532887	0.056575	-0.388750	-0.914171	-1.424904
378	1.043256	2.205891	2.258833	3.841583	4.030795	1.887271	0.077176	0.042174	-0.488426
420	0.304391	0.111068	-0.614506	0.305409	0.083397	0.359606	0.393969	0.457951	0.572139
525	0.993818	0.130943	1.015349	1.001980	1.067783	1.231594	1.669080	0.341534	0.691105

Elaboração própria

Tabela 3 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de ações

Lookback holding	21	63	126	189	252	294	378	420	525
21	2.199708	3.706190	3.178407	2.394601	1.984363	1.630699	1.743941	1.608887	1.186457
63	2.170481	1.846973	1.061783	0.872249	0.673401	0.807680	0.531538	1.080001	-0.007697
126	1.496826	1.256342	0.186296	-0.092471	0.072638	0.138470	-0.140700	0.080221	-0.631364
189	1.201392	0.763040	-0.533639	0.530340	0.448174	0.369023	-0.045534	0.102881	-0.120777
252	2.049669	2.620322	1.305261	1.038605	1.462364	1.834910	0.774600	0.852871	0.096401
294	-1.132971	0.028730	1.732985	1.447485	1.624808	0.702023	0.241083	0.134783	0.172178
378	2.940731	2.027661	1.715789	1.733433	0.929660	0.801147	1.163476	0.788980	-0.218372
420	1.389417	0.613108	1.121186	1.168839	0.692024	0.297968	0.290768	0.097795	-3.120237
525	1.697173	2.262102	2.879166	3.497890	-1.322930	-0.558869	-0.469836	-0.405607	-1.732914

Elaboração própria

Tabela 4 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de câmbio

Lookback holding	21	63	126	189	252	294	378	420	525
21	1.250573	2.924135	3.273755	1.493629	1.894623	1.327736	1.182756	1.037717	1.002511
63	1.759890	2.882373	3.089186	2.156562	1.705853	1.430691	0.983478	0.676588	0.216559
126	1.806323	2.667814	1.947913	1.089545	0.490621	0.785756	0.592694	0.559906	-0.256294
189	1.492985	1.584486	1.615695	0.489914	0.760336	0.414282	0.923193	0.408529	1.086774
252	0.908297	1.287005	0.408265	0.421978	0.383297	0.274747	0.130331	0.364122	0.020618
294	0.299380	1.030335	0.719850	1.430218	1.148635	0.795095	0.650375	0.613639	0.100895
378	1.041652	1.226848	2.176540	0.826953	0.270179	0.042831	-0.201424	-0.278238	0.205156
420	-0.086919	1.634507	0.636394	1.443758	1.358421	-1.983804	-1.953342	-1.376569	-0.712894
525	1.882923	0.710232	0.222051	-0.091042	-0.480705	-0.179610	0.036094	-0.007840	19.003411

Elaboração própria

Tabela 5 - estatística-t do intercepto das regressões de momentum considerando apenas os ativos de commodities

Entre os diversos comportamentos dos alfas, quando analisados separadamente por tipo de ativo, pouco pode-se inferir quanto a comportamentos específicos, todavia chama a atenção a variação de alfas para ações a partir de um ano. Esse tipo de variação, também presente nas análises iniciais de horizontes de investimentos, reforça a possibilidade de existência de *reversal*, que em alguns ativos pode ser interessante para a combinação de sinais na estratégia central deste trabalho. Já nos demais ativos, nota-se o mesmo comportamento dos alfas.

Outro ponto relevante a analisar sobre o comportamento dos ativos e que colabora na composição do perfil de investimento das estratégias é o desempenho do índice de *sharpe* aplicado a *momentum strategy*.

O índice sharpe, de acordo com Investopedia (2015), é um dos índices mais utilizados para avaliar o desempenho de diferentes estratégias de investimentos. Ele compara os retornos de determinado ativo, ou estratégia (no caso R*momentum*) ajustados pelos riscos intrínsecos que estes investimentos possuem. O risco intrínseco é o desvio padrão dos retornos da estratégia anualizada, permitindo assim com que seja possível comparar diferentes retornos e seus riscos respectivamente. A fórmula do índice de Sharpe pode ser descrita conforme abaixo.

$$Sharpe = \frac{Rmomentum\ strategy_t}{\sigma_t} \qquad (5)$$

Onde:

$Rmomentum\ strategy_t$ é o retorno da estratégia de momentum no período *t*

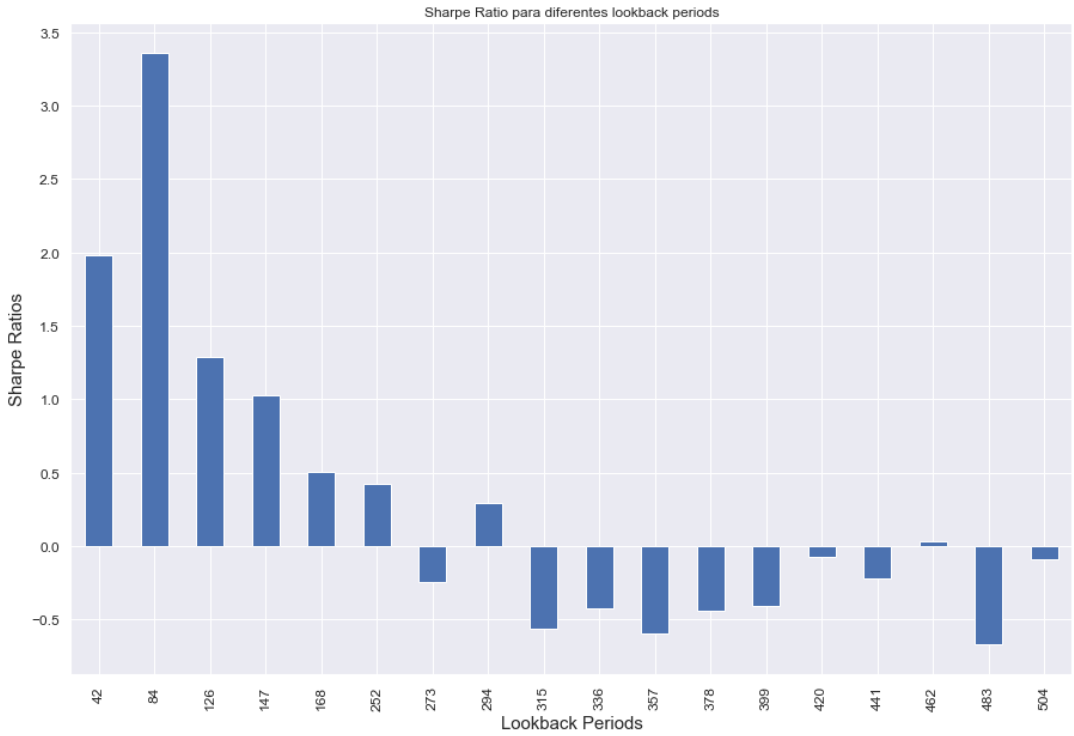
σ_t é a volatilidade da estratégia *momentum* no período *t*

Com o intuito de analisar mais a fundo o desempenho da estratégia convertida na sua própria volatilidade, pode-se aplicar o índice de *sharpe* para os variados períodos (*holding periods*). Dessa forma, é possível inferir o retorno já considerando um custo oportunidade sem risco alternativo. Novamente, o comportamento esperado é de melhor desempenho nos termos mais curtos, assim como já visto em análises anteriores.

Como o trabalho trata de uma base de dados com os seus excessos de retornos na implementação do índice Sharpe, não será necessária a utilização do fator livre de risco (Rf), mantendo apenas o retorno da estratégia de *momentum* sobre a sua volatilidade.

Conforme já previsto indiretamente, o desempenho muito superior dos horizontes mais curtos justifica, mais uma vez, a relação existente nos prazos até um ano, como pode ser observado na figura 4. Aqui, no entanto, é importante destacar que não são

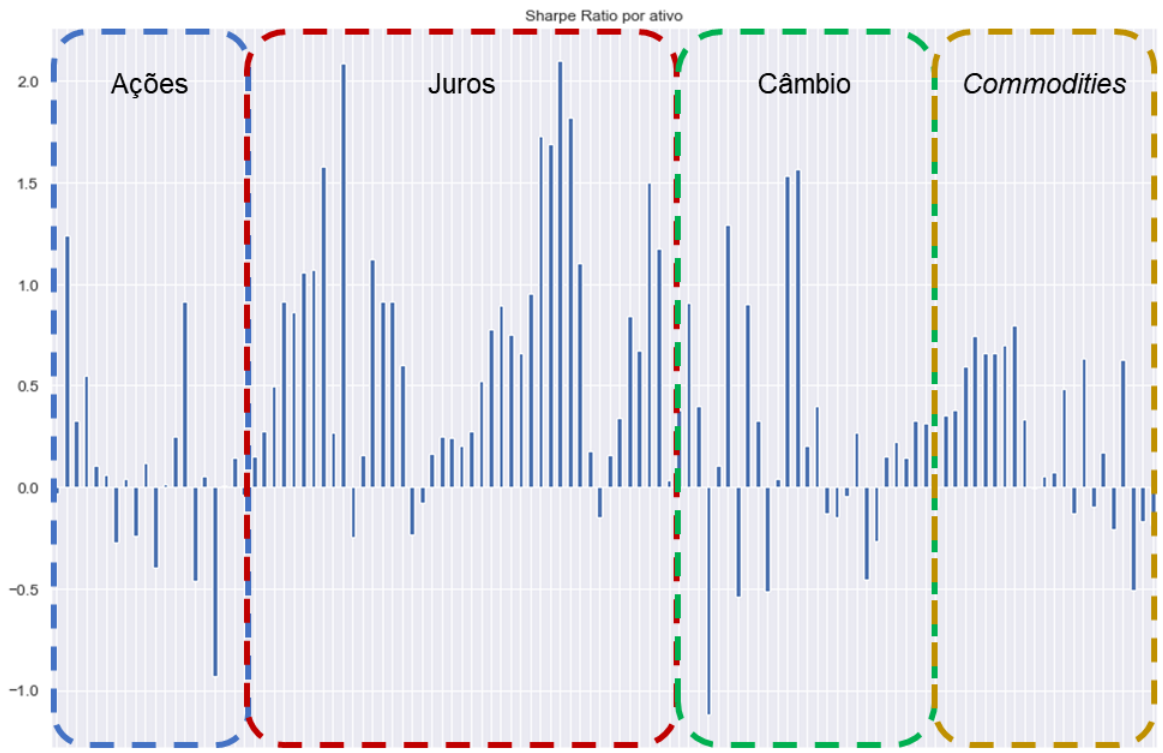
incluídos os custos de transação da estratégia, justificando a existência de um *Sharpe* tão alto nos prazos mais curtos. Entretanto, por mais que este trabalho considere os custos na estratégia final, eles são desprezados nessa análise inicial, que tem apenas o intuito de evidenciar o comportamento do *Sharpe ratio* na implementação de *momentum* em diferentes horizontes de investimento.



Elaboração própria

Figura 4 – Sharpe ratios de diferentes períodos de investimento

Dado tal desempenho, é possível aprofundar e analisar com mais granularidade tais ativos, calculando seus respectivos índices de *Sharpe*, a fim de verificar, de uma maneira geral, o comportamento de cada um e de seus grupos e se existem comportamentos que se relacionam com a aplicação da tendência ou apresentam semelhança com as três abordagens feitas anteriormente. A figura 5 ilustra tal segregação por tipo de ativo.



Elaboração própria

Figura 5 – Sharpe ratios de diferentes ativos e seus grupos

Analisando o *Sharpe ratio* por ativo e por classe, fica evidente como alguns ativos de juros e *commodities* apresentam um padrão mais consistente do que de câmbio e ações na análise de um ano, o que está muito ligado com os tipos de influências que tais ativos sofrem ao longo dos anos.

Ativos de juros ou *commodities* apresentam mais *momentum* e crescimento orgânico ao longo dos anos, tendo sua valorização ou desvalorização muito mais correlacionada com efeitos fiscais e de longo prazo, valorizando-se ou desvalorizando-se por questões estruturais como políticas fiscais, crescimento de um país ou políticas monetárias de longo prazo.

Já os ativos cambiais estão sujeitos a políticas de curto, médio e longo prazos, além de sofrerem mais com influências externas do que os outros três tipos de ativos. Por fim, como já observado anteriormente, ativos de ações possuem, com alto grau de significância, sinais de *reversal* a partir de um ano, justificando a grande instabilidade e baixos *Sharpe ratios* em *momentum* para um ano conforme apresentado na figura 5.

Ainda, observando-se a figura 23, presente no apêndice deste trabalho, é importante destacar que uma análise, mesmo que superficial da volatilidade de todos os ativos presentes no portfólio, salienta a hipótese de que todas as estratégias construídas devem ser ajustadas pela volatilidade específica de cada ativo, pois em muitos casos fica evidente a grande variabilidade de volatilidade que alguns ativos enfrentaram ao longo dos anos de observação.

O ajuste dos retornos pela volatilidade de cada ativo é algo crucial, que pode levar o agente investidor a tomar decisões ineficientes de investimentos ao conduzir a retornos irreais e errôneos.

Além dos significativos resultados obtidos da seção 4, que permitem a formulação de uma estratégia de combinação de *momentum* mais embasada nos horizontes de investimentos que estejam mais relacionados entre si, espera-se um desempenho acima de grandes *bechmarks* de mercado, tanto para a junção dos indicadores, quanto para a combinação de sinais de *momentum*.

A construção de um portfólio de investimento, objeto deste trabalho, ainda passará por técnicas de ranqueamento, *clustering* e diversificação, priorizando os horizontes que apresentem maior destaque na análise e permitam que a estratégia performe melhor.

Por fim, com a estratégia construída, será possível realizar um *backtest* tanto da aplicação só de *momentum*, quanto da estratégia com os indicadores incluídos, a fim de apresentar minuciosamente todos os resultados e detalhes da implementação da estratégia construída. Dados do *backtest* serão discutidos e disponibilizados também no apêndice.

5. Composição das estratégias de momentum e construção

5.1 Indicadores:

Na construção da estratégia, serão combinadas duas frentes de investimento. Na primeira frente, o embasamento da estratégia será todo montado com base nas conclusões analíticas da seção 4, que permitem a construção de uma combinação de

sinais de *momentum* que levará em consideração a significância de determinados prazos de investimento. Já na segunda frente, serão adicionados alguns tipos de indicadores técnicos de *trend-following* muito utilizados no mercado financeiro, com o objetivo único e exclusivo de combinar as duas frentes, a fim de construir um portfólio eficiente e de resultado relevante. Todos serão elaborados na mesma base utilizada pela estratégia de *momentum,* sempre considerando a variável tempo nas decisões de compras e vendas, além de sempre considerar os mesmos fatores de tempo, custo e prazos de investimento.

A descrição dos dois indicadores de tendência selecionados na montagem da estratégia final encontra-se a seguir:

Índice de força relativa (RSI): Damien (Estratégias Bolsa) destaca que o RSI é um indicador de oscilação também muito utilizado na construção de sinais de *momentum*. É composto por marcações de como um ativo se comportou ao longo de um determinado horizonte de investimento, comparando as quantidades de boas e más performances.

$$RSI = 100 - \frac{100}{(100-RS)} \quad e \; Relative\ Strenght = \frac{Média\ ganhos_t}{Média\ perdas_t} \qquad (6)$$

Com uma escala que varia entre zero e cem, o RSI indica sinais de compra, venda e manutenção, de acordo com os valores obtidos pela fórmula acima. Nessa estratégia, serão utilizados sinais de zero a trinta como sinais de fraqueza nos ativos, ou seja, a estratégia tomará este resultado como um sinal de venda. Entre trinta e setenta serão sinais neutros e, portanto, sem ações a serem tomadas sobre os respectivos ativos. Entre setenta e cem, a lógica será a mesma, portanto, indicará um viés positivo, ou seja, uma compra. Dividindo os valores por cem apenas para fins de padronização tem-se as três bandas entre zero e um, sendo 0 até 0,3 os sinais de venda e de 0,7 a 1 os sinais de compra. Entre 0,3 e 0,7, será a banda de manutenção.

A aplicação do RSI é feita ativo por ativo, tomando como base todos os custos de transação utilizados nas demais estratégias para entradas e saídas de posição, bem como o tamanho da posição, que será ponderada entre todos os ativos.

O resultado final da aplicação desse índice será, então, uma série de tomadas de decisões com base nas regras previamente estabelecidas acima, que gerarão compras e vendas dos ativos individualmente, a fim de inferir, através do seu índice de força (RSI), se é possível extrair melhores resultados na estratégia final, combinada ao *momentum*.

Médias móveis (MACD): trata-se de um indicador de convergência ou divergência de médias móveis (cruzamento das médias). Ele pode ser utilizado para identificar aspectos de tendência que permitem formular estratégias de *trend-following* com mais eficiência. Hoje o MACD é o indicador de tendência mais utilizado no mercado financeiro.

$$MACD = Média\ Exponencial\ Curta_t - Média\ Exponencial\ Longa_t \quad (7)$$

A ideia do indicador consiste em analisar o resultado positivo ou negativo do MACD, podendo inferir que, no caso de sinais negativos, a média curta já apresenta valores muito menores que a longa, indicando que o ativo está se desvalorizando nos períodos mais recentes e, consequentemente, induz a um sinal de venda. O caminho oposto, com sinais positivos no MACD, indicaria então um sinal de compra.

As decisões serão feitas única e exclusivamente embasadas pelo sinal do MACD, independentemente se são valores altos ou baixos. Assim como o RSI e *momentum*, o MACD considerará o efeito do tempo em sua aplicação e terá seus *lookback periods* selecionados por meio do mesmo embasamento que foi feito para as demais estratégias. O indicador será aplicado ativo por ativo e depois seu retorno será calculado de forma ponderada, assim como feita no RSI.

5.2 Momentum combined signal e hit ratio:

Voltando aos resultados da seção 4, é possível afirmar que a maior parte da relação na construção de *momentum* por sinais de desempenho de ativo encontra-se com alta significância em horizontes de investimentos de até um ano. Dito isso, torna-se interessante uma combinação de diversos *momenta* a fim de que, com pesos atribuídos a diferentes horizontes de investimento, construa-se também uma combinação de *momentum* (*Momentum Signal*).

$$Momentum\ Signal_{i,t}(W) = WM^t = (w_5, w_{21}, w_{63}, w_{252}) * (m_{t,5}, m_{t,21}, m_{t,63}, m_{t,252}) \quad (8)$$

Onde:

W é a matriz de pesos

M^t é a matriz dos resultados de cada estratégia de *momentum* em *t*

$w_{loockback\ periods}$ são os pesos atribuídos aos elementos em cada *loockback period*

$m_{t,x}$ são os resultados de *momentum* de cada balanceamento *t* em *loockback periods x*

Com a multiplicação da matriz peso W pela matriz M^t *momentum* tem-se um fator que servirá de decisor para compra no caso de positivo e para venda no caso de negativo, compondo assim a frente chamada de *momentum signal.*

A importância do peso, nesse caso, torna-se evidente, dado que já se sabe quais são os *lookback periods* e *holding periods* mais eficientes. Todavia, a utilização de pesos não homogêneos ou até desequilibrados pode acarretar diferentes sinais para o *momentum signal*, ou seja, diferentes resultados e decisões de compra ou venda para a estratégia. *Momentum signal* será o fator que a estratégia sempre observará para decidir sobre a compra ou venda.

Observando *momentum signal* pode-se esperar diferentes perfis de estratégias possíveis de se construir com diferentes prazos, ou seja, caso um agente opte por escolher pesos maiores para os prazos menores de seu *momentum* é natural esperar que exista um maior custo de transação e mais rápido balanceamento de sua carteira, com sinais de *momentum signal* se alterando mais rapidamente. Esse mesmo agente terá mais velocidade em se adequar a mudanças de mercado por ter um balanceamento mais rápido.

Já no caso de um agente que opte por prazos mais longos de *momentum* enfrentará uma situação inversa, com custo reduzido, porém pode enfrentar dificuldade de captar todas as mudanças de tendência com velocidade, com *momentum signal eventualmente* se alterando menos. Isso leva a infinitas situações que podem ser testadas, como por exemplo divisão igualitária dos pesos, divisão igualitária dos prazos,

concentração de mais pesos apenas em um prazo, ou em apenas três, e assim por diante.

Para ter clareza quanto ao o tipo de peso buscado nas matrizes, é possível testar, por meio de uma fórmula de *acerto* chamada de *hit ratio* e de um paralelo entre sinais e retornos defasados, qual é a previsibilidade da estratégia com cada tipo de pesos de investimento. Essa previsibilidade torna mais explícito para a estratégia se é mais benéfico utilizar prazos mais longos ou mais curtos.

A fórmula que mede o *hit ratio (HR)* ou a capacidade explicativa de cada momentum explicar os próximos retornos pode ser:

$$HR_{i,k}(W) = T^{-1} \sum_{t=t0}^{T} I\left[sinal\left(S_{i,t}(W)\right) = sinal(p_{i,t+k+1} - p_{i,t+1})\right] \quad (9)$$

Onde:

T^{-1} é a matriz inversa dos possíveis períodos *t*

I é o fator indicativo que assume valor 1 se verdadeiro ou 0 se falso

$S_{i,t}(W)$ é a matriz de sinais do *momentum*

$p_{i,t+k+1}$ é o preço no k-ésimo período útil

$p_{i,t+1}$ é o preço no período t+1

Tem-se um fator indicativo (I) que assume valor um, se verdadeiro, e zero se falso, quando a função acerta o sinal do próximo período (k), comparando os preços (p) futuros e atuais da estratégia, calculando-se assim o *hit ratio* da mesma nos diferentes pesos. Com a fórmula de HR, é possível medir o percentual de acerto que cada *momentum* signal tem sobre os retornos possíveis, permitindo a seleção de um peso ótimo para cada um dos W's de *momentum Signal.*

Para efeito comparativo, foram simuladas situações hipotéticas para mensuração de capacidade. Primeiramente uma divisão igualitária dos pesos com cada W apresentando 25% de *momentum Signal* teria um hit ratio de 53,9% dos retornos futuros. Tal desempenho pode ser considerado um pouco acima de uma probabilidade aleatória, mas é suficientemente relevante quando considerado na prática de estratégias de

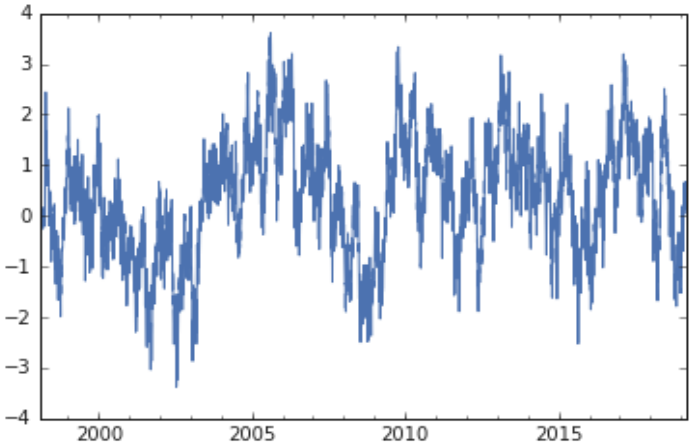
investimento de longo prazo e com múltiplos balanceamentos, adicionando um “valor” de 3,9% na decisão de mercado.

Esquemas de pesos com mais valores nos horizontes mais curtos também apresentam acerto de aproximadamente 52,8% (50% dos pesos nos dois prazos mais curto), e esquematizações de pesos que priorizam os horizontes mais próximos a um ano (50% dos pesos nos dois prazos mais longos) possuem um *hit ratio* mais modesto, com aproximadamente 51,7%. Essa capacidade de acerto evidentemente varia de acordo com o portfólio selecionado, e só é levada em questão por aqui o portfólio se manter o mesmo durante os 20 anos e sempre com os 112 ativos selecionados inicialmente.

Com os exemplos, é possível desenvolver a equação de *hit ratio (*HR) retroativamente para todos os preços e para cada tipo de ativo, para então, período por período, extrair a matriz W ótima, ou seja, a matriz cujos pesos trazem mais acertos para cada ativo e para cada horizonte de investimento considerando os 112 ativos selecionados. Com isso, é possível construir um *momentum signal* que se adeque ao portfólio em questão.

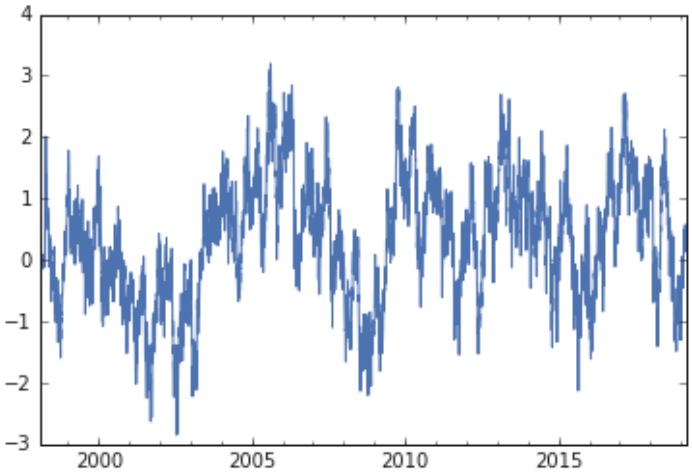
Atuando repetidamente com a equação de HR, é possível inferir parâmetros específicos para cada tipo de ativo. Na seção 3, foi possível concluir que, salvo os ativos de ações, todos os demais ativos possuem um comportamento semelhante na relação do retorno com o tempo. Portanto, faz-se necessária a construção de apenas dois grupos de parâmetros, ou duas matrizes W, uma para ações e outra para os demais ativos (Juros, Câmbio e *Commodities)*.

Ao final do processo, é possível inferir duas novas matrizes ótimas de pesos que serão as utilizadas na estratégia central, a saber: a matriz (0,04 , -0,05 , 0,51 , 0,61) para ações, com altos índices de *reversal* em períodos mais curtos como cinco e vinte e um dias, tendo parâmetros negativos inclusive para esse período, como pode-se notar na figura 6; a matriz (0,01 , -0,03 , 0,41 , 0,59) para os demais ativos, com pesos semelhantes aos de ações, como ilustrado na figura 7.



Elaboração própria

Figura 6 – Matriz de Ws (0.04, -0.05, 0.51, 0.61)



Elaboração própria

Figura 7 – Matriz de Ws (0.01, -0.03, 0.41, 0.59)

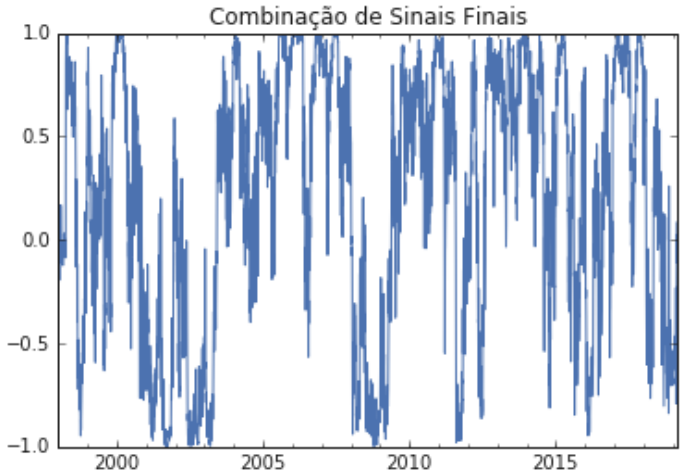
É importante salientar que pesos negativos sugerem um princípio de *reversal* nos casos selecionados. Assim, no caso da matriz para ações representada na figura 6, por mais próximo de zero que seja o parâmetro resultante do *lookback* de vinte e um dias úteis, ele é negativo, sugerindo que, em eventuais resultados contínuos, uma janela de retorno de vinte e um dias apresenta uma mudança oposta de posição, fato este que pode ser mais benéfico e vantajoso.

Sendo assim, hipotéticos ganhos que a janela de vinte um dias sugira serão interpretados pela estratégia como sinais de venda devido ao sinal negativo, pois o nível

de acerto permite inferir que, mesmo com baixo valor, a chance de mudança de direção nos retornos (um *reversal)* é maior do que a continuidade de um *momentum*.

Para a construção dos pesos da matriz foi realizada a normalização dos sinais das estratégias de *momentum*, a fim de que cada sinal negativo (venda) ou positivo (compra) signifique um valor pertencente ao intervalo entre -1 e 1.

Com isto, cria-se uma espécie de fator de multiplicação ou combinação de sinal, que tem os pesos definidos em W e valores entre -1 e 1 substituídos na matriz M, que multiplicará os retornos de cada um dos quatro horizontes de investimento dependendo do seu sinal para gerar um retorno final.



Elaboração própria

Figura 8 – Pesos finais de uma combinação de sinais de todos os ativos

Na figura 8, pode-se observar a alta variabilidade nos sinais de compra e venda da combinação de sinais já padronizados entre -1 e 1, que servirão de precursores da decisão da estratégia na hora da compra ou venda.

Diferentemente de Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012), a estratégia principal estará sempre defasada em um período, fazendo com que estes sinais em t representem uma decisão a ser realizada sempre em um período posterior (t+1), tanto de compra (+1) quanto de venda (-1). A mesma lógica de tempo no momento de aplicação da estratégia será utilizada nos indicadores.

Dado que os indicadores acima selecionados são todos indicadores de *trend-following*, pode-se partir da premissa que toda a relação de horizonte de investimento e previsibilidade da seção 4 se aplica também aos indicadores. Assim, pode-se dizer que a composição dos seus horizontes também é a de 5, 21, 63 e 252 dias e é possível ponderar seus resultados igualmente após o cálculo.

Desta forma, padroniza-se a estratégia tanto na hora do cálculo de seus custos de transação, quanto durante o balanceamento de portfólio da estratégia como um todo.

Após obter dados de *spreads* e de liquidez de mercado, foram obtidos custos de entrada e de saída em *basis points* (pontos percentuais) realistas, em linha com o mercado, bem como um custo total de carregamento. A média de custos de entradas e saídas de investimentos está em 0,05%, enquanto a mesma média para o carregamento de um ativo é de 0,56%, ambos deduzidos do resultado total do ganho[1]. Foi realizada uma coleta de dados específica de cada ativo buscando aproximar-se da realidade de um investimento no mercado atual.

5.3 Construção do portfólio

Com a matriz de pesos para todos os tipos de ativos, é possível iniciar a construção do portfólio de investimento, que começará com o desenvolvimento apenas da estratégia de *momentum* com a matriz definida na seção 5.2 e posteriormente será realizada a integração dos demais indicadores destacados em 5.1.

Assim como Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012), antes de reproduzir a estratégia de *momentum*, faz-se necessária a construção de uma regra para o tamanho do posicionamento da estratégia em cada ativo. Alguns ativos possuem comportamentos extremamente voláteis, fazendo-se necessário um ajuste no posicionamento antes da compra ou venda, como pode ser visto na figura 23 do apêndice.

[1] Os custos de transação foram obtidos de spreads realistas de mercado no mês de fevereiro de 2019 e expandidos para o estudo completo.

Ativos com volatilidades diferentes não devem ser comprados e vendidos no mesmo tamanho, pois acarretarão alta variabilidade nos lucros. Esse processo de escalonamento de volatilidade para diferentes ativos auxiliará na estratégia final, para que não haja uma exposição desnecessária em determinados ativos– os com maior volatilidade – em detrimento de outros menos voláteis.

Com a adição desse processo, tem-se a fórmula que dará origem à construção do retorno dentro do escopo da estratégia de *momentum*.

A fórmula abaixo demonstra a construção da estratégia como um todo, em que o retorno será fruto da multiplicação de (i) N número de ativos disponíveis em seus *i* tipos no período de balanceamento da estratégia *t*; (ii) sinal produzido em *momentum signal* de cada um dos *i* ativos no período *t*; (iii) retorno de cada um dos *i* ativos de um período *t+1*, ajustado ao seu tamanho pelo escalonamento de 40% sobre a volatilidade de cada *i* ativo no mesmo período *t*.

$$Retorno\ Momentum = N_{i,t}^{-1} * Momentum\ Signal_{i,t} * Retorno\ Ativo_{i,t+1} * \frac{40\%}{\sigma_{i,t}} \quad (10)$$

Onde:

$N_{i,t}^{-1}$ é o número dos *i* tipos de ativos disponíveis no *rebalancing* da estratégia *t*

$\sigma_{i,t}$ é a volatilidade de cada *i* ativo no período *t*

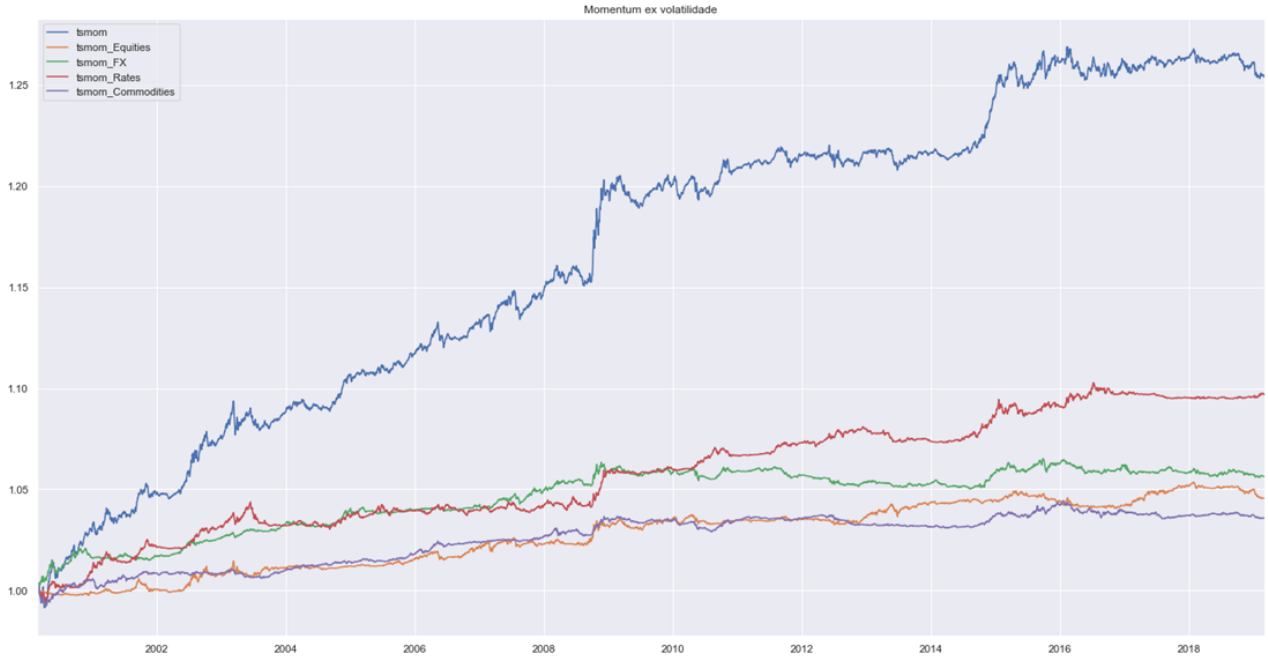
A definição do valor de 40% para o escalonamento da volatilidade busca replicar o já utilizado na obra dos autores Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012). Além disso, é um valor muito próximo à média de volatilidades de ativos de ações no mundo todo, sendo uma métrica flexível de tomadas de decisão quanto ao tamanho do posicionamento em sua estratégia. É importante destacar que, pelo fato de as ações serem ativos historicamente mais voláteis que juros, câmbio ou *commodities*, o posicionamento será mais flexível e arrojado. A figura 24 do apêndice apresenta as consequências do escalonamento por volatilidade nos pesos de cada ativo durante a aplicação dos mesmos em cada balanceamento *t* da estratégia *momentum*.

Conforme previamente visto na seção 3, nas tabelas 1 a 5 foi possível identificar uma relação entre o *holding period* de um mês e os *lookbacks* aqui selecionados de 5,

21, 63 e 252, justificando que o balanceamento de datas na estratégia de *momentum* do portfólio será realizado com periodicidade mensal.

Assim como já antes utilizado por Ooi, Pedersen e Moskowitz (2012), e também reforçado pela significância dos dados apresentados na seção anterior, o *holding period,* ou simplesmente rebalanceamento da estratégia de *momentum*, será sempre feito mensalmente, buscando otimizar a relação dos retornos estudada acima, bem como adaptar-se a práticas atuais de mercados. Fundos e demais agentes, conforme destacado em *JPM Quantitative Team, Designing robust trend-following system* (2018), seguem um padrão mensal de implementação das suas estratégias.

A figura 9 mostra o primeiro passo para a construção do portfólio, com *momentum* aplicado para cada tipo de ativo separadamente e para o grupo do portfólio. É possível observar um resultado positivo para os cinco casos, com destaque inicial para a estratégia composta, corroborando as teorias já apresentadas sobre os benefícios da diversificação.

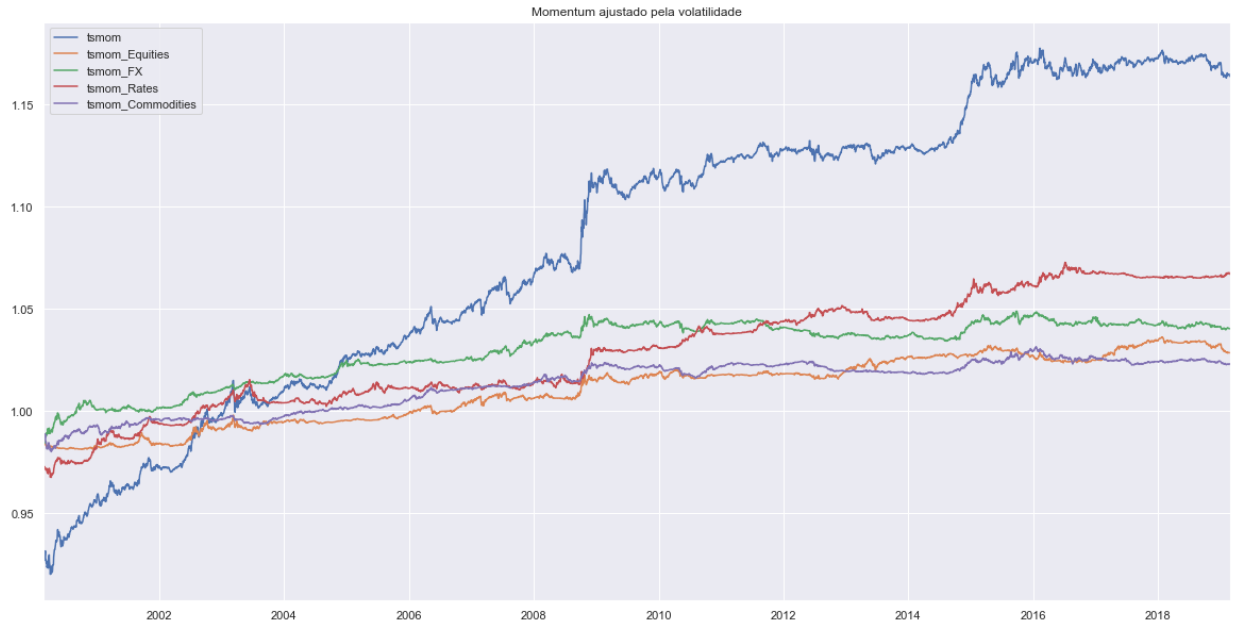


Elaboração própria

Figura 9 – Desempenho das estratégias de momentum sem considerar o ajuste pela volatilidade

Na construção dos cinco casos é aplicado o *momentum* simples, em que o agente toma a decisão de investir com base nos sinais enviados pelas quatro janelas de retorno selecionadas (5, 21, 63 e 252 dias).As janelas são ajustadas em seus pesos pelos parâmetros inferidos previamente pela equação de HR, a qual fornece o devido peso para cada um dos sinais, gerando assim o seu próprio "*momentum signal".* Este sinal será o fator de decisão de compra ou venda e será revisado, ou balanceado, com periodicidade mensal, frequência escolhida com base na relação entre retornos de até um mês com os quatro *lookbacks* vistos nas sessões anteriores.

Todavia, é importante destacar que todas as cinco estratégias não estão ajustadas pela sua volatilidade e que, em muitos casos, os agentes acabam por desconsiderar ou simplesmente optam por uma volatilidade padrão de desconto erroneamente. A figura 10 apresenta a volatilidade existente em cada uma das cinco estratégias.



Elaboração própria

Figura 10 – Desempenho das estratégias de momentum ajustado pela volatilidade

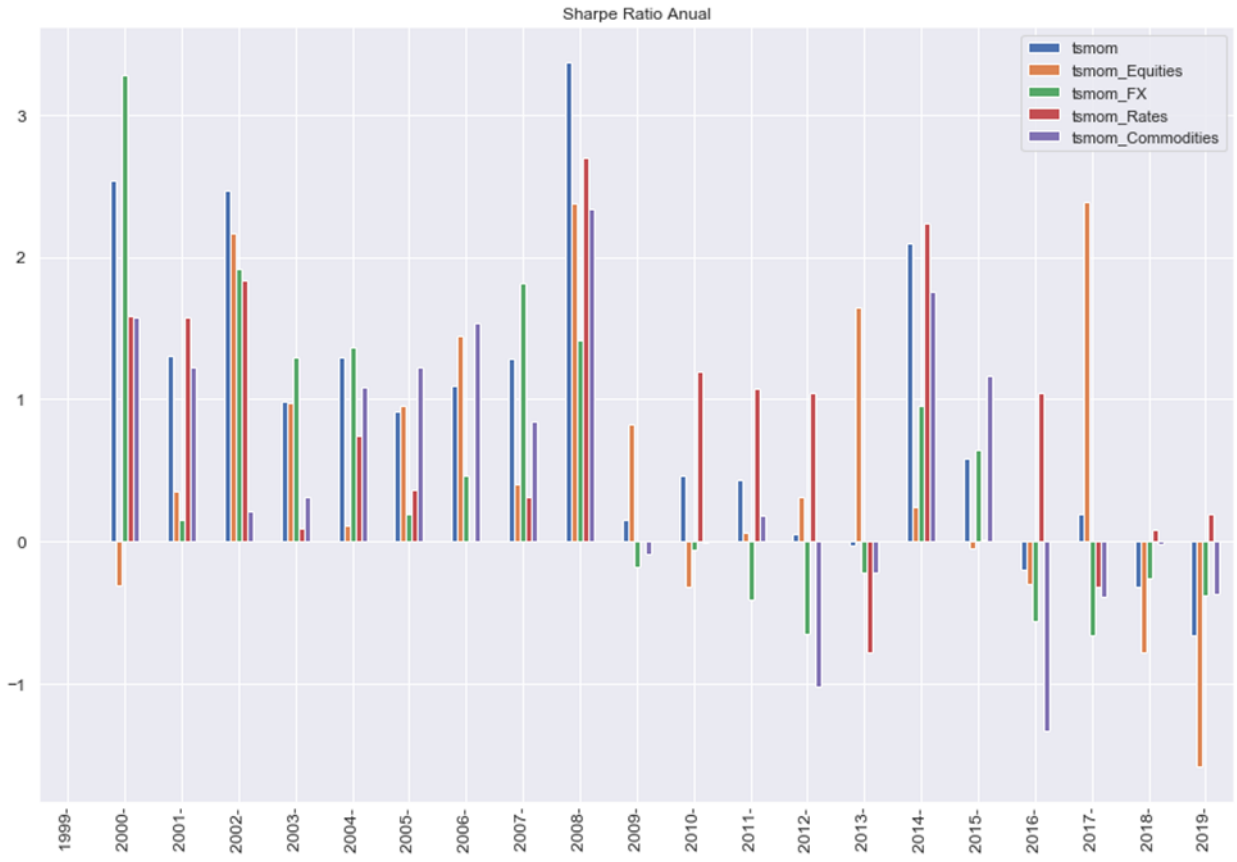
É importante ressaltar que, apesar do ótimo desempenho da estratégia que integra os 5 tipos de ativos, ela também é a que apresenta a maior volatilidade, fazendo com

que, no cenário ajustado, seu retorno já não seja tão superior ao do *momentum* por tipo de ativo.

Entretanto, um ponto importante é o benefício que a diversificação traz para a estratégia. Leaven & Driessen (2006) destacaram que quanto mais ativos incluídos em seu portfólio, maior será a possibilidade de que o agente investidor extraia resultados de mercado mais vantajosos.

Observando os desempenhos acima, é evidente que, ainda que a volatilidade seja maior e gere redução dos retornos, a diversificação mostra-se vantajosa quando comparada às estratégias isoladas dos ativos. Para os agentes que tenham capacidade de incorrer em custos de transação para uma vasta diversificação, como a aqui realizada, torna-se mais eficiente buscá-la, fato que há muitos anos já é destacado na academia.

Outra análise importante é a do índice de *Sharpe* histórico baseado nas cinco estratégias, que mostrou uma média próxima a 1. Além disso, observando os seus retornos isoladamente, pode-se inferir que as cinco apresentam retornos positivos, mesmo nos casos dos ativos já ajustados por suas volatilidades.



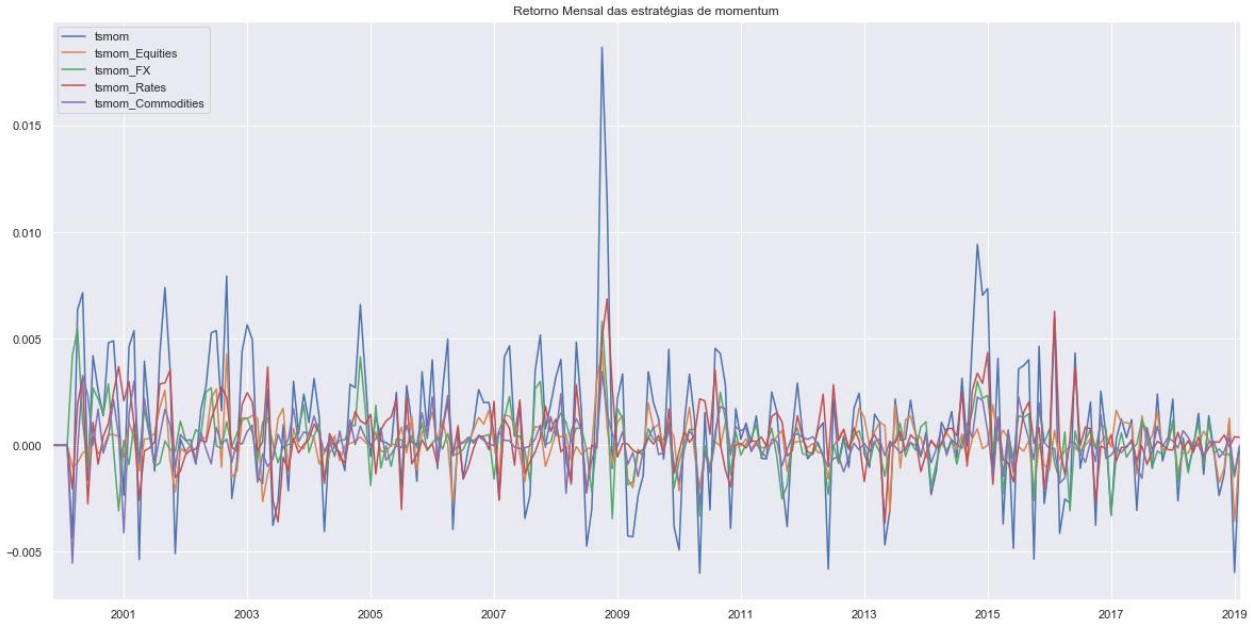
Elaboração própria

Figura 11 – Desempenho das estratégias de momentum ajustado pela volatilidade

Observando a figura 11, pode-se inferir que os anos iniciais das estratégias apresentaram desempenho muito positivo, salvo raras exceções. Entretanto, se forem considerados apenas os últimos cinco anos, o cenário se inverte, sendo raras as observações de *Sharpe* positivas que justifiquem o investimento em *momentum.* Fica evidente que, desde a criação da estratégia, os nove primeiros anos foram de altos retornos e os últimos anos já não foram tão positivos, mas muito instáveis. Porém, índices de *Sharpe* com valores até 3, que foram obtidos nos primeiros anos, colocam a estratégia num patamar de destaque, ainda que nos últimos anos não tenham apresentado performances tão boas.

Na figura 12, são ilustrados os desempenhos dos retornos mês a mês, demonstrando como os últimos anos apresentaram resultados bem inferiores aos dez primeiros anos de implementação da estratégia. Além disso, é importante destacar como em alguns meses existem retornos na magnitude de até 1,8% (2009) e perdas de 0,7%

(2019), variações que devem ser destacadas dado que nem todos os agentes possuem capacidade de aceitar perdas de tais níveis.



Elaboração própria

Figura 12 – Retorno mensal das estratégias

As figuras 25 a 29 encontram-se no apêndice deste trabalho e trazem outros dados estatísticos das cinco estratégias, além de uma série de informações (*backtest, stress test,* distribuição de retornos, inserção da estratégia em diversos cenários adversos e outros dados analíticos), que ajudam a apurar se o melhor escopo de *momentum* seria por meio da estratégia por tipo de ativo ou do portfólio como um todo. É importante destacar que todos os *backtests,* dados estatísticos e *stress tests* consideram cálculos simples, sem os ajustes de volatilidade feitos nos gráficos comparativos de estratégias.

Com o apoio das figuras 11 e 12 e as demais tabelas presentes no apêndice, é possível realizar uma análise detalhada das estratégias de *momentum* por si só. As tabelas de *drawdown*, distribuição de retorno e desempenho por ano, além dos desempenhos em meio a eventos de *stress*, resumem a breve discussão apresentada sobre as cinco estratégias e permitem a realização de uma análise sobre a eficiência e adequação de cada uma das estratégias, considerando cada perfil de agente investidor.

5.4 Análise, contextualização e comparação de características

Antes de prosseguir para a inserção dos indicadores pré-selecionados na estratégia, é importante considerar uma última análise das estratégias entre si e quando comparadas com alguns ativos dos mais variados e utilizados no mercado financeiro.

A tabela 6 apresenta a lista de alguns ativos conhecidos globalmente, segregados por seu tipo e incluídos na matriz de correlação comparativa. Na tabela 6, encontram-se desde fundos de investimento, que possuem áreas voltadas para investimentos quantitativos, até ativos que possuem características semelhantes aos utilizados no portfólio da estratégia central deste trabalho, como *commodities,* ações, juros e índices que cobrem tais tipos de ativos.

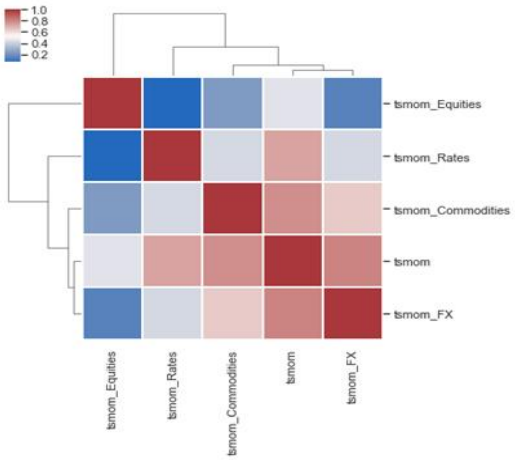
Fundos	Commodities	Indices	Moedas	Ações	Juros
PIMCO	Oleo	S&P Us	EURUSD	Amazon	Titulos Americanos
Blackrock	Ouro	Indice Global de acoes	GBPUSD	Bofa	Juros Brasil
AQR		Indice Global de titulos	USDJPY	JPM	Juros Europa
		Indice de Emergentes	USDBRL	Apple	Juros Japao
		Indice de Asiaticos	Agregado de moedas		
		Indice de Volatilidade			

Elaboração própria

Tabela 6 – Ativos utilizados na matriz de correlação comparativa

Na matriz de correlação indicada na figura 13, é feita uma *clusterização* dos ativos, ou seja, um agrupamento específico embasado no tipo do ativo e na correlação entre eles, criando pequenos grupos. Essa *clusterização* é demonstrada na tabela numérica. As matrizes de correlação estão ilustradas em formato de mapa de calor e os ativos estão rearranjados de acordo com sua correlação, *clusterização* e tipo. Pode-se notar que

quanto mais próximo à cor vermelha, maior é a correlação entre os ativos, ao passo que quanto mais próxima do azul, menos correlacionados são.



	tsmom	tsmom_Equities	tsmom_FX	tsmom_Rates	tsmom_Commodities
tsmom	1.000	0.456	0.813	0.736	0.787
tsmom_Equities	0.456	1.000	0.147	0.061	0.234
tsmom_FX	0.813	0.147	1.000	0.425	0.646
tsmom_Rates	0.736	0.061	0.425	1.000	0.430
tsmom_Commodities	0.787	0.234	0.646	0.430	1.000

Elaboração própria

Figura 13 – Matriz de correlação das cinco estratégias e tabela numérica

Antes da análise dos demais ativos, é possível visualizar na prática como a estratégia de *momentum* aplicada a ações se difere das demais, quando comparadas as correlações. Ainda, as estratégias de câmbio e *commodities* são as que mais se correlacionam com a estratégia do portfólio, o que levanta hipóteses de que estas possuam uma maior eficiência na aplicação de *momentum.* Autores como Zaremba, Karathanasopoulos, & Szczygielski (2019), em seu trabalho acadêmico, destacam a extrema capacidade de previsão e eficiência de ativos de *commodities* no uso de *momentum*, reforçando a ideia de uma alta correlação com os retornos de uma estratégia como um todo.

A característica de ativos de *commodities* reforça tal constatação feita pelos autores e também por Rallis & Miffre (2005), destacando que tais ativos tendem a obter crescimento em paralelo com o da economia global, dado que são bens naturais e que, como o mundo está em constante crescimento, sua demanda naturalmente também estará, criando um *momentum* natural em ativos que apresentem um perfil *commodities*.

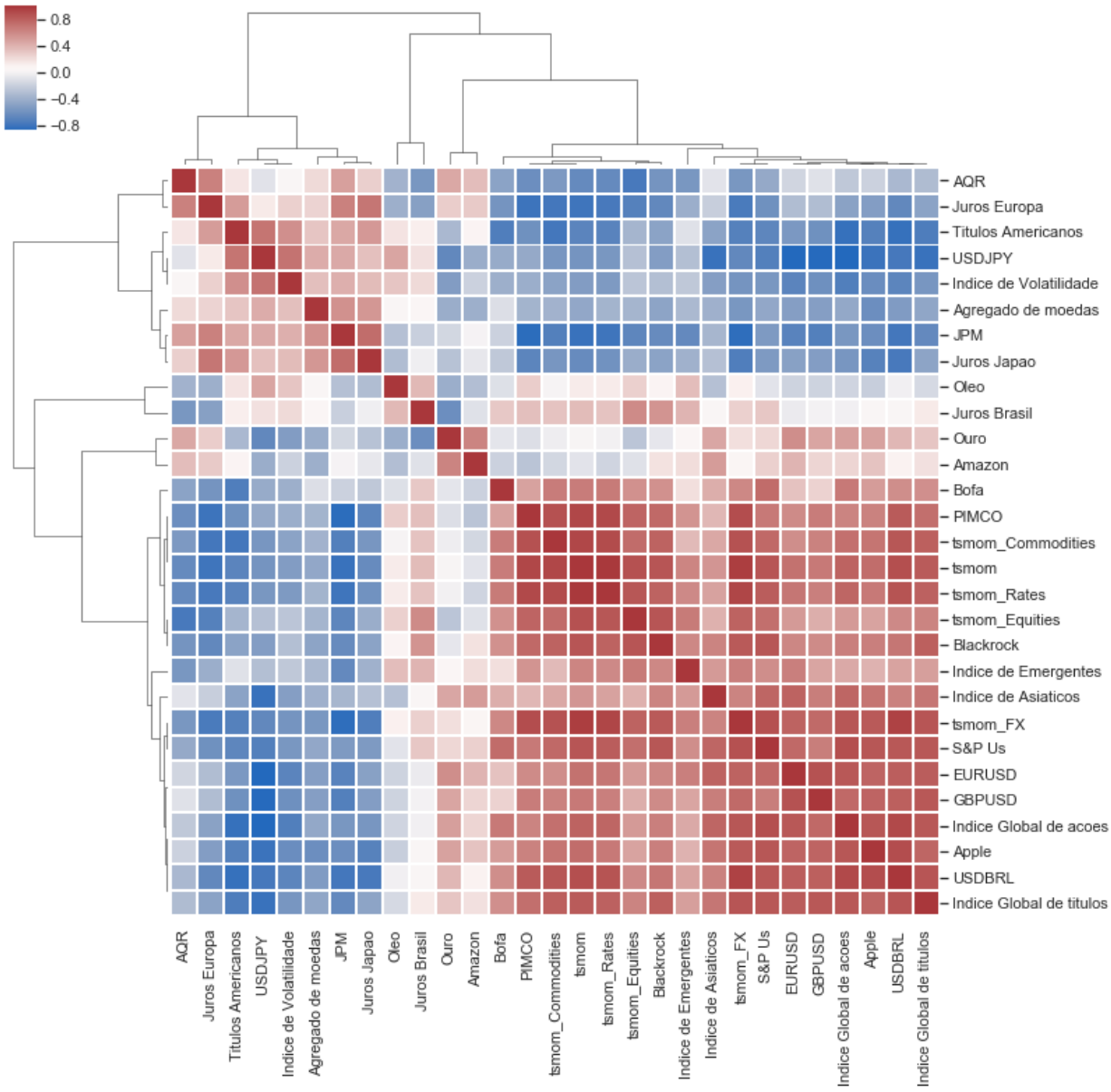
Todavia, é importante destacar que, de todas as estratégias estudadas até o momento, a de *commodities* foi a que apresentou os piores retornos, ao passo que apresentou melhores resultados em volatilidade, *drawdowns* de retornos e instabilidade.

Tal comportamento dos ativos de *commodities* reforça a ideia de que estes possuem um processo de crescimento e valorização mais lento quando comparado com outros tipos de ativos.

Os resultados para os ativos cambiais apresentaram maior volatilidade, o que justifica a possibilidade de maiores ganhos, porém com um perfil totalmente diferente de retornos, chegando próximos a zero ou até mesmo negativos nos anos subsequentes, demonstrando um perfil bastante diferente do de *commodities*.

A figura 14 mostra a expansão das correlações com os demais ativos selecionados e pode-se verificar as cinco estratégias contextualizadas nos vinte anos de dados. O primeiro fator de interesse é a *clusterização* resultante da matriz, em que é possível visualizar a coerência entre quase todas as estratégias, que no processo de *clusterização* foram selecionadas praticamente em um só grupo, com exceção ao *momentum* cambial.

Além disso, a forte correlação com todos os fundos de investimento selecionados, exceto a AQR, reforça a ideia previamente discutida de como a aplicação de estratégias de tendência tem sido algo cada vez mais presente no mercado financeiro. O retorno da estratégia do portfólio tem alta correlação com boa parte da indústria de fundos de investimentos que possuem atividades de análises quantitativas e foram selecionados na amostra evidenciada na figura 14, como *PIMCO* e *Blackrock*.



Elaboração própria

Figura 14 – Matriz de correlação com os ativos selecionados

Outro ponto de atenção é a forte presença da diversificação, que fica evidente pelo fato de que alguns ativos, como por exemplo USDJPY (dólar/iene), possuem uma alta correlação negativa com as estratégias e demais ativos do seu mesmo grupo, levantando a hipótese de que a consideração de ativos de diferentes tipos na hora da construção da estratégia de *momentum* é fundamental. Uma carteira hipotética que considerasse USDJPY e EURUSD poderia, ao mesmo tempo, utilizar ativos que se comportem de

forma totalmente diferente, mas que se aplicados de forma eficiente por *momentum* poderiam resultar em retornos singulares e eficientes em diferentes cenários.

Essa forte capacidade de diversificar se traduz no ótimo desempenho de todas as estratégias nos *stress tests*, tanto nos casos específicos de eventos famosos do mercado financeiro (listados por estratégia no apêndice com os máximos de ganhos e perdas), quanto em períodos aleatórios. É possível observar que o pior *drawdown* mensal em qualquer uma das cinco estratégias não passou de -1,53% e que, conforme visto na figura 10, todas as estratégias mostraram-se positivas ao longo do período de análise, mesmo após a aplicação dos custos de transação. Fica evidente que cada estratégia de *momentum* possui suas próprias especificidades quando observadas suas correlações com diferentes ativos.

Por fim, a estratégia diversificada tem uma característica única se comparada ao grupo de ativos analisado na matriz de correlação observada na figura 14, não apresentando um padrão de correlação com nenhum tipo específico de ativo. Tal fato reforça ainda mais que a seleção dos ativos que compõem a estratégia é crucial para o desenvolvimento de um *momentum* que apresente resultados mais saudáveis e, ao mesmo tempo, eficientes para o agente investidor, não apresentando perdas exacerbadas em espaços curtos de tempo e, ao mesmo tempo, com uma capacidade de englobar quaisquer tipos de movimentos do mercado global.

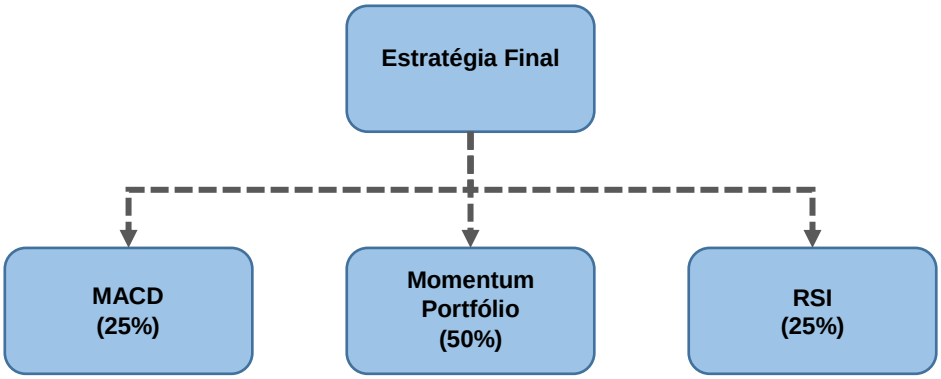
6. Construção e aplicação da estratégia final

6.1 Características gerais

Com os resultados obtidos das estratégias de *momentum* e suas características, o próximo passo para a estratégia final é a inclusão de indicadores na sua composição, que consistirá na combinação do *momentum* agregado dos quatro tipos de ativos (estratégia do portfólio) com dois indicadores de tendência – MACD e RSI. Aqui, será realizada a seleção de *lookback periods* para os indicadores que estejam em linha com

os de *momentum*, e serão criados pesos finais específicos para os indicadores e para o *momentum* ao se considerar uma alocação final de posição do agente investidor.

Considerando os resultados positivos da estratégia de *momentum* composta pelos quatro tipos de ativos e o fato de que esta inspirou a construção dos demais tipos de indicadores de tendência, a estratégia final terá 50% do seu retorno proveniente da aplicação dos ativos em *momentum*. Sendo assim, a outra metade consistirá, de forma proporcional (i.e. 25% de alocação), nos retornos dos dois indicadores de tendência selecionados, que cada vez mais tem sido utilizado no mercado atual, a fim de aprofundar o estudo sobre a possibilidade de que consigam inferir em alfas adicionais. Sendo assim, será testado se os indicadores acrescentam valor à estratégia final, seja por meio de retornos maiores ou por um melhor comportamento da estratégia nos testes estatísticos em geral. A figura 15 ilustra como será dividida a estratégia final a ser estudada.



Elaboração própria

Figura 15 – Composição da estratégia final

A tabela 7 ilustra um breve resumo de todos os indicadores que podem ser construídos com a seleção previamente feita de prazos, demonstrada na seção anterior. Enquanto no RSI tem-se a mesma quantidade de estratégias de *momentum*, o MACD terá outras três estratégias entre as combinações de médias móveis curtas e longas.

#	RSI	MACD
1	5 dias	5 dias vs 21 dias
2	21 dias	5 dias vs 63 dias
3	63 dias	5 dias vs 252 dias
4	252 dias	21 dias vs 63 dias
5		21 dias vs 252 dias
6		63 dias vs 252 dias
7	Média RSI	Média MACD

Elaboração própria

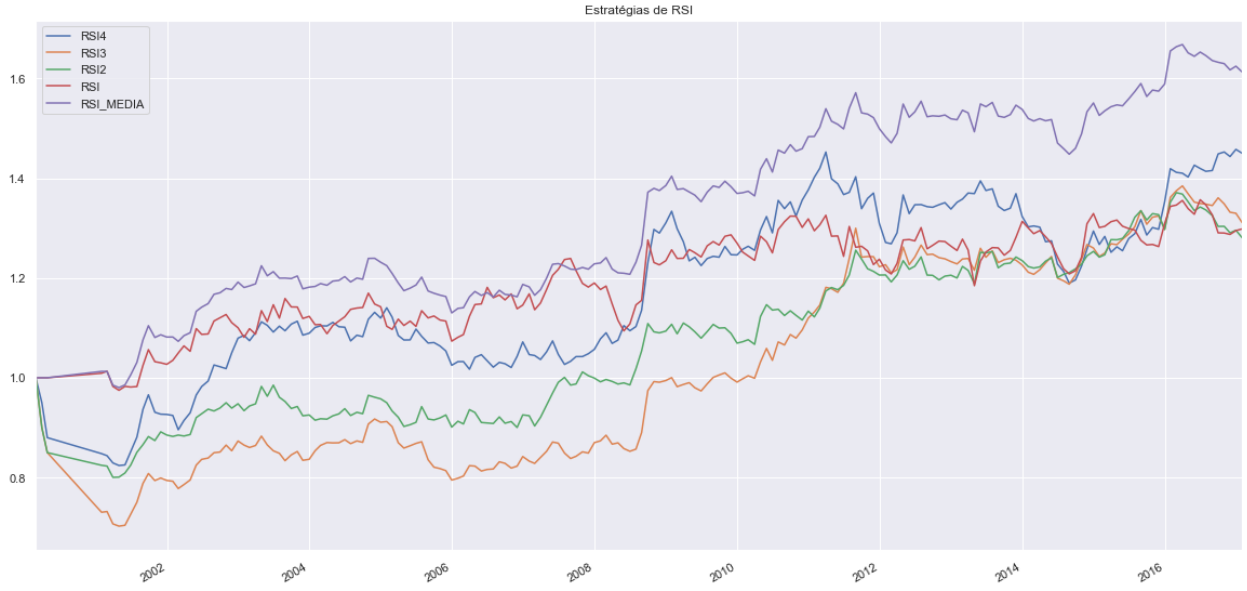
Tabela 7 – Tipos de indicadores construídos

Ainda que os indicadores considerem *lookbacks periods* semelhantes ao de *momentum* e balanceamentos mensais das operações, é importante destacar que seu desenvolvimento será sempre aplicado ao portfólio como um todo, dada a vasta opção de indicadores já construídos. Não serão realizadas novamente as análises *cross sectional* e do portfólio como um todo.

Na seção anterior, ao construir a matriz de pesos para selecionar a significância de diferentes *lookback periods* para *momentum,* foi possível notar um maior peso para os períodos de três meses e de um ano. É natural esperar que, ao construir indicadores de tendência, os resultados mais eficientes estejam nos parâmetros relevantes da principal estratégia, já construída na sessão anterior. Além de comparar e analisar diferentes prazos para os indicadores, um estudo aprofundado sobre índices, retornos, retornos ajustados e outros dados estatísticos pode gerar resultados com indicadores que se mostrem mais eficientes e que, combinados ao *momentum*, são capazes de construir uma estratégia final que englobe uma dinâmica de mercado factível e eficiente para qualquer tipo de agente investidor. Para isso, deve-se segregar cada um dos tipos de indicadores em uma subseção própria para comparação entre os variados RSIs e MACDs construídos.

6.2 O RSI

A figura 16 apresenta os retornos de cada um dos possíveis indicadores de RSI a serem construídos. O retorno destacado já considera a volatilidade de cada uma das estratégias e custos de transação. É possível notar que o RSI de menor eficiência ao longo dos anos é aquele que considera o menor prazo (cinco dias), o que pode ser explicado por maiores custos de transação, dado que a estratégia tem maiores variações em seus resultados devido ao curto espaço de tempo, e pela dificuldade de mensurar e extrair as tendências de cada ativo em um curto espaço de tempo.



Elaboração própria

Figura 16 – Estratégias de RSI com retorno já ajustados pela volatilidade

A aplicação do RSI para os maiores prazos, que coincidentemente são também os parâmetros mais significativos em *momentum,* mostra-se mais efetiva, inclusive com retornos superiores aos da estratégia de *momentum* do portfólio construída na seção anterior, chegando a atingir retornos superiores a 22% para os indicadores de um ano e 20% para sessenta e três dias.

Mesmo com desempenho final muito superior para RSI3 e RSI4, é importante destacar o desempenho de RSI e RSI2 nos primeiros anos da análise, levantando a hipótese de que em determinados cenários de mercado, como por exemplo de maior volatilidade, eles podem apresentar maior eficiência por mudar de posição com maior velocidade. Por mais que esta mudança mais rápida de posição seja uma variável considerável, maiores custos sobre os retornos a estratégia, combinados a outros resultados estatísticos negativos dos indicadores mais curtos, reforçam a ideia de que a análise apenas com RSI3, RSI4 ou RSI_Média é mais efetiva na composição da estratégia final. Apesar de os retornos de RSI3, RSI4 e RSI_Média serem semelhantes, outros dados estatísticos como *Sharpe ratio, drawdown* e volatilidade conduzem à seleção de um só indicador, simplificando o estudo.

Analisando a tabela 8, é possível visualizar que o indicador RSI4 apresenta melhor desempenho se comparado com os demais indicadores e até em relação à média ponderada dos quatro, apresentando apenas três anos de perdas, um *Sharpe ratio* acima de dois, o menor *drawdown* entre as cinco opções e a menor volatilidade. Todos os fatores comparativos entre os indicadores estão resumidos na tabela 8.

RSI	
Cumulative returns	1.1%
Annual volatility	26.9%
Sharpe ratio	0.17
Calmar ratio	0.04
Stability	0.02
Max drawdown	-25.8%
Omega ratio	1.03
Sortino ratio	0.25

RSI2	
Cumulative returns	19.6%
Annual volatility	21.1%
Sharpe ratio	0.96
Calmar ratio	1.67
Stability	0.53
Max drawdown	-11.7%
Omega ratio	1.18
Sortino ratio	1.44

RSI4	
Cumulative returns	32.0%
Annual volatility	14.0%
Sharpe ratio	2.14
Calmar ratio	4.48
Stability	0.75
Max drawdown	-7.2%
Omega ratio	1.50
Sortino ratio	3.44

RSI3	
Cumulative returns	31.2%
Annual volatility	17.5%
Sharpe ratio	1.65
Calmar ratio	3.63
Stability	0.89
Max drawdown	-8.6%
Omega ratio	1.35
Sortino ratio	2.43

RSI_Média	
Cumulative returns	29.2%
Annual volatility	17.7%
Sharpe ratio	1.59
Calmar ratio	3.15
Stability	0.61
Max drawdown	-9.2%
Omega ratio	1.32
Sortino ratio	2.50

Elaboração própria

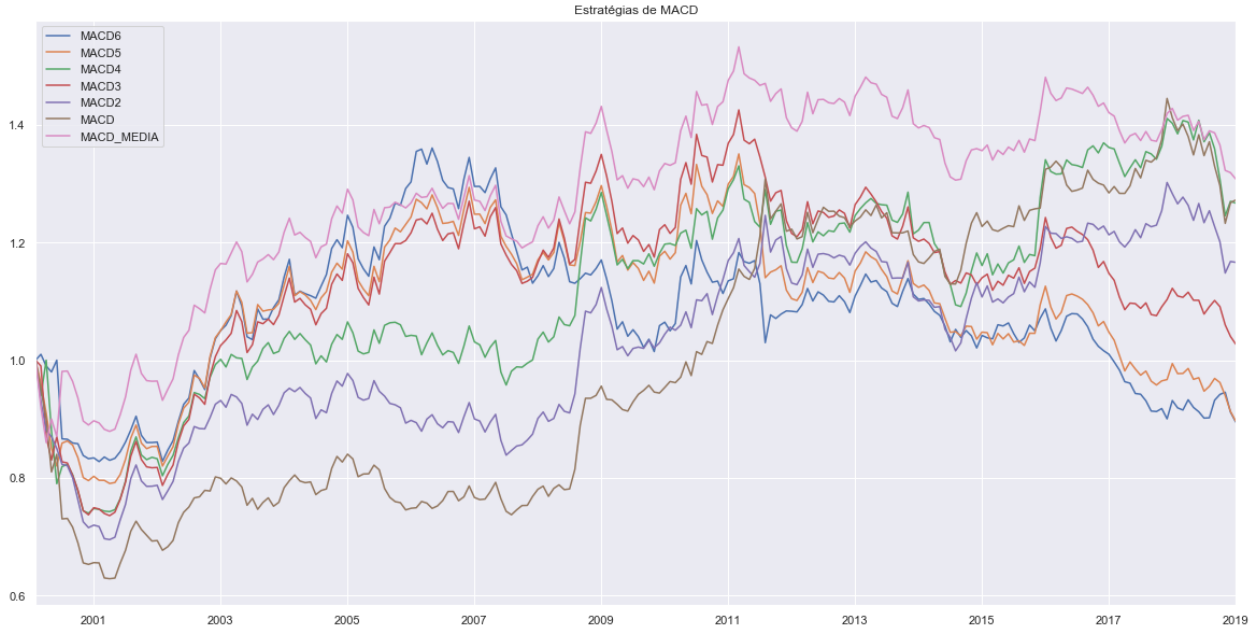
Tabela 8 - Resumo comparativo backtest dos indicadores de RSI

Com os indicadores de RSI e as comparações realizadas, é possível prosseguir com a ideia de que, para a composição da estratégia final, o peso de 25% do indicador será dado pelo RSI4 de um ano. A ideia principal é que, mesmo que a volatilidade aumente, a de *momentum* é muito menor e a estratégia pode ganhar em termos de retorno final, pois o retorno acumulado no período, já ajustado pela sua respectiva volatilidade (14%), é de 32%. O *Sharpe* de 2,14 também é uma importante ferramenta para melhorar ainda mais o *backtest* da estratégia final, que se encontra em detalhes no apêndice.

Por fim, uma análise dos retornos do índice nos últimos anos demonstra que RSI4 pode contribuir de forma positiva para a estratégia mais recente, uma vez que o desempenho de *momentum* foi bem fraco nos anos mais recentes do estudo e, portanto, pode-se afirmar que o RSI4 é uma forma de modernizar o desempenho da estratégia.

6.3 O MACD

Após a definição do RSI na composição final de investimento, tem-se os 25% restantes para compor de forma que a estratégia final esteja completa. Na figura 17, é possível observar o desempenho dos sete tipos de indicadores construídos pela técnica do MACD.



Elaboração própria

Figura 17 –Desempenho dos indicadores MACD já ajustados pela volatilidade

A percepção inicial é que, semelhante ao RSI, os indicadores de MACD que apresentam o retorno maior são aqueles que englobam a janela de um ano em sua composição. O MACD5 e o MACD6 apresentam retornos acumulados ao final do período superiores a 60%, ambos ajustados pela volatilidade. É importante ressaltar que todos os indicadores apresentaram alta relevante no período da crise de 2008, em que houve uma variação rápida de preços capturados, de forma semelhante ao que houve na estratégia de *momentum* do portfólio.

Diferentemente dos índices de força, o MACD apresenta uma volatilidade bem superior, com retornos também maiores em todos os seus indicadores. Esse desempenho fica evidente ao comparar a média ponderada de cada um dos indicadores.

Com volatilidades semelhantes, pode-se fundamentar a exclusão de todos os indicadores, exceto o MACD5 e MACD6 pelo desempenho de seus retornos. Como o indicador é analisado por meio de sinais de compra e venda gerados pelo cruzamento das médias, os prazos menores possuem muito mais sinais do que os de maiores prazos. Essa quantidade de sinais produzidos acarreta num elevado custo de transação para manutenção da estratégia, causando um impacto nos retornos. Além disso, o fato de boa parte dos ativos mostrar crescimento no longo prazo facilita o desempenho dos indicadores aplicados a prazos mais extensos, pois estes acabam não gerando sinais de compra e venda falsos. Tais desempenhos podem ser observados na figura 17.

O MACD, diferentemente do RSI, mostrou-se um ativo muito semelhante a *momentum* no que tange ao comportamento de tendência. Apresenta, no entanto, uma volatilidade semelhante à da média de ativos do mercado de ações, fazendo com que seja uma estratégia extremamente volátil e com *drawdowns* mais altos do que *momentum* e RSI. Apesar disso, mostrou-se uma técnica muito eficiente para captar movimentos maiores, dada sua capacidade de mudar rapidamente de posição ao analisar médias não tão longas como a do MACD5, que compara médias de um mês com de um ano.

O MACD5 termina o período analisado com um retorno acumulado de 63,9% versus 62,8% do MACD6, o que levanta à conclusão de que a mudança mais rápida de posição pode ser um indício de maximização de retornos, visto que a variação de uma média de um mês (MACD5) é muito maior do que a de três meses (MACD6). Uma observação importante é referente aos máximos *drawdowns*, que chegam a 16% em MACD5, além da volatilidade de 38%, que reduz muito os retornos acumulados da estratégia na comparação relativa.

A tabela 9 mostra um resumo dos dados estatísticos de cada um dos sete indicadores de MACD construídos.

MACD	
Cumulative returns	27.9%
Annual volatility	35.1%
Sharpe ratio	0.88
Calmar ratio	0.90
Stability	0.32
Max drawdown	-30.8%
Omega ratio	1.17
Sortino ratio	1.26

MACD2	
Cumulative returns	38.4%
Annual volatility	36.0%
Sharpe ratio	1.09
Calmar ratio	1.25
Stability	0.44
Max drawdown	-30.4%
Omega ratio	1.21
Sortino ratio	1.60

MACD3	
Cumulative returns	45.3%
Annual volatility	35.6%
Sharpe ratio	1.23
Calmar ratio	1.52
Stability	0.56
Max drawdown	-29.5%
Omega ratio	1.23
Sortino ratio	1.84

MACD4	
Cumulative returns	72.8%
Annual volatility	36.6%
Sharpe ratio	1.68
Calmar ratio	4.98
Stability	0.87
Max drawdown	-14.5%
Omega ratio	1.32
Sortino ratio	2.68

MACD6	
Cumulative returns	149.8%
Annual volatility	38.0%
Sharpe ratio	2.61
Calmar ratio	9.30
Stability	0.86
Max drawdown	-15.9%
Omega ratio	1.57
Sortino ratio	4.62

MACD_Média	
Cumulative returns	78.6%
Annual volatility	30.2%
Sharpe ratio	2.08
Calmar ratio	3.83
Stability	0.75
Max drawdown	-20.3%
Omega ratio	1.43
Sortino ratio	3.44

MACD5	
Cumulative returns	157.6%
Annual volatility	38.0%
Sharpe ratio	2.69
Calmar ratio	9.73
Stability	0.86
Max drawdown	-16.0%
Omega ratio	1.57
Sortino ratio	4.76

Elaboração própria

Tabela 9 – Resumo comparativo backtest dos indicadores de MACD

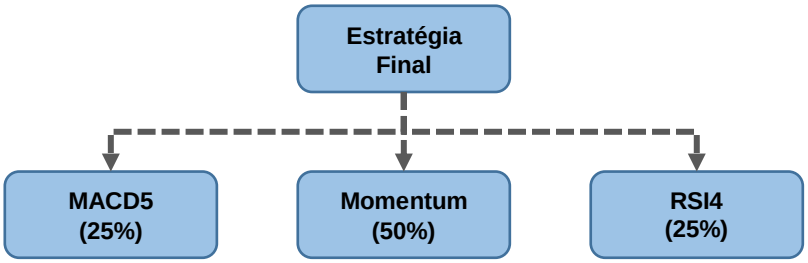
Quando se pondera de forma igual os MACDs, isto é, atribui-se o mesmo peso a cada um, o MACD_Média mostra uma volatilidade que conduz a estratégia a uma quase equiparação aos níveis de retorno de MACD5 e MACD6, após o ajuste de volatilidade. Todavia, por mais que o risco dela seja menor, a diferença discrepante entre os retornos acaba sendo decisória para a manutenção do MACD5 como o indicador mais atrativo a ser considerado na estratégia final.

Por fim, é importante considerar que tanto o *momentum* produzido quanto o RSI apresentam escalas de volatilidade e retornos muito menores, fazendo com que a escolha pelo MACD5 agregue para a estratégia uma atuação diferente no portfólio, ampliando os níveis de retorno, ainda que reduza a qualidade e o risco da composição da estratégia.

6.4 A estratégia final

Com os resultados obtidos e os dados dos indicadores, é possível construir a estratégia final e seus respectivos pesos com cada um dos indicadores selecionados. A estratégia padroniza três tipos de operações de tendência com um mesmo portfólio de ativos e diversifica a estratégia final, que pode ser observada na figura 18. Dados os resultados acima descritos, para a composição dessa estratégia final serão selecionados uma estratégia de *momentum* e dois indicadores que serão ponderados em um portfólio final. A estratégia de *momentum* selecionada será a que utiliza todos os quatro tipos de ativos, dado seu desempenho, enquanto os indicadores selecionados são RSI4 e MACD5.

As três estratégias que compõem a final (*momentum*, MACD5 e RSI4) atualizam a carteira mensalmente (um trade por mês), mas enquanto *momentum* considera uma matriz de pesos que inclui quatro períodos de *lookback* (5, 21, 63 e 252 dias), RSI4 faz uma análise de sinais de venda e compra apenas no período móvel de 252 dias e MACD5 analisa o cruzamento das médias móveis de 21 dias com de 252 dias para produzir os mesmos sinais de compra e venda. Todos, sem exceção, sempre atualizados mensalmente em seu novo balanceamento, quando são revisadas as decisões de compra ou venda.

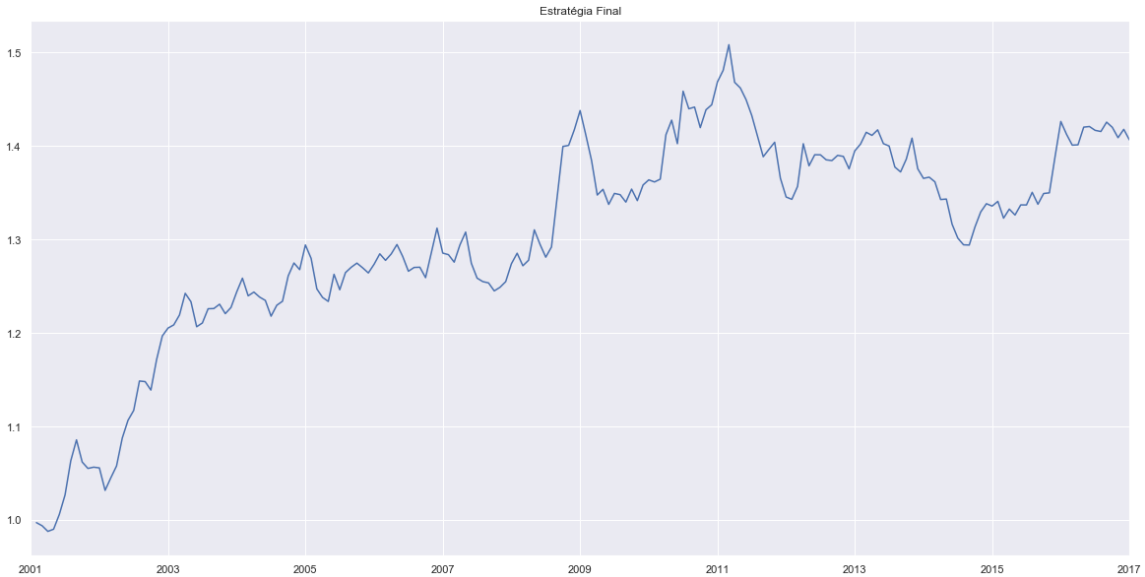


Elaboração própria

Figura 18 – Composição da estratégia final discriminada com os indicadores

A figura 19 apresenta o desempenho da estratégia final construída no estudo, com retornos de 29,2% ajustados pela volatilidade do período e com custos de transação aplicados. A volatilidade foi de 14,4% e o retorno desconsiderando a volatilidade e a

aplicação de custos foi de 51,1%. Considerando os termos utilizados no cálculo do *Sharpe* (seção 4), o índice da estratégia se aproximaria de 1,92 no período considerado. Como comparativo, caso não houvesse custos de transação e ajuste de volatilidade nos retornos aqui calculados, esse número seria ainda maior, próximo de 3,07.

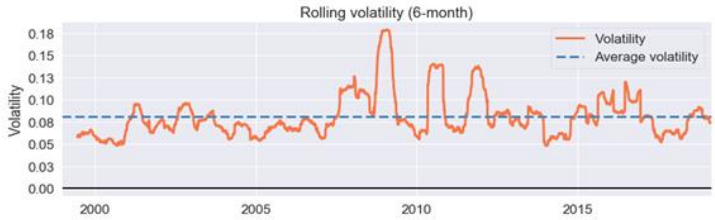


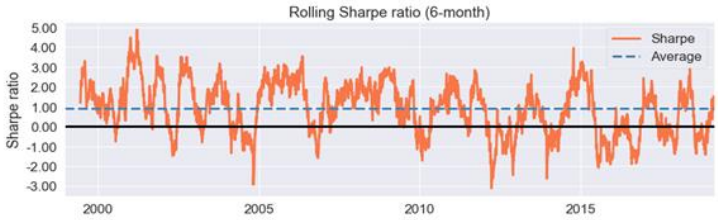
Elaboração própria

Figura 19 –Retornos da estratégia final já ajustado pela volatilidade no período

A figura 20 apresenta dados gerais estatísticos da estratégia final, com aplicação de cenários de *stress test* nos grandes eventos do mercado financeiro, piores momentos da estratégia ao longo dos vinte anos de análise e índices do *backtest* em geral.

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.17%	0.02%	0.66%
Lehman	3.19%	1.38%	5.00%
9/11	1.00%	1.00%	1.00%
US downgrade/European Debt Crisis	0.49%	0.49%	0.49%
Fukushima	0.47%	0.47%	0.47%
US Housing	0.86%	0.86%	0.86%
EZB IR Event	-0.04%	-0.04%	-0.04%
Aug07	-0.71%	-0.71%	-0.71%
Mar08	-0.96%	-0.96%	-0.96%
Sept08	5.00%	5.00%	5.00%
2009Q1	-0.14%	-1.25%	0.97%
2009Q2	0.38%	-0.52%	1.19%
Apr14	0.64%	0.64%	0.64%
Oct14	2.97%	2.97%	2.97%
Fall2015	0.04%	-0.59%	0.67%
Low Volatility Bull Market	0.10%	-0.84%	1.28%
GFC Crash	0.72%	-1.25%	5.00%
Recovery	0.03%	-2.67%	2.31%
New Normal	0.10%	-2.40%	3.30%





	Backtest
Cumulative returns	51.1%
Annual volatility	14.4%
Sharpe ratio	3.07
Calmar ratio	9.63
Stability	0.93
Max drawdown	-5.6%
Omega ratio	1.75
Sortino ratio	5.47

Worst drawdown periods	Net drawdown in %	Peak date	Valley date	Recovery date	Duration
0	5.57	2011-08-31	2014-01-31	2014-10-31	828
1	4.57	2015-01-30	2016-05-31	NaT	NaN
2	2.84	2009-09-30	2010-11-30	2011-08-31	501
3	1.96	2006-10-31	2007-02-28	2007-09-28	239
4	1.73	2005-05-31	2005-08-31	2006-02-28	196

Elaboração própria

Figura 20 - Resumo do backtest e stress events da estratégia final

Uma das características do desempenho da estratégia final é a capacidade de elevar os retornos sem aumento expressivo de volatilidade. Ainda que a adição de MACD5 culmine num aumento das variações entre os meses do retorno, o peso de 25% faz com que não haja um impacto tão forte na volatilidade total da estratégia, dado que RSI4 e *momentum* apresentam dados menores.

Além disso, é possível observar na figura 20 que, isolando o caso da crise de 2008, a estratégia apresenta um padrão em sua volatilidade ao longo do período em questão, mantendo-se sempre numa banda entre 6% e 13%. No entanto, não se pode observar o mesmo comportamento no *Sharpe*, que oscila entre -2 e 4 ao longo do período, demonstrando uma instabilidade que pode ser determinante na decisão de agentes investidores sensíveis a solidez e retornos consistentes em relação aos seus riscos. Parte da instabilidade do *Sharpe* é explicada pela adição de MACD5 na estratégia que, ainda

que pouco perceptível, causa maiores oscilações na relação risco-retorno devido a altos ganhos *versus* altas perdas observados em determinados períodos.

Outra observação importante é que o *drawdown* máximo no período da estratégia foi de apenas 5,6%, o que permite uma maior diversificação da estratégia entre diferentes agentes que não aceitam perdas muito grandes. Comparando todos os períodos de retornos negativos, como já esperado, a estratégia passa por um dos piores desempenhos nos anos mais recentes, devido à grande influência do peso de *momentum*, que apresentou perdas nos últimos anos. Conforme visto anteriormente, os últimos três anos não têm apresentado retornos muito positivos, gerando um *drawdown* e sem sinais de recuperação. Entretanto, a inclusão dos indicadores permitiu que o resultado permanecesse muito próximo da estabilidade, em detrimento de uma queda, conforme observado isoladamente em *momentum* com todos os ativos.

O resumo do impacto de *momentum* na estratégia fica evidente ao observar a figura 21, que apresenta uma descrição do *drawdown* da estratégia e destaca os cinco piores períodos de *drawdown* em meio ao desempenho do portfólio.

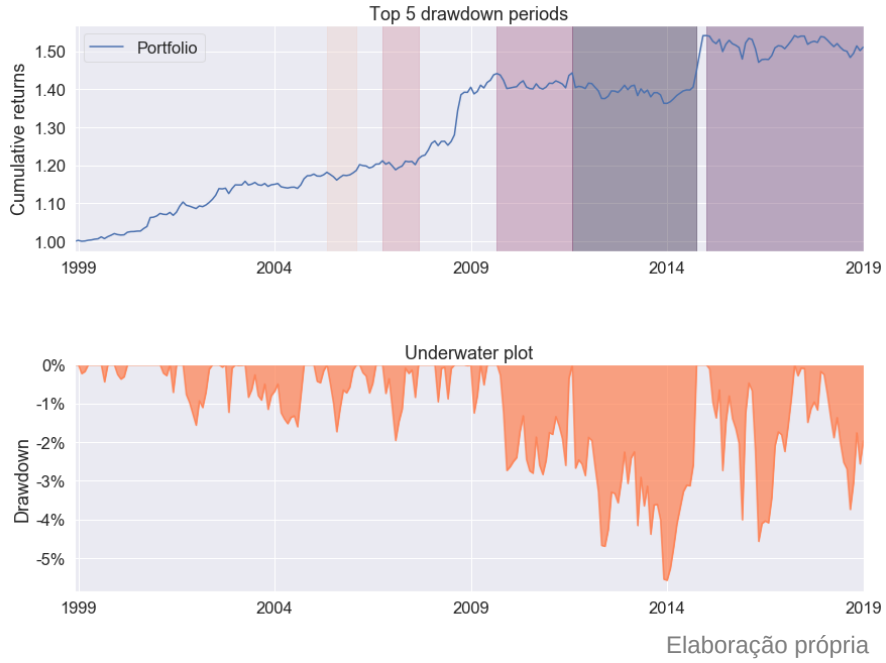


Figura 21 - Análise do drawdown da estratégia e dos cinco piores períodos da estratégia

Por fim, a figura 22 mostra uma análise quantitativa da distribuição dos retornos. Ao analisá-los ano a ano, novamente fica evidente que, ainda que parte da performance negativa tenha sido mitigada, o resultado da estratégia final ainda é insuficiente nos anos mais recentes. A distribuição dos retornos, no entanto, deixa evidente a presença de mais retornos positivos do que negativos após vinte anos de análise, apresentando uma diferença entre a quantidade de retornos positivos em relação aos negativos ao longo do período total. Com média de retornos de 0,156% ao dia, a distribuição é um dos atrativos da estratégia final.

Elaboração própria

Figura 22 – Análise da distribuição de retornos da estratégia final

7. Conclusão

Assim como em literaturas passadas, este trabalho foi capaz de encontrar uma significante relação de *momentum* entre boa parte dos 112 ativos aqui utilizados, numa base histórica de preços de 20 anos até o início de 2019, o que evidencia que *momentum* ainda é extremamente relevante para a academia e para o mercado financeiro.

Inicialmente, foi possível inferir uma significativa relação entre os retornos dos ativos selecionados, comparando os retornos de um mês com os de até um ano, por meio de diversas regressões que permitiram a conclusão de quais são os prazos mais eficientes ao aplicar estratégias de tendência.

Com embasamento empírico de *lookback periods* ideais para utilização, foi possível construir uma estratégia de *momentum* que apresentou resultados com alto desempenho em seus testes estatísticos. Além disso, foi possível inferir sobre os benefícios da diversificação após os relevantes resultados na comparação *cross sectional* das diferentes estratégias de *momentum*. É importante destacar também que *momentum* apresentou retorno positivo, mesmo após ajustes pela volatilidade. A estratégia de todos os tipos de ativos combinados apresentou retornos acumulados de mais de 19% ajustados pela volatilidade, além de um *Sharpe ratio* de 1, demonstrando dados relevantes para os padrões atuais de investimento.

Finalmente, foi possível expandir a análise para a extração de um melhor resultado ainda com a inclusão de indicadores de tendência muito utilizados no cotidiano de mercado. Com o uso do MACD e RSI, foi possível ampliar em mais de 10% o retorno da hipotética estratégia final deste estudo, ao unir MACD, RSI e *momentum portfólio.*

Durante a construção dos indicadores, foi possível verificar que o desempenho dos mesmos era superior ao utilizar prazos de análise próximos a um ano, fato este que já tinha se mostrado eficiente durante as análises estatísticas dos diferentes possíveis *lookback periods* a serem selecionados.

Além disso, após verificar que a estratégia de *momentum* não apresentou um bom desempenho nos anos mais recentes, foi possível construir um desempenho muito mais satisfatório na estratégia final após inclusão dos indicadores.

A estratégia final com todos os resultados apresentados é de alta relevância para discussões quanto à forma mais eficiente de alocação de capital em estratégias de tendência, estimulando o crescimento de mais pesquisas acadêmicas e desenvolvimentos práticos no ramo de finanças quantitativas aplicadas, além da construção de novas teorias e indicadores voltados para este tipo de estratégia de investimento.

8. Referências

Asness, C. S., Moskowitz, T. J., & Pedersen, L. H. (2013). Value and Momentum Everywhere. *The Journal of Finance*, VOL. LXVIII, NO. 3.

Bank of America Merrill Lynch Analytics. (August de 2019). Revisiting Interest Rates Carry. *FICC Portfolio Monthly* , p. 17.

Capistran, C., Timmermann, A., & Aiolfi, M. (2010). Forest Combinations. *SSRN Eletronic Journal*, p. 23.

Damien, R. (s.d.). *Indicador de Força Relativa – RSI (Relative Strength Index)*. Fonte: Estrategia-Bolsa: https://www.estrategia-bolsa.pt/indicador-forca-relativa-rsi.html

Fama, E. &. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *Journal of Political Economy*, pp. 246-273.

Fama, E. &. (1993). Common risk factors in the returns of stocks and bonds. *Journal of Financial Economic*, pp. 3-56.

Frazzini, A., & Pedersen, L. (10 de May de 2013). Betting Against Beta. *AQR Financial Studies*.

Giner, J., & Zakamulin, V. (29 de November de 2018). Trend following with Momentum versus Moving Average: A tale of differences. *Journal of Economics*, p. 41.

Goldman Sachs Quantiative Investment Team. (2018). How to combine Investment Signals in Long/Short Strategies. *GS Investment Strategies*, p. 39.

Greyserman, A., & Kaminski, K. M. (2014). *Trend Following with Managed Futures.* Wiley.

Huhn, H., & Scholz, H. (8 de May de 2018). Alpha Momentum and Price Momentum. *Financial Studies*, p. 28.

Investopedia. (s.d.). *Investopedia*. Fonte: Investopedia - Financial Ratio - Sharpe Ratio: https://www.investopedia.com/terms/s/sharperatio.asp

Investopedia. (s.d.). *Investopedia*. Fonte: Investopedia - Technical Analysis Education: https://www.investopedia.com/trading/introduction-to-momentum-trading/

JPM Quantitative Team. (April de 2015). Momentum Strategies Across Asset Classes. *Quantitaive and Derivative Strategy*, p. 188.

JPM Quantitative Team. (06 de February de 2018). Designing robust trend-following system. *Global Quantitative & Derivatives Strategy*, p. 46.

JPM Quantitative Team. (04 de October de 2018). Market-neutral carry strategies. *Global Quantitative & Derivatives Strategy*, p. 58.

Leaven, J. D. (14 de November de 2006). International Portfólio Diversification Benefits. *Journal of Finance*, pp. 1693-1712.

Ltd., Q. Q. (s.d.). *Python Basics Handbook.* Quantinsti .

Moskowitz, T. J., Ooi, Y. H., & Pedersen, L. H. (2012). Time Series Momentum. *Journal of Financial Economics*, 228-250.

Pedersen, L., & Levine, A. (May de 2015). Which Trend is your Friend. *AQR Financial Studies*, p. 32.

Rallis, G., & Miffre, J. (2005). Momentum Strategies in Commodity. *EDHEC Business School*, p. 16.

TImmermann, A. (21 de July de 2005). Forest Combinations. *NSF*, p. 65.

UBS Quantitative Team. (2013). Trend-Following meets risk parity. *Global Quantiative Research Monographs*, p. 55.

UBS Quantitative Team. (29 de August de 2018). Mixed vs. integrated: much ado about not much? *UBS Quantitative Monographs*, p. 24.

Zaremba, A., Karathanasopoulos, A., & Szczygielski, J. (06 de June de 2019). The Alpha Momentum Effect in Commodities. *Journal of Fianance*.

9. *Apêndice*

9.1. Volatilidade dos ativos

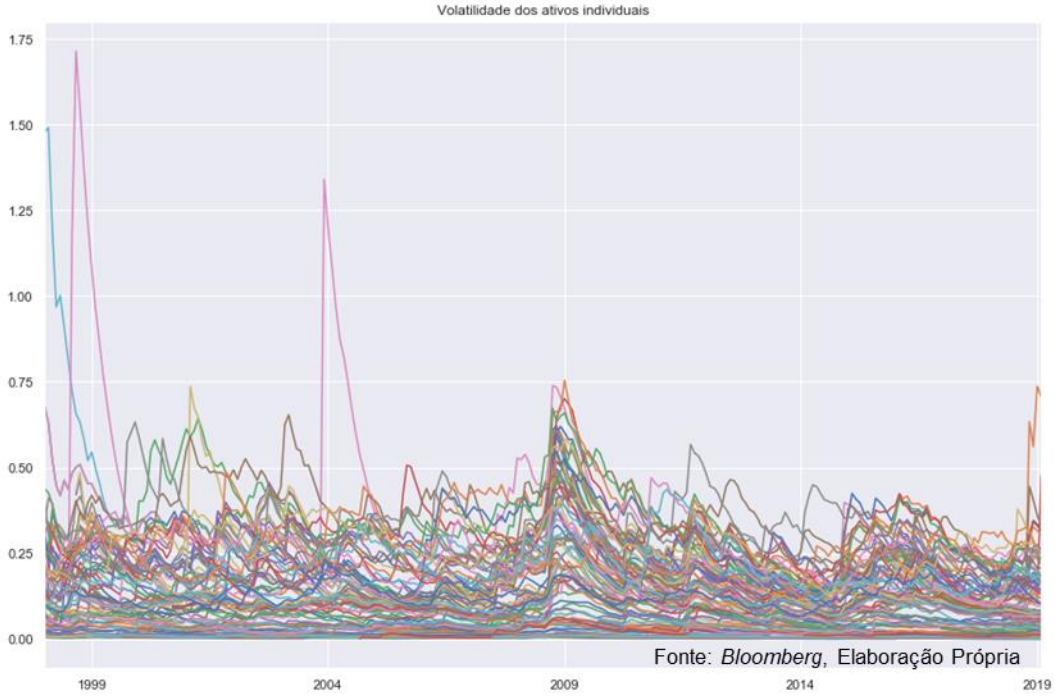


Figura 23 – Volatilidade por ativo

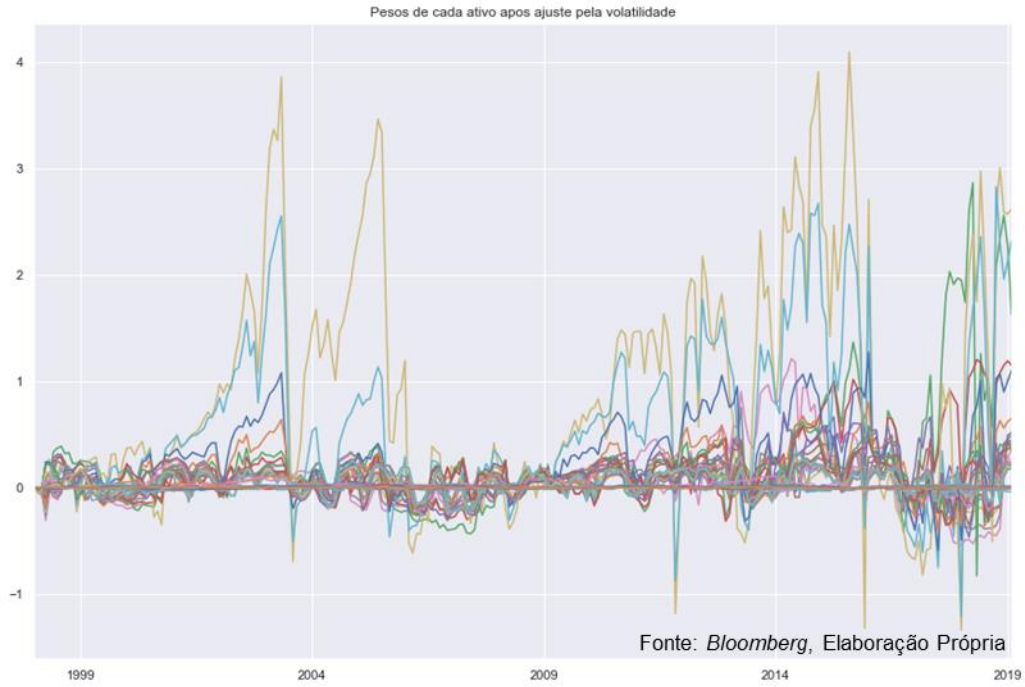


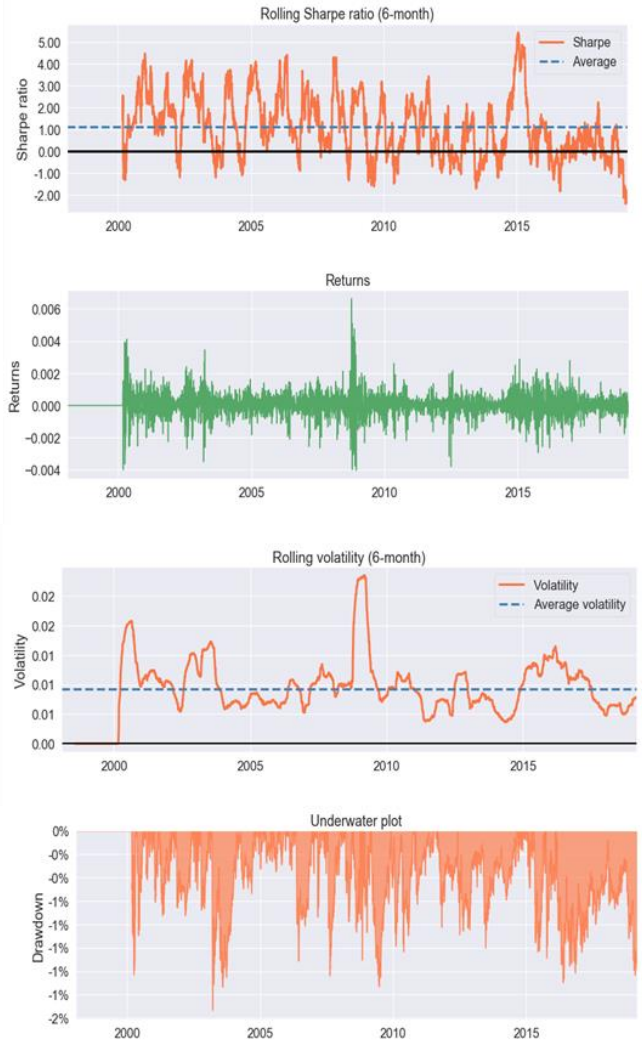
Figura 24 – Pesos de cada ativo após o scaling de volatilidade

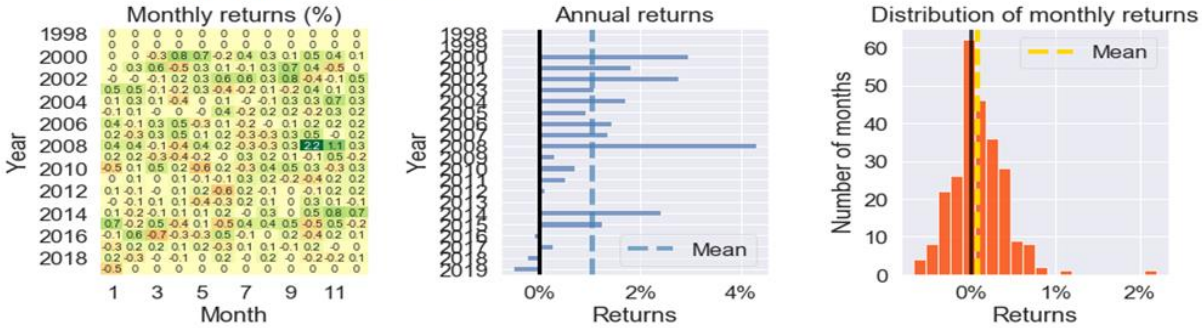
9.2. Backtest e Stress test das estratégias de momentum

9.2.1. Momentum Portfólio (tsmom)

	Backtest
Annual return	1.0%
Cumulative returns	25.4%
Annual volatility	1.0%
Sharpe ratio	1.00
Calmar ratio	0.68
Stability	0.96
Max drawdown	-1.5%
Omega ratio	1.22
Sortino ratio	1.47
Skew	0.20
Kurtosis	8.92
Tail ratio	1.02
Daily value at risk	-0.1%

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.02%	-0.36%	0.41%
Lehman	0.00%	-0.28%	0.22%
9/11	0.02%	-0.10%	0.13%
US downgrade/European Debt Crisis	0.01%	-0.06%	0.10%
Fukushima	0.01%	-0.04%	0.06%
US Housing	0.04%	-0.12%	0.18%
EZB IR Event	-0.00%	-0.09%	0.07%
Aug07	-0.01%	-0.20%	0.10%
Mar08	-0.01%	-0.21%	0.12%
Sept08	0.02%	-0.28%	0.22%
2009Q1	0.01%	-0.15%	0.20%
2009Q2	-0.01%	-0.23%	0.18%
Flash Crash	-0.04%	-0.16%	0.26%
Apr14	0.01%	-0.02%	0.04%
Oct14	0.02%	-0.15%	0.19%
Fall2015	0.02%	-0.24%	0.23%
Low Volatility Bull Market	0.00%	-0.26%	0.18%
GFC Crash	0.01%	-0.40%	0.66%
Recovery	0.00%	-0.38%	0.26%
New Normal	0.00%	-0.29%	0.29%





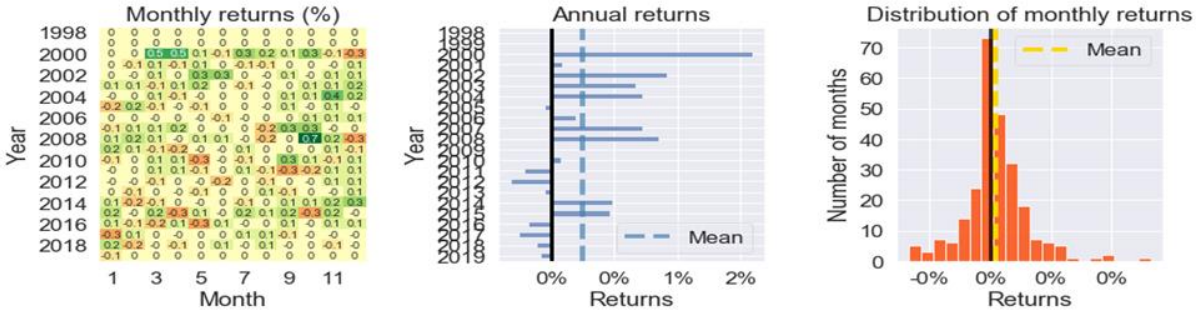
Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 25 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de ativos

9.2.2. Momentum para ativos de câmbio (tsmom_FX)

	Backtest
Annual return	0.3%
Cumulative returns	5.6%
Annual volatility	0.4%
Sharpe ratio	0.60
Calmar ratio	0.20
Stability	0.81
Max drawdown	-1.2%
Omega ratio	1.13
Sortino ratio	0.85
Skew	-0.18
Kurtosis	11.27
Tail ratio	1.04
Daily value at risk	-0.1%

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.01%	-0.25%	0.18%
Lehman	-0.00%	-0.09%	0.05%
9/11	-0.00%	-0.05%	0.06%
US downgrade/European Debt Crisis	-0.00%	-0.02%	0.02%
Fukushima	0.00%	-0.01%	0.02%
US Housing	0.01%	-0.02%	0.05%
EZB IR Event	-0.00%	-0.04%	0.04%
Aug07	-0.01%	-0.13%	0.04%
Mar08	0.00%	-0.12%	0.06%
Sept08	0.00%	-0.03%	0.05%
2009Q1	0.01%	-0.05%	0.09%
2009Q2	-0.00%	-0.09%	0.05%
Flash Crash	-0.02%	-0.09%	0.17%
Apr14	0.00%	-0.01%	0.01%
Oct14	0.01%	-0.09%	0.12%
Fall2015	0.01%	-0.07%	0.11%
Low Volatility Bull Market	0.00%	-0.16%	0.08%
GFC Crash	0.00%	-0.19%	0.22%
Recovery	-0.00%	-0.13%	0.17%
New Normal	0.00%	-0.19%	0.18%



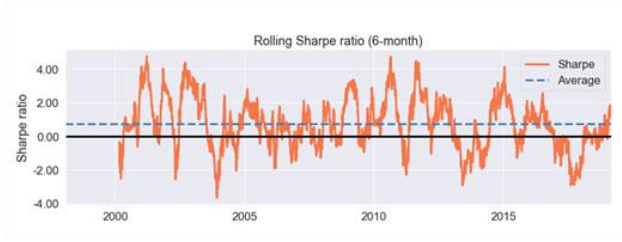
Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

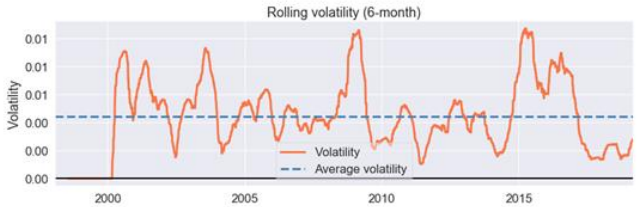
Figura 26 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de câmbio

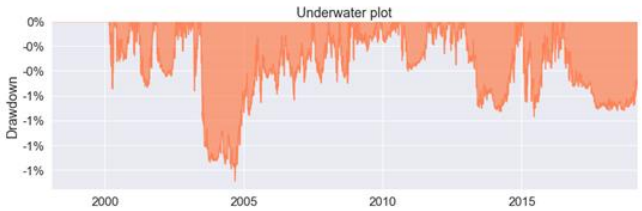
9.2.3. Momentum para ativos de juros (tsmom_rates)

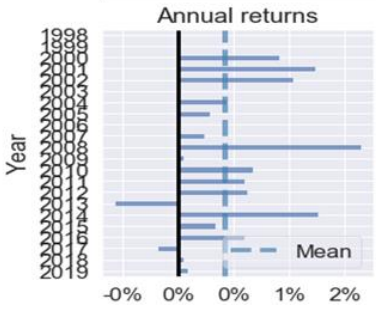
	Backtest
Annual return	0.4%
Cumulative returns	9.7%
Annual volatility	0.5%
Sharpe ratio	0.84
Calmar ratio	0.33
Stability	0.97
Max drawdown	-1.3%
Omega ratio	1.19
Sortino ratio	1.25
Skew	0.14
Kurtosis	6.72
Tail ratio	1.12
Daily value at risk	-0.1%

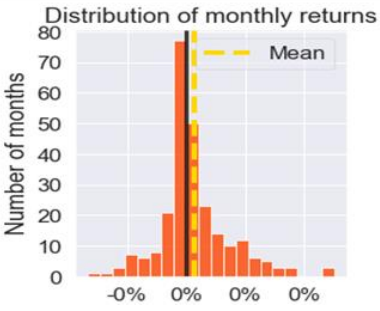
Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.00%	-0.23%	0.19%
Lehman	-0.00%	-0.13%	0.15%
9/11	0.01%	-0.04%	0.11%
US downgrade/European Debt Crisis	0.01%	-0.04%	0.06%
Fukushima	0.00%	-0.02%	0.01%
US Housing	0.01%	-0.05%	0.09%
EZB IR Event	0.01%	-0.03%	0.05%
Aug07	-0.00%	-0.03%	0.03%
Mar08	-0.00%	-0.04%	0.05%
Sept08	-0.00%	-0.13%	0.15%
2009Q1	-0.00%	-0.09%	0.09%
2009Q2	-0.00%	-0.04%	0.06%
Flash Crash	0.00%	-0.08%	0.04%
Apr14	0.00%	-0.03%	0.04%
Oct14	0.02%	-0.15%	0.11%
Fall2015	0.01%	-0.08%	0.16%
Low Volatility Bull Market	0.00%	-0.09%	0.13%
GFC Crash	0.00%	-0.20%	0.21%
Recovery	0.00%	-0.11%	0.10%
New Normal	0.00%	-0.21%	0.21%











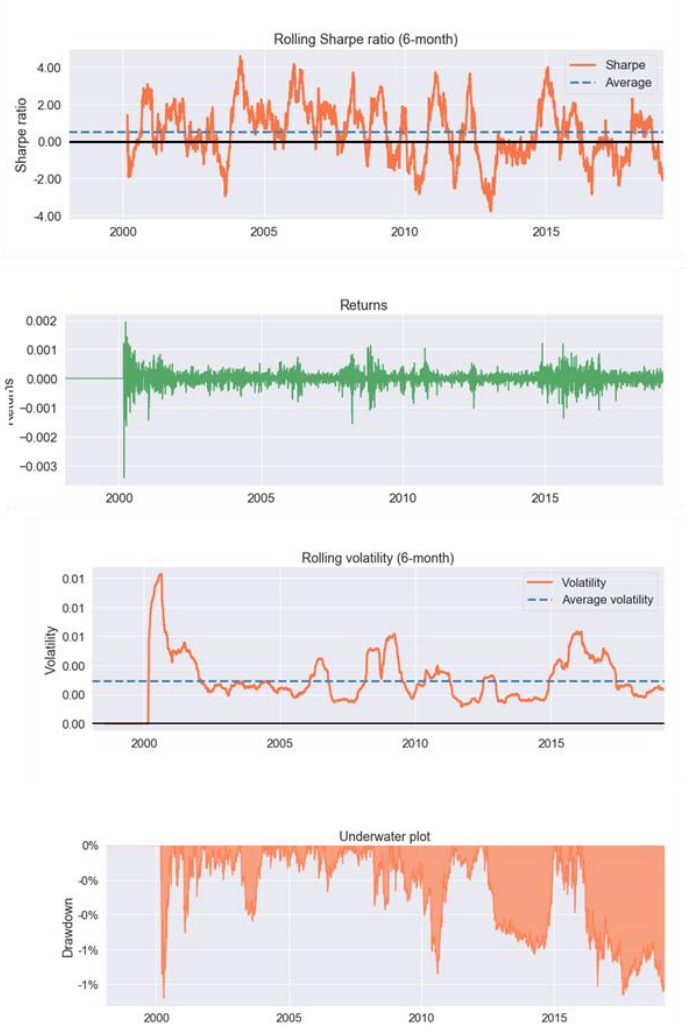
Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

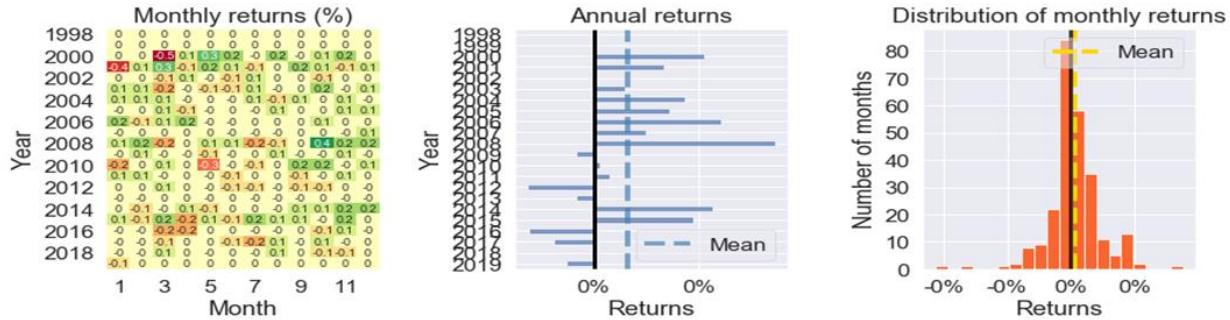
Figura 27 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de juros

9.2.4. Momentum para ativos de commodities (tsmom_commodities)

	Backtest
Annual return	0.2%
Cumulative returns	3.6%
Annual volatility	0.3%
Sharpe ratio	0.47
Calmar ratio	0.18
Stability	0.89
Max drawdown	-0.9%
Omega ratio	1.10
Sortino ratio	0.66
Skew	-0.77
Kurtosis	19.45

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.00%	-0.16%	0.20%
Lehman	-0.00%	-0.04%	0.04%
9/11	0.01%	-0.02%	0.04%
US downgrade/European Debt Crisis	0.00%	-0.01%	0.02%
Fukushima	0.00%	-0.02%	0.03%
US Housing	0.00%	-0.01%	0.02%
EZB IR Event	-0.01%	-0.03%	0.03%
Aug07	-0.00%	-0.03%	0.01%
Mar08	-0.01%	-0.16%	0.08%
Sept08	0.00%	-0.01%	0.01%
2009Q1	0.00%	-0.10%	0.07%
2009Q2	-0.00%	-0.05%	0.05%
Flash Crash	-0.02%	-0.07%	0.04%
Apr14	0.00%	-0.01%	0.03%
Oct14	0.00%	-0.03%	0.04%
Fall2015	0.00%	-0.14%	0.12%
Low Volatility Bull Market	0.00%	-0.08%	0.07%
GFC Crash	0.00%	-0.16%	0.11%
Recovery	-0.00%	-0.10%	0.11%
New Normal	0.00%	-0.14%	0.12%





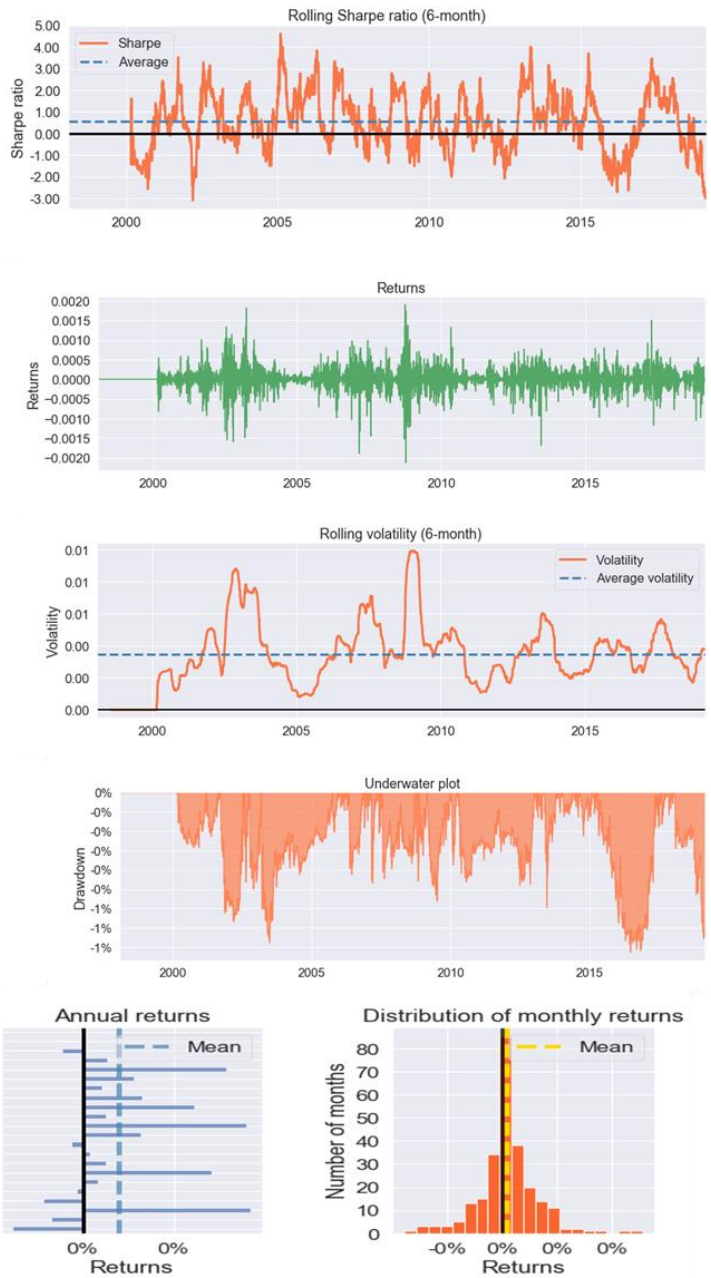
Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 28 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de commodities

9.2.5. Momentum para ativos de ações (tsmom_equities)

	Backtest
Annual return	0.2%
Cumulative returns	4.6%
Annual volatility	0.4%
Sharpe ratio	0.51
Calmar ratio	0.25
Stability	0.98
Max drawdown	-0.8%
Omega ratio	1.11
Sortino ratio	0.73
Skew	-0.18
Kurtosis	9.00
Tail ratio	1.02
Daily value at risk	-0.0%

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	-0.00%	-0.08%	0.05%
Lehman	0.01%	-0.15%	0.13%
9/11	-0.00%	-0.08%	0.10%
US downgrade/European Debt Crisis	0.00%	-0.02%	0.05%
Fukushima	0.00%	-0.01%	0.02%
US Housing	0.01%	-0.04%	0.07%
EZB IR Event	-0.00%	-0.05%	0.05%
Aug07	0.00%	-0.03%	0.04%
Mar08	-0.00%	-0.06%	0.06%
Sept08	0.01%	-0.15%	0.13%
2009Q1	0.01%	-0.05%	0.05%
2009Q2	-0.00%	-0.09%	0.07%
Flash Crash	-0.01%	-0.08%	0.13%
Apr14	0.00%	-0.02%	0.02%
Oct14	-0.00%	-0.02%	0.02%
Fall2015	0.00%	-0.05%	0.08%
Low Volatility Bull Market	0.00%	-0.19%	0.10%
GFC Crash	0.00%	-0.21%	0.19%
Recovery	0.00%	-0.09%	0.13%
New Normal	0.00%	-0.17%	0.15%

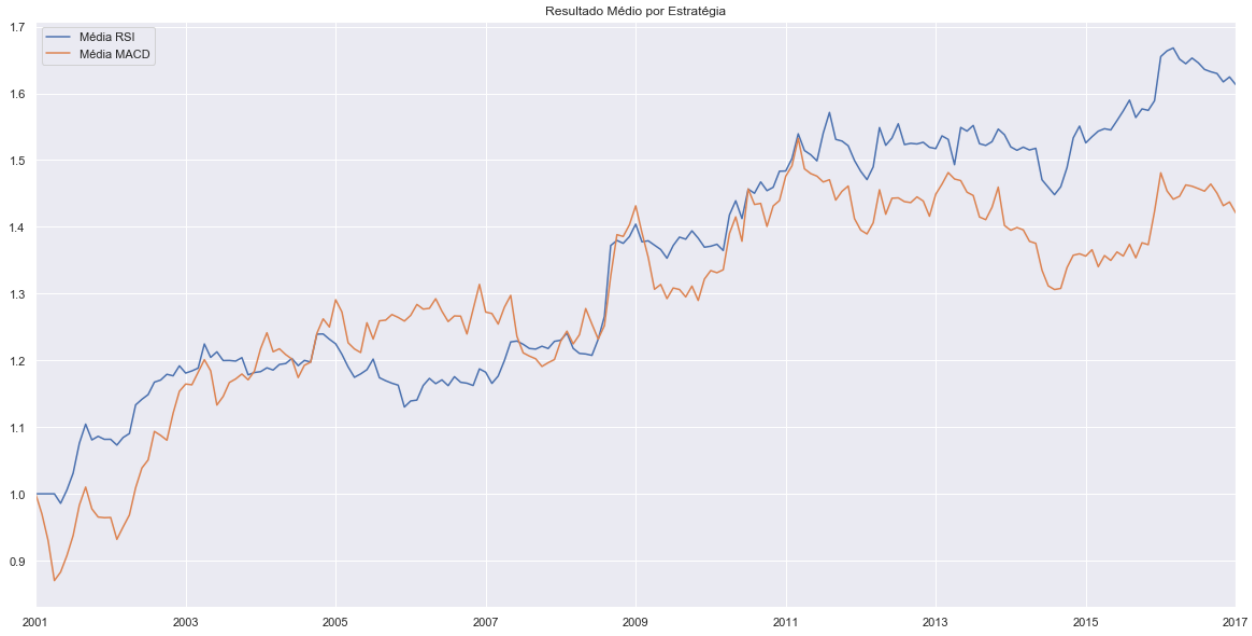


Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 29 – Backtest e Stress Test estratégia de momentum composta por todos os tipos de ações

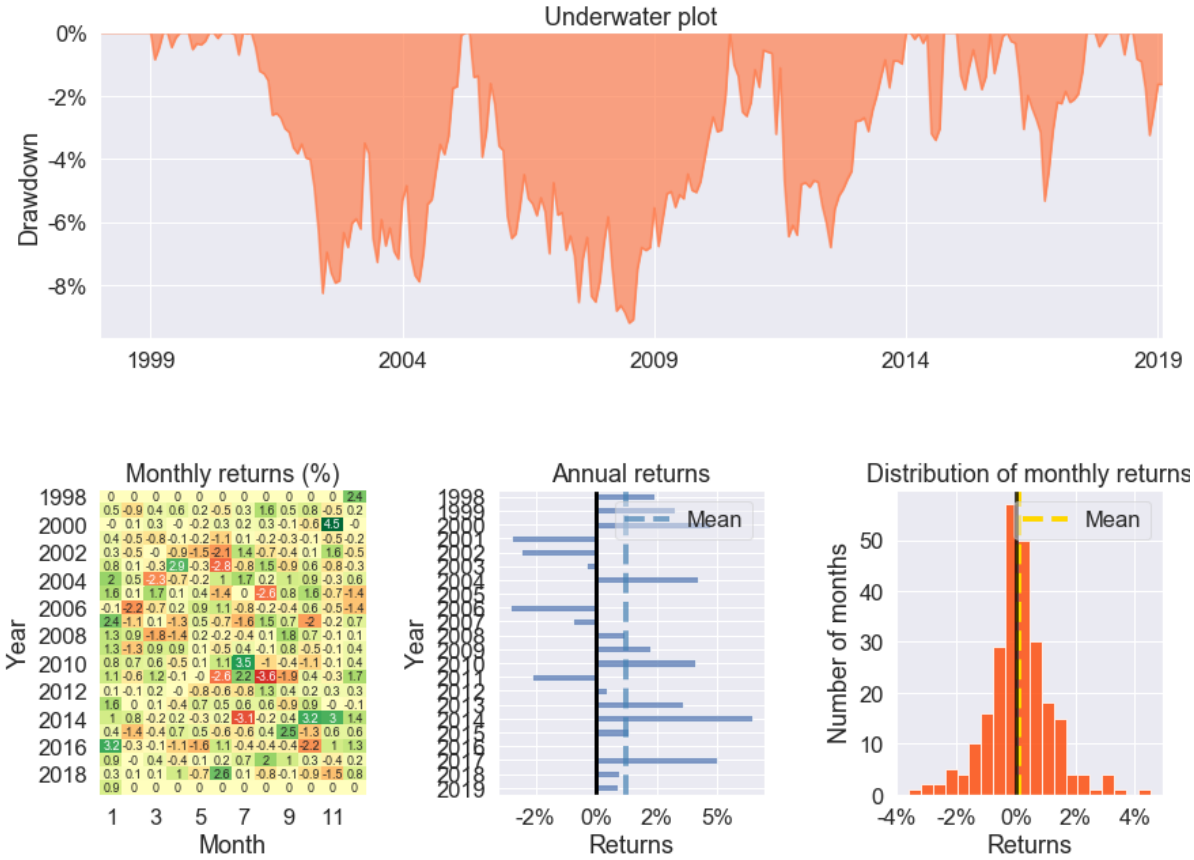
9.3. Análise estatística das estratégias de RSI e MACD por média ponderada

Para efeito de comparação às estratégias de momentum, é possível observar na figura 30 como seria o desempenho hipotético de uma estratégia que considera pesos iguais para os cinco tipos de RSI e sete tipos de MACD construídos.



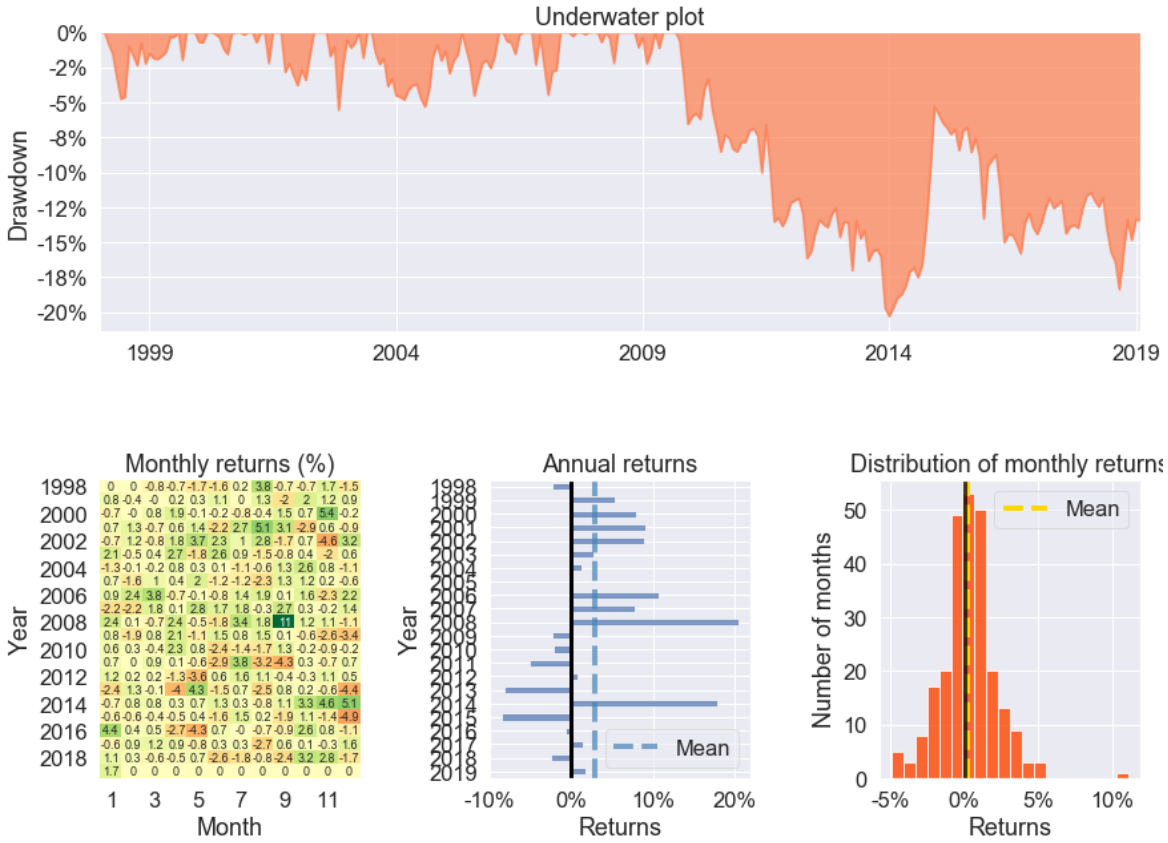
Elaboração própria

Figura 30 – Retorno da estratégia de média ponderada de todos os RSI e MACD



Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 31 – Gráfico de drawdown e distribuição de retornos das estratégias do RSI ponderado



Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

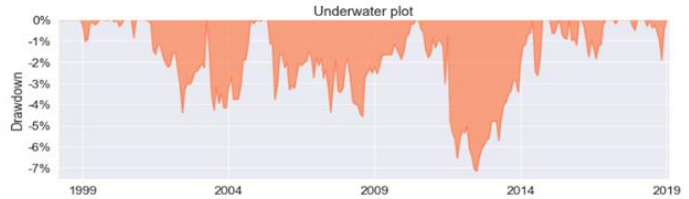
Figura 32 – Gráfico de drawdown e distribuição de retornos das estratégias do MACD ponderado

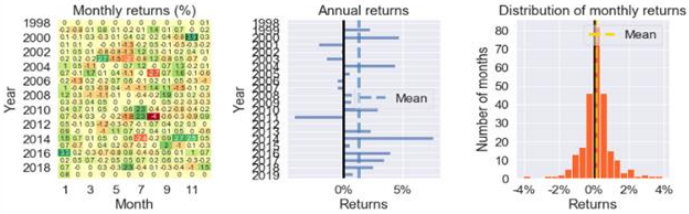
9.4. Backtest e Stress test RSI4

Cumulative returns	32.0%
Annual volatility	14.0%
Sharpe ratio	2.14
Calmar ratio	4.48
Stability	0.75
Max drawdown	-7.2%
Omega ratio	1.50
Sortino ratio	3.44

Worst drawdown periods	Net drawdown in %	Peak date	Valley date	Recovery date	Duration
0	7.16	2010-07-30	2012-07-31	2014-10-31	1111
1	4.59	2005-05-31	2008-08-29	2010-06-30	1327
2	4.40	2001-02-28	2002-06-28	2003-04-30	566
3	4.28	2003-04-30	2003-07-31	2004-10-29	393
4	1.91	2018-08-29	2018-11-30	2019-01-31	155

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.14%	-0.32%	0.38%
Lehman	0.87%	-0.19%	1.93%
9/11	-0.15%	-0.15%	-0.15%
US downgrade/European Debt Crisis	-4.04%	-4.04%	-4.04%
Fukushima	0.35%	0.35%	0.35%
US Housing	0.16%	0.16%	0.16%
EZB IR Event	0.42%	0.42%	0.42%
Aug07	1.44%	1.44%	1.44%
Mar08	-0.98%	-0.98%	-0.98%
Sept08	1.93%	1.93%	1.93%
2009Q1	-0.01%	-0.34%	0.32%
2009Q2	0.30%	0.03%	0.52%
Apr14	0.49%	0.49%	0.49%
Oct14	2.74%	2.74%	2.74%
Fall2015	1.00%	-0.03%	2.03%
Low Volatility Bull Market	-0.05%	-2.66%	1.65%
GFC Crash	0.12%	-1.51%	1.93%
Recovery	-0.02%	-4.04%	2.30%
New Normal	0.29%	-2.42%	3.31%





Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 33 – Backtest e stress test do indicador RSI4

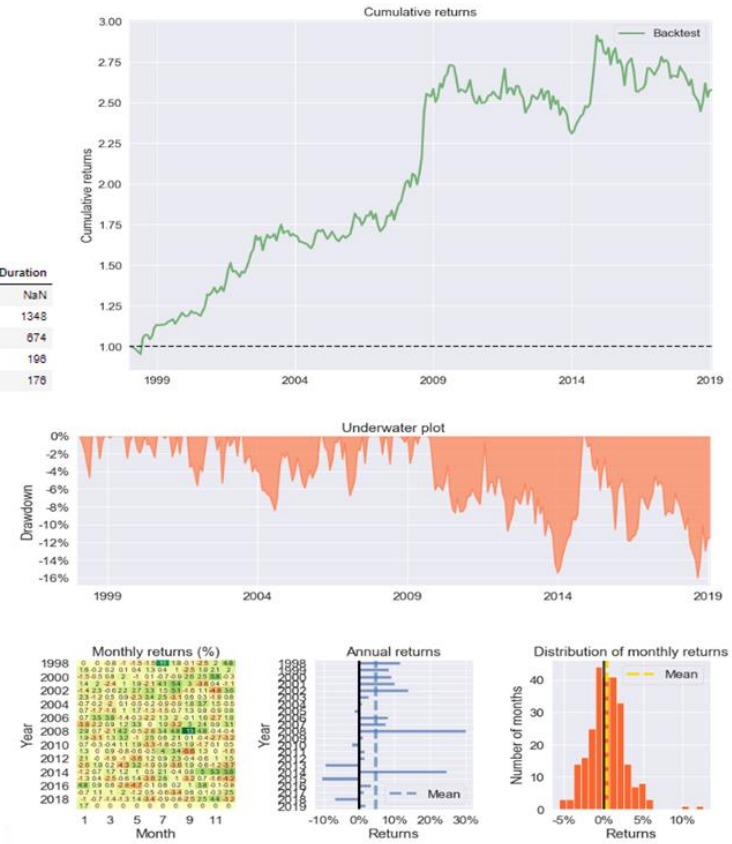
9.5. Backtest e Stress test MACD5

Cumulative returns	157.6%
Annual volatility	38.0%
Sharpe ratio	2.69
Calmar ratio	9.73
Stability	0.86
Max drawdown	-16.0%
Omega ratio	1.57
Sortino ratio	4.76

Worst drawdown periods	Net drawdown in %	Peak date	Valley date	Recovery date	Duration
0	16.01	2014-12-31	2018-09-28	NaT	NaN
1	15.46	2009-09-30	2014-01-31	2014-11-28	1348
2	8.44	2003-07-31	2004-08-31	2006-02-28	674
3	6.75	2006-10-31	2007-02-28	2007-07-31	198
4	5.61	2001-09-28	2002-01-31	2002-05-31	176

Stress Events	mean	min	max
Dotcom	0.05%	-1.03%	2.00%
Lehman	8.73%	4.82%	12.63%
9/11	3.01%	3.01%	3.01%
US downgrade/European Debt Crisis	3.37%	3.37%	3.37%
Fukushima	0.89%	0.89%	0.89%
US Housing	2.27%	2.27%	2.27%
EZB IR Event	-0.41%	-0.41%	-0.41%
Aug07	-3.15%	-3.15%	-3.15%
Mar08	-2.10%	-2.10%	-2.10%
Sept08	12.63%	12.63%	12.63%
2009Q1	-0.61%	-3.14%	1.91%
2009Q2	1.18%	-0.96%	3.23%
Apr14	1.17%	1.17%	1.17%
Oct14	4.96%	4.96%	4.96%
Fall2015	-1.10%	-3.25%	1.05%
Low Volatility Bull Market	0.25%	-3.81%	3.83%
GFC Crash	1.69%	-3.15%	12.63%
Recovery	0.06%	-5.62%	3.96%
New Normal	0.02%	-4.72%	5.76%

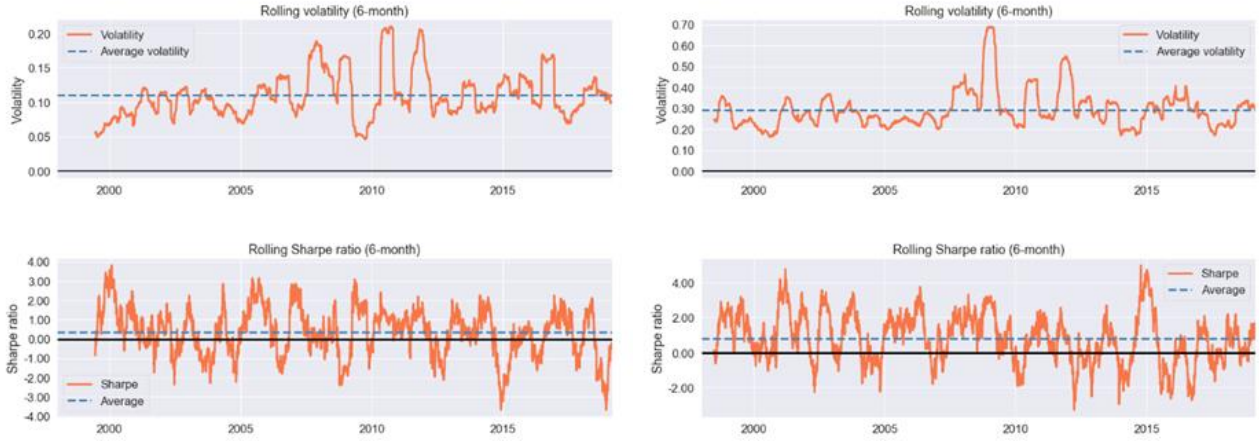
NaT e Nan representam que não houve recuperação após esta perda até o fim dos dados do estudo



Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 34 – Backtest e stress test do indicador MACD5

9.6. Volatilidades e Sharpe Ratio de RSI4 e MACD5



Fonte: *Bloomberg*, elaboração própria

Figura 35 – Janela móvel de seis meses das volatilidades e Sharpe Ratio de RSI4 e MACD5 respectivamente