

# 1 Introdução

A indústria do petróleo mundial enfrenta cada vez mais novos desafios. Oscilações bruscas nos preços de petróleo e derivados, novos limites para prospecção e exploração de reservas, nova consciência mundial a respeito de preservação do meio ambiente e parcerias entre os grandes players do mercado são alguns dos fatores que contribuem para um ambiente cada vez mais competitivo e dinâmico.

Neste ambiente competitivo, as empresas de petróleo são compelidas a aumentar seu desempenho ao longo de toda a cadeia de suprimento, desde a colocação de pedidos e entrega dos produtos finais, até a exploração e produção do petróleo.

A pressão para maximizar a produtividade dos ativos existentes é traduzida em reduções de custos operacionais. Em uma indústria tradicionalmente conhecida pelas largas economias de escala, a gestão dos custos logísticos é crucial.

O planejamento e a programação da movimentação do petróleo ao longo da cadeia são feitos através de uma rede logística que pode incluir os modais aquaviário, dutoviário ou rodoviário. As decisões operacionais de curto prazo tomadas para levar o petróleo a uma refinaria influenciam diretamente na operação desta; leia-se gestão de estoques, programação da produção de refino, entrega do produto final e margem de refino.

## 1.1. Objetivos e delimitação da pesquisa

A atividade de programação logística dentro da Petrobras engloba decisões tais como alocação dos navios petroleiros na cabotagem dos pontos de carga (plataformas na Bacia de Campos) aos pontos de descarga (terminais aquaviários), tamanhos de lote transportados, sequenciamento da descarga destes navios para os tanques dos terminais, e sequenciamento do bombeio dos petróleos que são movimentados dos terminais para as refinarias através de dutos.

Estas decisões são geradas com frequência diária para um horizonte que pode ser de um a quatro dias, ou às vezes de poucas horas. Os grandes desafios ao gerar um plano de programação deste, contemplam a viabilidade física para que ele aconteça e a agilidade requerida para reação e alterações neste plano, quando existem mudanças nas variáveis projetadas.

Os responsáveis por este plano são conhecidos como programadores, e grande parte do seu tempo diário é consumido na busca por informações das fontes ao longo da cadeia, tais quais níveis de produção de petróleo na Bacia de Campos, disponibilidade de navios para cabotagem, previsão de importações e exportações de petróleo, necessidades de matéria-prima pelas refinarias, estado e conservação dos tanques, bombas e dutos nos terminais aquaviários.

Segundo Magalhães (2004), geralmente a métrica essencial a ser otimizada em um problema de programação é o desvio com relação ao planejado, que deve ser minimizado. No entanto, existem alguns graus de liberdade que são inerentes ao nível da programação devido à natureza das operações, como sobreestadia de navios (atraso na operação de carga ou descarga), utilização de tanques, alterações na composição dos petróleos produzidos e utilização de energia contratada para o modal dutoviário.

Este estudo tem como objetivo modelar a programação do duto OSPAR, responsável pelo suprimento de petróleo da Refinaria de Araucária (REPAR) a partir do terminal de São Francisco do Sul (Tefran). Isto inclui o tamanho e sequenciamento dos lotes de petróleo a serem bombeados para a refinaria e o sequenciamento da atracação dos navios para descarga no terminal, utilizando como função objetivo a redução do custo do modal dutoviário (custo de energia) e do modal marítimo (custo de estadia dos navios), e evitar a redução de estoque na refinaria.

Para tal estudo será elaborado um modelo de programação matemática de programação linear inteira mista. Este tipo de modelo é o mais adequado à modelagem de *scheduling* por explicitar decisões discretas, tais como atracar ou não navios, bombear ou não um lote no duto do terminal para a refinaria.

São utilizadas algumas premissas para a elaboração do modelo, como consideração de apenas dois tipos de petróleo, o leve e o pesado. Para a

modelagem da tancagem do terminal e refinaria não são considerados os tanques individuais, e sim a agregação das tancagens por tipo de petróleo. Neste contexto, são desconsiderados os tempos de preparo de tanques.

O nível de estoque de petróleo no terminal e refinaria deve respeitar o limite mínimo e máximo de tancagem. Em relação aos navios, estes não podem ter sua operação de descarga interrompida, e sua vazão de descarga é um parâmetro dado no problema, podendo variar de acordo com o tipo de petróleo e porte de navio.

Em relação ao duto, sua vazão é constante e cada lote é composto por um único tipo de petróleo. Neste problema o duto pode ter sua operação interrompida.

Não faz parte do escopo deste modelo a programação de produção da refinaria, nem mesmo o sequenciamento de recebimento e envio de tanques em terminal e refinaria. Neste trabalho não serão consideradas incertezas relativas aos parâmetros do modelo.

A contribuição desejada através deste trabalho é prever a operação de descarga dos navios e da operação do duto para um determinado horizonte de programação, de modo a minimizar o custo operacional e garantir o suprimento da refinaria.

## **1.2. Estrutura da dissertação**

A dissertação é organizada em seis capítulos, sendo este primeiro o introdutório.

O segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica na qual são destacados conceitos relacionados à atividade de programação, subdividida nas seções de programação de produção de refinarias, dutos, e da cadeia de suprimentos.

No terceiro capítulo inicia-se o estudo de caso com uma breve apresentação do processo de planejamento e programação da cadeia de suprimentos de petróleo e derivados da Petrobras. Em seguida, é realizada a descrição e análise do subsistema, objeto deste estudo, que inclui o Terminal de São Francisco do Sul, o duto OSPAR e a refinaria REPAR, e de como ocorre o suprimento de petróleo para a REPAR. A análise é feita com enfoque nos principais custos da

movimentação do petróleo neste sub-sistema: o custo variável de energia do duto e o custo de navios.

No quarto capítulo é apresentada a modelagem proposta da programação do sub-sistema, as hipóteses consideradas, os critérios de avaliação e solução do modelo. Neste capítulo é descrita a formulação matemática aplicada ao problema que é objeto deste estudo, subdividida nas seções: notação, formulação matemática, restrições da refinaria, terminal, duto e navios. Este capítulo visa atender ao objetivo desta dissertação, modelar a programação do duto OSPAR, responsável pelo suprimento de petróleo da REPAR a partir do terminal de São Francisco do Sul.

No quinto capítulo são realizados os experimentos computacionais com o modelo elaborado, através da definição de parâmetros com dados fornecidos pela Petrobras. São apresentadas as soluções das instâncias e análise dos resultados. Tal capítulo visa atender a contribuição desejada deste trabalho, que é prever a operação de descarga dos navios e da operação do duto para um determinado horizonte de programação, de modo a minimizar o custo operacional e garantir o suprimento da refinaria.

No sexto capítulo são apresentadas as principais conclusões e recomendações deste trabalho.