



Valoração de investimento em energia renovável utilizando programação dinâmica

Sergio Vitor de Barros Bruno

PETROBRAS – Soluções em Pesquisa Operacional; PUC-Rio
Avenida Nilo Peçanha, 151 – 7º andar – 20020-100 – Rio de Janeiro/RJ
sbruno@petrobras.com.br

Alexandre Street de Aguiar

PUC-Rio
Rua Marquês de São Vicente, 225 Gávea, Rio de Janeiro
street@ele.puc-rio.br

RESUMO

A decisão do momento ótimo de investimento, assim como a cesta ideal de projetos, é tema de pesquisa na literatura de Opções Reais e Otimização Estocástica. Um investidor no mercado brasileiro de energia elétrica que negocie contratos no Ambiente de Contratação Livre (ACL) pode se aproveitar de complementariedades sazonais entre os projetos para evitar riscos de exposição ao mercado. O problema de investimento pode ser visto como um modelo de *otimização estocástica multiestágios com variáveis inteiras*, de difícil resolução. As principais soluções disponíveis na literatura simplificam o problema ao reduzir a dimensionalidade da árvore de cenários, ou assumindo hipóteses simplificadoras sobre os processos estocásticos. Neste trabalho apresentamos uma abordagem inspirada em opções reais que nos permite determinar com sucesso o momento ótimo de investimento e a estratégia do investidor. Uma árvore de cenários é gerada a partir de simulações de Monte Carlo dos dados de mercado pelo método de Redução Ótima de Cenários. O modelo é resolvido numericamente através de programação dinâmica sobre os nós da árvore, avaliando a cada nó o valor de exercício da opção de investir. Iremos apresentar uma abordagem neutra ao risco e uma avessa ao risco, através do uso de medidas coerentes de risco.

PALAVRAS CHAVE. Energia renovável, otimização estocástica multiestágio com aversão a risco, opções reais.

ABSTRACT

Optimal investment timing as well as optimal project portfolio is under active research in Real Options and Stochastic Programming literature. In the Brazilian market, an investor who trades contracts in the Free Trading Environment may benefit from seasonal complementarities his projects to reduce his exposition to market risks. We may define this investment problem as a *multistage stochastic integer programming* model, which may be hard to solve. The main solution methods in the literature rely on simplifying the scenario tree dimensionality or the stochastic process of the uncertainty sources. In our work, we present a real options inspired approach that successfully allows us to come up with strategies for optimal investment. The Scenario Reduction method allows us to create a scenario tree from the Monte Carlo simulations of market data. A dynamic programming procedure is used to solve the problem, by evaluating investment in each node of the tree. We will show a risk neutral version and a risk averse approach, considering coherent risk measures.

KEYWORDS. Renewable energy. Multistage stochastic programming with risk aversion. Real Options.