

Aplicando a Teoria das Ciências Naturais nos Mercados Financeiros

Em nossa última carta, escrevemos sobre como evoluiu a teoria convencional sobre os riscos dos mercados. Também chegamos a discutir a influência das emoções nas decisões de investimentos, citando contribuições da psicologia e neurociência, que questionam o postulado da racionalidade perfeita dos agentes econômicos na tomada de decisão em determinados tipos de situações. Nesta carta vamos abordar como a contribuição de outras ciências, no caso, ciências naturais como a Física e a Biologia, estão gradualmente tendo influências sobre o mundo da Economia e Finanças. Não existe até o presente momento uma teoria unificada sobre as questões que serão abordadas nesta carta, mas mesmo assim, apresentaremos e discutiremos idéias que já permitem derivar *insights* interessantes relacionando o que acontece na natureza com o funcionamento da economia e dos mercados.

Muitas destas idéias representam, de alguma maneira, um rompimento com relação às teorias tradicionais das Ciências Econômicas e das Finanças, mas, apesar da nossa formação tradicional fundamentalista, que inclusive nos ajuda a reconhecer os pontos falhos da teoria convencional, acreditamos na importância de se manter uma mente aberta assumindo uma postura de questionamento, principalmente em situações-limite onde esta teoria tradicional tem dificuldade em lidar.

Na primeira seção da carta escrevemos sobre terremotos e avalanches e relacionamos estes fenômenos aos funcionamentos dos mercados. Na segunda seção vamos falar sobre a economia e os mercados quando vistos sob a ótica da teoria do caos e da complexidade. Na terceira seção falaremos sobre a influência da Biologia no entendimento dos mercados. Na última seção vamos ver como as questões apresentadas nas seções anteriores podem nos ajudar a pensar sobre a atual crise das hipotecas subprime nos EUA que jogou a economia americana numa recessão com conseqüências ainda incertas sobre o resto do mundo e os mercados financeiros.

Cisnes Negros, Abalos Sísmicos, Montes de Areia e os Mercados Financeiros.

A teoria convencional das finanças tem dificuldades para explicar inúmeras ocorrências práticas. Um caso clássico é a segunda-feira negra em 19 de outubro de 1987, quando o índice S&P500 da bolsa americana caiu 20 % em um dia. Nassim Taleb em seu mais recente livro, *O Cisne Negro*, retoma o problema da indução levantado pelo filósofo Karl Popper sobre a impropriedade de se tirar conclusões de fatos e experiências. O exemplo mais conhecido do problema da indução é que acreditar que todo cisne é branco, porque nunca se encontrou um cisne negro. Desta maneira o autor critica o fato dos investidores extrapolar para frente os acontecimentos e tendências do passado sustentando que os investidores dão pouca importância à possibilidade de eventos

extremos. Nesse sentido, um evento como a segunda-feira negra é considerado um "cisne negro", ou seja, algo totalmente inesperado.

Na natureza, catástrofes como terremotos são considerados eventos extremos e curiosamente, quando os mercados sofrem fortes perdas repentinas, costuma-se usar a metáfora de que os mercados passaram por um terremoto. De fato, pesquisas recentes sobre abalos sísmicos indicam que esta metáfora realmente procede.

Na teoria tradicional das finanças, o conceito de eficiência de mercado significa que os preços refletem completamente todas as informações disponíveis, portanto os preços se movem ao sabor de novas notícias que são aleatórias e, portanto as mudanças de preços podem ser modeladas segundo um passeio aleatório com distribuição gaussiana. Os agentes, arbitrando as oportunidades, garantem que preço e fundamentos caminhem lado a lado. Não existe espaço para lucrar com estratégias de análise técnica, já que padrões de preços passados não importam para o futuro.

Na prática percebe-se que geralmente a volatilidade e a magnitude dos movimentos dos preços é maior do que aquelas que as notícias justificariam. Mais do que um passeio aleatório, os movimentos do mercado acionário se assemelham a terremotos. Em se tratando de terremotos, apesar de sabermos que são causados por movimentos das placas tectônicas na crosta terrestre, não existem ciclos, sinais ou quaisquer fatores que possam indicar a proximidade da ocorrência.

Eles simplesmente acontecem. Não existe uma intensidade típica média para terremotos. A intensidade dos terremotos não segue uma distribuição de probabilidades Gaussiana em forma de sino, mas sim uma Lei de Potência. Esta lei de potência caracteriza-se por gerar eventos pequenos em maior quantidade, mas com poucos eventos de grandes proporções. É um tipo de distribuição de probabilidade em que a ocorrência de eventos extremos é bem mais provável do que na distribuição Gaussiana. No caso específico da segunda-feira negra, se o mercado se movesse segundo um passeio aleatório com variações de preços gaussianas, a probabilidade da ocorrência seria de 10-148! Já se fosse modelado como uma Lei de Potência, sua probabilidade seria de 10-5, ou seja, uma grande chance de ocorrer uma vez para cada período de 100 anos.

Em seu livro sobre catástrofes naturais, Mark Buchanam cita o estudo de três físicos Bak, Tang e Wisenfeld sobre o comportamento de sistemas dinâmicos em desequilíbrio. Eles simularam em computador a brincadeira de empilhar grãos de areia e chegaram à noção de Estado Crítico. Os físicos se perguntaram, primeiramente, qual era o tamanho de uma

avalanche típica? Eles então descobriram que não existe avalanche típica. Poderia-se observar desde alguns poucos grãos rolando para baixo como a total destruição do monte de areia.

Quando os físicos resolveram mapear o experimento colorindo as áreas mais inclinadas com vermelho e as áreas mais planas com verde perceberam que conforme o monte de areia vai crescendo forma-se uma rede de instabilidade de áreas vermelhas. Grãos adicionais direcionados para estas áreas poderiam, dependendo de como as áreas se conectavam, detonar uma pequena avalanche, ou uma avalanche de grandes proporções. O que faz uma avalanche ser maior do que outra não tem nada a ver com sua causa original ou alguma situação específica na pilha de areia.

O Estado Crítico seria então aquele ponto em que o sistema está extremamente instável, que, no caso do exemplo do monte de areia, ocorre quando o sistema está prestes a produzir uma avalanche de grandes proporções faltando para isso que apenas um único grão de areia a detone. Podemos então estender o conceito de estado crítico para o mundo econômico. É bastante comum nos depararmos com situações e desequilíbrios insustentáveis, mas que acabam perdurando por bastante tempo. Por algum motivo, estes desequilíbrios acabam se configurando e a instabilidade vai se acumulando até atingir o ponto do estado crítico em que mudanças profundas e abruptas acontecem, muitas vezes sem um gatilho específico. A formação e o estouro de bolhas nos preços dos ativos financeiros, tão freqüente no passado recente conforme evidenciado pela bolha de tecnologia no final dos anos noventa e a bolha imobiliária que se seguiu, se enquadram neste tipo de raciocínio.

Caos, Complexidade, Economia e os Mercados.

Sistemas instáveis remetem à literatura da física moderna sobre Teoria do Caos e Sistemas Complexos. A aplicação de caos e complexidade na economia é um campo relativamente recente. A evolução tecnológica, em particular, a capacidade computacional de trabalhar com métodos numéricos e simulações foi o ingrediente que faltava para o campo deslançar. A teoria do caos e complexidade tem origem no estudo da meteorologia. No início dos anos sessenta, Edward Lorenz manipulando um sistema de equações que deveria prever o comportamento da atmosfera, digitou como atalho um número menor de casas decimais numa das variáveis do sistema e obteve resultados finais completamente diferentes. Este resultado ficou marcado pela célebre frase em palestra anos mais tarde com o título – *Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?* O que ficou conhecido como efeito-borboleta.

Em linhas gerais um sistema caótico complexo pode ser caracterizado por algumas propriedades básicas como Não-Linearidade ou sensibilidade às condições iniciais, Interconectividade, Emergência e retro-alimentação. A não-linearidade decorre da forma matemática que descreve a evolução do sistema incluindo multiplicação entre variáveis ou potências. Na prática poderíamos dizer que esta não linearidade implica respostas não proporcionais a choques, ou seja, o sistema fica bastante sensível a pequenas

mudanças. A interconectividade é a ligação entre diferentes elementos do sistema. A Emergência nada mais é do que o conjunto de propriedades que aparecem como resultado do funcionamento do sistema. A retro-alimentação refere-se ao fato de os “outputs” que “emergem” do sistema num período servem como “inputs” em períodos posteriores.

A Interconectividade é uma característica marcante de sistemas sociais. Para exemplificar isto, em 1967, o psicólogo Stanley Milgram decidiu fazer uma experiência. Ele enviou cartas para pessoas no estado do Kansas e Nebraska com instruções de que estas cartas deveriam ser re-enviadas para destinatários em Boston. O Destinatário era identificado apenas pelo nome, profissão e uma região aproximada.

Os participantes deveriam enviar a carta para a primeira pessoa que eles pensassem que poderia conhecer o destinatário final. Esta pessoa, por sua vez iria repassá-la para outra pessoa que julgasse que poderia conhecer o destinatário final e assim por diante. O resultado foi que a grande maioria das cartas chegou corretamente ao destinatário e a mediana do número de conexões foi de seis pessoas.

E quanto ao sistema econômico e os mercados? A Economia e os mercados financeiros podem ser vistos como um grande sistema em que os agentes com motivações diferentes interagem e o comportamento os preços relativos seria então uma das propriedades emergentes do funcionamento do sistema.

A questão da influência de um agente sobre o outro é muito importante. A idéia de que os indivíduos podem ser influenciados diretamente pelo comportamento dos outros é bastante poderosa. Em 1999, Lux and Marchesi publicaram na revista *Nature* um artigo no qual modelaram o mercado financeiro da seguinte forma: três tipos básicos de agentes – Fundamentalistas, Otimistas e Pessimistas. Os fundamentalistas compram ações que consideram baratas frente ao seu valor intrínseco que varia suavemente e vendem aquelas que consideram caras. Os otimistas compram acreditando que os preços das ações vão subir enquanto que os pessimistas, ao contrário, vendem acreditando que os preços vão cair. Mas os pesquisadores incluem um componente fundamental: A cada momento, cada agente tem uma pequena chance de mudar de opinião. Se o número de otimistas superar o de pessimistas a opinião é a de que os mercados vão continuar subindo. Como as pessoas são influenciadas pela opinião das outras, é mais provável que mais agentes se tornem otimistas. Da mesma forma, quando os mercados caem por algum tempo alguns otimistas podem se tornar pessimistas ou fundamentalistas.

Desta forma, é possível gerar flutuações de preços muito maiores do que aquelas dos fundamentos, assim como ocorre no mundo real. A maneira como a rede de agentes se organiza é tal que um pequeno desequilíbrio para uma direção, por exemplo para o otimismo, pode gerar preços persistentemente em alta, espalhando otimismo para mais agentes e desta maneira o desequilíbrio vai crescendo e se acumulando, até que eventualmente ele se reverte. Alguns fundamentalistas podem achar que as ações estão absurdamente caras e vendê-

las detonado uma pequena queda nos preços. Repentinamente alguns agentes podem tornar-se pessimistas e os preços caem mais.

Ou seja, a maneira como os mercados se organizam, o "mood" dos agentes, influenciando uns aos outros com retroalimentação é tal que o estado crítico que vimos na seção anterior emerge endógenamente como uma característica do sistema. As simulações dos pesquisadores mostram que com hipóteses simples, eles conseguiram reproduzir movimentos estatisticamente similares aos dos mercados financeiros, inclusive a possibilidade de um movimento de queda de 20% em um dia. A distribuição de probabilidade dos preços gerados pela simulação segue uma lei de potência, e os movimentos abruptos de maior magnitude ocorrem uma vez que o Estado Crítico é atingido.

Biologia, Adaptação e Evolução e os Mercados Financeiros.

Em fins de 1859, Charles Darwin publicou a Origem das Espécies e propôs o conceito de evolução das espécies através da Seleção Natural. A seleção natural é o processo pelo qual as características hereditárias favoráveis das espécies tornam-se mais comuns em gerações futuras enquanto que aquelas menos favoráveis tendem a desaparecer. Para melhor descrever o comportamento dos mercados, um grupo de cientistas tem simulado modelos baseados nos agentes que utilizam diferentes estratégias. Estes cientistas fazem uma analogia com a Biologia Evolucionária onde estas diferentes estratégias podem ser vistas como "espécies".

Estes modelos sustentam que em situações de extrema complexidade, os agentes não usam estritamente a dedução racional e lógica, mas sim, e principalmente, a indução, que inclui, entre outras coisas suas experiências anteriores. Esta nova forma de tomar decisão em situações complexas podemos denominar de "racionalidade indutiva". Racionalidade indutiva inclui reconhecimento de padrões, modelos internos particulares etc. Nesse sentido, os agentes são heterogêneos já que se baseiam em diferentes estratégias para a tomada de decisão.

Em particular, no caso dos mercados financeiros, os agentes-investidores tentam antecipar o comportamento dos preços e, portanto têm que formar expectativas sobre as expectativas dos demais agentes. Esta questão foi levantada por Keynes e depois por George Soros que cunhou o termo "princípio da reflexividade" para descrever este fenômeno. Brian Arthur, um dos pais dos modelos evolucionários baseados no agente com racionalidade indutiva chama os mercados financeiros de "Ecossistemas de Expectativas". Vamos explicar melhor o porquê.

Brian Arthur conduziu em 1996 uma simulação do mercado de ações em que agentes heterogêneos, que continuamente adaptam suas expectativas quanto ao mercado cujo comportamento é o resultado agregado que estas expectativas geram. Estes cientistas fizeram então uma analogia com a Biologia em que existe ecologia não de espécies, mas sim de estratégias. A lucratividade em usar determinado tipo de estratégia depende da composição da "população" de outras

estratégias. Um conjunto de estratégias podem ser competidoras, outras complementares que se reforçam mutuamente. Portanto, uma dinâmica é criada em que combinações particulares de estratégias poderiam criar padrões ou estruturas de mercado as quais poderiam mudar o comportamento de outros agentes enquanto buscam explorar oportunidades que estes padrões geram, que por sua vez poderiam causar outros agentes a reagir e assim por diante.

Ou seja, o padrão de preços que emerge dos mercados é completamente determinado pela dinâmica da interação entre os agentes. Alguns investidores podem ter lucro por um tempo, novos investidores podem entrar e alocar mais capital onde existem oportunidades, enquanto que outros investidores sairão do mercado quando sua estratégia falhar. Inclusive, estes modelos justificam na racionalidade indutiva, a existência de estratégias técnicas (como a análise gráfica) que existe na prática, mas a teoria convencional dos mercados eficientes nega que poderiam gerar lucros consistentes. Este tipo de estratégia poderia sim gerar lucros consistentes, dependendo da dinâmica populacional que vai evoluindo no sistema.

Doyne Farmer em Forças de Mercado, Ecologia e Evolução, desenvolve um modelo mais simples com apenas poucos tipos de agentes: Fundamentalistas, cujo comportamento já vimos no modelo de Lux e Marchesi, Agentes Técnicos cujas estratégias dependem dos padrões de preços, *Market Maker*, o agente que compra e vende os ativos, como um corretor que existe no mundo real. O valor intrínseco das ações seguiria um passeio aleatório gaussiano. Farmer experimentou diversas combinações de estratégias para os agentes técnicos e mostrou que os preços que "emergem" do sistema seguem características bastante reais inclusive com movimentos de volatilidade concentrada, isto é, períodos em que a volatilidade nos mercados é baixa, alternada com regimes de volatilidade mais alta, que irrompe repentinamente.

Neste artigo, Farmer constrói uma tabela de analogia entre Biologia Evolucionária e Mercados Financeiros cujas principais

Ecologia Biológica	Ecologia Financeira
Espécies	Estratégias
Organismo Individual	Gestores
Genótipo*	Representação da Estratégia
Fenótipo*	Ações geradas pelas estratégias
População	Capital
Ambiente externo	Preços e outras informações que servem como "inputs"
Seleção	Alocação de capital
Mutação	Criação de novas estratégias

* Fenótipo é o conjunto de características visíveis de um indivíduo como cor dos olhos, tipo de cabelo e etc. que são a expressão do genótipo, o conjunto do material genético do indivíduo.

Os mercados seriam eficientes?

Segundo esta nova visão evolucionista do mercado, os mercados não são eficientes no conceito da teoria tradicional que discutimos anteriormente, mas sim um ecossistema de diferentes estratégias competitivas que evoluem ao longo do tempo. Os mercados de fato são estruturas bastante poderosas

de processamento de informações, ou seja, são “eficientes” em processar informações e evoluir, mas não no sentido das finanças tradicionais. Os investidores estariam sempre atuando em seu próprio benefício, mas nem sempre seriam racionais.

Num ponto de vista mais amplo, a teoria evolucionária dos mercados explica que à medida que a tecnologia da informação avança, abre-se ainda mais o espaço de possíveis estratégias de investimento e desta maneira nós assistimos ao dramático aumento do número dos chamados Hedge-Funds que podem usar vários tipos de instrumentos financeiros para lucrar com mercados em alta e em baixa usando variadas estratégias.

A crise do Subprime: Como um calote de uma hipoteca imobiliária na Flórida pode levar a uma forte desvalorização da moeda da Islândia?

As sementes da atual crise das hipotecas subprime, foram lançadas no início desta década. Após o estouro da bolha das ações das empresas de tecnologia, os juros baixos combinados à inovações no mercado de crédito e derivativos geraram um boom de crédito imobiliário. O aparecimento de hipotecas com taxas ajustáveis (ARM) em que a taxa que o mutuário paga é fixa e baixa nos primeiros anos do empréstimo sendo ajustada a taxas flutuantes num período futuro, foi um importante componente para manter o fluxo de crédito abundante mesmo após o FED ter começado a subir a taxa de juros em 2004. O ambiente de ampla liquidez global que produzia juros baixos na renda fixa aumentou a busca por retornos superiores.

Neste ambiente, a securitização destes empréstimos imobiliários ao “empacotar” créditos de diferentes perfis de risco, produzia retornos prometidos superiores aos da renda fixa, com um risco percebido como baixo. Estes derivativos lastreados em hipotecas eram então vendidos para investidores de diferentes perfis, não apenas americanos como também, poupadores de outras partes do mundo e muitos destes instrumentos foram parar em balanços de bancos e outras instituições financeiras, além de Hedge-Funds.

Desta forma, a oferta de crédito imobiliário aumentava a demanda as vendas e a construção de residências e os preços desta subiam gerando riqueza para o consumidor americano que gastava toda a sua renda disponível (poupança próxima de zero). O sistema funcionava numa só direção com uma retro-alimentação positiva entre preços de residências mais altos e endividamentos lastreados num ativo que só se valorizava. Assistimos então a proliferação de originadores, securitizadores e vendedores de hipotecas num processo que gerou desequilíbrios em grande escala.

Todas as opiniões contidas nesta carta representam nosso julgamento até esta data e podem mudar sem aviso prévio, a qualquer momento. Este material tem caráter meramente informativo, não devendo ser considerado uma oferta de venda de nossos serviços.

Eventualmente, o Estado Crítico emergiu. Os preços das residências atingiram o pico em meados de 2005, mas os desequilíbrios seguiram se acumulando. Quais foram os grãos de areia? Bem, na última semana de julho deste ano dois fundos de investimentos em derivativos de hipotecas imobiliárias, muito alavancados, do Bear Sterns sofreram fortes perdas com o aumento das taxas de inadimplência. Mas, conforme vimos acima, uma vez que o Estado Crítico é atingido, a natureza dos eventos detonadores da avalanche importa pouco.

A partir daí seguiu-se um forte aumento da aversão ao risco com o grau de incerteza gerado pela interconexão do sistema que espalhou o crédito duvidoso por diversas e respeitadas instituições financeiras não restritas aos EUA. Uma onda de desalavancagem de bancos, emprestadores, hedge-funds etc. varre o sistema financeiro desde agosto de 2007. Partes do mercado de crédito nos EUA pararam de funcionar, e inúmeras instituições financeiras divulgaram perdas com a marcação a mercado de ativos de alguma forma atrelados a hipotecas. A confiança do consumidor está abalada, o mercado de trabalho está se deteriorando num padrão consistente com uma recessão em curso. No início da crise, muitos analistas desdenhavam o potencial de perdas argumentando que a parcela de hipoteca subprime ajustável, era proporcionalmente pequena com relação ao mercado de crédito como um todo. O que estes analistas não levaram em consideração era justamente a questão da contaminação.

A desalavancagem e escalada da aversão ao risco expôs os agentes mais debilitados. O próprio Bear Sterns foi vítima da crise. Em Março de 2008 assistimos a uma corrida contra a moeda da Islândia que chegou a se desvalorizar mais de 20% e obrigou o Banco Central a subir os juros agressivamente. A Islândia mantinha, até então impunemente, um déficit em transações correntes de proporções estratosféricas.

Enfim, a estrutura da economia e dos mercados, com a interação constante entre os diversos agentes cujo comportamento influencia uns aos outros numa complexa teia de conexões, pode ser visto como um Sistema Dinâmico nos moldes daqueles que a Teoria do Caos estuda, com evolução e adaptação característico de ecossistemas biológicos. Acreditamos que tanto as questões que tratamos nesta carta quanto aquelas sobre as Finanças Comportamentais que tratamos na carta anterior desafiam o *status quo* da teoria tradicional, mas é desta forma que o conhecimento e a ciência evoluem e devemos estar sempre atentos para incorporar novas ferramentas em nosso processo decisório que nos ajudem a navegar em tempos de mares turbulentos como o atual. ■