

1 Introdução

O mercado financeiro é um sistema formado por um grande número de agentes com diferentes objetivos, escalas temporais de atuação e estratégias. Desse sistema emerge o observável fundamental, a série de preço do ativo ao longo do tempo, que, em última análise, representa o consenso dos negociadores sobre seu valor presente.

Da perspectiva microscópica do mercado, os movimentos dos preços são causados pela atuação de compra e venda dos agentes, influenciados principalmente pela chegada de novas informações, que são imediatamente incorporadas no preço dos ativos.

Na literatura existem diversos tipos de abordagens para descrever o comportamento das séries temporais financeiras, desde a criação de modelos que reproduzem a atuação dos agentes do mercado até o desenvolvimento de modelagens estocásticas para descrever a dinâmica dos preços, do volume de negociação e da volatilidade.

A **volatilidade**, em primeira aproximação, indica a intensidade da flutuação dos preços, o que seria equivalente a uma “temperatura” do sistema financeiro. De fato, ela não é um observável financeiro, ou seja, seu valor depende de uma forma de estimá-la. Alternativamente, podemos considerá-la como uma variável escondida, parametrizando o processo estocástico dos preços.

Na prática do mercado, a volatilidade quantifica o risco associado a determinado ativo: se ele apresenta grande variabilidade nos preços é mais arriscado, e vice-versa. As atuais técnicas de negociação e gerenciamento de risco estão fortemente baseadas nessa grandeza. Muitos esforços têm sido feitos para entender sua dinâmica porque ela é uma informação chave na precificação de derivativos e no controle de risco.

No entanto, apesar de sua importância, a volatilidade é ainda uma grandeza sem uma definição única. Usualmente ela é computada a partir de indicadores diários, que são insensíveis às variações intradiárias. Vamos aqui utilizar dados

intradiaários para estimar a volatilidade diária dos preços, em conformidade com a noção intuitiva de volatilidade como medida do grau de incerteza dos preços.

É possível modelar o comportamento das grandezas financeiras por estas apresentarem características empíricas bastante evidentes, com propriedades universais, os chamados **fatos estilizados** .

Neste trabalho, descrevemos o preço e a volatilidade como processos estocásticos. Dado que o comportamento estocástico é a evolução temporal sob o impacto de forças aleatórias, o estado futuro não pode ser previsto de forma não-ambígua a partir do estado presente. Assim, as variações de preços (retornos) são extremamente difíceis de se prever - o que está em linha com a Hipótese de Mercado Eficiente. Todavia, a volatilidade tem um grau de previsibilidade, pois apresenta efeitos de memória que a transformam em um potencial mecanismo preditivo da “temperatura” do mercado no futuro próximo.

Variáveis financeiras tais como dados de volume de negociação, liquidez do mercado e diferença entre os preços de compra e venda estão relacionadas com a dinâmica da volatilidade. Porém, a maior parte dos estudos (principalmente para mercados maduros) tem foco na dinâmica intradiária dessas grandezas, sem analisar as implicações *inter-diárias*.

O objetivo desse trabalho é analisar as diferentes características da volatilidade diária do mercado brasileiro, estimada a partir do respectivo movimento intradiário dos preços. O número de estudos sobre o assunto para o mercado nacional ainda é bastante limitado, principalmente os que utilizam dados de alta frequência.

Usaremos o índice BOVESPA a fim de representar o comportamento do sistema financeiro nacional, pois é o índice mais líquido do país, englobando o maior número de ativos do mercado, o que o torna um eficiente termômetro da bolsa de valores brasileira.

Além dos conhecidos fatos estilizados de memória e clustering, também investigamos o comportamento de escala de momentos generalizados das séries de retornos do BOVESPA, obtendo um comportamento de escala não-homogêneo. Essa característica é uma assinatura típica de sistemas complexos e estudos mostram que este é o caso de séries temporais de diversos dados financeiros.

A análise convencional de séries temporais foca exclusivamente na amostragem em uma dada escala temporal e por isso não consegue explicar a natureza do processo de geração de dados. Nesse trabalho analisamos os regimes de volatilidade em escalas temporais múltiplas, em particular as medidas de correlação cruzada entre essas diversas escalas. Uma vez que a volatilidade realizada é o resultado da agregação das respostas dos agentes do mercado, essa correlação revela explicitamente a estrutura heterogênea dos horizontes temporais de atuação desses agentes e permite quantificar a importância de cada grupo.

Uma característica ainda não muito examinada na literatura sobre mercados emergentes em geral é a assimetria vertical da volatilidade. Essa assimetria consiste no fato de que existe uma propagação assimétrica de informação mútua entre volatilidades de diferentes resoluções temporais, com a volatilidade em escalas de baixa frequência tendo relação causal com a volatilidade em escalas de alta frequência. Vamos mostrar que no caso do BOVESPA, os agentes atuantes nas escalas temporais de baixa frequência influenciam os agentes que atuam no nível intradiário, causando essa assimetria.

Abordamos ainda o efeito *leverage*, que consiste na correlação negativa entre retorno e volatilidade futura, evidenciando fluxo de informação assimétrico no tempo entre retorno e volatilidade. Embora muitos estudos indiquem que esse efeito não acontece de forma significativa (ou é até inexistente em alguns casos) para mercados emergentes [01], conseguimos encontrar evidências de que o BOVESPA apresenta essa característica de forma bastante visível. Esse fato estilizado está relacionado com o comportamento cooperativo dos agentes e é bastante estudado por práticos do mercado, pois influencia decisivamente nos preços dos derivativos de volatilidade.

A caracterização mais precisa das propriedades empíricas da volatilidade assinala quais são as modelagens capazes de englobar parte significativa de sua dinâmica. Nesta dissertação, também analisamos modelos propostos na literatura para o processo estocástico da volatilidade. Validamos esses modelos para o processo estocástico que rege a volatilidade do IBOVESPA, confrontando-os com os tempos característicos dos efeitos de memória intradiários e com a distribuição da volatilidade diária em janela temporal de observação de longo prazo.

1.1 Estrutura dos capítulos

No próximo capítulo descrevemos as características básicas do sistema mercado financeiro, bem como as métricas que iremos utilizar ao longo do trabalho.

No terceiro capítulo abordamos um tema relativamente novo para mercados emergentes: a assimetria vertical da volatilidade. Para tanto, analisamos as correlações cruzadas entre as volatilidades em diferentes escalas temporais.

No quarto capítulo analisamos uma classe de modelos estocásticos que podem descrever a dinâmica da volatilidade. Finalmente, no capítulo cinco abordaremos o efeito *leverage* para o mercado brasileiro, mostrando que ele é consistente com as modelagens apresentadas no capítulo quatro. No capítulo 6 apresentamos as conclusões e possíveis extensões dessa linha de pesquisa.