

# 1

## Introdução

*Toda aquela queda repentina de 500 pontos – as ações, intrinsecamente, não valiam um tostão a menos depois da queda do que antes. Portanto, tudo consistia na diferença de percepção e de disposição para pagar da próxima pessoa.*

Alexander Elder, Trading for a Living.

### 1.1

#### Mercado de Ações

Mercado de Ações é o sistema através do qual as ações de empresas são negociadas. Em um mercado de ações os investidores, que podem ser pessoas físicas ou grandes corporações, negociam comprando e vendendo títulos através de Bolsas de Valores, que são instituições financeiras responsáveis em viabilizar aos investidores a infra-estrutura necessária de *operação*.

Os investidores do mercado financeiro tem como único objetivo aumentar o seu capital, comprando ações a preços baixos e vendendo-as com preço mais alto. Todo o processo de negociação é portanto baseado no valor do preço das ações. Nesse contexto é importante entender como são formados os preços. Existem três grupos de investidores: compradores, vendedores e indecisos. Os compradores admitem um preço máximo de compra (*ask*) e os vendedores um preço mínimo de venda (*bid*). Compradores e vendedores tem objetivos opostos. Os vendedores querem maximizar o valor de suas ações e os compradores minimizar o pagamento pelas mesmas. O preço de mercado da ação é determinado por um balanço entre a oferta total (ordens de venda) e a demanda total (ordens de compra). A princípio, se não houver faixa de preço compatível com as propostas de compra e venda ( $ask < bid$ ), não haverá negociação e não havendo negociação não há nova formulação do preço do ativo baseado no preço acordado. Por outro lado, os negociadores não podem permanecer totalmente irredutíveis em relação às suas propostas originais, caso contrário, agentes indecisos quanto ao preço justo do título podem entrar em cena fechando o negócio com um dos lados, e fazendo com que eventualmente o outro lado tenha perdido uma boa oportunidade de negociação. Assim, a presença de indivíduos indecisos aumenta a ansiedade

dos vendedores e compradores para chegar a um acordo com a outra parte e efetivar a negociação.

É interessante observar que, dado que as informações disponíveis no mercado sobre os ativos são públicas, deveria se esperar que todos os investidores tivessem a mesma posição quanto ao movimento dos preços e que colocassem as mesmas ordens de compra (ou venda). Na verdade, os agentes do mercado tem diferentes expectativas quanto ao movimento futuro dos preços devido a estas informações serem em grande parte parciais ou imperfeitas, levando a diferentes interpretações e à diversidade de processamento das mesmas.

O valor dos preços das ações nos mercados é resultado da atuação de um grande número de agentes e organizações que negociam entre si tentando otimizar suas posições. Estas negociações não cessam jamais. Os agentes financeiros estão distribuídos ao redor do globo pelos diversos tipos de mercados existentes.

Hoje, devido aos avanços tecnológicos é possível negociar ações de quase qualquer parte do mundo, com nova cotação de preços em intervalos de até poucos segundos. Dessa forma os mercados mundiais estão muito “conectados”, tornando-se fortemente sensíveis a qualquer nova informação, que é rapidamente transmitida através da rede de agentes.

Isto faz com que, por exemplo, problemas político-ambientais na Europa possam influenciar o mercado brasileiro. Problemas como este são capazes de causar um aumento na ansiedade de grande número de investidores, o que por sua vez é traduzido para os preços das ações como fortes oscilações.

O fluxo de agentes entrando e saindo dos mercados é também contínuo, com novos investidores migrando do mercado produtivo para o especulativo, e, por outro lado, investidores com baixo desempenho abandonando o mercado. O mercado financeiro é portanto um sistema aberto, altamente interconectado informacionalmente e em evolução constante.

De acordo com o exposto até aqui, o mercado de ações apresenta as seguintes características:

- O mercado de ações é um sistema dinâmico e adaptativo formado por um grande número de unidades – agentes e organizações financeiras.
- Os agentes são heterogêneos, atuando com diferentes estratégias de compra e venda.
- Cada unidade interage com um certo número, bem menor, de outras unidades, baseadas na rede informacional particular local – cada agente sofre influência do posicionamento de grupos de outros agentes.

- Cada unidade produz uma resposta aos sinais de compra ou venda que recebe das outras unidades com as quais está conectado informacionalmente, além de sinais individuais recebidos devido ao processamento próprio das informações disponíveis sobre o ativo.
- Cada unidade é passível de sofrer frustração – os agentes nem sempre conseguem alcançar seus objetivos nos mercados, traduzidos por ganho de capital em função de sua expectativa quanto ao preço futuro do ativo.

## 1.2

### Motivação Geral

As características apresentadas pelo mercado de ações são comuns a uma classe sistemas físicos chamada de Sistemas Complexos. Isto permite a aplicação de métodos utilizados em física, em particular de Mecânica Estatística, no estudo de sistemas econômicos e em finanças. Neste contexto, a técnica que será utilizada nesta dissertação, é a simulação de Modelos Microscópicos, ou Microsimulação, ou ainda, na aplicação ao mercado financeiro, denominada de Modelos Baseados em Agentes.

## 1.3

### Microsimulação

O estudo dos sistemas naturais e econômicos pode ser feito a partir de duas abordagens: análise empírica ou análise de modelos. A análise empírica é feita a partir da análise estatística dos dados experimentais procurando inferir as leis subjacentes que governam o fenômeno. Apesar do grande número de dados disponíveis do mercado de ações <sup>1</sup>, esta dissertação baseia-se na modelagem do mercado financeiro através de uma representação idealizada, utilizando dados empíricos da literatura apenas para testar a realidade desta modelagem.

Para se construir uma descrição realista do mercado, são necessários modelos que levem em conta o processo complexo de decisão dos participantes do mercado, sua inteligência, capacidade de aprendizado, além da emoção, irracionalidade e intuição.

Assim, ao estudarmos o mercado de ações, confrontamo-nos com dificuldades na proposição de modelos analíticos: a resposta dos investidores (e conseqüentemente as flutuações de preço) às informações disponíveis é altamente não-linear. Por exemplo, a previsão de uma perda de 2% por ação tem muito mais do que o dobro do impacto em relação à expectativa de

<sup>1</sup> Da ordem de  $10^5$  cotações de preços por ano, para cada ativo, considerando-se dados de alta frequência (intervalo de cotação da ordem de minutos).

perda de 1% por ação. A função-resposta correta (se existir) é desconhecida. Além disso, o impacto de informações novas pode ser de difícil quantificação: os investidores podem receber informações parciais sobre o ativo e/ou ter dificuldade em processar cálculos para mensurar este impacto sobre o preço da ação devido à complexidade dos mesmos, ou seja, a previsão do impacto das informações novas está acima da capacidade racional do investidor.

Foram propostos modelos simples para o mercado financeiro, tratáveis analiticamente, que assumem investidores com atuação racional perfeita (performance computacional ilimitada) e sob informação completa. Estes modelos, apesar de explicarem os valores fundamentais dos preços (preços de equilíbrio), não descrevem as principais propriedades estatísticas dos dados empíricos (distribuições não-Gaussianas de flutuações de preços e atividade do mercado ocorrendo com regimes temporais de alta volatilidade), que serão descritas adiante.

Por outro lado, através da simulação computacional do mercado, modelos mais realistas podem ser analisados e confrontados com os resultados empíricos. Na última década, um grande número de mercados financeiros artificiais foram propostos (para uma revisão, veja referência [2]), nos quais são geradas séries de preços baseadas na simulação do comportamento dos agentes, da microestrutura do mercado e do ambiente econômico. Estes sistemas são usualmente muito complexos para serem tratados analiticamente, sendo assim necessárias simulações computacionais.

O comportamento dinâmico do mercado de ações (e conseqüentemente das variáveis financeiras observáveis tais como as flutuações de preços) que surge a partir do comportamento coletivo dos agentes, tem propriedades emergentes que não dependem do grau de complexidade da atuação isolada desses agentes. Desta forma, procura-se analisar modelos parcimoniosos que capturem os detalhes essenciais (relevantes) da atuação dos agentes e que produzam um comportamento realista do mercado.

A análise do mercado através de microsimulação traz ainda outras vantagens conceituais: (i) a partir de modelos simples podemos agregar gradualmente níveis de maior complexidade, determinando assim os ingredientes mínimos para explicar as flutuações dos preços (ii) através do ajuste dos parâmetros do modelo, podemos analisar seu grau de influência sobre as características das séries temporais obtidas e assim determinar a relevância destes parâmetros (iii) podemos realizar experimentos, analisando a resposta do sistema a situações novas, prevendo a atuação do mercado financeiro.

Concluindo, a microsimulação tem o potencial de fornecer uma

compreensão de como o mercado funciona e é uma ferramenta eficiente para prever seu comportamento sob vínculos diversos.

#### 1.4

#### **Organização do texto**

No Capítulo 2 é feita uma descrição detalhada sobre o tema dessa dissertação, que é a construção de um mercado artificial de ações. Os fatores mais relevantes na dinâmica do mercado de ações são enumerados e discutidos, e a partir deles são lançadas algumas hipóteses fundamentais para a modelagem parcimoniosa deste mercado de ações.

O Capítulo 3 apresenta a Análise Técnica de Investimentos, que foi utilizada na modelagem do mecanismo de tomada de decisão do agente, e que tem sido adotada por analistas financeiros para conduzir suas ações no mercado real. Ao final desse mesmo capítulo, uma breve análise estatística sobre a performance dessas estratégias é realizado.

No Capítulo 4 os detalhes da implementação do modelos são discutidos, os resultados das simulações são apresentados e alguns experimentos sobre o modelo são realizados.

No último capítulo é apresentada a conclusão desta dissertação de mestrado, assim como novas frentes que podem ser exploradas para que mais resultados sejam extraídos a partir de extensões do modelo proposto.