

6 Conclusões

As conclusões advêm do estudo realizado com objetivo de encontrar a melhor carteira de Swaps de energia elétrica, contratadas em MW, que maximiza o valor da medida $\hat{\Omega}$, tendo uma expectativa de lucro e como restrição o *Conditional Value at Risk* (CVaR), para os anos de 2012 e 2013.

Para atingir o objetivo foi constituída uma empresa comercializadora fictícia para operar no mercado de energia elétrica brasileiro. Na operação descrita e analisada estabeleceu-se como meta um ganho inicial de R\$ 100.000,00, que foi reduzido para R\$ 10.000,00 visando a melhor adequação a relação de risco e retorno e a um risco máximo com o CVaR95% igual a R\$ 300.000,00 ao ano.

A empresa comercializadora realizou operações de compra e de venda casadas com valores iguais ao PLDs, em diferentes submercados, o chamado *Swap* de energia elétrica.

Os valores para os PLDs foram simulados a partir dos dados fornecidos pelos *softwares* Newave e Decomp. A escolha dos montantes de energia elétrica destinados a cada uma das possíveis operações de *Swaps* ocorreu de forma a maximizar a medida $\hat{\Omega}$ referente aos retornos obtidos dos resultados anuais, limitados apenas pelo valor máximo de CVaR95%.

Por se tratar de um problema de programação não linear, houve um aumento na complexidade da resolução do problema através de algoritmos de pesquisa operacional, assim o problema foi dividido em etapas para que a resposta encontrada fosse a mais confiável possível.

De início foram feitos estudos de estatística descritiva para os PLDs de cada submercado, para os anos de 2012 e 2013, e em seguida para todos os *Swaps* que apresentaram valores esperados positivos, pois, esses são formados em pares, e realizada a subtração de seus valores. Assim, *Swaps* compostos pelos mesmos submercados apresentam valores iguais em módulo, e conseqüentemente, estatísticas descritivas simétricas, não sendo, portanto, necessário o estudo desses.

Essas operações foram otimizadas de modo a maximizar suas respectivas medidas $\hat{\Omega}$.

Em seguida foram feitas as otimizações para as carteiras, iniciando com dois pares de *Swap*, em seguida para três pares e assim por diante até a carteira com todos os seis pares. Para a escolha do melhor valor para Ω , também foi considerada a parcimônia, assim, para resultados ótimos iguais se escolheu a carteira de mais fácil execução, ou seja, aquela que apresentou o menor número de elementos e com valores menores de MW contratados. Todas essas otimizações foram restringidas pelo CVaR_{95%} ao máximo de R\$ 300.000,00.

A carteira ótima para o ano de 2012 obteve as seguintes quantidades de MW, 18,93 no *Swap* Nordeste Norte, 11,79 no Sudeste Nordeste, 6,78 no Sudeste Sul e 6,15 Sul Nordeste, chegando ao valor de 8,128 para Ω .

Para o ano de 2013, o valor de Ω encontrado foi 67,861 e os MWs médios contratados para cada *Swap* foram 14,99 em Nordeste Norte, 19,93 em Sudeste Nordeste, 5,40 em Sudeste Norte, e 0,85 em Norte Sul.

As carteiras ótimas, tanto para o ano de 2012 quanto para o ano de 2013, foram constituídas com a execução de quatro operações, sendo os valores encontrados para Ω muito maiores quando comparados com os encontrados com as operações analisadas individualmente.

Os valores encontrados para a carteira 2013 foram mais expressivos que os encontrados para a carteira de 2012, não em relação ao risco de perda, pois o CVaR_{95%} foi o mesmo para ambos os casos, mas em relação à expectativa de ganho, sendo de R\$ 1.199.316,57 para o ano de 2013 e de R\$ 151.129,61 para o ano de 2012. A chance de ter um resultado negativo, ou seja, um prejuízo é menor para o ano de 2013 (17,90%) em relação a 2012 (27,50%), o que pode ser explicado pela grande diferença entre os valores de Ω encontrados.

Foram feitas simulações acerca do comportamento de Ω em relação à meta de ganho inicial (L), como também, da medida Ω em relação ao CVaR_{95%}, calculado com a quantidade ótima MW contratada em cada operação.

As simulações acerca do comportamento da medida Ω em relação à meta de ganho inicial (L) indicam que Ω tem comportamento inverso ao de L, mas não de forma linear, ou seja, com o aumento no valor de L, o valor de Ω diminui, mas não na mesma proporção. Esse comportamento se repete tanto no caso da análise em *Swaps* individualmente como para o caso da análise nas carteiras escolhidas.

No caso da análise de sensibilidade entre Ω e a quantidade de energia contratada M , nota-se que quando analisados os *Swaps* individualmente a relação é positiva, ou seja, um aumento em M gera um aumento em Ω , o que corrobora a ideia de Ω ser uma função monotônica, e a necessidade de uma restrição para que os valores de Ω e M não tendam a infinito. Já para as carteiras não era possível mudar os valores de M para cada uma das operações, pois, isso descaracterizaria a mesma, assim, usou-se um multiplicador comum para os valores contratados na carteira ótima. Os resultados encontrados mostram que apesar de haver uma relação positiva, quanto maior o multiplicado de M da carteira, maior o valor de Ω , porém, essa relação é pouco sensível, sendo o aumento em Ω muito menor que o aumento nos valores M contratados.

No estudo da relação entre CVaR95% calculado e M , é notável uma relação direta e linear tanto no caso dos *Swaps* individuais como no caso das carteiras selecionadas. Assim um aumento em M gera um aumento de CVaR95% calculado na mesma proporção.

Não foram feitas análises da relação de Ω com mudanças no valor CVaR95%, no entanto, a relação positiva de Ω e de CVaR95% calculado com as quantidades de MW contratados levam a crer que caso a restrição do CVaR95% fosse alterada a carteira ótima não manteria as mesmas proporções, e que possivelmente, a composição das operações utilizadas nesse estudo para formá-la sofreria alguma alteração. Assim, pode-se concluir que não existe uma carteira ótima geral, sendo necessário um estudo, caso a caso, de acordo com as restrições propostas.

Estudos futuros podem desenvolver mais a fundo as distribuições das carteiras ótimas, como por exemplo, separando seus resultados positivos e negativos e a respectiva análise sobre o risco e o retorno. Outros métodos de otimização para problemas não lineares poderiam ser utilizados, como por exemplo, algoritmos genéticos, meta-heurísticas ou redes neurais. Poderiam ainda ser feito um estudo apenas para tratar a relação Ω com o CVaR95% para carteiras otimizadas de *Swaps* de energia elétrica.