

RESUMO DO SITE

PARTE 1

<http://www.saturnov.com>

Por Hindenburg Melão Jr.

ÍNDICE

Introdução.

Sobre o autor.

O que é um sistema automático?

O que é uma série histórica de cotações?

O que são back tests, live tests, forward tests?

O que é otimização?

O que é um algoritmo genético?

Máximo drawdown e níveis de risco.

O que é movimento browniano, processo de Weiner, processo de Lévy?

INTRODUÇÃO

Por volta de 2004, a página de Sigma Society contava com mais de 800 páginas tratando de diversos tópicos científicos, com ênfase em Cognição, Psicometria, testes de QI e Criatividade, reunindo também artigos sobre Xadrez, Estatística, Teoria dos Números, Análise Combinatória, Teoria dos Grafos, Filosofia da Ciência, Astronomia, Inteligência Artificial, Epistemologia, História da Ciência, Educação, Artes Marciais e uma grande variedade de outros temas. Então foi redigido um artigo compacto intitulado “Resumo Histórico sobre os testes de QI”, com uma síntese sobre um dos temas centrais do site.

Agora há mais de 500 páginas de informação no site do Saturno V, com mais de 110 artigos, sem contar os conteúdos de outras seções, os vídeos, tabelas Excel e outros materiais. Esse volume é demasiado e acaba desestimulando os visitantes que chegam ao site pela primeira vez, que raramente chegam a ler o conteúdo todo. Por isso fizemos este resumo, no qual apresentamos os temas principais que são abordados nos artigos e o conteúdo geral de outras páginas do site, bem como a seção de artigos foi “enxugada”, removendo alguns e deixando outros com acesso exclusivo aos cotistas. Procuramos manter os capítulos menores do que 1 página cada, embora alguns inevitavelmente fiquem com um pouco mais do que isso.

Também incluímos links ao final de cada capítulo, apontando para artigos que tratam do mesmo tema ou temas relacionados, para quem tiver interesse em se aprofundar. Quando forem postados novos artigos em que sejam discutidos temas relevantes que não fazem parte deste resumo, incluiremos o link no “apêndice” e/ou adicionaremos um capítulo com resumo do mesmo.

Esse resumo não dispensa a leitura dos artigos e outras seções, nos quais os temas são abordados de forma mais profunda, completa e detalhada. O resumo serve apenas como uma síntese preliminar para proporcionar uma idéia panorâmica sobre o que é o Saturno V, suas diferenças e semelhanças em comparação à gestão manual de investimentos, seus pontos fortes e fracos, em quais princípios se baseia, quais ferramentas matemáticas foram utilizadas em seu desenvolvimento e aprimoramento, na análise de suas características, na seleção das melhores configurações, na validação das versões e configurações.

Esse resumo também pode desempenhar a função de “glossário”, no qual são explicados vários termos técnicos usados com maior frequência em outras partes do site. Trata-se, portanto, de uma introdução didática e uma apresentação informal do conteúdo geral do site.

SOBRE O AUTOR

- Detentor de recorde mundial registrado no Guinness Book de 1998, páginas 110-111, na modalidade “simultânea de Xadrez às cegas”, com recorde de mate anunciado mais longo, superando o recorde de Joseph Henry Blackburne que havia sido estabelecido em 1877, em Londres, e igualado por Samuel Rosenthal em 1885.
- Autor de outros prováveis recordes que não chegaram a ser oficialmente homologados, sobre investimentos, Xadrez e QI, mas foram publicados em algumas revistas de pequena circulação, como Papyrus (Holanda), ComMensal (Bélgica), Perfection (Grécia), IQ Magazine (Estados Unidos), Mensalainen (Finlândia), Gift of Fire (Estados Unidos), Ihmotep (Austrália), RBXP (Brasil), Sigma Magazine (Brasil).
- Co-protagonista em matéria exibida no Fantástico sobre inteligência e QI, em comemoração aos 100 anos dos testes de QI, em 2005.
- Participação em diversas entrevistas e reportagens sobre inteligência, Xadrez e temas afins.
- Membro honorário em várias associações para pessoas superdotadas em 6 continentes.
- Convidado por John Hallenborg para participar de um documentário em Los Angeles, para pessoas com QI no nível de raridade acima de 1 em 1.000.000.
- Classificado para representar o Brasil na semi-final do campeonato mundial ICCF de Xadrez.
- Convidado pelo campeão brasileiro e Grande Mestre Internacional Salvador Homce De Cresce para representar o Brasil na Olimpíada de Xadrez da ICCF.
- Convidado por Mario Ceteras, capitão da equipe Potaissa Turda, da Romênia, para representar aquele país na Liga Européia do Campeões.
- Autor do Saturno V e outros sistemas automáticos para gestão de investimentos. O Saturno V 6.2 é provavelmente o melhor sistema automático para investimentos que existe, nos quesitos rentabilidade, estabilidade a longo prazo, baixo risco, uniformidade no desempenho e rigor nos procedimentos para validação dos resultados.
- Autor do Sigma Test, reconhecido como um dos testes de inteligência mais difíceis e mais inovadores do mundo, disponível em 14 idiomas e aceito como critério para admissão em associações intelectuais de 17 países. O processo de normatização do Sigma Test também é inovador em diversos aspectos, utilizando algumas ferramentas estatísticas de autoria própria e refinamentos em ferramentas convencionais.
- Autor do Sigma Test VI, cujo nível de dificuldade das questões mais fáceis começa no nível de dificuldade mais alto em que termina o Sigma Test. Disponível em 8 idiomas.
- Fundador de Sigma Society, em 1999, que conta com membros de 40 países em 6 continentes.
- Autor de um novo método para cálculo de paralaxes estelares, superior ao usado pela NASA e pela ESA.
- Autor de um projeto de máquina da invisibilidade, em 1993, que foi posteriormente construída uma versão simplificada por Susumo Tachi, em 2003.
- Autor de um novo método para estimar parâmetros em distribuições estatísticas, cerca de 12 vezes mais eficiente que os métodos interquartílicos e desvios absolutos, além de possibilitar medidas locais de dispersão, assimetria, curtose e determinação de 6 novos momentos.
- Autor de um refinamento em métodos para cálculo de homogeneidade de matrizes de dados.
- Autor de um método mais fidedigno para estimação dos parâmetros no modelo de Birnbaum de Teoria de Resposta ao Item.
- Autor de dezenas de pequenas inovações e aprimoramentos em ferramentas estatísticas usadas em Econometria e Psicometria.
- Autor de novidades teóricas em Xadrez distinguidas com prêmios Top-10 mundial, Top-19 e Top-26 mundial.
- Autor de um novo método para cálculo de IMC (índice de massa corpórea), superior ao método atualmente usado e recomendado pela Organização Mundial da Saúde.
- Autor de milhares de artigos e análises de Xadrez, com mais de 400 publicados nos principais periódicos internacionais.
- Autor de centenas de artigos sobre Astronomia, Astrometria, Física, Matemática, Geometrias n-dimensionais, Geometria Fractal, Estatística Robusta, Teoria da Medida, Psicometria, Psicologia, Cognição, Antropometria, Biofísica, Puzzles, Filosofia da Ciência, Educação, Teoria da Informação e Gestão do Conhecimento, Artes Marciais, Teoria dos Números, Teoria de Resposta ao Item, Processamento de imagens em fotos astronômicas, entre outros temas, em muitos dos quais os artigos oferecem inovações relevantes.
- Autor de centenas de artigos sobre Sistemas Automáticos para Investimentos, Gestão de Risco, Algoritmos Genéticos, Métodos para medidas de performance e ranqueamento, Análise Multivariada para Reconhecimento de Padrões, Processos decisórios complexos, Otimizações de parâmetros, Metodologias para testagem e validação de hipóteses complexas, processos para filtragem de ruído em séries históricas, métodos para edição de séries históricas com trechos comprometidos por excesso de ruído,

- Autor de diversos artigos desmistificando procedimentos esotéricos e ineficientes, como os níveis de Fibonacci, ondas de Elliot e similares, e muitas outras que são recomendadas e ingenuamente utilizadas sem que tenham passado por nenhum teste sério de validação.
- Autor de dezenas de artigos descrevendo e analisando aspectos básicos sobre como devem ser realizados testes para avaliar, selecionar e validar estratégias de investimentos.
- Autor de dezenas de artigos didáticos sobre características que devem ter séries históricas, plataformas de testes e metodologia de testagem para que se possa descartar estratégias ineficientes.

Mais informações sobre o autor:

http://www.sigmasociety.com/imc_na_balanca.zip (no final do livro e nos prefácios)

<http://www.saturnov.com/equipa/sobre-o-autor>

http://www.sigmasociety.com/john_2.htm

http://www.sigmasociety.com/entr_john_melao.htm

http://www.sigmasociety.com/entr_qi.htm (vídeo: <http://vimeo.com/4676024>)

http://www.sigmasociety.com/entrevista_xadrez.htm

<http://www.saturnov.com/depoimentos>

O QUE É UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE INVESTIMENTOS?

É um programa de computador que executa automaticamente operações de compra e venda de ações, commodities, divisas, índices, opções e outros instrumentos financeiros, sem necessidade de intervenção humana. O próprio programa toma as decisões e as executa.

O mesmo programa é usado de duas maneiras: pode ficar conectado a uma corretora, recebendo as cotações e enviando ordens de compra e venda, e pode ser usado para simular operações de compra e venda em séries históricas de cotações.

SÉRIES HISTÓRICAS DE COTAÇÕES

As cotações de ações, mercadorias, divisas, derivativos etc., são registradas em arquivos chamados “séries históricas” ou “bases de dados de cotações”. Os arquivos podem conter informações detalhadas em diferentes níveis, desde dados tick-by-tick, que guardam registros de todas as operações realizadas, com data, horário e preço, ou podem ser resumos OHLC (Open, High, Low, Close), que podem ser de minuto a minuto, de 15 em 15 minutos, dia a dia, ano a ano etc. A lista abaixo é um exemplo de cotações de EURUSD, minuto a minuto:

<u>Data</u>	<u>Hora</u>	<u>Open</u>	<u>High</u>	<u>Low</u>	<u>Close</u>
2010.08.13	23:30	1.2752	1.2752	1.2751	1.2751
2010.08.13	23:31	1.2751	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:32	1.2750	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:33	1.2750	1.2751	1.2749	1.2751
2010.08.13	23:34	1.2751	1.2751	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:35	1.2751	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:36	1.2750	1.2752	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:37	1.2751	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:38	1.2750	1.2751	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:39	1.2751	1.2751	1.2749	1.2750
2010.08.13	23:40	1.2750	1.2751	1.2749	1.2750
2010.08.13	23:41	1.2750	1.2752	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:42	1.2751	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:43	1.2749	1.2750	1.2749	1.2750
2010.08.13	23:44	1.2750	1.2752	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:45	1.2751	1.2753	1.2751	1.2753
2010.08.13	23:46	1.2751	1.2754	1.2751	1.2751
2010.08.13	23:47	1.2751	1.2751	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:48	1.2751	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:49	1.2750	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:50	1.2750	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:51	1.2751	1.2751	1.2750	1.2750
2010.08.13	23:52	1.2750	1.2752	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:53	1.2751	1.2751	1.2751	1.2751
2010.08.13	23:54	1.2750	1.2751	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:55	1.2751	1.2751	1.2750	1.2751
2010.08.13	23:56	1.2751	1.2754	1.2751	1.2753
2010.08.13	23:57	1.2754	1.2758	1.2752	1.2753
2010.08.13	23:58	1.2752	1.2754	1.2752	1.2753
2010.08.13	23:59	1.2750	1.2753	1.2750	1.2752

Esse tipo de informação é muito útil para que se possa analisar o comportamento dos preços em busca de padrões que se repetem com suficiente regularidade, de modo a possibilitar a formulação de estratégias de compra e venda que aproveitem as repetições dos padrões para estimar as probabilidades de o preço subir ou cair. Se 80% das vezes que determinado padrão se forma, logo em seguida o preço sobe determinado tanto antes de cair outro tanto, se isso acontece com uniformidade ao longo de todo o histórico analisado, se o histórico é suficientemente longo e diversificado, se a quantidade de vezes que o padrão ocorre é suficientemente grande, então, se todas estas condições forem atendidas, pode-se formular uma estratégia com base nisso. Daí a importância de se dispor de séries históricas longas e precisas. O gráfico a seguir mostra alguns padrões semelhantes que podem servir como referência para a formulação de estratégias:



Veja mais sobre series históricas nestes artigos:

http://www.saturnov.com/contas/imagens/Saturno_61_1971-2010.pdf

<http://www.saturnov.com/artigos/4-investimentos/134-4-novidades>

<http://www.saturnov.com/artigos/4-investimentos/137-algumas-propriedades-do-dji>

COMO TESTAR UMA ESTRATÉGIA

Antes de usar uma estratégia em negociações reais, é fundamental testá-la exaustivamente usando séries históricas apropriadas e uma metodologia apropriada. Há diversas maneiras de se testar uma estratégia, e a maioria das pessoas que opera no mercado financeiro não realiza nenhum dos testes, sendo uma das causas pelas quais mais de 99,99999% dos investidores perdem dinheiro a longo prazo. Muitos autores de cursos de final de semana, de livros e apostilas sobre investimentos desencorajam a testagem de estratégias, talvez para evitar que seus alunos e leitores percebam que nenhuma delas funciona e que os tais cursos e livros são inúteis. Ironicamente, muitos chegam a zombar de quem testa as estratégias antes de colocá-las em prática, como se o correto fosse operar diretamente com dinheiro real, sem o mínimo de preparo.

Mesmo entre as poucas pessoas que testam suas estratégias, a maioria acaba perdendo porque se ilude ao fazer testes inapropriados, com falhas metodológicas, não selecionam séries históricas apropriadas, não interpretam corretamente os resultados...

Um bom teste deve ser norteado pelo uso da Lógica, da Metodologia Científica e de ferramentas estatísticas apropriadas. A formulação do método de testagem precisa ter o máximo de cuidado, a análise e a interpretação dos resultados precisa ser objetiva, rigorosa e imparcial. É muito fácil se iludir com resultados exorbitantes devido a falhas na testagem, e é excepcionalmente difícil conduzir os testes com o necessário rigor para que os resultados finais sejam válidos, aliás, é muito mais difícil do que quando se lida com experimentos científicos, em que as variáveis têm comportamento quase determinístico, ao passo que no Mercado Financeiro os eventos são estocásticos.

LIVE TEST

Entre as pessoas que tentam testar a estratégia antes de operar no Mercado real, o mais usual é que façam seus testes por simulação em tempo real, que é conhecido como "live test". Isso

geralmente consiste em usar cotações reais, em tempo real, mas operar com dinheiro virtual. É uma das piores formas de se testar, mas ainda é melhor do que não fazer teste nenhum. É ruim por vários motivos, entre os quais citaremos apenas alguns:

- 1) A pessoa tende a atribuir peso muito maior a seus sucessos do que a suas perdas, achando que na hora de operar com dinheiro real fará melhor do que na simulação, sendo que muitas vezes ocorre o contrário.
- 2) A pessoa toma muitas decisões subjetivas que nada tem a ver com a estratégia adotada, e não há uniformidade nesses critérios subjetivos, não sendo possível avaliar como seria se continuasse a usar os tais critérios simplesmente porque não são os mesmos critérios em todas as operações.
- 3) O observação visual do gráfico de cotações não é suficientemente precisa para detectar todos os pontos de entrada e saída.
- 4) Raramente a pessoa consegue ficar atenta o tempo todo às cotações, para executar as operações exatamente nos pontos em que deveria.

No Brasil não existe nenhum simulador de boa qualidade. Os dois mais populares são da FolhalInvest e da BM&F, que diferem da situação real numa enormidade de características. O da FolhalInvest, por exemplo, fornece cotações com atraso de até 15 minutos, usa corretagens irreais, força o investidor a iniciar a carteira cheia de ativos compulsórios, há um limite máximo de movimentação diária de R\$ 100.000,00, acima do qual as operações são interrompidas, entre outras limitações. Mesmo que as condições do simulador fossem fidedignas, a pessoa teria que ser religiosamente fiel e disciplinada no uso da estratégia, e teria que acompanhar as cotações ininterruptamente para que a simulação pudesse ter algum poder de prognosticar o desempenho na situação real.

Outro problema é que seria necessário ficar pelo menos alguns anos na simulação antes de passar à situação real, para que se pudesse reunir um histórico suficiente de resultados sobre a estratégia, mas ninguém tem paciência para ficar 5 ou 10 anos operando em simulador. Mesmo que a pessoa tivesse paciência de ficar tanto tempo, ela provavelmente não manteria a mesma estratégia desde início. À medida que fosse aplicando a estratégia e constatando os resultados, tenderia a modificar a estratégia para tentar melhorá-la, assim, ao final de 10 anos não teria um histórico de 10 anos sobre uma estratégia, mas algo como 6 meses de histórico de 20 estratégias diferentes, e 6 meses é pouco para validar uma estratégia. Nesses casos, o normal (e grosseiramente incorreto) é a pessoa acreditar que a última estratégia testada que chegou a produzir lucro seja melhor que as outras, e eleger a tal para uso em condições reais. Assim, acaba se baseando num teste informal, sem o mínimo de rigor, impregnado de subjetividade e arbitrariedade nas decisões, para escolher uma estratégia que casualmente tenha ficado positiva por alguns meses, e passa a usar isso com a esperança de ter algum sucesso no Mercado real, o que fatalmente conduz a resultados frustrantes e a graves perdas monetárias.

Para se ter alguma chance de sucesso, a testagem precisa atender a alguns quesitos mínimos de cientificidade. Isso de não garante, de modo algum, que se terá sucesso, mas pelo menos aumenta as probabilidades de se detectar falhas nas estratégias e não aplicá-las em negociações com dinheiro real, evitando prejuízos. A testagem rigorosa, portanto, na grande maioria das vezes não serve para descobrir estratégias vitoriosas, mas sim para desmascarar as péssimas estratégias habitualmente alardeadas como se fossem boas, e escapar das perdas que elas provocariam.

No Forex^[1] há simuladores fidedignos, em que as cotações da simulação chegam em tempo real, as condições gerais para operação, como ausência de limites diários para negociar, taxas praticadas etc. são idênticas à situação real. A simulação é igual à situação real em todas as

características objetivas que se pode medir, diferindo apenas quando fatores emocionais interferem ao lidar com dinheiro real. Naturalmente os testes assim são comparativamente mais precisos e confiáveis do que os testes feitos nos simuladores da Bovespa e BM&F, mas ainda apresentam vários problemas, como a necessidade de aplicar a estratégia com absoluto rigor e ficar o tempo todo acompanhando o Mercado, além de outras desvantagens que comentaremos mais adiante, como precisar testar durante 10 anos para saber como a estratégia se comportaria durante 10 anos, e não ter como mudar a estratégia e testar novamente, caso se verifique que algo não está bom e pode ser aprimorado.

[1] *Forex é o maior mercado que existe, cerca de 1400 vezes maior do que a Bovespa e 30 vezes maior do que todas as bolsas dos Estados Unidos somadas. O Forex movimenta diariamente 4 trilhões de dólares. Veja mais detalhes em nossa seção “O que é Forex”.*

Quando a pessoa faz um teste manualmente em tempo real e constata que a estratégia não vai bem, isso gera um conflito: seria melhor se manter fiel à estratégia até o final do período de teste? ou seria melhor modificá-la para tentar aprimorá-la?

Se há dinheiro envolvido e a estratégia está causando perdas, a pessoa prefere tentar mudar para minimizar as perdas, mas geralmente acaba tendo perdas igualmente com outra estratégia igualmente ruim, e aborta o teste que serviria para verificar a eficiência da estratégia, antes de finalizar. Como poucos meses ou anos não são suficientes para que uma estratégia dê sinais de ser boa ou ruim, pode acontecer de a pessoa começar a usar uma estratégia ruim, ter resultados bons, iludir-se por algum tempo até que a estratégia comece a ir mal e causar prejuízo, então a pessoa muda a estratégia para outra ruim, que também causa prejuízo, depois muda novamente, e ao final de alguns anos, usou 5 ou 10 estratégias diferentes, com valores diferentes para os parâmetros, não fez registros sistemáticos dos dias, horários e preços de entrada e saída nas operações, nem dos parâmetros que usou em cada estratégia, de modo que nem sequer consegue reconstituir a situação para tentar identificar os erros. Como resultado, além de perder dinheiro, tempo, noites de sono e saúde, no final a pessoa sai com o rabo entre as pernas sem ter aprendido nada, porque nem sequer fez registros sistemáticos que possibilitassem estudar os erros cometidos. Na verdade, mesmo que tivesse feito registros detalhados, a dificuldade para identificar e interpretar os erros é bem grande, e requer um volume considerável de conhecimentos para que se possa chegar a conclusões pertinentes sobre os erros cometidos e sobre como evitá-los.

BACK TEST

Uma maneira melhor para se testar uma estratégia é usando séries históricas de cotações, em vez de operar em tempo real. Deve-se iniciar o teste na primeira data da série e ir exibindo gradualmente o gráfico, avançando na ordem cronológica, como se as cotações estivessem acontecendo em tempo real, e quando a estratégia adotada der sinal de compra, anota-se numa planilha o valor, data, horário e volume. Quando der sinal de fechamento, faz-se o mesmo tipo de anotação. Segue-se fazendo isso até o final da série, e depois verifica-se os registros de ganhos e perdas. Esse método se chama “back test” e é melhor do que o anterior por possibilitar testar, em algumas horas ou dias, o comportamento que teria uma estratégia durante um período de vários anos. Além de poupar muito tempo, outra vantagem que esse método oferece é que quando se constata que alguns detalhes da estratégia podem ser aprimorados, como usar stop um pouco mais longo, ou mais curto, é possível voltar ao início da série histórica e recomençar o teste usando um valor diferente. Não há necessidade de mudar a estratégia durante o teste. Em vez disso, retrocede-se ao início de período e se recomeça o teste com a estratégia modificada, para ver como ela se sairia desde o início, em comparação

à que havia sido testada antes. Assim se pode pelo menos saber se a tentativa de aprimoramento ficou realmente melhor, ou se piorou, ou se ficou indiferente.

Mas isso envolve dificuldades práticas porque requer muita disciplina e algumas habilidades excepcionais, entre as quais a de visualizar precisamente quando um sinal é disparado. O acompanhamento visual do gráfico não é nada fácil de se fazer, e normalmente não se executa corretamente as operações, deixando passar, muitas vezes, pontos de entrada e saída sem que se perceba se o sinal foi disparado. Não se tem o rigor necessário para evitar espiar cotações “futuras” antes de operar, outras vezes acaba-se lembrando de como é a cotação no “futuro” e isso interfere nas decisões e nos resultados do teste. Quando o preço chega quase ao objetivo de lucro e depois cai, a pessoa fecha como se tivesse atingido o objetivo de lucro, quando na verdade a operação poderia ter sido um prejuízo, ou quando uma operação é estopada e logo depois o preço volta a subir, a pessoa tende a ignorar o stop e apenas muda o stop um pouco mais para baixo etc. Tudo isso faz com que o back test realizado manualmente, embora muito superior ao live test, ainda seja distorcido e ineficiente.

BACK TEST AUTOMÁTICO

O back test pode também ser realizado automaticamente, por um programa de computador no qual se introduz a estratégia que se deseja avaliar. Esse programa é o que chamamos de “sistema automático de investimentos”, ou ATS (Automated Trading System). Alguns também usam o termo “Mechanical System” ou “Expert Advisor” (EA). Com o uso de sistemas automáticos, além de garantir rigor na execução, sem atrasos, sem distorções, respeitando exatamente os critérios da estratégia, também se tem a vantagem de que o tempo consumido é muito menor, e se pode usar critérios muito mais elaborados e complexos do que seria possível em análises manuais. Com 4 ou 5 indicadores no mesmo gráfico, já se tem uma poluição visual bem grande, sendo difícil enxergar nitidamente os sinais. Mas o sistema automático pode administrar facilmente o uso de muitos critérios combinados, com dezenas ou centenas de indicadores, inclusive alguns não-visuais. Estas são as vantagens mais básicas e evidentes. Há ainda muitas outras, que comentaremos no decorrer do artigo.

Com o uso de sistemas automáticos, os critérios de compra e venda de uma estratégia são testados e validados em longas séries de cotações de vários anos, em questão de poucos minutos ou segundos. Estes testes possibilitam descartar critérios inapropriados ou estratégias inteiras inapropriadas, bem como refinar e otimizar os critérios apropriados, atribuir valores ótimos para os parâmetros quantitativos e selecionar as classes de parâmetros qualitativos que melhor se harmonizam com a estratégia, de modo a maximizar os lucros, minimizar os riscos e estabilizar as performances.

Cada teste é feito do seguinte modo: primeiro a estratégia é escrita numa linguagem de programação que seja compatível com a plataforma de testes. Depois configura-se o programa com valores para cada parâmetro da estratégia. Então o programa é colocado na plataforma de testes na qual estão os dados de todas as cotações históricas de que se dispõe. O programa vai lendo as cotações na ordem cronológica, como se estivesse operando no mercado real. Se a série começa em 00:00h de 3/1/1999, por exemplo, o programa começa lendo a cotação neste horário^[2], depois segue lendo a cotação de 00:01h de 3/1/1999, depois 00:02h de 3/1/1999 etc. Lê milhares de cotações numa ínfima fração de segundo, e executa os cálculos necessários sempre que lê uma nova cotação, para verificar se com esta nova cotação ocorreu algum sinal para comprar ou vender.

O programa faz isso sem o perigo de “espiar” dados futuros e depois retornar para executar operações como se tivesse conhecimento prévio, evitando um dos problemas que

freqüentemente acontecem com back tests feitos por humanos. Também não tem o perigo de o programa “se lembrar” de como são as cotações futuras e isso interferir em suas operações, como fazem as pessoas. Não há subjetividade, o programa não se emociona, não se cansa, não se estressa, não tem ganância nem medo, não fica impaciente nem ansioso. Simplesmente segue a estratégia, com exatidão. Quando os critérios de compra ou venda são atendidos, ele executa imediatamente a operação correspondente, com frieza e imparcialidade, independentemente de ser lucrativa ou não, registra exatamente data, horário e preço em que ocorreu, e continua lendo as cotações, executando novas operações e registrando os resultados. Quando o teste termina, temos a informação precisa e valiosa de como determinada estratégia teria pontuado em determinado período.

[2] Dependendo dos critérios utilizados, o programa pode necessitar de um histórico progresso de alguns dias, antes de começar a analisar as cotações. Se ele usa um determinado indicador baseado nas cotações dos últimos 20 dias, por exemplo, ele precisa preservar os primeiros 20 dias para obter essa informação, então pula 20 dias a partir de 3/1/1999 e só começa a ler os dados em 23/1/1999.

O programa faz um relatório detalhado, numa tabela com datas, horários e preços, lucro ou prejuízo de cada uma das operações que foram realizadas, além de um cabeçalho com um sumário geral com estatísticas incluindo número total de operações realizadas, porcentagem de operações lucrativas, soma de todos os lucros, soma de todas as perdas, fator de lucro (soma dos lucros dividida pela soma das perdas), balanço final, perda máxima, número máximo de perdas consecutivas, número máximo de ganhos consecutivos, gera um gráfico com evolução da carteira ao longo do tempo, que pode ser ainda comparado com o gráfico da cotação do ativo em que as operações foram realizadas. Para facilitar a análise do resultado, o programa coloca marcas no gráfico das cotações para sinalizar os pontos em que foram abertas e fechadas cada operação, assinala os pontos de stop loss e take profit (que no Brasil alguns chamam de “stop gain”), entre outras informações.

Como resultado, o sistema automático produz um relatório preciso, detalhado, completo, objetivo e imparcial, com informações sobre todas as operações que teriam sido realizadas se determinada estratégia tivesse sido usada em determinado período. Em questão de minutos ou segundos, o programa faz esse tipo de relatório sobre um período de 40 anos de série histórica, proporcionando informações importantíssimas sobre a estratégia que se deseja testar.

Nos vídeos dos links a seguir, podemos ver um back test em “visual mode”, em que o programa vai lendo as cotações dos dados históricos e executando as operações, conforme os critérios da estratégia adotada, ao mesmo tempo em que exhibe a evolução da carteira no gráfico de baixo e as cotações no gráfico de cima, plotando no gráfico de cima os elementos gráficos que representam pontos de entrada, saída, stop etc.:

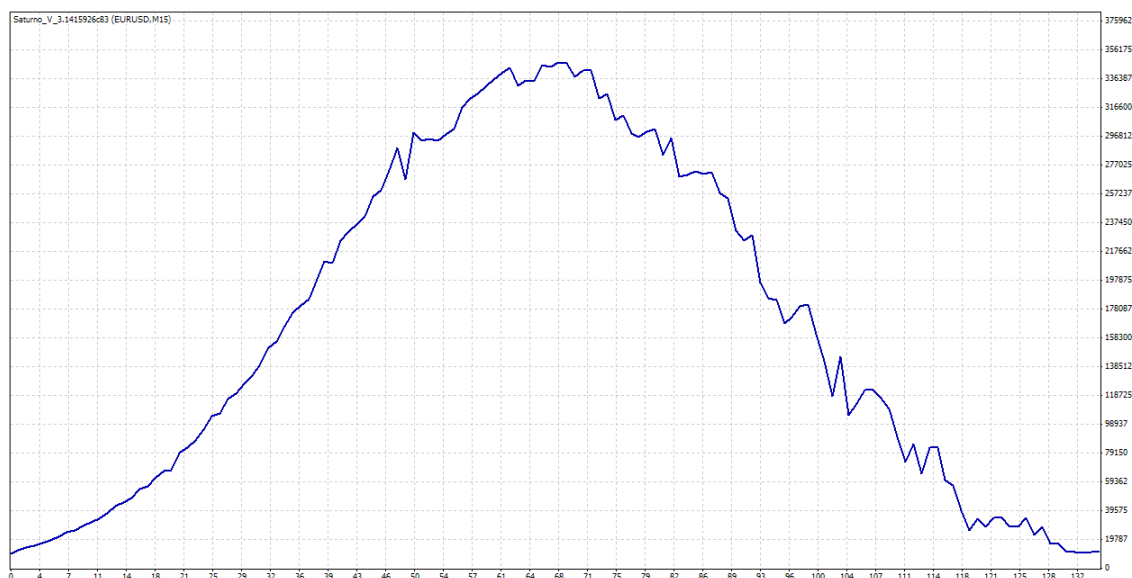
<http://www.saturnov.com/artigos/4-investimentos/135-saturno-v-61-video>

<http://www.saturnov.com/artigos/4-investimentos/141-saturno-v-para-bovespa>

Um back test automático bem conduzido fornece informações riquíssimas sobre como teria sido o resultado de aplicar determinada estratégia em determinado ativo durante determinado período e atribuindo determinados valores aos parâmetros da estratégia. Ao examinar os resultados finais, pode-se verificar se parâmetros estavam com valores apropriados, ou se o resultado poderia melhorar mediante a modificação nos valores de alguns parâmetros. Isso é incomparavelmente melhor, mais científico e mais eficiente do que testar no Mercado real em tempo real, e muito melhor do que testar manualmente.

A possibilidade de se ter controle sobre as variáveis relevantes, para reiniciar o teste com valores diferentes para alguns ou para todos os parâmetros, e então comparar como essas

mudanças afetam o resultado final, é fundamental para levar a cabo qualquer estudo científico sério. O gráfico abaixo mostra o estudo isolado de apenas um dos parâmetros:



O eixo y mostra o balanço que seria alcançado para cada valor do parâmetro, e o eixo x mostra a posição do parâmetro na ordem de testagem (não é o valor do parâmetro). Conforme podemos observar, há praticamente apenas um máximo geral, sem máximos locais relevantes, facilitando a escolha do valor para este parâmetro como sendo o correspondente à posição 69, aproximadamente (é importante esclarecer que não estamos falando de Kamasutra, em que 69 não seria aproximado, mas sim o valor exato da posição). Entre 140 valores diferentes que este parâmetro pode assumir, isto é, entre 140 back tests realizados, cada um dos quais rodando o programa e testando a estratégia ao longo de toda a série histórica com cada um dos 140 valores para este parâmetro mantendo iguais os valores dos demais parâmetros, constatamos que, mantendo os valores dos demais parâmetros, o melhor valor para este parâmetro escolhido para análise é o valor correspondente à posição 69 na lista de valores a serem testados.

O gráfico acima é atípico, e o escolhemos para tornar a exposição do problema mais didática. Na prática real, os gráficos de otimização de um parâmetro isolado apresentam vários máximos locais, e alguns são altamente instáveis. Quando se otimiza vários parâmetros simultaneamente, o gráfico é ainda mais caótico.

Esse tipo de estudo individual de um parâmetro de cada vez é um refinamento final. Nas primeiras fases de testagem, o mais comum é que se varie simultaneamente os valores de todos ou de vários parâmetros em cada back test. Claro que isso dificulta a análise dos resultados, mas para tanto existem diversas ferramentas estatísticas para isolar os efeitos de cada mudança, bem como examinar os efeitos conjugados das mudanças de 2 ou mais parâmetros. Algumas das ferramentas mais comuns são a Análise Fatorial, Análise de Conglomerados e Análise de Componentes Principais. Também é possível usar Wavelets e Redes Neurais, dependendo da situação.

Com algumas centenas de back tests com determinada estratégia, já se consegue perceber se esta estratégia tem alguma chance de sucesso ou se ela é inevitavelmente perdedora. Se for uma estratégia ruim, é descartada e não se perde mais tempo com ela. Se for promissora, os testes prosseguem para que se possa reunir maior quantidade de conjuntos de parâmetros a serem comparados entre si, e tentar encontrar combinações mais bem otimizadas para os valores de cada parâmetro. Com milhares de back tests, se a estratégia for promissora, já se começa a obter alguns resultados bastante atraentes. Geralmente com 10.000 back tests já se

encontra resultados bastante bons, e não adianta muito aumentar para 100.000 ou 1.000.000 de back tests mantendo as mesmas condições, que o resultado final não fica muito melhor do que o obtido com 10.000 back tests. Sendo assim, ao chegar perto dos 10.000 back tests se analisa os resultados, para fazer alterações na estratégia, se necessário, ou nos intervalos de testagem dos parâmetros, ou em quais parâmetros se deseja testar, e repete-se o procedimento com mais 10.000 back tests.

Na prática, mesmo com algumas dezenas de back tests, já se encontra alguns resultados atraentes, porém é necessário reunir alguns milhares de resultados para que se possa avaliar se realmente são bons resultados, em vez de mera sorte.

Isso tudo constitui avanços extraordinários em comparação aos métodos de testagem descritos nos capítulos anteriores, mas ainda estamos apenas na metade do caminho.

FORWARD TEST

Nas operações em tempo real, tanto manuais quanto automáticas, não há como retornar ao início e refazer o teste com valores diferentes para os parâmetros. Isso, por si, já torna os back tests muito mais úteis do que as operações reais. Mas como saber se os testes realizados em dados antigos continuariam produzindo resultados semelhantes nos dados futuros? A resposta é que para isso se faz os forward tests.

Um forward confirmation test ou walk forward test serve para verificar se os valores ótimos encontrados para os parâmetros de uma estratégia durante uma otimização realizada em determinado período continuam funcionando em outros períodos diferentes daquele em que a otimização foi realizada.

Ao testar uma estratégia entre 1990 e 2010, e constatar que ela gera prejuízos, e depois modificar os parâmetros e testar novamente, e verificar que continua causando prejuízos, e alterar os parâmetros novamente, e novamente, e novamente, milhares de vezes, até que finalmente se consegue encontrar alguns poucos conjuntos de parâmetros que deixam o resultado final positivo, será que podemos confiar que este mesmo conjunto de valores altamente específicos para os parâmetros fazerem a estratégia funcionar entre 1990 e 2010 continuariam fazendo a mesma estratégia funcionar em outros períodos? A realização dos forward confirmation test tem como objetivo responder a esse tipo de pergunta.

Assim, a configuração da estratégia precisa passar por duas etapas:

1) A primeira etapa consiste na otimização em determinado período, em que são realizados milhares de back tests com diferentes parâmetros, até encontrar alguns conjuntos de parâmetros que deixem a estratégia positiva naquele período. Além de deixarem a estratégia positiva, os parâmetros precisam cumprir outros requisitos, como produzir perda máxima pequena, estabilidade no crescimento etc.

2) A segunda etapa consiste em verificar se aqueles valores ótimos encontrados para os parâmetros na primeira etapa continuam produzindo lucros, com perda máxima pequena e estabilidade no crescimento, mesmo quando essa estratégia é usada num período diferente daquele em que a estratégia foi otimizada. Se sim, então se pode ter mais confiança em que a otimização encontrou valores realmente bons e universais para os parâmetros, que são válidos em qualquer período cujos cenários mercadológicos não sejam muito destoantes daqueles em que foi feita a otimização e a validação. Caso contrário, pode ser indício de que houve

“overfitting” (ou super-especialização) e os valores encontrados só servem para aquele período específico da primeira etapa, porém são inúteis para outros períodos.

O forward test, portanto, é imprescindível no processo de validação.

OTIMIZAÇÃO

Alguns problemas são demasiado complexos para que se possa encontrar soluções exatas, ou sequer precisas. Para tais problemas, o melhor que se pode fazer é otimizar as soluções, buscando maximizar o resultado, sem no entanto ter segurança de que o resultado máximo alcançado seja de fato o máximo possível.

Freqüentemente a quantidade de valores diferentes a serem testados nos parâmetros de uma estratégia de investimentos é muito maior do que os números com que se está habituado no cotidiano, excedendo o patamar dos trilhões, quatrilhões, quintilhões...

Por exemplo: se temos 5 parâmetros que podem assumir 100 valores diferentes cada, a testagem de todos os valores possíveis para cada parâmetro requer 100^5 testes ($100 \times 100 \times 100 \times 100 \times 100 = 10.000.000.000$), ou 10 bilhões de testes. Se fossem 10 parâmetros, em vez de 5, com 100 valores possíveis para cada parâmetro, o número seria 100^{10} , ($100.000.000.000.000.000.000$) ou 100 quintilhões de testes. Isso torna impraticável testar todos os valores possíveis, porque mesmo os computadores sendo muito velozes, cada um dos testes já envolve uma quantidade imensa de dados.

Um cálculo rápido pode nos proporcionar uma idéia aproximada: um dia tem 1440 minutos, um ano tem 252 dias úteis, então um histórico de 10 anos tem $10 \times 252 \times 1440$ minutos, ou 3.628.800 minutos, que coincidentemente é dez fatorial ($10! = 3.628.800$). São 3,6 milhões de minutos, ou 3,6 milhões de candles num gráfico. O Excel 2003 possui apenas 65.536 linhas e O Excel 2007 possui apenas 1.048.576 linhas, portanto menos de 1/3 do necessário para que se pudesse tentar analisar estes dados no Excel 2007. Claro que seria possível usar 4 colunas para as datas, outras 4 para os horários e 16 colunas para as cotações OHLC, mas usar a mesma variável em colunas diferentes torna a análise bem menos prática. Em cada minuto ocorre, em média, 7,6 operações, portanto são 27 milhões de ticks a serem considerados. A cada tick o programa precisa fazer cálculos e aplicar os critérios para verificar se é necessário realizar alguma operação.

Ao realizar apenas 1 back test, o programa precisa examinar estes 27 milhões de ticks. Na verdade, 34 milhões de ticks, porque nossa base de ticks tem 12,6 anos. Por isso um único back test demora alguns minutos, mesmo num computador rápido. Sendo assim, para fazer 10 bilhões de back tests, ou seja, para testar 10 bilhões de configurações diferentes para os parâmetros, com um back test para cada configuração, o tempo necessário seria de alguns bilhões de minutos ou milhares de anos. Isso se fossem apenas 5 parâmetros a serem otimizados. Com 10 parâmetros, o tempo necessário seria milhares de vezes maior do que a idade hipotética do Universo observável, calculada com base nos modelos de Friedman-Lamaître para o Big Bang.

Na prática, não precisamos testar todos os valores possíveis para cada parâmetro para descobrir quais valores tornariam a performance suficientemente boa. Depois de alguns testes iniciais, constatamos que os valores para determinados parâmetros produzem resultados ruins, enquanto outros produzem resultados bons. Constatamos que pequenas mudanças nos valores de alguns parâmetros afetam significativamente o resultado final, ao passo que outros parâmetros podem ser alterados dentro de um largo espectro sem que o resultado final sofra

mudança significativa. Constatamos que à medida que os valores de determinado parâmetro aumentam, a performance diminui, e à medida que os valores de outro parâmetro aumentam, a performance também aumenta. Então se vai compreendendo como os valores dos parâmetros influem no resultado final, como os parâmetros influem uns nos outros, como se harmonizam, se complementam, se anulam, se compensam, se equilibram etc.

Com 10 ou 20 back tests não se consegue compreender quase nada, mas com 10.000 se consegue uma matriz de correlações bastante útil de como os valores dos parâmetros conspiram para melhorar ou piorar o resultado final do balanço, do drawdown, do profit factor etc. Desse modo, não há necessidade de testar trilhões, quatrilhões ou quintilhões de possibilidades, bastando 1.000 a 10.000 back tests para se ter boas chances de que os melhores valores encontrados para os parâmetros produzam uma performance quase tão boa quanto se usasse os melhores valores possíveis. Isso tudo também não precisa ser realizado manualmente. Para isso existem os algoritmos genéticos.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Um algoritmo genético tenta simular o processo de Evolução por Seleção Natural, não necessariamente da mesma maneira descrita por Darwin, mas com algumas semelhanças. Cada conjunto de parâmetros representa um genótipo ou um indivíduo, cada parâmetro individual representa um gene, cada grupo de indivíduos é uma geração etc. Desse modo, são testados valores para os parâmetros e depois se verifica a performance alcançada, em comparação com a performance obtida por outros genótipos. Por analogia, quanto maior o score alcançado na variável que se deseja otimizar, melhor é a adaptação do indivíduo ao ambiente.

Quando eu era criança, com cerca de 10 anos, havia um brinquedo da Estrela chamado “Merlin”, em que o objetivo era descobrir um número com vários algarismos. O brinquedo me foi apresentado pelo amigo Ronaldo, que tinha mais ou menos a mesma idade que eu, e me explicou que o jogo consistia em tentar adivinhar números. Era possível escolher o nível de dificuldade, sendo a dificuldade definida pelo tamanho do número. Ele disse que os números precisavam ter no máximo 4 ou 5 algarismos, senão era impossível acertar. Eu fiz conforme ele recomendou e constatei que quando “chutava” um número, o brinquedo informava quantos algarismos estavam certos e na posição certa e quantos estavam certos porém na posição errada. Assim pude resolver muito rápido e muito fácil, e na segunda tentativa eu escolhi o número máximo, que se não me engano era com 12 algarismos. Ele disse que era impossível, que ninguém que ele conhecia nunca tinha resolvido com mais de 6 algarismos, e mesmo assim levou vários dias para resolver com 6 algarismos. Mas como eu achava que havia deduzido um método, quis testar, e em alguns minutos encontrei a solução com 12 algarismos. Ele disse que foi sorte. Então eu fiz de novo com outro número com o máximo de algarismos e acertei novamente em poucos minutos. O método que deduzi é semelhante, em alguns aspectos, ao que fazem os algoritmos genéticos. O fato de eu ter na época 10 anos, ou pouco menos, não me confere nenhum mérito especial, porque é algo relativamente simples de deduzir.

Se fosse chutar números sem critério, seriam necessárias 10 trilhões de tentativas para acertar um número com 12 algarismos. Se fizesse uma tentativa por segundo, seriam 10 trilhões de segundos, de modo que se passasse 24 horas por dia fazendo exclusivamente isso, se um ano tem 31.556.000 segundos, levaria 300.000 anos para encontrar a solução. Mas há outras maneiras de resolver, em vez de ficar chutando números sem qualquer critério. O método que deduzi era algo como usar 000000000000 e verificar quantos números estavam certos e na posição certa (obviamente nenhum poderia estar certo e na posição errada). Se fosse nenhum,

nas próximas tentativas eu não voltaria a usar 0. Digamos que fosse 2. Então faria uma tentativa do tipo 11111111100. Se o brinquedo dissesse que há 2 em posições erradas, eu saberia que não tem nenhum 1 na solução e que os 00 não estão naquela posição. Então testaria 22222220022. E assim por diante. O método é complexo de descrever, mas fácil de deduzir e de entender o princípio básico. Os exemplos que citei do início do processo já ajudam a entender como funciona. Meu método na época não era o melhor, nem o mais rápido, mas era um dos mais fáceis de aplicar e de deduzir de improviso.

Para compreender melhor o processo, vamos considerar dois casos mais simples e mais didáticos: suponha que você é médico e precisa tratar de um paciente que tem duas doenças, sendo que o medicamento usado no tratamento de uma das doenças agrava os sintomas da outra e vice-versa, exceto se as doses forem acima ou abaixo de determinados limites que variam de pessoa para pessoa, e você precisa descobrir estes limites sem matar o paciente durante os testes. Você também não sabe se os limites superior e inferior de dosagens são abertos ou se são intervalos limitados (assintóticos), e se exceder os limites desses intervalos, os efeitos também serão nocivos ou até letais. Você só vai descobrindo essas coisas à medida que vai testando, observando os resultados, mudando as dosagens, observando os novos efeitos que a mudança produz etc. Duas variáveis interdependentes são mais ou menos assim, com a diferença que no caso de sistemas de investimentos são dezenas de variáveis interdependentes que precisam ser calibradas conjuntamente. Outra diferença é que no caso do paciente, se busca uma solução personalizada para ele, mas nos back tests não se quer uma solução personalizada para um período, mas sim que sirva para o período testado e para todos os demais períodos.

Para lidar com isso, usa-se um algoritmo genético, que é uma ferramenta estatística capaz de fazer inteligentemente uma série de testes $T_1, T_2, T_3... T_n$, em que cada teste é formulado com base no resultado dos testes anteriores. Um exemplo bem básico: uma pessoa pensa em um número entre 0 e 1.000.000 e precisamos descobrir em que número ela pensou, sendo que cada vez que damos um palpite, a pessoa apenas responde se o valor correto é maior ou menor do que o valor que “chutamos”. Um método de “força bruta” para resolver esse problema é ir chutando aleatoriamente, ou em série crescente, todos os números entre possíveis de 1 a 1.000.000. Isso deve chegar ao valor certo depois de 1.000.000 de tentativas. Mas há como chegar ao valor correto, com certeza, com apenas 20 tentativas, desde que se use um método apropriado, em vez de chutar aleatoriamente:

- 1) Começamos chutando o valor médio: 500.000, e recebemos o feedback se o valor é maior ou menor que 500.000.
- 2) Se o feedback diz que é maior, chutamos o valor médio entre 500.000 e 1.000.000 na segunda tentativa, ou seja, 750.000. Se a pessoa diz que é menor que 500.000, chuta-se o valor médio entre 500.000 e 0 na segunda tentativa, ou seja, 250.000.
- 3) Ao receber o novo feedback, repete-se o procedimento, e o novo chute pode ser 125.000, ou 375.000, ou 625.000 ou 875.000, dependendo de quais tenham sido os feedback anteriores.

Nossa segunda tentativa fica condicionada ao feedback que recebemos do primeiro chute. A terceira fica condicionada aos feedback das duas primeiras, e assim por diante. Na pior das hipóteses, se não acertarmos por sorte em nenhum dos chutes, então depois de repetir esse procedimento 20 vezes (depois de dividir 1.000.000 ao meio 20 vezes), chegamos a um valor único, que é o número escolhido pela pessoa. Isso é possível porque $2^{20} = 1.048.576$, portanto maior que 1.000.000, logo se dividir 1.000.000 ao meio 20 vezes, chega-se a um valor único. Se tivéssemos que acertar um entre 20.000.000 de números, seria preciso 25 tentativas. Se fosse um entre 100 números, bastariam 7 tentativas.

Esse é um método básico para acelerar convergência para um parâmetro simples que não tenha vários máximos locais e/ou vários mínimos locais. No caso dos back tests para otimização de um sistema de investimentos, há várias dificuldades adicionais, para começar porque não há limites para os valores. Também não se está buscando um valor para cada parâmetro que produza um resultado final específico na variável a ser otimizada (geralmente o balanço da carteira), mas sim o valor máximo possível para o balanço, ou para o fator de lucro, ou o mínimo para o drawdown etc. E não se muda apenas 1 parâmetro de cada vez. São vários parâmetros a serem mudados de cada vez, e se analisa como essas mudanças influem no resultado, para decidir quais parâmetros serão alterados na tentativa seguinte, e quais os tamanhos das mudanças a serem testadas em cada parâmetro. A cada etapa, avalia-se o impacto causado pelo tamanho da mudança em cada parâmetro sobre o resultado final que se deseja maximizar ou minimizar, bem como se avalia como os valores de alguns parâmetros interferem na determinação dos valores ótimos para os demais parâmetros. Não se consegue, por exemplo, otimizar um parâmetro separadamente, até encontrar o melhor valor, depois outro parâmetro separado e assim por diante, porque depois que se altera um deles, o valor que era ótimo para o outro deixa de ser ótimo. É preciso otimizar todos (ou vários) simultaneamente.

Há ferramentas matemáticas para acelerar a convergência nos valores dos parâmetros, como Newton-Raphson e Gauss-Newton, que podem ser úteis em alguns casos, mas não em todos. Numa função sem tangente, como ocorre com curvas fractais e pseudofractais, Newton-Raphson não é aplicável diretamente, embora possa ser adaptado para a tangente à média móvel do fractal, em vez do próprio fractal, entre outros recursos. Enfim, quando a quantidade de possibilidades a serem testadas é tremendamente grande, existem meios de se testar uma quantidade relativamente pequena de valores e se chegar a um resultado com altas probabilidades de ser um dos melhores possíveis. E o que faz um algoritmo genético é isso: testa seletivamente diversas possibilidades, escolhendo criteriosamente quais possibilidades convém continuar a testar com base nos resultados dos testes anteriores. Assim é possível realizar 10.000 a 20.000 back tests e ter mais de 70% de probabilidade de encontrar 10% dos 100 melhores valores possíveis para os parâmetros, entre um total de 9,22 quintilhões de possibilidades de valores que os parâmetros poderiam assumir. Se isso fosse feito aleatoriamente, sem critérios apropriados, as probabilidades cairiam de 70% para 0,00000000000001%.

Também no Xadrez, a quantidade de lances possíveis, considerando alguns lances à frente, é muitíssimo maior do que a capacidade de análise dos computadores, mesmo assim os melhores programas usam heurísticas requintadas que permitem calcular 10 ou até 15 lances à frente em poucos segundos, sendo que para examinar todas as possibilidades por meio de “força bruta” (isto é, sem heurística) teriam que considerar algo como 30^{15} possibilidades, ou 14.348.907.000.000.000.000.000 (14 sextilhões, 348 quintilhões, 907 quatrilhões) de possibilidades. Um computador analisando cerca de 10.000.000 de lances por segundo, levaria 45 milhões de anos para calcular 15 lances à frente numa posição típica de meio-jogo. Em vez disso, usando boas heurísticas, fazem o mesmo cálculo em alguns segundos, e acertam o cálculo na maioria das vezes. Embora o conceito de algoritmo se oponha (etimologicamente) ao de heurística, na prática há inclusive casos de heurísticas para melhorar o desempenho de algoritmos genéticos. Além disso, são ferramentas com finalidades semelhantes que tendem a se combinar para a obtenção de melhores resultados.

VALIDAÇÃO

Depois de analisar as cotações em busca de padrões, conceber várias estratégias, testá-las, selecionar as mais promissoras, otimizá-las, ainda resta validar a estratégia e validar a configuração. Há tantas maneiras diferentes de se fazer isso, e em algumas situações há

Também convém comentar que em 2006 e 2007 examinamos e testamos cerca de 2.000 sistemas automáticos de outros autores, disponíveis em sites como MetaQuotes e outros, e nenhum deles chegou sequer perto dos critérios em que o Melao_Tendencia 1.2 foi aprovado na época. O Melao_Tendencia 1.2, mesmo não atendendo aos nossos padrões atuais, é de longe muito superior aos outros sistemas. E os critérios que adotávamos para validação em 2007 não eram frouxos, mas sim os critérios atuais que são extremamente rigorosos.

Comparando o Saturno V 6.26 com o Guinho 2009 (superior ao Guinho 2008), o Guinho 2009 precisa ser otimizado em pelo menos 1/5 da base para ficar positivo na base inteira, e em apenas 3 entre 10 dos períodos testados foram encontrados para os parâmetros valores que se mantiveram bons no restante da base. Ainda assim, as performances são boas, e a probabilidade de ocorrerem por acaso é cerca de 0,0046%, portanto há 99,9954% de probabilidade de que ele de fato funcione. É bom, certamente, mas nem de longe se compara ao Saturno V 6.26 ou mesmo ao 6.1. O Melao_Tendencia 1.2 não passaria de 90% em nenhum teste de validação e não seria aprovado pelos atuais critérios que adotamos. Na época do Melao_Tendencia, as bases de que dispúnhamos eram menores e piores, de modo que para o material que tínhamos para testar e validar, e outros sistemas com os quais ele podia ser comparado, ele se sobressaía. Para nossos padrões de hoje, ele seria reprovado.

Também testamos os principais sistemas que ficaram entre os primeiros classificados de competições como “Automated Trading Championship”. No caso de Phoenix 4 e 5, por exemplo, um dos melhores, só funciona durante poucos meses e em condições muito específicas. A maioria dos outros sistemas perde na maior parte do tempo, e em alguns períodos específicos ficam positivos, tendo obtido boa classificação na competição, que dura apenas 3 meses, simplesmente por sorte de que justamente naquele período as condições lhes foram favoráveis, e entre centenas de sistemas, alguns aleatoriamente acabam tendo a sorte de operar em cenários que os privilegia. Basta conferir que nenhum dos campeões em determinado ano se saiu bem nos anos seguintes ou anteriores, para confirmar que os primeiros classificados foram invariavelmente beneficiados pela sorte. Isso é esperado, porque são sistemas despreziosamente criados à base da brincadeira, sem o mínimo rigor científico na concepção, desenvolvimento, testagem, validações etc. Se fossem realmente bons, os autores não enviariam gratuitamente cópias aos organizadores destas competições, nem os disponibilizariam gratuitamente para download, nem venderiam por \$100, ou \$1000, ou algo assim. Um sistema capaz de produzir consistentemente 15% ao ano durante 20 anos vale alguns bilhões de dólares. Basta “demonstrar” com suficiente rigor a um grupo de especialistas capacitados, indicados por banqueiros para avaliar o caso, especialistas que possam entender a demonstração e opinar sobre o tema, para que um banco suficientemente monetarizado se interesse pela aquisição do produto.

Se somar todos os estudos que vi publicados sobre todos os outros sistemas de investimentos, não chega à quantidade de estudos publicados sobre o Saturno V, e não se trata apenas da quantidade, mas principalmente da qualidade, da originalidade e do rigor, que fazem do Saturno V um caso singular.

Além da validação da estratégia, também é necessário validar a configuração específica a ser usada. A validação da configuração depende também da validação da estratégia. Se a estratégia não tiver sido validada, nenhuma configuração possível pode ser validada para aquela estratégia. Se a estratégia foi validada com uma confiabilidade de 99,95%, nenhuma configuração possível poderá ser validada com confiabilidade acima de 99,95%, pois mesmo que a configuração fosse a melhor possível, ela estaria sujeita ao risco de 0,05% de que a estratégia não funcione.

Assim como a validação da estratégia, há muitas maneiras diferentes de se validar uma configuração. O que se espera de uma boa configuração é que ela produza ganhos consistentes e uniformes ao longo do tempo, tenha monotonicidade crescente quando a base é discretizada em intervalos de 1/10 ou menos, que haja forte correlação positiva entre logaritmo do lucro acumulado e tempo transcorrido, que haja homogeneidade nos resultados em diferentes períodos, que as correlações de desempenhos medidos em períodos diferentes sejam positivas e fortes, a divisão da média aritmética dos lucros anuais pelo máximo drawdown relativo dividido pela raiz quadrado do período medido em anos deve ser maior que 1,0 e preferencialmente maior que 1,5. Há outras características relevantes que consideramos, mas estas são algumas das mais importantes e mais simples de explicar. A seguir, comentaremos cada uma delas.

Se for considerar os critérios de validação usados para o Saturno V 6, nenhuma das versões anteriores conseguiria ser aprovada. Se relaxasse um pouco os critérios, as versões 3.1415926c, 3.03 e 4.02 seriam aprovadas. Os critérios citados acima, em termos quantitativos, assumiriam os seguintes valores:

O coeficiente alfa de Cronbach (que é uma medida de homogeneidade) entre os períodos agrupados numa matriz quadrada ou quase quadrada deve ser acima de 0,8. O mesmo se aplica ao Split-Half com correção de Spearman-Brown, Kuder-Richardson e Guttman-Flanagan. Na versão 6.26, várias configurações ficam acima de 0,85 e algumas acima de 0,9. O mesmo se aplica à maioria das versões 6.1 em diante. A homogeneidade na performance informa muita coisa sobre a estratégia e sobre a configuração, como a estabilidade a longo prazo, a probabilidade de ficar parte do tempo negativo, a similaridade entre diferentes períodos, sendo também útil na validação da estratégia quando o histórico de cotações é muito curto para se dividir a base em várias partes, então se pode fazer a otimização na base inteira e verificar se todos os períodos são semelhantes entre si ou se a maior parte dos ganhos se deve a um período específico, ficando ruim na maioria dos outros períodos. Nesse segundo caso seria indício de overfitting em locais específicos da base de dados. Esse tipo de procedimento só é aceitável quando a estratégia está validada.

A correlação produto-momento de Pearson entre o tempo transcorrido e o logaritmo do lucro acumulado, fica acima de 0,9 em todas as melhores configurações do Saturno V, e em algumas chega a mais de 0,95. Se ponderar a correlação pelo inverso do tempo retroativo, ou se ponderar pelo tempo transcorrido, geralmente a correlação fica ainda mais forte. A correlação entre o logaritmo do balanço e o tempo serve para medir quão semelhante é o crescimento em comparação a uma curva exponencial. Como o crescimento médio é com porcentagens compostas, havendo quantidade suficientemente grande de operações para suavizar as oscilações de ganhos e perdas, idealmente espera-se que seja quase exponencial. Ao logaritmizar os lucros, a curva exponencial se transforma numa reta, assim como o fluxo do tempo, e o cálculo do coeficiente de correlação linear produto-momento de Pearson passa a ser aplicável com mais propriedade. Seria melhor se o tempo tivesse distribuição normal, em vez de uniforme, mas isso não chega a afetar o resultado. Também se pode medir, a título de curiosidade, a correlação ordinal de Spearman, e encontra-se valores freqüentemente maiores do que a correlação de Pearson, reforçando a confiança no resultado. A correlação de Spearman não é sensível aos tamanhos dos lucros, mas apenas se houve lucro ou perda em cada período e se o balanço está crescendo, ou não, conforme o tempo passa, sem levar em conta quanto está crescendo. Por isso é mais útil usar a correlação de Pearson.

O critério de monotonicidade crescente é um pouco mais difícil de atender, e algumas configurações do Saturno V 6 não passam por este crivo. O que significa motonocidade crescente? Significa apenas que a curva é sempre crescente. A versão 3.1415926c atende a esse quesito entre 1999 e 2008 mesmo sem discretizar a base, porém de 2009 em diante ela já

deixa de atender porque sofre duas perdas em 2009. Discretizar a base é dividir em intervalos, em vez de contar o tempo como uma variável contínua. Por exemplo: entre 3900 operações de uma das melhores configurações da versão 6.15 do Saturno, algumas operações são negativas, bem como alguns meses são negativos, e até mesmo 1 ano é negativo, num total de 12 anos. Se todos os 12 anos fossem positivos, então ela atenderia ao quesito de monotonicidade crescente com discretização da base em intervalos de 1/12.

Uma das configurações da versão 6.1, com 7 anos negativos num total de 39,6 anos, atende ao critério, porque embora tenha 7 anos negativos, e $7/39,6$ seja maior que $1/10$, ao discretizar a base em períodos de $1/10$, isto é, de 4 em 4 anos, nenhum destes intervalos de 4 anos termina negativo. Isso também não é o mesmo que não ter 4 anos negativos consecutivos. Podem não ocorrer 4 anos negativos consecutivos, e mesmo assim um período de 4 anos terminar negativo porque a soma dos ganhos com a soma das perdas naquele período foi negativa. O período mais longo que o Saturno V 6.1 fica negativo é 3,4 anos, entre um total de 39,6 anos. Não é tão bom quanto gostaríamos, mas é o melhor que temos, por enquanto. E com exceção de Buffett e Soros, é melhor que outras alternativas de que temos conhecimento neste quesito. Em contrapartida, no quesito rentabilidade, o Saturno V já bate em Buffett e Soros.

O critério da monotonicidade crescente tem sido o mais difícil de atender, e é justamente uma das características mais desejáveis para curto prazo. Ficar 10% do tempo negativo não parece tão ruim, mas quando se considera um período de 40 anos, pensar em ficar 4 anos negativo é péssimo, mesmo que, computando perdas e ganhos, se ganhe em média 40% ao ano. Ficar positivo 90% do tempo é muito bom, ou mesmo 80%, desde que estes 10% ou 20% de tempo negativo não se concentrem num mesmo período consecutivo. As versões 4.x e 5.x ficam mal 9 meses, desde 18/12/2009 até agosto de 14/8/2010, e isso já causou um grande mal-estar. Nos back tests elas já se mostravam meio “apertadas” entre 2006 e 2008, porém foram excelentes em 2009 e antes de 2006. A escolha com base no desempenho nos bons momentos não foi apropriada. A escolha deve ser com base no desempenho nos piores momentos. Se mesmo nos piores momentos o sistema se sair razoavelmente, então é muito bom.

Nosso objetivo é que as próximas versões tenham monotonicidade crescente em discretizações de $1/100$ da base, mas ainda não chegamos a esse nível. Soros e Buffett também não chegaram a esse nível, mas eles já estão melhores do que $1/20$, enquanto nós ainda estamos em $1/10$ a $1/15$, dependendo da configuração. Nossos próximos passos serão no sentido de melhorar neste quesito.

O critério que envolve o lucro médio anual (La) dividido pela raiz quadrada do período (P), em anos, multiplicada pelo máximo drawdown relativo (dd), é também um dos mais importantes porque esta diretamente relacionado ao risco, ou mais precisamente a proporção entre risco e recompensa. Para efeito de comparação, no caso do Índice Dow Jones entre 1885 e 2010, o máximo drawdown relativo foi 89% e o lucro anual médio foi 7,1%. Assim o DJI teria score 0,89 nesse critério. Se dolarizar o IBOV entre 1993 e 2010, o score fica semelhante a 1,0. Se considerar a Microsoft de 1987 a 2010, o score é 1,59. No caso do Saturno V 6.1 e posteriores, o score varia de 3 a 5, dependendo da configuração, portanto muito melhor do que a relação risco/recompensa de se investir na Microsoft desde 1987 e ficar com ela se valorizando no período áureo que levou Gates a se tornar o homem mais rico do mundo.

O que podemos inferir disso é que o Saturno V 6.1 ao 6.26 batem em qualquer alternativa oferecida pelo Mercado no quesito alta rentabilidade com baixo risco a longo prazo. Porém o Saturno V ainda perde no quesito “uniformidade no crescimento” quando comparado a Buffett e Soros. Para investidores com paciência, o resultado com o Saturno V a longo prazo é melhor que o dos fundos de Buffett ou Soros, e os riscos do Saturno não são maiores. Porém para

quem espera por resultados em períodos mais curtos, a uniformidade no crescimento dos fundos de Buffett e Soros são superiores ao Saturno, por enquanto.

É importante esclarecer que além dos critérios de nossa própria autoria para avaliar risco e relação risco/recompensa, há vários outros que são primários e ruins, como o popular Índice Sharpe e similares. Se aplicar o Índice Sharpe no caso do Saturno V 6.1, obtém-se valores altíssimos, porém inúteis para medir a eficiência, o risco, a performance ou qualquer outra propriedade relevante. A título de curiosidade, em nossa página de entrada citamos o Índice Sharpe para uma das configurações do Saturno V 6.1, tomando como referência diferentes benchmarks. Temos dois artigos no site em que discutimos alguns dos problemas com o Índice Sharpe, que podem ser acessados nos links abaixo:

<http://www.saturnov.com/artigos/4-investimentos/23-sharpe>

<http://www.saturnov.com/artigos/4-investimentos/67-mais-problemas-com-indice-de-sharpe>

Além dos problemas citados neste artigo, há outros. Não faz muito sentido ficar analisando as falhas nestes índices. É mais produtivo interpretar o que deve ser medido e desenvolver ferramentas mais apropriadas para cumprir essa função. E a medida do máximo drawdown relativo é uma das melhores medidas de risco, por informar o tamanho real, não-paramétrico, da maior perda esperada num determinado intervalo de tempo. O Índice de Sharpe estima o tamanho médio das perdas esperadas com base na hipótese implícita de que as perdas se distribuem normalmente, o que não é real e se pode confirmar facilmente com testes de hipótese apropriados, como Shapiro-Wilk ou Anderson-Darling. Além disso, o Índice de Sharpe não oferece nenhuma informação sobre o risco de ruína ou sobre a perda máxima esperada num determinado período. Como resultado, muitos fundos que apresentam altos Índices de Sharpe durante algum tempo, acabam falindo abruptamente.

Uma medida pior que o Índice de Sharpe é a simples comparação entre um fundo e um benchmark, como IBOV ou CDI. A CVM estabelece critérios desse tipo para medir performance dos fundos, em que se faz apenas a comparação com um benchmark. Se o fundo ganha mais que o IBOV, é bom, caso contrário é ruim. O que o Índice de Sharpe propõe é que não é tão importante qual das alternativas gera mais lucro, mas sim a proporção entre o lucro e a volatilidade. Este princípio é parcialmente correto. Um investimento que oscila loucamente e termina com 15% de lucro é pior que outro que oscila estreitamente e termina com 10%. Isso porque a probabilidade de o primeiro ter uma grande oscilação negativa e ficar zerado é muito maior.

O que o Índice de Sharpe propõe é que o desvio-padrão nas oscilações seja uniforme, assim se um fundo A oscila com desvio-padrão de 10% e tem lucro de 15% ao ano, enquanto um fundo B oscila com desvio-padrão de 20% e tem lucro de 20% ao ano, o primeiro fundo é melhor, porque o risco nele poderia ser aumentado de modo a ter aproximadamente 30% de lucro com desvio-padrão (risco) igual ao do outro, isto é, 20%. A idéia é razoável e tem algum fundamento, mas na prática não é aplicável por diversos motivos, sendo um deles o fato de que os desvios-padrão não são uniformes, então uma tentativa de dobrar o risco para dobrar a rentabilidade, com base nos resultados de um período específico, pode produzir efeitos indesejáveis num período diferente.

A medida de máximo drawdown mostra-se mais estável em diferentes períodos, bem como é mais útil para estimar risco de ruína num determinado prazo ou a perda máxima que se pode esperar num determinado prazo.

NÍVEIS DE RISCO

É comum os bancos apresentarem aos clientes classificações nominais de níveis de risco, tais como “baixo risco”, “risco moderado”, “alto risco”, ou ainda “investimento conservador”, “investimento arrojado” etc.

O que significam estes níveis de risco? O “baixo risco” de um banco significa o mesmo que o “baixo risco” de outro banco? Até onde sei, não existe um critério unificado e apropriado para essa nomenclatura, de modo que cada banco acaba usando o nome que bem entende para classificar seus níveis de risco, e essa informação acaba sendo inútil para auxiliar o cliente em sua escolha.

Qualquer informação sobre o nível de risco deveria estar associada à probabilidade de ruína dentro de um determinado prazo, ou a perda máxima prevista dentro de determinado prazo. Por exemplo: nível de risco 20% poderia significar que há 50% de probabilidade de ocorrer um máximo drawdown de até 20% nos próximos 10 anos. Isso geralmente significa também um risco de 50% de ocorrer um máximo drawdown de 28% nos próximos 20 anos ou 40% nos próximos 40 anos. Se o movimento do Mercado é em grande parte browniano, o máximo drawdown esperado num determinado período é proporcional à raiz quadrada daquele período. Se o período é 9 vezes maior, espera-se um máximo drawdown cerca de 3 vezes maior, pois raiz quadrada de 9 é 3. Se o período é 4 vezes maior, espera-se um máximo drawdown cerca de 2 vezes maior, e assim por diante (na verdade não é bem isso, mas serve como uma aproximação simplificada didática. Quem tiver interesse, pode ler a maneira correta em nossos artigos). Este tipo de informação ajuda o cliente a escolher o investimento com base na rentabilidade que gostaria de obter e na perda máxima que estaria disposto a suportar.

Outra maneira de expressar o nível de risco seria por meio da probabilidade de ruína. Algo como: 7% de probabilidade de ruína em 5 anos ou 10% de probabilidade de ruína em 10 anos. Além de mais informativa, essa maneira de expressar o risco é objetiva e permite comparações entre as alternativas de uma mesma instituição bancária ou com produtos de investimento de outras instituições financeiras.

Mas para que os fundos pudessem apresentar esse tipo de cálculo, seria necessário que tivessem um histórico suficientemente longo, uma distribuição de oscilações suficientemente aderente a uma distribuição normal para que as oscilações da carteira também pudessem ser tratadas como um movimento browniano, e principalmente precisariam estar dispostos a mostrar com transparência o risco real de o cliente aplicar no tal fundo. Na prática, além de os fundos geralmente falirem em cerca de 3 anos, as oscilações não são brownianas. É raro encontrar num banco um fundo que tenha mais de 3 anos, o que é particularmente notório em bancos que existem há décadas ou séculos. Seria muito atraente exibirem um fundo que tivesse mais de 100 anos, com rentabilidades consistentes acima de 10% ao ano. Se não exibem esse tipo de informação, é porque não existem tais fundos. A maioria das aplicações em renda variável é quase prejuízo garantido em menos de 10 anos, e muitas vezes em menos de 5 anos. Somente Soros tem seu fundo desde 1969 e Buffett desde 1957.

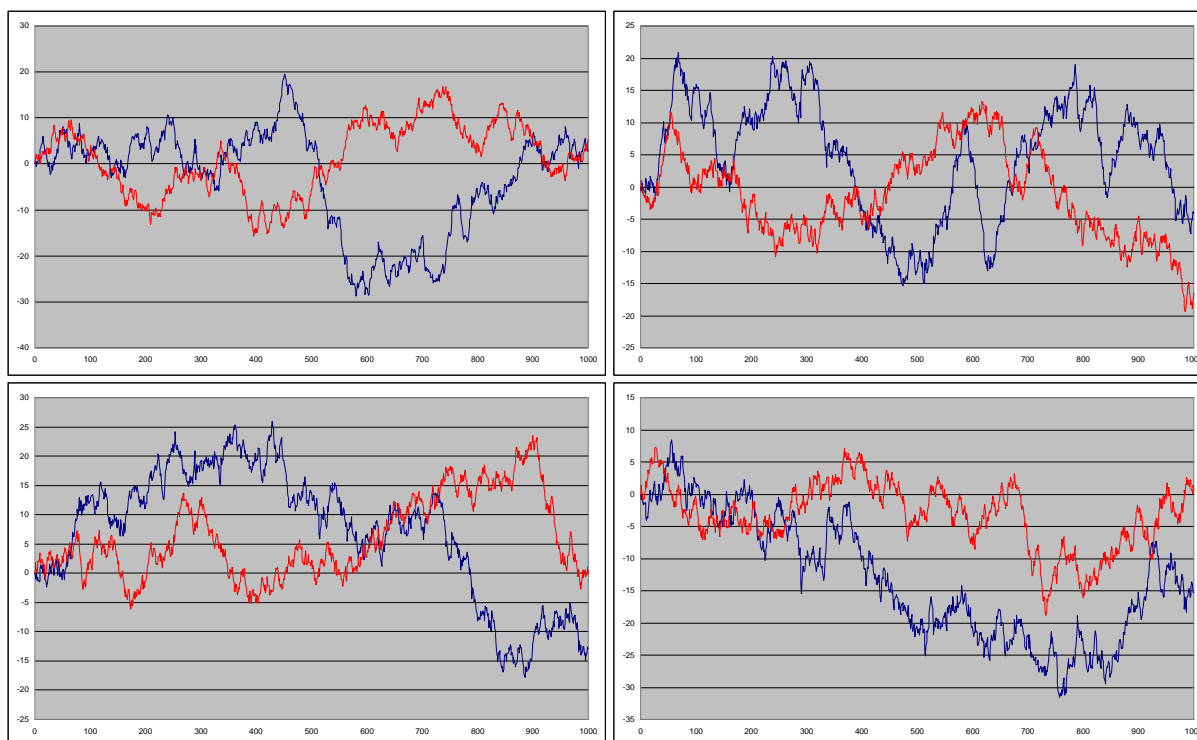
MOVIMENTO BROWNIANO

O artigo de Einstein mais citado nos artigos de outros autores não é sobre Teoria da Relatividade, que o celebrou como um dos maiores gênios da História, nem sobre o Efeito Fotoelétrico, que lhe valeu o prêmio Nobel de Física em 1921. O artigo mais citado de Einstein versa sobre o movimento Browniano. Se pesquisar em dicionários antigos, do início do século XX, pela palavra “átomo”, podemos encontrar como definição que se trata de uma “partícula

hipotética que seria o constituinte fundamental da matéria”. Atualmente os átomos não são tratados como “partículas hipotéticas”, mas sim como entidades reais, em grande parte graças aos trabalhos de Einstein, Weiner, Brown e outros relacionados a este tipo de processo, em que uma pequena partícula suspensa num fluido é empurrada aleatoriamente por diversas moléculas que colidem com ela, desenvolvendo uma trajetória que se conhece como “Movimento Browniano”. Um grão de poeira sobre a água, por exemplo, tem um trajeto com propriedades de movimento browniano sobre uma superfície 2D, ou uma partícula de fuligem no ar, tem trajetória com propriedades de movimento browniano num espaço 3D. As cotações no Mercado Financeiro representadas no eixo y , enquanto o eixo x representa o tempo, também se comporta aproximadamente como o movimento browniano em 1D.

Nos casos das partículas, há alguns fatores a se considerar, como as bordas do recipiente, ou a superfície do solo e objetos próximos, turbulências na atmosfera ou no líquido, gradiente de pressão variando com a altitude, vetor da aceleração gravitacional, entre outros, que interferem no movimento. Um movimento browniano ideal deveria ser causado exclusivamente pela colisão com as partículas do fluido. Mesmo assim, ainda há inércia nas partículas que se movem, enquanto no processo de Weiner não se representa esse efeito.

O movimento browniano não é um movimento aleatório qualquer. É um movimento com algumas propriedades específicas. Por exemplo: um white noise com amplitude média m e dispersão s não é um movimento browniano, embora seja incorretamente usado pela MetaQuotes para preencher candles com ticks artificiais. Um movimento simulado no Excel, usando a função “Aleatório()” para gerar números pseudoaleatórios k_1, k_2, k_n entre 0 e 1, partindo de 0 e somando k_i quando k_i é maior que 0,5 ou subtraindo quando k_i é menor que 0,5, se produz um movimento que não é browniano. Usando duas colunas de pseudoaleatórios, A e B, colocando os k_i na coluna A, e m_i na coluna B, e quando m_i for maior que 0,5 somar k_i , ou quando m_i for menor que 0,5 subtrair k_i , ainda não é um movimento browniano, embora seja visualmente muito semelhante. Abaixo temos 4 exemplos de movimentos brownianos e outros 4 gerados conforme descrito acima:



Quais as 4 curvas que representam movimentos brownianos? As vermelhas ou azuis? Embora sejam extremamente semelhantes na maioria dos aspectos, há alguns sinais nos gráficos da

primeira linha que ajudam a reconhecer a curva azul como sendo um movimento browniano. O movimento da curva vermelha não é browniano porque a distribuição nos valores de k_i é uniforme e assintótica, mas no movimento browniano a distribuição deveria ser normal, portanto sem assíntotas, e esse detalhe compromete diversas propriedades que se espera encontrar num movimento browniano verdadeiro. Observando atentamente, podemos perceber que os movimentos mais longos no gráfico azul são mais longos que os mais longos do gráfico vermelho. Os tamanhos dos movimentos são praticamente iguais e a dispersão média em ambos também, porém a heteroscedasticidade (ou a dispersão na dispersão) no azul é sensivelmente maior. Poderíamos fazer ainda com 3 colunas, A, B, C, D com aleatórios a_i , b_i , c_i , d_i , e gerar um movimento tal que quando a_i e b_i são maiores que 0,5, soma-se c_i e d_i . Quando ambos são menores que 0,5, subtrai-se c_i e d_i . Quando a_i ou b_i é maior que 0,5 e o outro não, então soma-se c_i ou d_i e subtrai-se o outro. Isso deixaria o movimento mais difícil de diferenciar de um browniano, mas ainda não seria um browniano.

As cotações do Mercado também não apresentam todas as propriedades de um movimento browniano, ou vice-versa, mas várias propriedades são iguais em ambos, porque o movimento browniano é frequentemente representado por um processo de Weiner, que é um caso particular do processo de Lévy, e as cotações reais também quase poderiam ser outro caso particular do processo de Lévy, assim compartilham algumas propriedades, permitindo que se use o mesmo modelo (processo de Weiner) do movimento browniano para descrever algumas características do Mercado. Isso não pode ser feito indiscriminadamente. Só é aplicável quando as propriedades do modelo são iguais às do Mercado dentro dos limites do que se pode medir. O processo de Weiner não é muito apropriado nem sequer para representar o movimento browniano, inclusive há diversos artigos com erros nesse sentido, em que são tratados indistintamente, ou em que se interpreta incorretamente algumas diferenças.

Por exemplo: no processo de Weiner o ponto que representa a partícula suspensa no fluido não tem inércia, enquanto a partícula real do movimento browniano tem massa e, portanto, inércia. Alguns autores entendem essa inércia das partículas como uma tendência a manter o movimento em determinada direção, o que é incorreto. Quando uma partícula está se movendo em determinada direção a certa velocidade, e recebe o impacto de uma molécula do fluido que se move na mesma direção porém a uma velocidade menor, isso REDUZ a velocidade da partícula, em vez de aumenta-la, portanto, se metade das colisões são numa direção e metade na direção oposta, e as velocidades das moléculas do fluido se distribuem normalmente, então quando a partícula suspensa está em movimento, menos da metade das moléculas colisoras estarão na mesma direção e a velocidades superiores à da partícula suspensa, portanto menos colisões contribuirão para aumentar a velocidade e mais colisões contribuirão para diminuir a velocidade. Isso significa que a interpretação que é apresentada em alguns artigos não está apenas errada, como ainda é contrária à interpretação correta.

Não é nosso interesse ensinar a desenvolver sistemas para concorrer com o nosso, por isso não vamos descrever as diferenças relevantes entre movimento browniano real, processo de Weiner e os movimentos das cotações no Mercado. O exemplo acima não tem utilidade para uma melhor interpretação do Mercado, por isso o escolhemos para ilustrar a situação. Podemos ainda falar um pouco sobre o caso mais geral do processo de Lévy, e fazer mais algumas comparações para mostrar que são 2 fenômenos (cotações e movimento browniano) e 2 modelos (processos de Weiner e Lévy) distintos.

PROCESSO DE LEVY

Um processo de Levy é definido como um processo estocástico no tempo contínuo, com incrementos estacionários independentes e que admite modificações de càdlàg. O processo de

Weiner tem todas as propriedades de um processo de Lévy, ao passo que os movimentos das cotações no Mercado apresentam algumas propriedades que não se enquadram na definição do processo de Lévy, e outras que se enquadram. O mesmo acontece com o movimento browniano. Entre o processo de Weiner e o movimento browniano, o segundo é mais semelhante ao do Mercado real nas características relevantes para fins práticos. Por isso, para diversas finalidades, se pode tratar as cotações como um movimento browniano. A precificação de opções por meio do uso de Black & Scholes, por exemplo, parte da premissa que os movimentos dos preços são um processo de Weiner, embora não sejam. Quando um processo de Weiner não é uma representação apropriada e um movimento browniano também não possibilita uma analogia apropriada, como nos casos de desmembramentos ou agrupamentos de ações, ainda seria possível representar as cotações com o processo de Lévy, com modificações de càdlàg, como no caso abaixo, para representar o split na Vale5:



Isso não é prático, sendo mais conveniente desfazer os splits e agrupamentos nas cotações antes de trabalhar com os dados.

Antes de prosseguir, convém esclarecer que na acepção da definição do processo de Lévy, o termo “estocástico” é empregado para representar “aleatório” com mais ênfase, diferentemente de outras situações nas quais o termo “estocástico” serve para representar processos parcialmente aleatórios e parcialmente determinísticos. Nenhum destes casos tem qualquer relação com termo “estocástico” usado para nomear um indicador de Análise Técnica.

Nos casos de splits, conforme vimos, ainda se pode usar processos de Lévy como representações apropriadas, mas há características no movimento dos preços que não são representáveis por processos de Lévy. Uma destas características está relacionada à independência dos incrementos. No Mercado real, os incrementos são complexamente interdependentes, o que provoca movimentos de tendência. No Mercado real os incrementos também não são necessariamente estacionários, dependendo do contexto em que são considerados. Se se levar em conta que a inflação altera continuamente as proporções dos pares de instrumentos financeiros cotados, como EUR/USD ou VALE5/BRL, e que a inflação não é igual em diferentes períodos, então os incrementos mais antigos vão se tornando menores em comparação aos mais recentes, e toda a forma anterior do movimento se comporta como se estivesse mudando continuamente. No processo de Lévy, quando se soma ou subtrai 0,01 no final do gráfico, o valor deste 0,01 é igual ao de um 0,01 no início do gráfico, mas nos casos das cotação não. O 0,01 no final do gráfico geralmente representa menos do que o 0,01 no início do gráfico, podendo algumas vezes ser o contrário.

No processo de Lévy, se o tempo é contínuo e cada movimento é determinado por um pequenino segmento de reta, significa que tal movimento ocorreu a uma velocidade infinita,

caso contrário seriam curvas suaves, em lugar segmentos de reta. Isso elimina qualquer paralelo entre o processo de Lévy com o mundo físico, já que a única maneira de ter esses pequenos segmentos de reta seria se fossem produzidos por táquions com energia cinética tendendo a zero. Táquions são partículas hipotéticas que viajariam a velocidades superiores à da luz no vácuo, e para não violar a Teoria da Relatividade, eles precisariam estar sempre acima da velocidade da luz, entre $c+\epsilon$ e ∞ , sendo a energia cinética menor se tanto maior fosse a velocidade, ao contrário do que ocorre para objetos a velocidades subluminais. Enfim, em nosso cotidiano não há nenhum registro desse tipo de evento supraluminal, exceto um registro isolado de radiação Cherenkov muito rápida que foi interpretada como um feixe de táquions na década de 1970, mas não houve outros registros para confirmação, logo não há, a rigor, aplicação do processo de Lévy devido a esse aspecto.

Além disso, há certas premissas implícitas na definição do processo de Lévy, como a ortonormalidade do espaço em que o movimento ocorre. No movimento real do Mercado, como a inflação não é uniforme ao longo do tempo, isso tem o efeito de redimensionar os eixos em cada região, e como as cotações são discretas ao nível de pipetes, centavos ou pontos, entre outros motivos, não há garantia de transformações isométricas, já que nas cotações todas as proporções entre cotações são necessariamente representadas como números racionais, mas ao tentar transformações isométricas pode ocorrer de algumas não serem representáveis na forma p/q sendo p e q inteiros. A impossibilidade de algumas transformações isométricas não tem muita importância na prática, sendo mero preciosismo conceitual. Mas há diferenças entre o processo de Lévy e o movimento real do mercado com profundas implicações práticas e que também impedem que se use o processo de Lévy para modelar as cotações.

Portanto nem o caso particular do processo de Weiner, nem o caso mais geral do processo de Lévy, seriam formalmente representativos dos movimentos das cotações nem do movimento browniano. Mas em condições específicas podem ser usados com excelente aproximação para representar certas particularidades do movimento browniano, e em outras situações para representar certas particularidades do movimento das cotações.