

Simulação computacional e Aprendizado de Máquina visando o desenvolvimento de modelos preditivos para operações com opções

RESUMO

Neste projeto de iniciação científica, o estudante, sob a supervisão do orientador, trabalhará no desenvolvimento de um código em que implementará o algoritmo de Monte Carlo para modelar a evolução temporal do preço de ativos financeiros – mais especificamente, ações – e a partir daí precificar as opções desses ativos recorrendo ao modelo de Black-Scholes-Merton. A finalidade do trabalho é, primeiro, simular a performance de operações que combinem duas ou mais opções, mais especificamente, das operações conhecidas como *vertical spreads*, ou operações de trava. Nesse tipo de operação, duas opções do mesmo tipo (calls ou puts) e com o mesmo vencimento são negociadas simultaneamente, uma das pontas sendo vendida e a outra comprada. Num segundo momento, os resultados das simulações, particularmente a probabilidade de lucro como função de parâmetros como a volatilidade do ativo subjacente, serão utilizados para treinar um modelo de Aprendizado de Máquina.

CONTEXTO DO PROJETO

Entre os diferentes tipos de produtos financeiros que são negociados em Bolsas de Valores, as opções são um cujo valor é diretamente ligado ao preço de um outro produto financeiro, tipicamente, ações de empresas listadas [*Opções, Futuros e Outros Derivativos*, John C. Hull, Bookman Editora, 9ª Edição]. Em termos simples, um contrato de opções refere-se a um direito que a parte vendedora concede à parte compradora. Esses contratos têm um prazo de validade, que se encerra numa data de vencimento previamente determinada. Contratos de direito de compra são chamados de *calls*, caso em que o vendedor vende ao comprador o direito deste lhe comprar o ativo subjacente – a ação – por um preço acordado *a priori*, que é o preço de exercício, ou *strike*, da opção. O outro tipo de contrato são as *puts*, em que o vendedor vende o direito do comprador lhe vender a ação pelo preço de *strike*. Devido à sua natureza dependente de outro instrumento financeiro, as opções pertencem à classe de produtos conhecidos como derivativos. Em oposição aos futuros, o comprador de opções não é obrigado (i.e., não tem o dever) de adquirir ou se desfazer do ativo subjacente, mas o direito de fazê-lo se, caso tenha comprado uma *call*, o preço do ativo estiver acima do preço de *strike* no vencimento, ou o oposto se tiver comprado uma *put* e o preço da ação for menor que o preço de *strike*. Numa negociação envolvendo opções, apenas o vendedor assume deveres ao receber, do comprador, um prêmio que corresponde ao preço das opções.

O valor de uma opção se divide em valor intrínseco e valor extrínseco ou temporal. Uma característica do prêmio de uma opção, decorrente do fato da opção ser um contrato com prazo determinado, é sua sensibilidade à mera passagem do tempo. Dito de outra forma, à medida que se aproxima a data de exercício, a opção perde valor temporal e, portanto, valor total, tudo o mais mantido constante. O valor da opção também é afetado, obviamente, pela variação de preço da ação à qual a opção está atrelada. No dia do exercício, o valor extrínseco da opção é zero. Já o valor intrínseco da opção antes ou no dia do vencimento depende da posição do preço de *strike* da opção com respeito ao preço da ação. Pegando como exemplo uma *call*, o valor intrínseco é a diferença entre o preço da ação e o preço de *strike*, se o primeiro for maior que o último (caso em que a *call* é dita estar “no dinheiro” ou *in-the-money*, ITM), ou zero, caso contrário (a *call* está “fora do dinheiro” ou *out-of-the-money*, OTM). Sejam *calls* ou *puts*, somente opções ITM são exercidas. O exercício de uma opção ITM implica que o vendedor terá de comprar (*put*) ou vender (*call*) o número de ações correspondente ao número de opções pelo preço do *strike*, pouco importando onde esteja o preço da ação.

Modelos de precificação de opções são normalmente utilizados para estimar como o prêmio de uma opção é afetado pelas diferentes variáveis de mercado. Um dos modelos mais antigos, mais simples e ainda hoje bastante utilizado, a despeito de suas conhecidas limitações, foi o proposto por Fischer Black e Myron Scholes [Fischer Black e Myron Scholes, *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, *Journal of Political Economy*, Volume 81, Número 3, 1973, Páginas 637-654] e refinado por Robert Merton [Robert C. Merton, *Theory of Rational Option Pricing*, *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Volume 4, Número 1, 1973, Páginas 141-183] no início dos anos 1970. O modelo, conhecido como modelo de Black-Scholes ou, para fazer justiça à contribuição de Merton, Black-Scholes-Merton, teve sua importância reconhecida quando, em 1997, Scholes e Merton (Black já era falecido) foram agraciados com o Prêmio Nobel de Economia.

No mercado de ações brasileiro (e em outros mercados financeiros mundo afora), as opções de ações podem ser de dois tipos. As opções europeias só podem ser exercidas no dia do vencimento, enquanto as americanas podem ser exercidas a qualquer momento até o vencimento. No geral, puts são sempre europeias enquanto calls podem ser tanto europeias como americanas. Outros tipos de opções (e.g., asiáticas) existem, mas são opções exóticas sem interesse direto para o presente projeto.

Numa situação real de mercado, opções são negociadas por diversos motivos. Um uso das opções de put por investidores, por exemplo, é na proteção de uma posição comprada em ações, para prevenir perdas se o preço do ativo cair muito, assim reduzindo o risco do portfólio. Nesse sentido, as opções funcionam de modo análogo a um seguro. Modo geral, contudo, opções são bastante usadas para fins puramente especulativos. Como o preço das opções é muito menor que o do ativo subjacente, a negociação de opções requer muito menos capital. No que diz respeito às duas pontas envolvidas numa negociação, se a negociação é feita para especulação com o prêmio da opção, a expectativa do vendedor é que a opção perca valor, seja porque o tempo passa, seja porque o preço do ativo subjacente vai na direção oposta à da valorização da opção vendida, enquanto o comprador aposta no contrário, que a opção irá valorizar devido a um movimento favorável do preço da ação que compense a perda de valor temporal. Quem especula com o valor de uma opção normalmente não irá esperar que a opção chegue ao vencimento, encerrando antes a posição.

Embora as operações básicas com opções envolvam a compra ou venda de uma call ou put, há a possibilidade de combinar duas ou mais dessas operações básicas com o intuito de otimizar a relação risco-retorno. A combinação de operações básicas de opções em “estratégias de opções”

(por mais que o uso do termo seja questionável, é utilizado pelos praticantes do mercado) é bastante comum. Entre as estratégias de opções, as assim chamadas *vertical spreads* [*The Complete Book of Option Spreads and Combinations*, Scott Nations, John Wiley & Sons, Inc, 1ª Edição], ou estratégias de trava, como são conhecidas no mercado brasileiro, consistem em comprar e vender simultaneamente duas opções do mesmo tipo (call ou put) e mesmo vencimento. O gráfico de lucro/prejuízo no vencimento típico de uma trava pode ser visto na Fig. 1. A estratégia se caracteriza por ter prejuízo limitado e previamente conhecido, às custas de ter limitado também o lucro. Sendo uma forma de operar opções bastante popular no mercado brasileiro, principalmente entre especuladores que atuam no varejo, será o foco deste trabalho de iniciação científica.

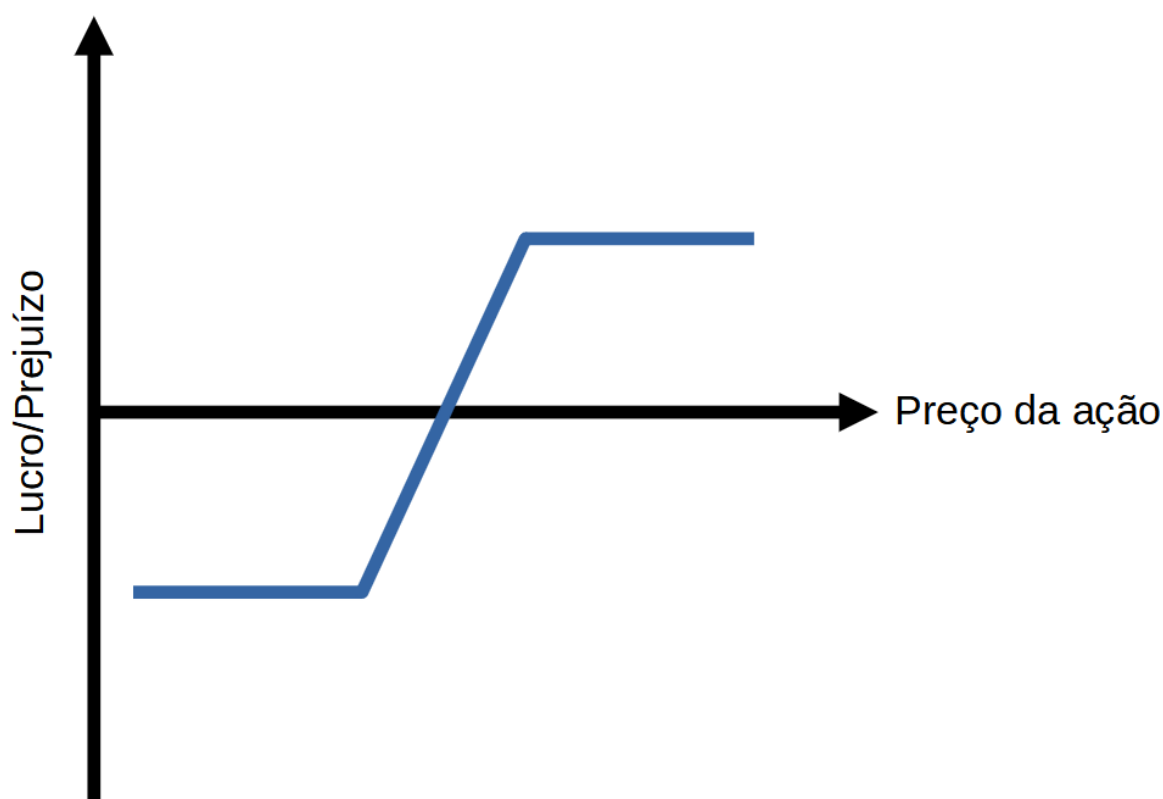


Fig. 1: Diagrama de Lucro/Prejuízo de uma operação de trava com opções.

OBJETIVOS

O presente projeto tem por objetivo primário o desenvolvimento de código, escrito na linguagem de programação Python ou Julia (a definir), para simulação em computação financeira. Esse código implementará o método de Monte Carlo [*Mastering Python for Finance*, James Ma Weiming, Packt Publishing, 1ª Edição] para modelar a evolução temporal do preço da ação de uma companhia hipotética como função da volatilidade e da taxa de juros livre de risco. Os preços do ativo assim gerados serão utilizados dentro do código na precificação de opções que serão então consideradas na simulação da montagem de operações de trava, cujo lucro/prejuízo ao final dos exercícios será computado e armazenados numa base de dados. A partir dessa base de dados, algoritmos de Aprendizado de Máquina serão empregados para prever a probabilidade de lucro e o retorno médio de operações de trava em diferentes cenários de mercado. Por fim, o modelo assim treinado terá sua acurácia testada contra dados de mercado. No atual estágio, não se espera de fato um modelo muito acurado em termos de capacidade preditiva, tendo em vista as limitações do modelo subjacente de precificação de opções (Black-Scholes-Merton), mas seria um primeiro passo nessa direção.

Um objetivo secundário, mas, ainda assim, importante, é o de introduzir o estudante no tema da modelagem computacional aplicada a problemas de computação financeira em geral e à negociação de opções em particular. Em tempos recentes, o uso de modelos quantitativos implementados em programas de computador tornou-se o novo paradigma no mercado financeiro, o que requer a formação de recursos humanos qualificados capazes de atuar dentro dessa realidade.

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

As tarefas previstas para o desenvolvimento do projeto se dividem em (1) estudo da literatura de opções e de modelagem financeira, (2) desenvolvimento de código e (3) execução de simulações e implementação/refinamento de um modelo de Aprendizado de Máquina.

Para (2), o código de simulação será implementado em uma biblioteca escrita em Python ou Julia. Embora Julia tenha a vantagem do desempenho computacional, a escolha da linguagem ficará a cargo do estudante, que é um programador proficiente.

Quanto a (3), uma vez que a revisão bibliográfica tenha sido feita e os códigos tenham sido implementados, o fluxo de tarefas esperado envolve:

- Modelar a evolução do preço do ativo subjacente ao longo do tempo com Monte Carlo tendo como parâmetros a volatilidade desse ativo e a taxa de juros livre de risco. Cada iteração de Monte Carlo corresponde a um dia de negociação. Serão gerados um número grande, mas ainda a ser definido, de caminhos de preço, variando os parâmetros.
- Para cada caminho de preço e para cada dia de negociação, com o modelo de Black-Scholes-Merton, precificar opções de call e de put, ITM e OTM.
- Para cada caminho de preço da ação, selecionar aleatoriamente um dia de negociação e um par de opções de call ou de opções de put e montar uma trava de alta ou baixa, computando o lucro ou prejuízo dessa operação no último dia do caminho de preço. Um número ainda a ser definido de operações de trava deve ser montado para cada caminho de preço.
- Extração de dados de mercado para fins de teste: é algo a ser feito preferencialmente com bibliotecas gratuitas, e.g. *yfinance*, que obtém informações de ações e opções listadas nas bolsas dos Estados Unidos com atraso de 15 minutos a partir do site Yahoo! Finance (<https://finance.yahoo.com/>).
- Usar algoritmos de Aprendizado de Máquina (a serem definidos) com os dados gerados pelas simulações em análises de regressão de modo a prever a probabilidade de lucro e/ou rentabilidade de operações de trava com base nos parâmetros de montagem das travas (e.g. trava de baixa ou de alta, com calls ou puts) e de mercado (volatilidade, taxa de juros livre de risco, tempo até o vencimento, etc).
- Otimização de hiperparâmetros utilizando, por exemplo, Optuna (<https://optuna.org/>).

VIABILIDADE DO PROJETO

O estudante já possui experiência prévia em desenvolvimento de código e também desenvolveu trabalhos anteriores de iniciação científica em Aprendizado de Máquina. Terá uma primeira experiência em simulação computacional, área em que o orientador, por sua vez, tem já bastante experiência. O estudante contará com espaço físico para realização dos trabalhos no laboratório que o orientador compartilha no Bloco L com outros docentes da UFABC, onde terá à disposição um computador com boa capacidade de processamento e memória RAM. Terá também acesso a duas workstations, com 8 e 64 cores e GPUs, onde serão executadas as simulações de produção.

CRONOGRAMA

O projeto será desenvolvido ao longo de 12 meses, seguindo a divisão quadrimestral da UFABC:

- No primeiro quadrimestre, o estudante se dedicará à revisão bibliográfica, adquirindo conhecimentos sobre o mercado financeiro em geral e opções em particular, bem como iniciará o desenvolvimento dos códigos.
- No segundo quadrimestre, espera-se que o estudante já tenha finalizado os códigos e inicie a fase de testes das simulações Monte Carlo e das operações de trava.
- O último quadrimestre será dedicado à finalização das simulações de produção, ao treinamento e teste do modelo de Aprendizado de Máquina e à preparação do relatório final, bem como do pôster que será apresentado no simpósio de iniciação científica da UFABC.