

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

8.1 CONCLUSÕES

Esta tese apresentou a proposta e o desenvolvimento de um modelo alternativo ao modelo tradicional de análise de investimentos em Projetos de Eficiência Energética proposto pela ANEEL para o setor elétrico brasileiro, que considera a influência das incertezas técnicas associadas à vida útil e à manutenção dos novos equipamentos eficientes, além do fator de risco associado à incerteza econômica do preço da energia elétrica no mercado de curto prazo.

A metodologia proposta para obtenção de uma regra de decisão ótima de investimento em Projetos de Eficiência Energética, sob incertezas técnicas e de mercado, aborda três problemas: (i) a avaliação de uma opção real de espera; (ii) a avaliação do risco e (iii) a otimização do diagnóstico energético para um nível específico de investimento.

Foi aplicado o modelo de processo estocástico desenvolvido por Alves (2011) [20] para criar cenários consistentes para o preço de curto prazo da energia elétrica (PLD). O modelo de Alves (2001) baseia-se na aplicação de algoritmos genéticos para estimar os parâmetros do processo de reversão à média (MRM) que melhor represente o preço de curto prazo da energia elétrica no mercado brasileiro, considerando as características dos períodos sazonais secos e úmidos, de grande influência para a formação de preços.

As incertezas técnicas foram representadas por distribuições de probabilidade triangulares. Através da Simulação Monte Carlo foram gerados 700.000 cenários para valoração da opção de espera e para a valoração do risco através dos parâmetros VaR e C-VaR. Para cada um dos cenários de incertezas técnicas foram calculados os Fluxos de Caixa Descontados (FCD) do Benefício (energia economizada e redução de demanda na ponta) pela precificação mensal do valor da energia elétrica de curto prazo modelada pela função estocástica.

No primeiro experimento do estudo avaliou-se o tempo esperado em que o projeto se paga, ou ponto de equilíbrio (do inglês: *break-even-point*), consideradas as incertezas do modelo. Pode-se verificar como as peculiaridades do setor elétrico

brasileiro relativos à dependência hidrológica, a regulamentação e o uso de um modelo para determinar o PLD, influenciam significativamente no comportamento dos investimentos em eficiência energética no Brasil. Foram constatadas mudanças nas distribuições de VPL passando de todos negativos para todos positivos em poucos meses. Em um dos experimentos observou-se que em dois meses mudam quase 90% dos cenários de VPLs negativos para VPLs positivos. Esta avaliação permite ao investidor comparar o tempo de retorno esperado do projeto com o seu limite para firmar o contrato de desempenho com a empresa prestadora de serviços de eficiência energética (ESCO).

A seguir avaliou-se a opção de espera sobre os Projetos de Eficiência Energética, considerando duas possibilidades: (i) o investidor deseja conhecer o valor da flexibilidade gerencial de ter a opção de investir no projeto na data de expiração do projeto no final de um ano (opção do tipo europeia) (ii) o investidor deseja conhecer o valor da flexibilidade gerencial de ter a opção de investir no projeto em qualquer mês até a data de expiração do projeto no final de um ano (opção do tipo americana). Este estudo revelou, em todos os experimentos, um que o valor da opção de espera é nulo ou muito pequeno em relação ao VPL do projeto. Logo, conclui-se que em Projetos de Eficiência no Brasil pode haver valor de espera, dependendo das características do problema estudado e das incertezas associadas. Para a precificação do opção americana foi aplicado o algoritmo de Grant, Vora e Weeks [54] com o objetivo de se obter a curva de gatilho. Todavia, o algoritmo não convergiu em todos pontos, conforme comprovado neste estudo (seção 7.3.2.3), em função de características específicas do problema resultantes da dependência da velocidade de reversão à média, da volatilidade e da média de longo prazo. Tal comportamento é típico dos preços de curto prazo praticados no mercado brasileiro de energia elétrica (PLD), cuja formação depende da hidrologia, de decisões operativas e de questões regulatórias. Logo, o PLD na verdade não possui o comportamento de uma commodity padrão, para as quais os preços são ditados pelos níveis de oferta e demanda em bolsa.

Concluiu-se que o cálculo do valor do Benefício (FCD em função da duração do tempo do projeto) não se vê impactado pelo preço inicial da commodity. Como alternativa, foi utilizado o método de Método dos Mínimos Quadrados de Monte Carlo (MQMC), desenvolvido por Longstaff e Schwartz (2001) [50] para o

apreçamento de opções americanas tradicionais, também conhecido como Least Squares Monte Carlo, ou LSM. Os resultados deste experimento confirmaram que a opção de espera possui um valor nulo ou muito pequeno em relação ao VPL do projeto.

No segundo experimento aplicou-se a técnica inteligente de algoritmos genéticos (AG) para otimizar o diagnóstico energético do projeto de Climatização que exige um investimento da ordem de R\$ 2 milhões. Neste estudo avaliou-se a possibilidade de se construir um diagnóstico energético otimizado para a Relação Custo vs. Benefício (RCB), com redução de 50% no investimento. Tal análise buscou adequar o projeto ao nível de investimento possível para o investidor proporcionando, também, a oportunidade de desenvolvimento de um projeto-piloto que possa confirmar os níveis de economia projetados. Os resultados deste experimento demonstraram que pela aplicação de algoritmos genéticos, pode-se construir subprojetos a partir de um projeto maior, mantendo-se, ou até ampliando-se a Relação Custo vs. Benefício (RCB).

Este trabalho mostrou um modelo que tornou viável o gerenciamento de risco em Projetos de Eficiência Energética com Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) no Brasil. Entender como as incertezas afetam as tomadas de decisão nos Projetos de Eficiência Energética é essencial para se elaborar uma perspectiva mais favorável na ótica construtiva e regulatória, contribuindo para fomentar a política brasileira orientada pelo Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf [1].

8.2 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, sugere-se:

- Estudar, modelar e inserir a incerteza técnica relativa ao defeito em cada tipo de equipamentos eficiente utilizado do projeto, ocorrido antes do fim da sua vida útil;
- Estudar, modelar e inserir a incerteza técnica relativa a vida útil dos equipamentos de iluminação, individualizados por ambientes, para avaliação do impacto dos tempos de acendimento.

- Ampliar o modelo para incluir as unidades consumidoras do tipo autoprodutoras. Estudar, modelar e inserir as incertezas técnicas da cogeração ou geração distribuída e seu impacto sobre o custo final da energia elétrica para o cliente.
- Estudar e modelar a opção de expansão de uma unidade consumidora considerando a execução de um Projeto de Eficiência Energética.