

# 1 Introdução

A atividade de refino é um elo estratégico da cadeia de petróleo e derivados. Esta atividade permite a transformação do óleo cru em produtos comercializáveis de maior valor agregado. Porém, o perfil dos derivados depende das características do petróleo utilizado, em conjunto com os processos que serão submetidos na refinaria.

Nos últimos anos, verifica-se uma perspectiva mundial de alteração do perfil de consumo dos produtos. É crescente a demanda por derivados cada vez mais leves dentro de exigências ambientais mais rígidas. Por outro lado, no Brasil, nota-se uma forte tendência de oferta de petróleos cada vez mais pesados e ácidos.

Para atender a este novo cenário contraditório, é requerido um processo de adequação da cadeia integrada de petróleo nacional, envolvendo elevados investimentos em unidades de conversão e tratamento, e na malha logística.

Os projetos de investimento na área de refino são interdependentes, uma vez que podem ser concorrentes entre si (demandam o mesmo petróleo ou atendem o mesmo mercado de derivados) ou até mesmo complementares. Para subsidiar a decisão dos projetos que entrarão da carteira de investimentos, através da avaliação global do seu impacto na cadeia de petróleo e derivados, é recomendável realizar o planejamento de investimento através de uma análise integrada desta cadeia. Isto faz com que a decisão torne-se extremamente complicada sem o uso de ferramenta computacional.

Para apoiar o planejamento de curto, médio ou longo prazo na cadeia integrada de petróleo e derivados, modelos de otimização são amplamente utilizados. Muitos destes modelos são determinísticos, pois não consideram a natureza incerta de alguns dados de entrada. Como normalmente os modelos da área de petróleo são sensíveis à variação de alguns parâmetros de entrada (ex.: demanda de derivados), os modelos determinísticos podem não ser adequados para o planejamento nesta área. Os estudos de planejamento de investimento de

longo prazo costumam apresentar muitas incertezas relacionadas às imprevisibilidades de alguns parâmetros que compõem as hipóteses adotadas. Neste contexto, convém analisar a carteira de investimentos ótima considerando o caráter estocástico dos parâmetros que mais impactam no resultado econômico final. Como toda incerteza envolve risco, é relevante avaliar uma carteira de projetos de investimentos considerando um limite de nível de risco admitido pelo investidor.

Otimização sob incerteza é um tópico que tem sido abordado em estudos recentes de modelos para subsidiar o planejamento de atividades de refino. Porém, ainda são poucas as contribuições que consideram o risco associado a este planejamento.

Gerenciamento de risco é um tema muito explorado na área econômico-financeira. Dentro deste tópico, existem as técnicas de otimização de portfólio que são originadas nesta mesma área. Estas técnicas visam apoiar a escolha de um portfólio de ativos ótimo (que maximizem o retorno esperado do investidor) respeitando um nível de risco estipulado.

Apesar de terem sido desenvolvidas com o propósito de atender as necessidades do mercado econômico-financeiro, as técnicas de otimização de portfólio podem ser adaptadas para outras aplicações. Sua aplicação em modelos utilizados na indústria petrolífera pode trazer melhores resultados para auxiliar a tomada de decisão. Além de considerar as incertezas envolvidas, estes modelos poderão indicar os projetos que devem compor a carteira de investimentos considerando um dado nível de risco associado.

### **Objetivo da Dissertação**

O objetivo do trabalho é propor uma metodologia de otimização sob incerteza para avaliar a carteira de investimento em uma cadeia integrada de petróleo e derivados.

Neste contexto, o presente trabalho se propõe a desenvolver um modelo de otimização sob incerteza com restrição de risco na área de petróleo e derivados.

Este modelo se fundamenta do trabalho de Hamacher et al. (2008) que apresenta um modelo de programação linear que representa o parque de refino brasileiro e determina a forma otimizada de planejar o sistema de abastecimento

viabilizando a maximização do resultado operacional em um horizonte de tempo definido. No modelo, são consideradas as interdependências entre projetos levando em conta as restrições operacionais e de oferta e demanda. Este modelo será estendido para representação da incerteza envolvida nos dados de entrada e consideração do limite de nível de risco admitido. Para tal, serão utilizadas duas abordagens de otimização de portfólio: Conditional Value-at-Risk (CVaR) e Minimax. A partir de dados numéricos de possíveis cenários e suas respectivas probabilidades, o modelo será testado e os resultados serão apresentados e discutidos.

### **Estrutura do Trabalho**

Além deste primeiro capítulo introdutório, este trabalho possui mais seis capítulos que serão descritos brevemente a seguir.

No capítulo 2 são estudados tópicos básicos sobre modelos de otimização sob incerteza focando na abordagem de programação estocástica. Também são apresentados modelos que utilizam técnicas de gerenciamento de riscos, os modelos de otimização de portfólio, que têm origem na área econômico-financeira.

No capítulo 3 é apresentada uma revisão da literatura sobre utilização da programação matemática em modelos de downstream. São mostrados os modelos típicos encontrados nesta indústria, tanto determinísticos como estocásticos.

No capítulo 4 é descrito um modelo em escala reduzida para de otimização de portfólio na área de petróleo e derivados com risco associado inerente às incertezas relacionadas à oferta e preço de petróleos, assim como demanda e preço de derivados. Através do exemplo será mostrado o modelo de solução proposto para o problema de otimização de portfólio na área de petróleo e derivados.

No capítulo 5 é apresentado o problema de otimização da cadeia de suprimentos de petróleo e derivados estudado neste trabalho, bem como seu modelo matemático. Inicialmente é apresentado o modelo determinístico e em seguida a sua extensão para o modelo estocástico, incluindo duas abordagens propostas para inclusão de restrições de risco ao modelo: CVaR e Minimax.

No capítulo 6, são descritos os parâmetros estocásticos do modelo, que são oferta de petróleo, demanda de derivados e preço de petróleos e derivados. São

apresentadas, ainda, três abordagens de construção dos cenários a partir das possibilidades de cada parâmetro incerto.

No capítulo 7 são mostrados os resultados obtidos a partir das abordagens propostas nos capítulos 5 e 6.

Finalmente, no capítulo 8 são reunidas as principais conclusões obtidas, bem como sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros.