

## Artigo 1:

# O que o mercado está te dizendo?

Volatilidade implícita como linguagem de probabilidade

Por Raphael Shiratori

*Kythera – Tecnologia para gestão de portfólio, risco e compliance*

*Conteúdo produzido no contexto das pesquisas e experiências práticas da Kythera no desenvolvimento de soluções para mercados financeiros.*

## Introdução

A volatilidade desempenha um papel central no mercado financeiro, sendo um indicador essencial para a avaliação do risco e a tomada de decisões de investimento. Tradicionalmente, a volatilidade é entendida como uma medida da variação do preço de um ativo ao longo do tempo. Entretanto, existe uma distinção fundamental entre a volatilidade histórica, que reflete o comportamento passado dos preços, e a volatilidade implícita, que representa as expectativas futuras do mercado, em geral aplicada à precificação de opções. A volatilidade implícita deixa de ser apenas um mero valor numérico exibido nas telas, não é apenas um indicador de risco, configurando-se como uma parte importante da precificação dos ativos, influencia nos movimentos do ativo subjacente e chega a influenciar diretamente o entendimento dos agentes de mercado a respeito do risco, seja sistêmico, setorial ou idiossincrático, efetivamente alterando os preços de mercado. Este conjunto de artigos tem como objetivo explorar essa dimensão interpretativa da volatilidade implícita, destacando sua importância como ferramenta para compreender as expectativas e o risco percebido no mercado financeiro, e seu uso em diferentes situações.

## Diferença entre volatilidade realizada e implícita

A volatilidade histórica, também conhecida como volatilidade realizada, é calculada com base nos dados passados de preço do ativo subjacente. Trata-se de uma estatística descritiva que quantifica a variação efetiva dos preços ao longo de um determinado período, fornecendo uma visão retrospectiva do comportamento do ativo. Em contraste, a volatilidade implícita é derivada dos preços das opções negociadas no mercado e reflete as expectativas futuras dos investidores quanto à volatilidade do ativo subjacente. Diferentemente da volatilidade histórica, que é uma medida observada, a volatilidade implícita é um parâmetro que ajusta os modelos de precificação

para que seus preços teóricos coincidam com o preço real das opções, incorporando, assim, a percepção coletiva do mercado sobre risco e incerteza futuros.

## Volatilidade implícita como parâmetro do modelo de precificação

Antes de entender mais sobre volatilidade implícita, precisamos revisar brevemente como opções são precificadas. O modelo de Black & Scholes utiliza a volatilidade como um dos principais parâmetros para estimar o preço teórico das opções. Abaixo a tradicional fórmula de Black & Scholes:

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\left( \ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T \right)}{(\sigma \sqrt{T})}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

Equação 1: Fórmula de Black & Scholes

Alguns pontos muito importantes aqui, vamos destrinchar cada um dos componentes da fórmula de Black & Scholes:

**C:** Preço da opção de compra

**$S_0$ :** Preço do ativo subjacente no instante atual.

**$N(x)$ :** Distribuição Cumulativa Normal Padronizada

**K:** Preço de Exercício (Strike) da opção

**T:** Prazo para o vencimento da opção, medido em fração de ano

**r:** Taxa de juros utilizando a métrica de juros contínuo

**$\sigma$ :** Volatilidade anualizada do ativo subjacente

Com a fórmula de Black & Scholes e suas definições, percebe-se que a volatilidade entra como um parâmetro fixo no modelo, ainda que seja amplamente conhecido que, na realidade, a volatilidade é uma variável estocástica. Essa hipótese, que viabiliza a obtenção de uma fórmula fechada para a precificação de opções, é justamente o que permite que o mercado expresse diferentes pontos de vista sobre o futuro do ativo subjacente, não apenas um preço esperado, mas todo um conjunto de trajetórias possíveis e suas probabilidades associadas.

Para efeitos práticos de precificação, trata-se a volatilidade como um parâmetro e, conhecendo-se os demais termos da equação e o preço observado da opção, é possível inferir o seu valor

implícito. Dessa forma, a volatilidade implícita deixa de ser um dado fixo e passa a refletir as condições vigentes do mercado e as expectativas dos investidores. Ela sintetiza a percepção coletiva sobre a distribuição dos movimentos futuros do ativo, ajustada ao risco, funcionando como um verdadeiro termômetro da incerteza predominante no mercado.

## O sorriso da volatilidade, liquidez e moneyness

Para cada nível de preço de exercício, a volatilidade implícita oferece insights sobre a probabilidade implícita dos possíveis caminhos que o preço do ativo subjacente pode tomar.

Isso se torna claro quando, em um determinado momento, considerando o mesmo prazo para o vencimento das opções, observamos várias opções com diferentes preços de exercício. Para cada um desses preços, notamos uma volatilidade implícita única, demonstrando que a volatilidade não é uma constante. Além disso, ao organizar os preços de exercício do menor para o maior, geralmente, podemos observar uma curva que lembra um sorriso (conhecido como Smile) da volatilidade implícita.

O smile é geralmente explicado pelo fato de que temos muito mais retornos extremos do que uma distribuição normal gaussiana propõe, e como a fórmula de Black & Scholes foi derivada partindo dessa hipótese, temos que a volatilidade implícita acomoda essa divergência do modelo teórico para a prática.

Nesse ponto é relevante também falar sobre moneyness, que é uma medida de quão dentro ou fora do dinheiro uma opção está. O ponto central é chamado de ATM (At The Money), que ocorre quando o preço de exercício ajustado a valor presente está no mesmo nível do ativo subjacente. Quando estamos ITM (In The Money, ou dentro do dinheiro), para opções de compra (Calls), o ativo subjacente está acima do preço de exercício ajustado a valor presente; quando está OTM (Out of the Money), o contrário é verdadeiro, ou seja, o preço do ativo subjacente está abaixo do preço de exercício ajustado a valor presente. Na sequência apresentamos um gráfico demonstrando uma curva smile teórica de volatilidade implícita evidenciando apenas o efeito das caudas mais pesadas em relação à ATM.

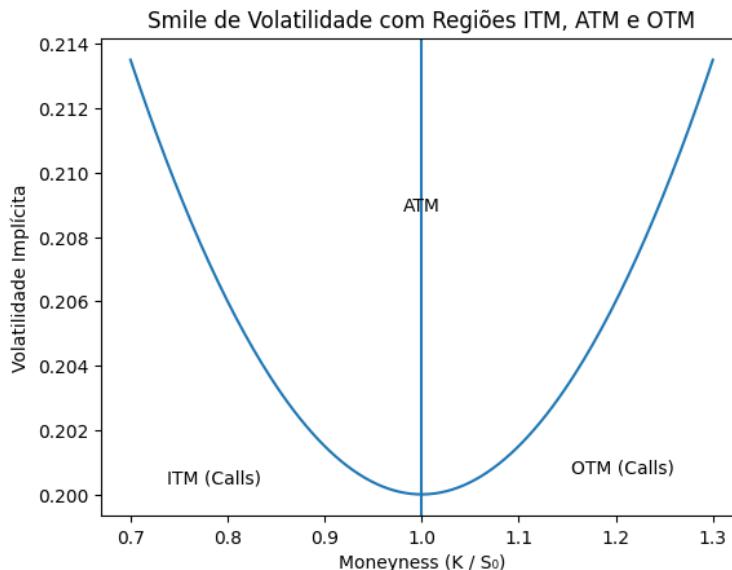


Figura 1 Moneyness

O mercado geralmente utiliza as opções mais líquidas para calcular a volatilidade implícita, pois estas apresentam spreads de compra e venda mais estreitos e, portanto, maior confiabilidade no preço da opção. As opções mais líquidas costumam ser as OTM e ATM, enquanto as opções ITM tendem a ter menor liquidez. Assim, temos um centro na curva smile de volatilidade implícita, e um moneyness para Calls e outro para Puts.

## Assimetrias da volatilidade

Observa-se que, dado o mesmo *moneyness*, mas comparando *calls* e *puts*, poderemos ter diferentes volatilidades, evidenciando o que chamamos de *skew*, a assimetria em torno das opções ATM, já desconsiderando o efeito do *smile*. Esse efeito do *skew* também é costumeiramente chamado de *Risk Reversal*.

Essa assimetria geralmente é explicada pelo fato de que os investidores têm maior aversão ao risco do que ao ganho, pagando, portanto, um prêmio maior por opções de proteção (compra de *Puts*) do que pela compra de *Calls*. Este exemplo é pensado em mercados de ações, onde as quedas costumam representar prejuízo aos investidores, diferentemente dos mercados de moedas, commodities ou juros, onde as quedas às vezes representam um mercado em estado positivo.

## Relação qualitativa entre a curva de preços das opções e a função densidade de probabilidade implícita

A curva de preços das opções pode ser interpretada como uma janela para a distribuição futura dos preços do ativo subjacente. Isso ocorre porque o preço de uma opção reflete o valor esperado de seus payoffs futuros, ponderado por probabilidades ajustadas ao risco, conforme a percepção coletiva do mercado. Dessa forma, ao observar como os preços das opções variam em função dos diferentes preços de exercício, torna-se possível inferir quais cenários futuros recebem maior ou menor peso na precificação.

A partir dessa curva, é possível, por meio de derivadas dos preços das opções em relação aos strikes, extrair uma função densidade de probabilidade implícita que representa as probabilidades ajustadas ao risco atribuídas pelo mercado aos diferentes níveis de preço futuro. Intuitivamente, se o mercado paga mais caro por proteção em determinados strikes, isso revela que esses cenários são considerados mais prováveis ou mais relevantes do ponto de vista de risco.

Embora existam formulações matemáticas precisas, como a relação de Breeden–Litzenberger, está fora do escopo deste artigo apresentar sua derivação formal. O ponto central aqui é o conceito de que os preços das opções embutem informações ricas sobre a distribuição de probabilidades que o mercado considera plausível para o futuro do ativo. Isso permite observar, de forma indireta, como essas probabilidades diferem das suposições de um modelo gaussiano puro. Abaixo, apresenta-se um gráfico ilustrativo da volatilidade implícita de um ativo, calibrada segundo um modelo de não arbitragem do tipo SVI (*Stochastic Volatility Inspired*).

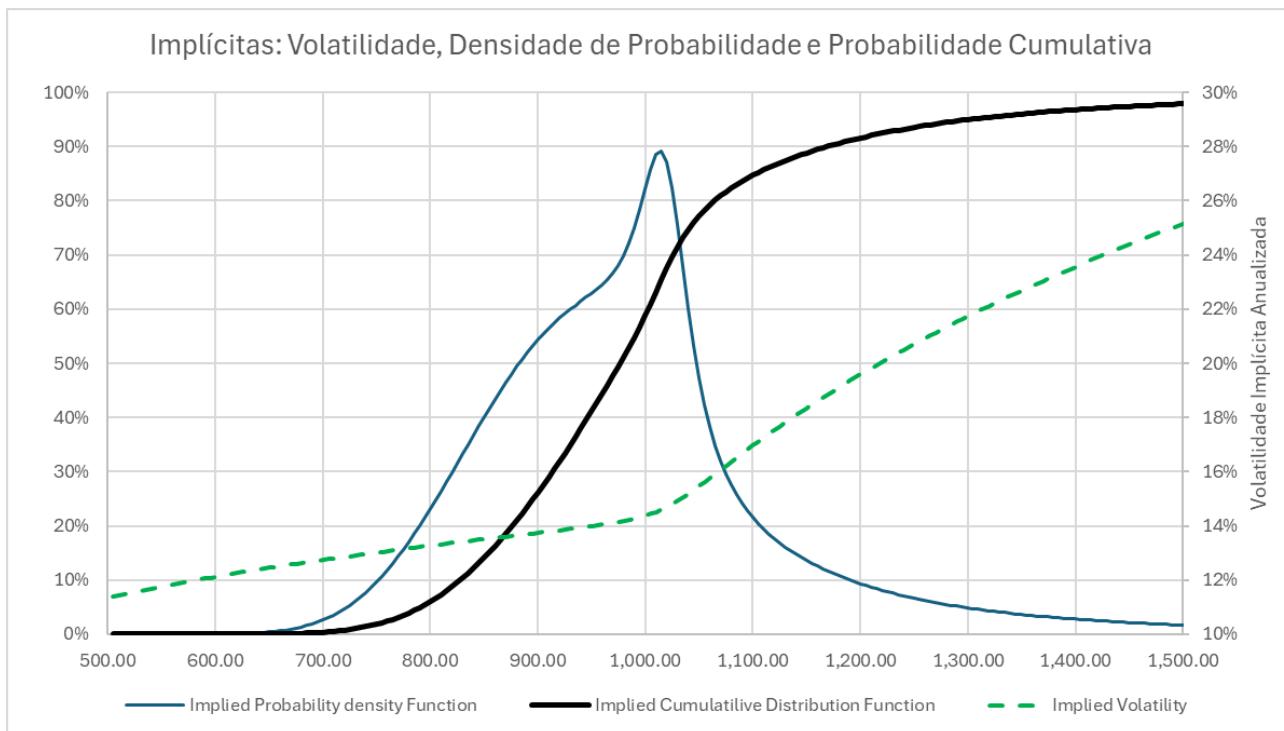


Figura 2: Comparativo Volatilidade e Probabilidade

## Experiência prática do trader

Em um contexto prático, não é incomum que o preço de uma opção pareça elevado quando analisado isoladamente. No entanto, ao se observar a volatilidade implícita e, por consequência, a distribuição de probabilidades ajustadas ao risco embutida nesses preços, esse aparente prêmio pode se mostrar perfeitamente coerente diante de eventos que aumentam a incerteza sobre o ativo subjacente.

Em períodos de divulgação de dados macroeconômicos relevantes, decisões de política monetária ou eventos geopolíticos, a volatilidade implícita tende a incorporar a maior cautela do mercado, refletindo a ampliação das probabilidades atribuídas a movimentos extremos. Em outros contextos, como processos eleitorais, é possível inclusive identificar distribuições implícitas multimodais, revelando a existência de cenários alternativos bem definidos e uma clara polarização nas expectativas do mercado, um comportamento bastante distante das hipóteses de uma distribuição gaussiana simples.

Nesses casos, a análise da distribuição de probabilidades implícita permite identificar situações em que o mercado atribui pesos elevados a determinados cenários que podem divergir substancialmente da avaliação subjetiva de um gestor de investimentos. Essa divergência abre espaço para a construção de estratégias com opções que buscam explorar diferenças entre a probabilidade implícita nos preços de mercado e a probabilidade considerada razoável pelo gestor, caracterizando operações cujo foco principal é a arbitragem de probabilidades, e não apenas a direção do ativo subjacente.

Essa perspectiva reforça o papel da volatilidade implícita e da distribuição de probabilidades associada como ferramentas fundamentais para uma leitura mais profunda do mercado, indo além da simples observação dos preços absolutos das opções.

## Conclusão

Aprender a ler a volatilidade implícita é aprender a ouvir o mercado, não em palavras, mas em probabilidades. A volatilidade comunica a expectativa com a percepção de risco dos investidores e transcende o papel de um mero indicador técnico, constituindo uma poderosa ferramenta interpretativa sobre o que o mercado espera da distribuição futura dos preços dos ativos, ajustada ao risco.

A compreensão da volatilidade implícita permite a investidores, analistas, operadores e gestores de risco extrair informações relevantes sobre o comportamento esperado do mercado, a assimetria de riscos, o prêmio associado a eventos extremos e as probabilidades implícitas

precificadas nos instrumentos derivativos. Mais do que isso, oferece um arcabouço consistente para a expressão de visões próprias sobre o mercado por meio de estruturas com opções, possibilitando a busca por geração de alpha a partir da divergência entre crenças individuais e a narrativa probabilística embutida nos preços de mercado.

Nos próximos artigos, expandiremos essa leitura probabilística do mercado, explorando com maior profundidade as derivações de precificação, a extração de distribuições implícitas, os métodos de calibragem e o papel dos processos estocásticos, conectando continuamente a teoria aos desafios práticos do mercado financeiro.

**Kythera Softwares Ltda**

Dezembro de 2025