

1 Introdução

A indústria de petróleo no Brasil começou a se desenvolver na década de 50 com a criação da estatal Petrobras. Desde então esta indústria passou por diversas mudanças e começou a ter um novo dinamismo com a abertura do mercado de exploração e produção, através da Lei nº 9.478, no final da década de 90. A recente descoberta de grandes reservas petrolíferas em águas ultra profundas disparou uma corrida por novas tecnologias e infraestruturas que suportem a dimensão desta nova operação. No horizonte 2011-2015 somente a Petrobras possui uma carteira de investimentos de 224,7 bilhões de dólares na sua cadeia produtiva (IBP, 2011).

Do ponto de vista econômico, a indústria petrolífera se caracteriza pela elevada intensidade de capital, ou seja, exige um grande empenho financeiro durante um longo período de tempo para colocar em marcha sua cadeia produtiva e obter retorno financeiro. Além disso, seus investimentos em infraestrutura possuem baixa liquidez, uma vez que não podem ser utilizados para outros fins.

No Brasil, a indústria do petróleo permanece com uma estrutura verticalizada, sendo uma mesma empresa responsável pela exploração, produção e refino de petróleo, comercialização e distribuição de derivados. Tal característica é justificada pelas significativas economias de escala, principalmente nas atividades de refino e transporte, e pelo fato de ser uma atividade que envolve muitas incertezas (geológicas, políticas, tecnológicas) e por consequências muitos riscos. Segundo Braga (2004):

A organização em um sistema industrial estruturado por diferentes segmentos de atividade em cadeia integrada verticalmente funciona como forma de distribuir riscos e custos entre os seus vários segmentos e de obter redução da relação risco/custo médio que compense os diferenciais de custos e aumente os ganhos ao longo dos segmentos da indústria.

Ademais, segundo Tavares (2005), as significativas economias de escala associadas à interdependência das operações na indústria de petróleo fazem com que as empresas estudem e planejem seus investimentos considerando o negócio petrolífero como um todo. Isto obriga a levar em consideração uma cadeia de suprimentos que pode possuir centenas de nós, entre plataformas de petróleo, portos, refinarias, bases de distribuição, e milhares de ligações entre eles.

Diante deste contexto, o apoio à tomada de decisões de investimento na cadeia logística da indústria de petróleo e derivados ganha particular importância e o uso de uma ferramenta que comporte sua complexidade passa a ser fundamental.

1.1 Objetivo

Visando auxiliar o planejamento estratégico de investimentos na infraestrutura logística da cadeia de petróleo e derivados, a presente dissertação propõe um modelo de programação linear inteira mista (PLIM). Tal modelo permite a realização de estudos que avaliam diversas alternativas de investimento na infraestrutura logística de uma cadeia de suprimentos, sejam elas de transporte ou de armazenagem.

O modelo PLIM desenvolvido busca, através de parâmetros determinísticos, minimizar os custos de investimentos e operacionais da companhia que opera a cadeia. A função objetivo contabiliza os custos de movimentação e produção do petróleo e derivados e os custos de investimento para expansão da cadeia, assim como as receitas provenientes da comercialização de petróleo e derivados nos mercados interno e externo, em um horizonte de tempo fixo.

As variáveis deste modelo contemplam os níveis de decisão estratégico e tático. O primeiro nível envolve a seleção de possíveis investimentos em ampliação da capacidade de transporte, de movimentação, de atracação ou de armazenagem da rede logística existente. Também é possível avaliar a viabilidade do investimento na implantação de novas ligações de transporte. Já o segundo nível determina, ano a ano, os fluxos entre os diferentes elos para atendimento da

demanda por petróleo e derivados, os volumes de oferta de derivados nas refinarias e de petróleo nas fontes e, por fim, os volumes de importação e de exportação de petróleo e derivados.

A cadeia de suprimentos avaliada por este modelo é tipicamente formada por: campos de produção de petróleo (nacionais e internacionais), terminais marítimos, refinarias, bases de distribuição e portos internacionais de importação e exportação de petróleo e derivados. Os nós que formam esta rede estão conectados através de arcos que representam os diferentes tipos de modais de transporte, tais como dutoviário, rodoviário, marítimo (cabotagem e longo curso), ferroviário e aquaviário.

Para apoiar a tomada de decisão de investimento na infraestrutura logística, o modelo deve refletir a realidade desta indústria, incorporando suas regras de negócio. Por essa razão, a modelagem matemática considera certas especificidades da cadeia logística da indústria de petróleo. Dentre elas pode-se citar a possibilidade de um arco ser invertível (origem passar a ser destino e vice-versa), o impacto da viscosidade e da mistura dos produtos transportados em um duto no cálculo da sua vazão, curvas de sobreestadia que penalizam o fluxo de produtos através dos terminais, limites de importação e exportação de petróleo e derivados. Conforme é exposto na revisão bibliográfica, poucos trabalhos focam no projeto da cadeia *downstream* de petróleo e por isso não detalham suficientemente sua rede de distribuição.

Além do desenvolvimento de um modelo matemático que contempla a realidade logística da indústria petrolífera, esta dissertação, contribui com a elaboração de dois estudos de caso que, fazendo uso de dados reais da malha logística brasileira de petróleo e derivados, validam o modelo e demonstram suas diferentes funcionalidades. O primeiro estudo avalia a viabilidade do projeto de ampliação de trechos de um duto que abastece diversas bases de distribuição e expõe a interdependência no investimento em cada um deles. Já o segundo avalia as sinergias nos projetos de ampliação da capacidade de atracação em um terminal marítimo e de aumento da capacidade de transporte do duto que liga este a uma base de distribuição. Em ambos os estudos foi realizada uma análise de

sensibilidade do Valor Presente Líquido do projeto em relação ao seu custo de investimento, permitindo fundamentar a escolha do decisor.

1.2 Metodologia

O estudo realizado para esta dissertação compreendeu primeiramente o desenvolvimento do modelo matemático. Esta etapa consistiu na realização de entrevistas não estruturadas com funcionários de uma empresa de petróleo para se entender as necessidades específicas desta cadeia. Para complementar tal entendimento, foram feitas, em paralelo, pesquisas em documentações de organismos nacionais e internacionais relativos à indústria do petróleo. Uma vez entendidas as regras do negócio, a modelagem do problema foi feita no software AIMMS.

Terminado o desenvolvimento do modelo, passou-se a etapa de sua validação. Para tal foram realizados dois estudos de caso que avaliam distintas funcionalidades da ferramenta matemática e representam questões relevantes para os tomadores de decisão. Para a realização dos estudos foi necessário, primeiramente, o desenvolvimento de um sistema associado ao modelo, formado por um banco de dados em SQL, por uma ferramenta de BI e por uma ferramenta gráfica para visualização e análise dos resultados. Em seguida foi necessário coletar os dados junto aos responsáveis por estudos estratégicos, que centralizam informações relativas a custos, níveis de oferta e de demanda, capacidade, oriundos de diversas áreas da companhia. Finalmente os resultados foram analisados e validados pelos especialistas da companhia através de entrevistas.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho organiza-se da seguinte forma: finda esta introdução será apresentada, no Capítulo 2, a revisão bibliográfica da literatura conforme descrita na seção anterior. O Capítulo 3 contém a apresentação do problema que

será seguida pela descrição do modelo, no Capítulo 4. Os estudos de caso serão descritos e analisados nos Capítulos 5 e 6. Finalmente o trabalho se encerra com as conclusões da autora e sugestões de trabalhos subsequentes.