

8 Metodologia proposta para o Cálculo do Valor das Opções Reais por Simulação Monte Carlo e Algoritmos Genéticos

Neste capítulo será apresentada a metodologia proposta para a aproximação do valor das opções reais e uma regra de decisão ótima para uma opção no mercado de energia (derivativo) considerando as incertezas de mercado (preço de energia no mercado de curto-prazo). Para tanto é empregado um método que utiliza o algoritmo genético e o processo estocástico escolhido para representar a incerteza de mercado (preço), unidos à simulação Monte Carlo. Vale destacar que neste trabalho serão estudadas apenas opções de compra.

Esta metodologia de cálculo estudada em trabalhos anteriores (Dias, 2000; Dias, 2001; Lazo, 2004) demonstra que são obtidos valores próximos aos calculados por métodos tradicionais, entretanto com maior eficiência computacional.

Nesta metodologia modela-se a incerteza de mercado pelo processo estocástico escolhido (movimento geométrico browniano, processo de reversão à média, processo de reversão à média com saltos). Na Figura 16 mostra-se os principais passos da metodologia proposta.

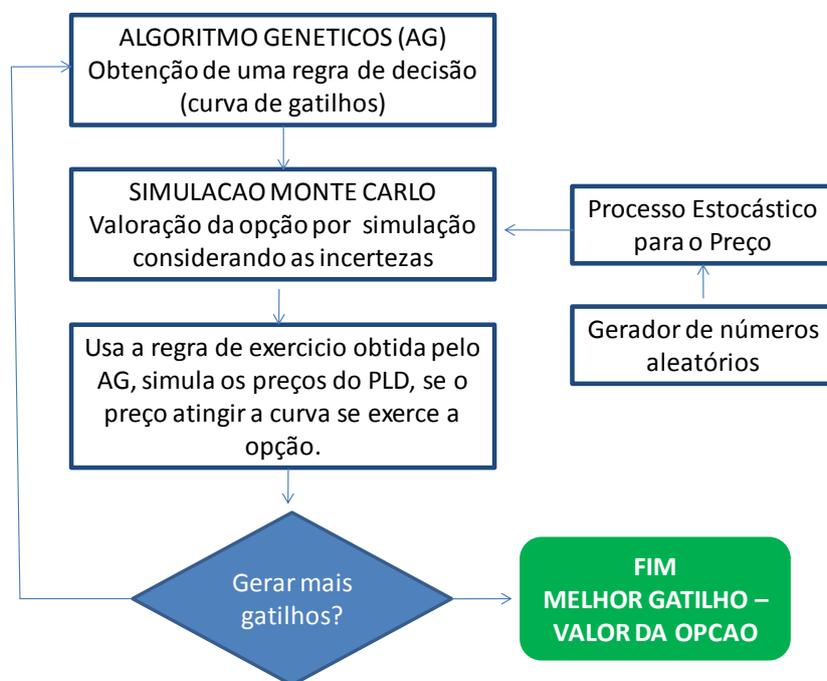


Figura 16 – Metodologia Proposta

Neste trabalho foi utilizado um *software* que é um *Add-in* para o Excel denominado *RiskOptimizer da Palisade* (Palisade., 2010) que tem implementada a simulação Monte Carlo, e o *Evolver (ferramenta de AG)*, e faz complexas otimizações utilizando algoritmos genéticos. Este Capítulo abordará os dois assuntos: a simulação e a otimização utilizando o *RiskOptimizer*.

8.1. Módulo: Gerador e amostrado de números aleatórios

Amostrar números aleatórios da distribuição normal (de média zero e variância um, $N(0,1)$). Estes números são usados no processo estocástico do preço, para construir os caminhos do preço.

8.2. Módulo: Processo Estocástico para *Commodities*

Neste módulo encontram-se os processos estocásticos que pode seguir o preço das *commodities* (incerteza de mercado) (Dixit & Pindyck, 1994; Hull, 1999). Foi considerado o processo estocástico de Reversão à Média. Este processo recebe em cada instante de tempo um número aleatório de uma distribuição normal, $N(0, 1)$, e retornam o valor do preço da *commodity* para esse instante.

8.3. Módulo: Algoritmo Genético

O algoritmo genético é usado para aproximar a curva de gatilho e determinar o valor da opção. Cada curva de gatilho é aproximada por uma curva logarítmica do tipo $a + b \log(t)$ mais um ponto livre que é situado próximo da expiração da opção, o que ocorre em um tempo t (tempo de expiração da opção).

O cromossoma identificado na figura 17 é formado pelos parâmetros da função (a , b e o ponto livre) de cada curva e sujeito a um conjunto de restrições que delimitam o espaço de busca, as quais serão apresentadas no capítulo 8.

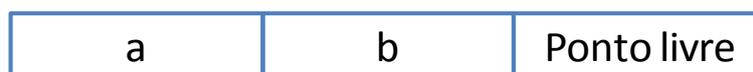


Figura 17 - Cromossoma

Para tratar as restrições faz-se uso do aplicativo do *Riskoptimizer* (palisade.com.br) de algoritmos genéticos (*Evolver*) que verifica no cromossoma o cumprimento das restrições para cada alternativa. Assim, se no cromossomo, algum dos parâmetros para a curva de gatilho de uma alternativa não cumpre as restrições, descarta-se só o cromossoma correspondente a essa alternativa, sendo este substituído por outro.

Na avaliação do cromossoma emprega-se a simulação Monte Carlo. Através da simulação Monte Carlo simula-se os caminhos para o preço da *commodity* para cada instante de tempo, desde t_0 até a expiração t . O número de iterações da simulação Monte Carlo corresponde ao número de caminhos para o preço da *commodity* que se vai simular. O cromossoma é avaliado da seguinte forma: com os parâmetros das curvas de gatilhos (genes do cromossomo) constrói-se a regra de decisão (interseção das curvas de gatilho). Logo, cada caminho do preço é comparado com o preço crítico da regra de decisão (curva de gatilho) em cada instante t . Se o preço da opção supera a curva de gatilho (alcança a região de exercício), o valor da opção no vencimento é calculado para esse preço em t de forma geral:

$$C_t(St, X) = \text{Max}(0, St - X) \quad (12)$$

Onde:

C_t : valor da opção na expiração;

St : Preço do ativo objeto na data de vencimento T ;

X : Preço de exercício da opção.

Se o preço da *commodity* não supera a curva de gatilho, o valor da opção é calculado com o valor do preço do mercado de curto prazo gerado pela simulação para aquele instante. Este valor da opção representa a avaliação do cromossoma para essa iteração (caminho do preço)

Na Figura 18 mostra-se um exemplo de dois caminhos diferentes para o preço da *commodity* até a expiração da opção. No primeiro, o preço da *commodity* intercepta a curva de gatilho no tempo t_1 ; nesse momento a regra de decisão determina que a opção de investimento representada pela curva de gatilho seja exercida. Deste modo, calcula-se o valor da opção nesse momento (t_1) e este valor é trazido ao valor presente multiplicando pelo fator $\exp(-rt)$. O outro caminho do preço da *commodity* passa todo o tempo de vida da opção sem interceptar a curva

de gatilho; neste caso o valor da opção é calculada com o preço do mercado de curto prazo.

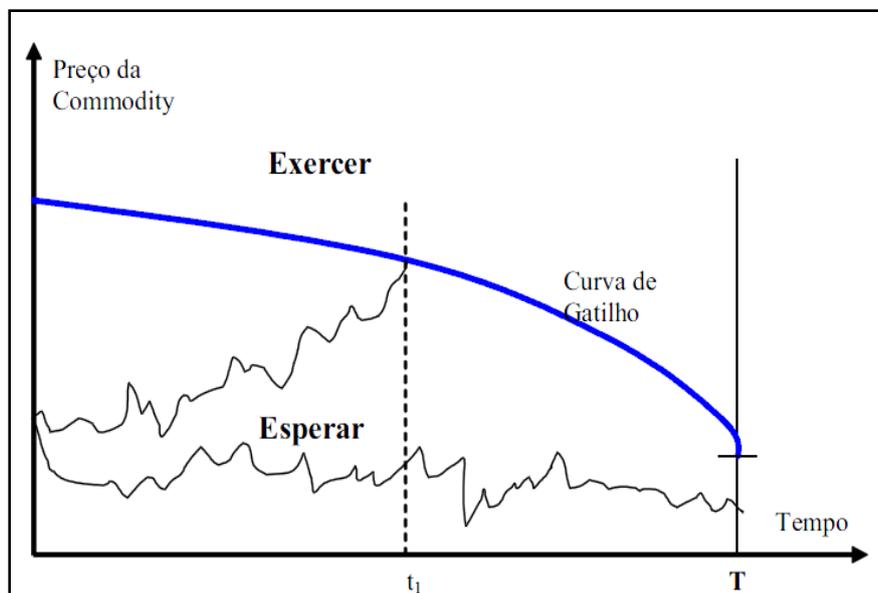


Figura 18 - Curva de gatilho e caminho do preço da commodity

Repete-se este processo para todos os caminhos. Logo, a avaliação deste cromossoma que o algoritmo genético busca maximizar é a média do valor da opção obtido para cada caminho do preço.

Maiores detalhes do processo de avaliação do cromossoma são apresentados no capítulo 9 e na descrição do estudo de casos.

8.4. Regra de Decisão e Valor da Opção

Este módulo recebe o resultado do algoritmo genético, isto é, o cromossoma com maior avaliação (melhor indivíduo). Este cromossoma contém os parâmetros das curvas de gatilho de todas as opções de investimento e em conjunto representa a regra de decisão ótima. Com estes parâmetros neste módulo é construída a regra de decisão ótima e o valor da opção é o valor da avaliação do cromossoma.

8.5. Avaliação da Regra de Decisão

Nos casos que serão estudados no próximo capítulo, o objetivo do AG é maximizar o valor presente da opção (VPL) onde o preço do mercado depende do

tempo. Para este fim emprega-se a simulação Monte Carlo com 2.000 iterações, sendo que para cada iteração é calculado o preço do mercado.

A avaliação do cromossoma (j) inicia-se com a primeira iteração às simulações Monte Carlo (i=1), para esta situação tem-se um caminho do preço e em cada instante é verificado se o preço do mercado atinge a região de exercício. Se o preço alcança uma destas opções calcula-se o VPL a partir deste ponto e passa-se para a próxima iteração. Quando o exercício é praticado, o valor presente líquido é atualizado pela taxa livre de risco, obtendo-se então o valor da opção para esta iteração i (Ai).

O valor de avaliação para este cromossoma está determinada pela média dos VPLs encontrada para cada iteração:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^{2.000} A_i}{n^{\circ} \text{ de iteracoes}} \quad (3)$$