

5

Análise das variáveis críticas da ferramenta

Quando do desenvolvimento do modelo matemático que suportará a ferramenta logística cujos fundamentos são discutidos neste trabalho, será necessário utilizar um conjunto de variáveis chamadas de variáveis de decisão e de projeto. Essas, em maior ou menor grau, são fatores que influenciam o resultado final, qual seja, o fluxo de petróleo e derivados. Analisa-se, neste capítulo, as principais variáveis a serem consideradas nesse desenvolvimento.

Para cada uma das variáveis selecionadas, apresenta-se uma conceituação inicial, de forma a fundamentar os conceitos sobre a mesma, seguindo-se uma análise de sua aplicação e desempenho na ferramenta. Destaca-se, nessa análise, como a variável pode ser considerada no desenvolvimento do modelo matemático e situações específicas a ela associadas. Busca-se, dessa forma, analisar as particularidades das variáveis que podem influenciar o resultado final esperado.

Ressalta-se que este capítulo não é conclusivo em relação à extensão de todas as possíveis variáveis a serem adotadas pelo modelo matemático, analisando-se aquelas que, pela bibliografia estudada produzem os maiores impactos nas informações a serem usadas pela ferramenta, e por esta razão, são consideradas mais críticas para seu desenvolvimento.

Assim, foram selecionadas, para esta análise, as seguintes variáveis:

- ✓ Capacidade de refino;
- ✓ Capacidade de transporte;
- ✓ Demanda de mercado;
- ✓ Preço de petróleo e derivados.

a) A primeira variável – capacidade de refino – está diretamente associada aos produtos que a empresa é capaz de produzir para atendimento ao mercado.

Em todas as discussões encontradas sobre gestão de cadeia de suprimento, encontra-se o processo produtivo no centro da cadeia.

Para Pires (2004), o conceito de sistema produtivo geralmente está inserido em um contexto maior da tradicional visão sistêmica, usualmente referenciada pela literatura sobre gestão da cadeia de suprimento.

A transformação de matéria-prima em produtos acabados, junto com a aquisição da matéria-prima e distribuição do produto no mercado, constituem a rede de trabalho representada pela cadeia de suprimento (Lee e Billington, 1993).

b) Insere-se aqui a segunda variável selecionada, que é a capacidade de transporte. Seja para levar a matéria-prima até o centro produtivo ou para distribuir os produtos no mercado, a capacidade de transporte assume fundamental importância na estimativa dos fluxos de produtos.

Botelho (2001), em seu estudo, cita que os custos de transporte nos Estados Unidos representam 59% dos custos logísticos do país. Cheng e Duran (2004) consideram o transporte de petróleo entre os mercados mundiais como o fator logístico central que une as etapas *upstream* e *downstream*, desempenhando um papel fundamental ao gerenciamento da cadeia de suprimento na indústria do petróleo.

Os autores consideram o transporte marítimo como o principal modal intercontinental utilizado na indústria do petróleo, em função dos baixos custos decorrentes dos grandes volumes transportados em longas distâncias.

c) A demanda de mercado, terceira variável selecionada, relaciona-se diretamente com as necessidades dos mercados em relação aos produtos obtidos a partir do refino do petróleo. E não apenas o atendimento às necessidades existentes, mas também em relação a possíveis novas necessidades.

Para Kaplan e Norton (2004), é necessário aprender com os clientes e mercados de forma a identificar novas oportunidades e necessidades de produtos.

Nos atuais mercados, a manutenção de uma cadeia de suprimento eficiente é crítica em todas as empresas, principalmente se consideradas as constantes mudanças nas expectativas dos clientes (Gupta e Maranas, 2003).

d) Finaliza-se a lista de variáveis discutidas neste estudo com o preço do petróleo e derivados. Junto às demandas de mercado são os principais fatores de incerteza na otimização da cadeia de suprimento, segundo Al-Othman et al. (2008).

Apesar de discutidos em capítulos anteriores do trabalho, os aspectos geopolíticos dos mercados, não foram selecionados como variável do modelo

matemático. A mudança na legislação sobre a cobrança de impostos faz com que as indústrias de petróleo invistam em novas unidades para adequação dos derivados ao mercado (Carvalho, 2002). Destaca-se que esses fatores, tais como a intervenção governamental no setor petróleo de economias como a China e a Índia, apesar de importantes no processo de aquisição de novas capacidades de produção nesses mercados, fazem parte de uma etapa distinta do processo, não contemplada na ferramenta, que envolve além destas definições, uma análise de viabilidade técnico-econômica e análise de risco do negócio, entre outras.

No entanto, encontram-se trabalhos na literatura onde os impactos ambientais e de regulação são considerados na modelagem de cadeias de suprimento, podendo-se incluir na ferramenta em futuras revisões.

5.1. Capacidade de Refino

5.1.1. Conceituação

O processamento de petróleo consiste na sua transformação em produtos, chamados derivados de petróleo, que apresentam aplicações específicas em diferentes equipamentos, tais como motores, turbinas, queimadores etc.

Entre os principais derivados de petróleo destacam-se o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), utilizado principalmente em aplicações residenciais; a gasolina, utilizada em veículos automotivos; o querosene de aviação, usado em turbinas aeronáuticas e o óleo diesel, também usado em veículos.

Para Szklo (2005), “as refinarias de petróleo são sistemas complexos com múltiplas operações que dependem das propriedades do insumo (ou do mix dos insumos) e dos produtos desejados”.

Define-se, neste estudo, a capacidade de refino como a capacidade de uma refinaria em transformar o petróleo em seus diversos derivados. Para atender a este objetivo, as seguintes características são fundamentais:

- ✓ Características básicas do petróleo, que estão associadas ao volume e qualidade dos derivados produzidos;
- ✓ O volume de petróleo que pode ser processado em uma refinaria em função do tempo, normalmente expresso em barris por dia ou metro cúbico por dia;

- ✓ O esquema de refino da refinaria, aqui entendido como o conjunto de processos que a refinaria dispõe para transformar o petróleo em seus derivados.

A capacidade de refino está, portanto, diretamente relacionada à quantidade de petróleo que a refinaria é capaz de transformar em derivados e, conseqüentemente, com a quantidade de produtos que a mesma é capaz de produzir.

É importante ressaltar que cada refinaria é projetada considerando-se um determinado tipo de petróleo a ser processado e as necessidades de seu mercado-alvo, sendo portanto constituída de um conjunto próprio de unidades de processo, de modo a compatibilizar a característica do petróleo com as necessidades do mercado a ser atendido por seus produtos. A este conjunto de unidades, chama-se esquema de refino.

Na figura 10 ilustra-se um exemplo hipotético de uma refinaria para produção de combustíveis, formada por diferentes unidades de processo.

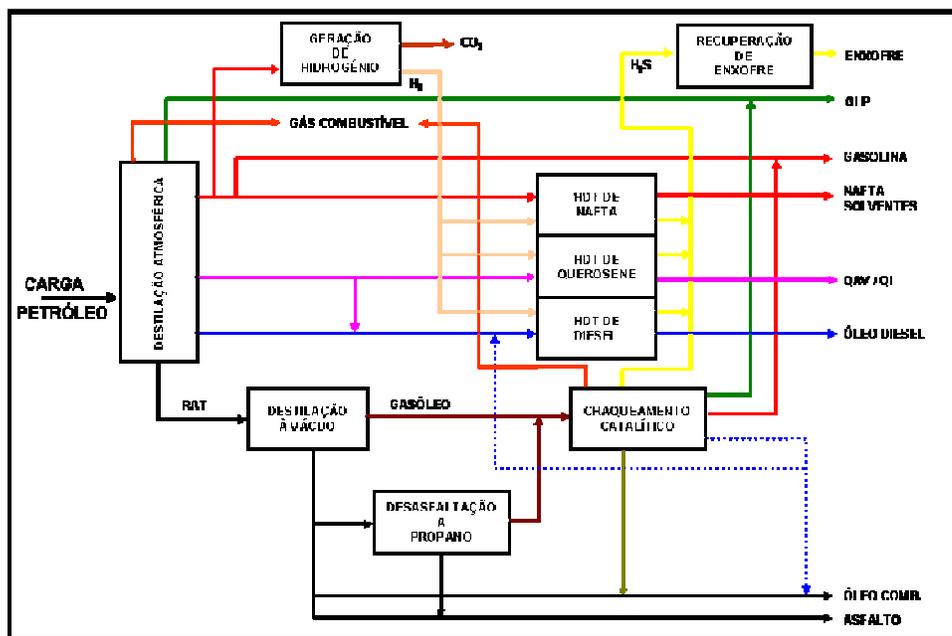


Figura 10 – Esquema de refino para produção de combustíveis. Fonte: Petrobras, 2009.

Observa-se que o esquema de refino define e limita o tipo e a quantidade de derivados que a refinaria é capaz de produzir, de forma que, por exemplo, alguns tipos específicos de derivados só podem ser produzidos a partir de determinadas refinarias, porque somente elas dispõem dos processos necessários à produção destes derivados de petróleo.

Os parques de refino, tanto no Brasil como no mundo, são constituídos por uma expressiva diversidade de esquemas de refino, ou seja, de um grande número de processos de refino. Quanto maior for a diversidade de processos numa determinada refinaria, maior será a sua flexibilidade e a sua capacidade de processamento de petróleos mais distintos ou de atender a requisitos de qualidade de produtos mais restritivos.

Dessa forma, refinarias com baixo nível de complexidade operam com um conjunto de petróleo mais restrito, adequado à sua concepção. Refinarias mais complexas, que processam maior diversidade de petróleos, produzem um maior número de produtos, atendendo a requisitos de especificações mais rígidas.

A capacidade de processamento (volume de petróleo processado) e a complexidade das refinarias de petróleo no mundo (tipos de processos disponíveis) devem continuar a aumentar, em função do fato de que a qualidade do petróleo tende a cair, na medida em que se esgotam os petróleos de melhor qualidade e que as técnicas de extração e processamento se desenvolvem.

Por petróleos de melhor qualidade entende-se aqueles com um rendimento maior de derivados leves (GLP e gasolinas) e médios (querosene e óleo diesel).

Os petróleos pesados, ao contrário, por apresentarem um grande rendimento de frações residuais, necessitam de processamentos mais severos para que se consiga aumentar o rendimento dos produtos mais nobres citados.

Além disso, as especificações dos produtos tornam-se cada vez mais restritivas, seja por requisitos ambientais, por redução dos níveis de emissões de gases, seja por motores cada vez mais exigentes em relação à qualidade dos produtos. Ambos os fatores, qualidade de petróleo e de produtos, interferem na evolução do parque de refino futuro do mundo.

Para exemplificar esta situação, apresenta-se na tabela 3, os diferentes rendimentos obtidos a partir do processamento de um mesmo petróleo, no caso o Árabe Pesado, considerando-se os diferentes tipos de processo que podem compor o esquema de refino de uma refinaria. Estes dados são de Relatório de Estudo da KBC para a Petrobras.

Tabela 3 – Rendimentos de produtos em diferentes perfis de refinarias

Produto	Rendimento do Produto por Perfil de Refinaria, % vol		
	Destiladora	Craqueadora	Coqueadora
GLP	2,9	2,4	4,1
Gasolina	15,6	35,2	44,3
Querosene	0,0	2,9	14,6
Óleo Diesel	0,0	0,0	12,5
Óleo Combustível	78,1	57,7	14,3
Coque	0,0	0,0	8,3
Total	96,6	98,2	98,1

Fonte: Petrobras, 2009

O perfil da refinaria destiladora é formado basicamente por unidades de destilação, que são processos físicos de separação de petróleo.

A refinaria com perfil de craqueadora, além da destilação, é composta por processo de craqueamento catalítico, que converte frações pesadas da destilação em produtos mais nobres, como o GLP e a gasolina.

O terceiro perfil de refinaria, chamada de coqueadora, além dos dois processos anteriores, apresenta uma unidade de coqueamento, responsável pelo processamento de frações residuais do petróleo, transformando-as, principalmente em óleo diesel.

Observa-se, pela tabela, que o rendimento de produtos de maior interesse comercial é menor no perfil de uma refinaria destiladora. Isso porque, como a separação do petróleo é feita por processos físicos, o rendimento é aquele que é intrínseco à característica da matéria-prima, ou seja, são componentes já presentes no petróleo e que foram separados no processo de destilação. Os rendimentos aumentam à medida que são utilizados processos químicos (de conversão) capazes de transformar frações residuais em produtos de maior valor comercial.

Estes processos de conversão é que caracterizam a maior parte das refinarias de petróleo do mundo, já que o petróleo atualmente produzido no mundo tende, cada vez mais, a apresentar maiores teores de frações residuais.

5.1.2. Aplicação

Segundo Lacerda (2000), o trabalho da Logística é “prover disponibilidade de produtos, onde e quando forem necessários”. Nesse contexto, a capacidade de refino instalada em uma determinada região é uma variável importante a ser considerada no desenvolvimento da ferramenta logística cujos fundamentos

estão discutidos neste estudo, já que é diretamente responsável pelo volume de produtos colocados na área de influência da refinaria e, conseqüentemente, de sua capacidade de atendimento às necessidades de seu mercado.

No entanto, conforme a conceituação apresentada, entende-se por capacidade de refino ao conjunto de informações que incluem o petróleo a ser processado (volume e características) e o perfil da refinaria (esquema de refino) a ser utilizada no processo de transformação do petróleo em produtos.

As condicionantes apresentadas a seguir ilustram a importância desses fatores na variável considerada:

a) alterações do volume de petróleo processado pela refinaria são responsáveis por alterações no volume produzido de seus derivados

Observa-se que comumente ocorrem alterações na quantidade de derivados produzidos em uma refinaria em função de mudanças no volume processado de petróleo.

Essas alterações podem ser decorrentes da redução do volume de processamento, por paradas programadas ou de emergência da unidade, ou por aumento do volume devido à novos projetos que ampliam a capacidade de processamento da refinaria.

Algumas dessas alterações podem ser consideradas no modelo matemático, como por exemplo, as paradas para manutenção programadas ou as ampliações de capacidade por mudança de projetos.

Paradas de emergência não são previsíveis, mas também têm conseqüências limitadas na alteração do volume de produção, pois o mesmo é retomado, em geral, em pouco tempo, depois de solucionado o problema.

b) alterações na característica do petróleo provocam alterações no perfil de produtos produzidos

Decorrentes de novas descobertas, oportunidades comerciais ou mesmo alterações naturais na qualidade do petróleo, observam-se alterações no perfil de produtos da refinaria.

Essas alterações podem ser desde o aumento do volume de produtos por utilização de misturas de petróleo que ampliem o volume de produto gerado ou a redução, ou mesmo extinção, em alguns casos, do volume de um determinado produto pela incapacidade de enquadramento de sua especificação, decorrente de alterações de qualidade do petróleo.

c) alterações no perfil da refinaria também são responsáveis por alterações na quantidade de produtos gerados

Determinados processos são fundamentais para a produção de um dado derivado de petróleo. Como exemplo, cita-se uma unidade de produção chamada de alquilação catalítica, que é responsável pela produção de um derivado, a gasolina de aviação.

Assim, mudanças no perfil da refinaria ao longo do tempo são responsáveis pela alteração do perfil de produtos e devem, dessa forma, ser consideradas na análise dos resultados da ferramenta.

Um conjunto de informações sobre os projetos (existentes e futuros) de refinarias em todo o mundo pode ser obtido por meio de publicações especializadas da área, como o Oil & Gás Journal, com dados completos que incluem: empresa, localização, capacidade de processamento, data de início de operação, processos previstos e projetos.

Segundo Szklo (2005), uma medida usualmente utilizada para avaliar o grau de complexidade do esquema de refino de uma refinaria é o chamado Índice de Nelson, desenvolvido por Wilbur L. Nelson, na década de 60, quando refinarias americanas e européias iniciaram os projetos de unidades de conversão em seus parques de refino.

Apesar de voltado para uma avaliação do balanço entre custos de investimentos e operação das refinarias, que não é objeto da análise feita pela ferramenta, o Índice de Nelson pode ser utilizado como um indicador do nível de complexidade da refinaria, em substituição às informações sobre o perfil da refinaria.

Ressalta-se que não há necessidade de que a ferramenta inclua modelos de simulação de processos, o que aumentaria substancialmente a sua complexidade, sem trazer ganhos significativos nas informações sobre os fluxos de produtos. Conforme já comentado em capítulos anteriores, o objetivo da ferramenta é considerar os impactos nos fluxos de petróleo e derivados, sendo necessário levar-se em conta apenas as informações relacionadas à localização da refinaria e de suas capacidades de processamento de petróleo e produção de derivados, encontradas nas publicações especializadas, como as anteriormente citadas.

Além disso, variações que possam ser consideradas como permanentes, como por exemplo, a ampliação de capacidade pela incorporação de novos processos ou mesmo atualização dos já existentes, podem ser incorporados às

variáveis de projeto da ferramenta, através de revisões periódicas das informações utilizadas como referência.

5.2. Capacidade de transporte

5.2.1. Conceituação

Para Nazário (2000a), “o transporte é uma das principais funções logísticas (...) tem papel fundamental no desempenho de diversas dimensões do serviço ao cliente”.

O transporte, seja de matéria-prima ou produtos acabados, exerce papel fundamental para que se atinja o objetivo maior da Logística, que é o de oferecer ao cliente o produto adequado no local, na quantidade e no prazo acordados, sempre ao menor custo.

São quatro os modais mais utilizados para transporte na indústria do petróleo: dutoviário, aquaviário, rodoviário e ferroviário. Estes modais, naturalmente, apresentam diferentes características quando comparados entre si, podendo, em alguns casos, serem utilizados de forma integrada, para que se obtenha os melhores resultados globais.

Considerando-se que a análise que se deseja fazer, através da ferramenta, é sobre os fluxos intercontinentais de petróleo e derivados, entre os diferentes pólos produtores e consumidores, analisa-se neste estudo apenas o modal aquaviário (marítimo).

Sabe-se que para a internação de produtos para atendimento a um determinado mercado será necessária a integração com outros modais, como o rodoviário ou o ferroviário. No entanto, como o objetivo da ferramenta é fazer uma análise dos fluxos entre os mercados, desconsiderou-se, neste estudo, a internação do produto, considerando-se o atendimento ao mercado de uma região sem o detalhamento de como ele será realizado.

Esta simplificação decorre de que, nesses casos, o transporte marítimo é o mais adequado pelo fato de reduzir os custos operacionais, já que é capaz de transportar um maior volume de carga por longas distâncias, reduzindo o custo unitário de transporte. Como o objetivo deste trabalho é estudar o fluxo de petróleo e derivados, a análise se concentrará na avaliação de navios petroleiros.

Segundo Collyer e Collyer (2002), os navios podem ser classificados quanto ao seu porte bruto, expresso em DWT (Deadweight tonnage), que é o seu peso total, considerando-se carga, combustível, tripulação etc., conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Classificação dos navios conforme seu porte bruto

Classificação	Porte Bruto
ULCC (Ultra Large Crude Carrier)	Acima de 350.000 DWT
VLCC (Very Large Crude Carrier)	Entre 200.000 e 320.000 DWT
Suezmax	Entre 120.000 e 170.000 DWT
Aframax	Entre 80.000 e 120.000 DWT
Panamax	Entre 60.000 e 80.000 DWT
Handymax	Entre 15.000 e 50.000 DWT

Fonte: Collyer e Collyer (2002)

De acordo com Lima (2002), “a economia de escala faz com que os navios maiores tenham custo efetivo mais baixo, porém existem várias restrições para uso da classe VLCC”. As principais restrições são de calado ou tamanho dos berços de atracação, que podem inviabilizar a operação destes navios em alguns portos.

Quanto ao tipo de produto transportado, Collyer e Collyer (2002) classifica os navios em:

a) Crude

Navios que transportam petróleo bruto.

b) Dirty Products

Navios que transportam derivados considerados escuros, tais como óleos combustíveis, que por serem muito viscosos necessitam, em geral, de aquecimento por meio de serpentinas de vapor nos tanques para garantir seu escoamento.

c) Clean Products

Navios que transportam derivados considerados claros, tais como nafta, gasolina e diesel, entre outros.

A contratação de navios para o transporte de petróleo e derivados é um processo que apresenta diversas peculiaridades. Os navios são negociados através de contratos de afretamento onde o fretador (responsável pelo navio)

coloca sua embarcação à disposição do afretador (que está contratando o transporte), podendo estes contratos serem das seguintes modalidades:

a) VCP (Voyage Charter Party)

Contrato por viagem, onde o navio é utilizado para atender uma única viagem para uma determinada carga.

b) TCP (Time Charter Party)

Contrato de aluguel, onde o navio ficará à disposição do afretador durante um período determinado, podendo atender a diversas viagens e diferentes cargas.

c) COA (Contract of Afreightment)

Contrato mais adequado para os casos onde há sucessivos carregamentos. Nesse caso, não é contratado um navio especificamente, mas o fretador providencia o transporte para atender a uma determinada nomeação de carga.

Quando se contrata um navio para uma determinada operação, a segurança operacional é um fator que cada dia mais pode trazer restrições a esta operação.

Depois de alguns acidentes ocorridos, aumentou o rigor em relação à segurança de navegação. As empresas, por exemplo, desclassificam para contratação navios que apresentem um tempo maior de operação ou que tenham registros de problemas operacionais em algum terminal ou inspeção realizada. Esta pode ser uma condição que inviabiliza a operação de um determinado navio em uma operação.

Ressalta-se a importância de também se considerar a taxa de ocupação dos navios. Em viagens mais longas, a oferta de transporte é reduzida, em função do maior tempo de utilização, impactando no aumento dos valores dos fretes.

5.2.2. Aplicação

Deve-se considerar os dados sobre os navios no desenvolvimento da ferramenta, por serem os responsáveis pelo transporte da matéria-prima desde os pontos de produção até os de processamento de petróleo e pelo transporte do produto deste último até os mercados.

A figura 11 apresenta um exemplo dos fluxos de produtos através do transporte marítimo entre diversas regiões.

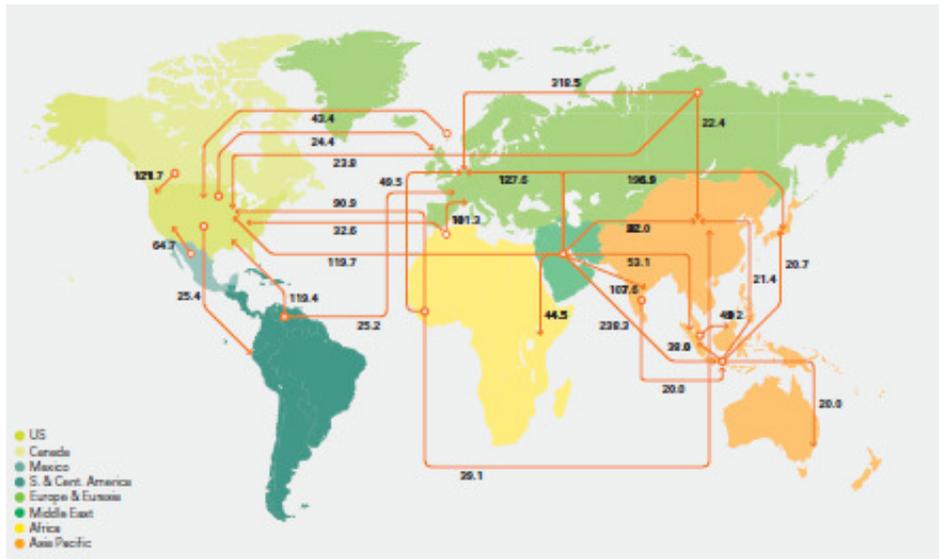


Figura 11 – Movimentação de produtos (milhões de toneladas). Fonte: BP, 2009.

Para a aplicação desta variável na ferramenta, considera-se que as principais informações sobre os navios a serem consideradas deverão ser o valor do frete, a disponibilidade do transporte e a existência de pontos para embarque e desembarque dos produtos.

a) Valor do frete

É uma informação que sofre influência de diversas situações, como as comentadas a seguir:

- ✓ **Porte do navio**, que está associado ao custo de transporte pela maior ou menor quantidade de produto que o mesmo é capaz de transportar;

- ✓ **Contrato**, associado às diferentes formas de contratação conforme discutido anteriormente, e que irá definir o valor a ser pago pelo serviço;
- ✓ **Conjugação de viagens**, que é uma situação bastante comum e que busca otimizar o custo do transporte pela conjugação de viagens de navios com o uso de fretes de retorno, onde o navio leva um produto até um dado ponto e retorna trazendo outra carga.

b) Disponibilidade do transporte

Quanto à disponibilidade de navios para transporte, parte-se do princípio de que existe navio capaz de realizar uma determinada operação, mas na prática esta disponibilidade depende de vários fatores, entre eles a existência de contrato entre as partes envolvidas na operação e a disponibilidade operacional dos navios. No caso, partindo-se da premissa de utilização de navios já contratados pela empresa, este risco de indisponibilidade torna-se mínimo.

No entanto, outro fator pode afetar a disponibilidade de navios para uma operação. Conforme comentado na conceituação, em certos portos, podem ocorrer restrições por calado ou capacidade do navio para atracação. Há ainda, em alguns locais, restrições provocadas pelas marés, que também podem impactar os resultados obtidos pela ferramenta.

Apesar de difícil previsão, a questão do calado pode ser considerada, na medida em que seja possível, por exemplo, considerar-se restrições de cargas em pontos onde o calado não seja suficiente para atracação de navios de grande porte.

c) Existência de pontos para embarque e desembarque de produtos

Por último, a existência de pontos para embarque e desembarque de produtos é uma restrição física, já que o modal marítimo tem como característica a necessidade de pontos para atracação e operação dos navios.

Ressalta-se ainda uma situação importante a ser considerada que são os impactos operacionais decorrentes de atraso nas operações.

O atraso na operação de navios é uma situação real, de difícil previsão na ferramenta, e que pode tanto ser decorrente de fatores de força maior (mau tempo enfrentado durante as viagens) como de perda de janelas operacionais, atrasando as operações de carga e descarga dos navios.

Em função dos altos custos envolvidos na espera de navios (sobrestadias), as programações de operação são altamente otimizadas e eventuais atrasos no carregamento ou descarga de produtos trazem impactos importantes no atendimento às programações de entrega de produtos.

5.3. Demanda de Mercado

5.3.1. Conceituação

Segundo Rocha e Christensen (1999), “o mercado deve ser definido com base na existência de uma necessidade. Onde não há necessidade, não há mercado. É essa a condição básica para que haja oportunidade, atual ou futura, para a empresa”.

Este conceito de necessidade, na verdade, é um pouco mais ampliado, já que o mercado tanto deve perceber esta necessidade, como ser capaz de pagar por ela. Apenas nestes casos é que de fato se pode considerar uma necessidade como existente para um dado mercado.

Desta conceituação, derivam-se duas classificações para mercado:

a) Mercado atual ou existente

É aquele em que existem produtos ou serviços que atendem a uma necessidade percebida pelo mercado, que, por sua vez, dispõe dos recursos para adquirir este produto.

b) Mercado potencial ou futuro

É aquele em que ou não se dispõe dos produtos ou serviços para atender ao mercado, ou mesmo dispondo, o mercado não tenha percebido a necessidade ou não tenha recursos para adquirir os produtos.

A ferramenta cujos fundamentos estão discutidos neste trabalho utilizará dados do mercado atual ou existente, mas também poderá identificar regiões onde exista necessidade de atendimento a um mercado potencial, subsidiando informações para um estudo de identificação da abrangência e forma de atuação nesse mercado.

Segundo Saliby (2000a), “do ponto de vista da produção e logística, o mundo ideal seria aquele em que a produção e a demanda por produto ou serviço fossem as mais estáveis possíveis, exigindo assim um mínimo de intervenção no processo”.

Ocorre que essa situação dita “ideal” está muito longe de acontecer no dia-a-dia e a previsão de vendas se torna um fator fundamental para o entendimento das demandas de mercado.

Para Bowersox e Closs (2001), “as previsões orientam o planejamento e a coordenação de sistemas de informação logística. Previsões são projeções de valores ou quantidades que provavelmente serão produzidas, vendidas e expedidas”.

O conhecimento das necessidades de mercado é uma informação importante a ser considerada na ferramenta e que, em última análise, trará impactos na determinação dos fluxos de produtos. Ressalta-se também, que a programação de produção das refinarias utiliza dados de previsão de vendas de derivados, entre outras informações, para planejamento da sua produção.

Entre os fatores que devem ser considerados no processo de previsão de demandas Pitty et al. (2008) destacam a sazonalidade. Os fatores de sazonalidade provocam aumento ou redução do nível de vendas em determinados meses do ano. No mercado de derivados de petróleo, por exemplo, nos meses que antecedem as férias nos diferentes países, é comum observar-se o aumento na demanda por querosene de aviação, em função do aumento do número de viagens aéreas. Nos países mais frios, os meses de inverno se caracterizam por aumento da demanda por óleo diesel utilizado no aquecimento de residências e centros comerciais.

É claro que alguns destes aspectos sazonais são específicos para cada país e podem trazer alterações de demanda chamadas de regionais, que não se aplicam a todos os mercados. Os efeitos sazonais para um determinado país não são necessariamente aplicáveis a todas as regiões do mundo. No Brasil, por exemplo, observa-se um aumento da demanda por asfaltos nos períodos que antecedem aos processos eleitorais.

A sazonalidade pode ser de difícil estimativa, principalmente, considerando-se a análise do fluxo de produtos em diferentes regiões do mundo. Segundo Rocha e Christensen (1999), “muitas vezes as diferenças geográficas refletem diferenças culturais, que podem traduzir-se em diferenças de comportamento do consumidor em relação a um produto específico”.

Assim, é importante considerar-se a tendência de mercado, que se caracteriza por ser uma variação sistemática das vendas verificadas no longo prazo.

Segundo Bowersox e Closs (2001), “para a elaboração de previsões é importante saber que fatores afetam as vendas de maneira significativa”. Por exemplo, países, como o Brasil, onde o escoamento da produção agrícola é fortemente dependente do modal rodoviário, apresentam uma tendência de aumento do consumo de óleo diesel, quando há um aumento da produção agrícola.

Os mesmos autores apresentam três técnicas de previsão:

a) Qualitativas

Baseadas na experiência e no conhecimento especializado, sendo ideais para situações em que há pequena disponibilidade de dados históricos. São, em geral, elaboradas através de reuniões, painéis ou pesquisas.

b) Séries temporais

Métodos estatísticos que usam dados históricos de vendas representativos de relações e tendências estáveis, e que partem do princípio de que o futuro é igual ao passado, podendo usar os dados históricos para fazer previsões sobre demandas futuras. Percebe-se que, nesse caso, é fundamental o conhecimento dos dados históricos para o estabelecimento de previsões.

c) Causais

Estimam as quantidades vendidas de um dado produto com base em outra variável independente. Neste caso, a eficácia da previsão está diretamente associada à qualidade da relação com a variável independente.

Qualquer que seja a metodologia de previsão adotada é fundamental o conhecimento do erro a ela associado. Erros na previsão de demanda implicam em estoques elevados ou falta de produtos para entrega, o que impacta os custos do processo nas duas situações.

5.3.2. Aplicação

A finalidade do conhecimento das demandas de mercado na ferramenta será a de identificar a existência ou não de excedentes de produção que poderão estar disponíveis para atendimentos a outras áreas de influência das refinarias.

A partir da existência destes excedentes, associados a outras variáveis a serem consideradas na ferramenta, como preço e frete de transferência, por exemplo, será possível definir os fluxos de derivados disponíveis para atendimento às necessidades de outras regiões.

O fluxo de petróleo também será alterado pela demanda de mercado, já que poderá ser necessário aumentar o fluxo de matéria-prima para uma determinada refinaria, visando atender a uma nova necessidade de mercado.

Outra informação importante decorrente da análise de fluxos de atendimento das demandas é a existência de regiões não atendidas, que são fortes candidatas a receberem novas unidades produtoras para atender a esse déficit de produtos (mercado potencial, conforme conceituado anteriormente).

Entre as técnicas para previsão de vendas, comentadas na conceituação, a análise de dados históricos mostra-se a mais adequada para o estabelecimento das demandas regionais, por ser baseada em informações dos consumos médios de derivados nas diferentes regiões.

Essas informações, assim como o consumo médio de petróleo nessas regiões, podem ser obtidas, com facilidade, em publicações técnicas, conforme destacado em capítulos anteriores.

Adicionalmente, a própria experiência da empresa, que já opera na maioria dos mercados mundiais subsidiará dados com informações colhidas a partir dos processos de negociação de produtos, dos quais ela participa.

Algumas condicionantes importantes devem ser consideradas na análise e definição da variável:

a) Variações na demanda

Conforme discutido na conceituação de demanda de mercado, os erros de previsão são os principais responsáveis por problemas no atendimento às necessidades dos mercados, em função de inconsistências nos valores previstos.

Em função do grande número de refinarias a serem consideradas no desenvolvimento da ferramenta, haverá dificuldades na determinação da abrangência do mercado de cada uma delas, podendo, inclusive, haver sobreposição de mercados por mais de uma refinaria.

Nesse caso, a localização geográfica e a distância entre o mercado e o centro produtor são informações fundamentais para a definição da abrangência do mercado atendido pela refinaria.

Em consequência, o excedente de produção em cada um destes mercados estará sujeito a variações em relação aos mercados reais, gerando divergências nos valores previstos para os fluxos decorrentes destes excedentes, quando comparados à situação real.

Ressalta-se que algumas variações nas previsões decorrem dos aspectos de sazonalidade de mercado, discutido na conceituação.

b) Alterações de demanda por fatores externos

Em algumas situações, fatores externos podem contribuir para alterações nas demandas de mercado. Como exemplo, destacam-se as alterações nas especificações dos produtos ou a substituição por produtos alternativos, que podem influenciar a demanda, e, em consequência, os fluxos de produtos para os mercados.

Esses fatores podem ser decorrentes de políticas governamentais, como é o caso, no Brasil, do estímulo à produção de biocombustíveis que deslocam o mercado dos combustíveis derivados do petróleo.

Esses fatores, no entanto, tendem a ser previsíveis, ou até mesmo programáveis, como no caso de mudanças de especificações de produtos, e pode-se, com certa facilidade, incorporá-los à demanda de mercado considerada pelo modelo matemático.

Uma vez mais aqui, considerando-se o propósito da ferramenta, que é a análise de tendências, pode-se considerar que estas condicionantes, em geral, trarão impactos pouco significativos aos resultados.

Considera-se, porém, que, no caso de haver grandes erros de previsão, os resultados poderão sofrer impactos maiores, exigindo, neste caso, um mecanismo mais eficaz na revisão dos dados sobre as demandas de mercado a serem consideradas no modelo matemático.

5.4. Preço de petróleo e derivados

5.4.1. Conceituação

A literatura, de uma maneira geral, tem estudado o comportamento dos preços do petróleo e de seus derivados, investigando as tendências atuais e comparando-as com o desenvolvimento econômico das várias partes do mundo, buscando avaliar os efeitos deste desenvolvimento sobre os preços.

Souza (2006) discute as diferentes fases pelas quais passou o processo de definição dos preços do petróleo no mundo. Inicialmente, após as primeiras descobertas, a tendência dos preços era definida a partir da concorrência, até que, com o surgimento das grandes empresas petrolíferas (*majors*), o preço passou a ser definido por elas.

A criação da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) reduziu esse poder das *majors* e assumiu a função de definição do preço do petróleo. Durante muitos anos, até os choques do petróleo na década de 70, o petróleo Árabe Leve praticamente foi o responsável pela relativa estabilidade dos preços do petróleo no mercado mundial.

Atualmente, no entanto, o sistema de formação de preços no mercado mundial passou por modificações, reduzindo a antiga influência da OPEP na definição dos preços e inserindo o conceito de volatilidade como um novo fator às cotações do petróleo.

A OPEP, adicionalmente, tem encontrado dificuldades em aumentar a oferta de petróleo para atender, no curto prazo, às necessidades mundiais. Como experiências de produção em países fora da OPEP também não se mostraram suficientes para atender a esta demanda, a organização colocou em operação sua capacidade ociosa, produzindo, no entanto, petróleos mais pesados, inadequados em qualidade, devido à baixa capacidade do parque de refino mundial em converter frações residuais em derivados médios e leves, como o óleo diesel e a gasolina.

Os preços do petróleo no mercado internacional são então agora definidos com base nos preços *spots* e futuros de determinados petróleos usados como referência.

Na determinação do preço do petróleo, um dos fatores mais importantes é a sua caracterização conforme o grau API, que é uma referência estabelecida pelo American Petroleum Institute, sendo inversamente proporcional à

densidade do petróleo. Por estar associado à densidade do petróleo, o grau API é um indicador das potencialidades do petróleo quanto à produção de derivados leves e médios, de maior interesse comercial pelo mercado mundial.

Outro fator de destaque é o teor de enxofre. Hoje, em função das exigências ambientais para redução dos níveis de emissões, os petróleos de baixo teor de enxofre são mais valorizados pelo fato de produzirem derivados mais limpos, que reduzem os níveis de emissões para o meio-ambiente, por ocasião de sua queima nos veículos e equipamentos industriais.

Atualmente, os principais petróleos de referência no mundo são:

a) WTI (West Texas Intermediate)

Petróleo com grau API entre 38 e 40 (petróleo leve), com baixo teor de enxofre (0,30 %m), que serve como referência para os mercados dos Estados Unidos.

b) Brent

Petróleo leve (grau API 39,4) com baixo teor de enxofre (0,34 %m), do Mar do Norte, que serve como base para os mercados da Europa e Ásia.

Outros petróleos são também utilizados como referência (Dubai, Saharan Blend, Bonny Light) mas têm seus preços, normalmente, associados às duas referências anteriormente citadas.

Segundo Kaufmann e Ullman (2009),

“as mudanças de preços podem ocorrer no mercado a partir de duas formas. Podem ocorrer simultaneamente em todos os mercados à medida que novas informações sobre oferta e demanda se tornam disponíveis. Neste caso, não é de se esperar relação entre os preços dos diferentes tipos de óleo. De outra forma, as mudanças podem ocorrer inicialmente em um ou mais tipos de petróleo e aos poucos serem incorporados ao restante do mercado. Neste caso, os petróleos que primeiro sofrerem mudanças de preço agem como *benchmarks* para os demais”.

Considere-se, neste cenário, o crescimento econômico de países como a China e a Índia, que têm impulsionado o crescimento pela demanda de energia, e em consequência, tornando-os grandes importadores de petróleo no mercado internacional.

Sobre a China, Souza (2006) afirma que “o comportamento da demanda de petróleo na China constitui-se numa das variáveis mais importantes a serem

analisadas para o monitoramento de flutuações dos preços internacionais do petróleo”. Consideração similar pode ser estendida para o caso da Índia.

Considerando-se os grandes volumes estimados para consumo pelos dois países nos próximos anos, associado à volatilidade de preço ora estabelecida no mercado, é de se esperar mudanças nos preços futuros do petróleo.

Apesar desta maior volatilidade do preço do petróleo em função de suas ofertas e demandas, não se pode descartar totalmente a influência da OPEP, que é responsável por cerca de 40% da produção mundial de petróleo. Essa produção pode agir como um fator de regulação do preço.

Assim é que Chevillon e Riffart (2009) consideram que “o petróleo não é uma *commodity* padrão: é impactado por aspectos políticos em um mercado oligopolista dominado por um forte cartel, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP)”.

Em paralelo, diversos outros estudos têm investigado as influências do preço do petróleo nos preços dos derivados. Basicamente, o que se busca entender é que tipo de variação é observada nos preços dos derivados a partir, por exemplo, do aumento do preço do petróleo.

Estudos desenvolvidos por Asche, Gjølber e Völker (2003), com dados do mercado europeu, utilizando o petróleo Brent como referência, concluíram que o aumento do preço do petróleo impacta no aumento dos preços dos derivados leves e médios (nafta, óleo diesel e querosene), mas não influencia o preço do óleo combustível.

Atribui-se esta conclusão, entre outros fatores, ao fato de que o petróleo de referência, Brent, por ser leve, e produzir uma menor quantidade de frações residuais, exerce um menor impacto nos preços do óleo combustível, porque a produção de óleo combustível é pequena no processamento de petróleos com este perfil.

5.4.2. Aplicação

Considera-se que os preços de petróleo e derivados exercem uma forte influência nos seus fluxos e merecem especial atenção no desenvolvimento da ferramenta. Assume-se que os fluxos deverão ser definidos a partir das condições comerciais que gerem menores custos.

Assim, situações como as observadas na China e na Índia, onde o país estimulou o desenvolvimento da indústria, reduzindo a taxaço da matéria-prima, mostram-se importantes fatores na determinação do seu fluxo para estes mercados. Com isso, informações sobre a taxaço do petróleo e seus derivados são importantes fatores a serem considerados na variável preço.

Revela-se como mais adequado ao modelo matemático, a utilização dos preços de referência dos petróleos, considerando-se que no mercado mundial esta é uma tendência seguida pelas empresas em suas negociações.

Em função das dificuldades comentadas sobre a forma de associar alterações no preço dos derivados às mudanças no preço dos petróleos, destaca-se o uso das informações resultantes das negociações das quais a Petrobras já participa como insumo para esta variável no modelo matemático da ferramenta. Assume-se que dados históricos das negociações são forte indicativos das tendências dos preços dos derivados no mercado. O mesmo pode ser utilizado para previsão do comportamento do preço do petróleo.

Destaca-se que a volatilidade dos preços que, conforme apresentado, hoje é a grande responsável pelo seu comportamento nos mercados, exige constante atualização das informações que serão utilizadas pelo modelo matemático da ferramenta em sua análise.

Por fim, ressalta-se que a utilização das informações disponíveis junto à área de comércio externo de petróleo e derivados na Petrobras será de fundamental importância para minimização dos erros associados a esta variável no modelo matemático da ferramenta.