



Giuseppe Ventoso Neto

**Gestão de estoque de asfalto: Aplicações em uma
unidade produtora brasileira.**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Hugo Miguel Varela Repolho

Rio de Janeiro

Abril de 2018



Giuseppe Ventoso Neto

**Gestão de estoque de asfalto: Aplicações em uma
unidade produtora brasileira.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Hugo Miguel Varela Repolho

Presidente e Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Antônio Márcio Tavares Thomé

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Profa. Adriana Leiras

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador (a) Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 26 de abril de 2018.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Giuseppe Ventoso Neto

Graduou-se em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) em 2011. Iniciou suas atividades na Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) em setembro de 2012, na logística de derivados, onde continua até a presente data.

Ficha Catalográfica

Ventoso Neto, Giuseppe

Gestão de estoque de asfalto: aplicações em uma unidade produtora brasileira / Giuseppe Ventoso Neto; orientador: Hugo Varela Repolho. – 2018.

78 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2018.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Estoque de segurança. 3. Políticas de estoque. 4. Custos de estoque. I. Repolho, Hugo Miguel Varela. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

À Deus, por estar sempre ao meu lado, iluminando meus caminhos e me dando a força necessária para sempre seguir em frente.

Aos meus pais e a minha irmã, pelo amor incondicional, suporte e pela contribuição na base da minha formação pessoal.

Aos meus avós, pelo amor, exemplo de vida, de força e coragem.

À minha amada esposa Luana, pelo amor, paciência, compreensão e apoio durante todo o período do mestrado em que tive que dedicar meu tempo a este fim.

Aos demais familiares, tios e primos, pelo carinho e incentivo na minha jornada acadêmica e profissional.

Ao meu orientador, Professor Hugo Repolho, pelas valiosas sugestões, pela confiança e estímulo na condução deste trabalho.

À Petrobras, pela oportunidade e pelo suporte concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu ex-gerente Eng. Attila Luiz Pinho de Almeida, pela amizade e pela confiança em mim depositada ao indicar-me para a vaga do curso de mestrado.

Aos amigos da gerência PPE, pela amizade, apoio e colaboração na obtenção de informações utilizadas neste trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram e me incentivaram para a conclusão deste trabalho.

Resumo

Ventoso Neto, Giuseppe; Repolho, Hugo Miguel Varela (Orientador). **Gestão de estoques de asfalto: Aplicações em uma unidade produtora brasileira**. Rio de Janeiro, 2018. 78p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Visando equacionar o abastecimento do mercado asfalto brasileiro e atendimento das metas financeiras da empresa, evitando custos excessivos com estoques, a presente dissertação propõe um modelo de gestão de estoque de asfaltos para a companhia analisada. O modelo desenvolvido busca melhorar a atual gestão que é feita com base na experiência dos colaboradores, trazendo cálculos e fundamentos acadêmicos para as práticas de uma unidade de produção. O trabalho tem como principais entregas: cálculo de estoques de segurança trimestrais, propostos devido a sazonalidade da demanda (apresentando os potenciais ganhos financeiros em relação ao anual) e levando em consideração as incertezas da demanda e *lead time* de produção, sendo o nível de serviço limitado em função da tancagem; definição da política de controle de estoques, contendo o cálculo do ponto de ressuprimento; e um comparativo entre os custos de estoque atual e teórico calculado. Além disso, como produto final, foi elaborada e entregue uma planilha de cálculos para uso exclusivo da companhia analisada para que o estoque de segurança e o ponto de ressuprimento possam ser atualizados à medida que as variáveis de entrada sofram alterações.

Palavras-chave

Estoque de segurança; políticas de estoque; custos de estoque.

Abstract

Ventoso Neto, Giuseppe; Repolho, Hugo Miguel Varela (Advisor). **Stock Management of Asphalt: applications in a Brazilian production unit.** Rio de Janeiro, 2018. 78p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Aiming to balance market supply and financial goals, avoiding excessive costs with inventories, this dissertation proposes a model of stock management of asphalt for the enterprise in study. The developed management model aims to enhance the current management model, which is based on employees and collaborators experience, introducing measurements and academic grounds to the enterprise practices. This assessment aims to deliver the calculation of the safety stock levels on a quarterly basis instead of an annual basis due to the seasonality of the demand (the potential gains of quarterly calculation compared to the annual calculation will also be presented) and considering the uncertainties of production demand and lead time, the level of service being limited due to the capacity to stock, the definition of the stock control policies, the calculation of the replenishment point, and a comparison between current and theoretical stock costs, including as final product, an automatic spreadsheet for the exclusive use of the analyzed company, to update the variables and calculations when necessary.

Keywords

Safety stock; stock policies; stock costs.

Sumário

1	Introdução	8
1.1.	Objetivos	10
1.2.	Estrutura do trabalho	10
2	Referencial Teórico	11
2.1.	Estoques: Definições e objetivos	11
2.2.	Estoque de segurança	14
2.3.	Custos de estoques	21
2.4.	Políticas de reposição/control de estoques	23
2.5.	Acurácia na previsão de vendas	27
3	Metodologia	29
4	Cenário de Asfaltos no Brasil e na Petrobras	35
4.1.	A pavimentação	35
4.2.	Processos de produção e cuidados especiais	36
4.3.	Tipos de Asfaltos produzidos pela Petrobras	38
4.4.	Cadeia de suprimentos	39
4.5.	Perfil de produção/demanda	42
4.6.	Atendimento à demanda	45
4.7.	Previsão de vendas	47
5	Desenvolvimento do caso	49
5.1.	Planejamento e Programação da Produção	49
5.2.	Esquema e rotas de produção	51
5.3.	Capacidades de produção, entrega e armazenagem	52
5.4.	Análise da demanda realizada	53
5.5.	Tempo entre campanhas de produção realizadas	56
5.6.	Estoque médio de CAP realizado	57
5.7.	Cálculo do estoque de segurança utilizando dados históricos de demanda	58
5.8.	Comparativo dos estoques médios teóricos e realizados	61
5.9.	Comparativo de custo financeiro dos estoques teóricos e dos estoques realizados	63
5.10.	Política de reposição/control de estoque	65
5.11.	Acurácia das previsões	67
5.12.	Cálculo do estoque de segurança incorporando erros de previsão	68
6	Conclusão	72
6.1.	Trabalhos futuros	74
6.2.	Implicações práticas	74
7	Referências bibliográficas	75

Introdução

O Brasil concentra grande parte do transporte de mercadorias e de passageiros no modal rodoviário e apesar disso, apenas cerca de 12% de suas rodovias são pavimentadas (CNT, 2016). Estradas bem pavimentadas garantem um escoamento e distribuição de produtos de maneira mais eficiente, barata e segura. De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2014), os acidentes rodoviários no Brasil causam cerca de 40 bilhões de reais de prejuízos por ano. Além disso, segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS (2016) acidentes de trânsito são uma das três maiores causas de óbitos para a faixa etária de 5 a 44 anos. Somente em 2016 foram mais de 96.000 acidentes registrados em rodovias federais, resultando em mais de 6.000 mortos e mais de 86.000 feridos.

A demanda de asfalto está diretamente relacionada ao desenvolvimento do país. Quando o crescimento acelera, mais verbas para obras são liberadas e consequentemente mais estradas são pavimentadas. Em 2007, diante da necessidade de desenvolvimento da infraestrutura de transportes nacional, a Presidência da República lançou o Programa Aceleração do Crescimento (PAC), destinando cerca de R\$ 37,1 bilhões ao setor de transportes. Em 2010 foi lançado o PAC 2 que previa mais cerca de R\$ 50 bilhões para obras rodoviárias (Campos Neto et al., 2011). Além disso, o Programa Nacional de Logística e Transportes (PNLT) do Ministério de Transportes indica uma demanda média de investimentos de R\$ 2,5 bilhões entre 2012 e 2023 para atingir as metas de melhoria no setor rodoviário (Brasil, 2012).

No Brasil, mais de 90% da pavimentação de estradas é realizada por revestimento asfáltico, o chamado CAP (cimento asfáltico de petróleo), além da grande maioria das ruas das cidades (Bernucci et al., 2008). Este tipo de pavimentação é o mais utilizado devido às suas características de impermeabilização, durabilidade e resistência.

O asfalto utilizado na pavimentação é um derivado especial de petróleo obtido através de sua destilação. As vendas de asfaltos cresceram muito após o

lançamento do PAC e a Petrobras, única produtora nacional, comprometida com o desenvolvimento do país, ajustou sua capacidade de produção para atender a esse novo patamar de demanda, que teve seu auge em 2014 quando foram vendidas mais de 3 milhões de toneladas, cerca de 120% a mais do que em 2007 (ANP, 2017). É importante destacar que devido à crise econômica, os anos de 2015 e 2016 foram de baixa demanda, todavia, não minimiza a grande demanda em potencial advinda da necessidade de desenvolvimento da infraestrutura de transportes no Brasil.

Diante desse cenário de grande demanda potencial, porém incerta, e das incertezas provenientes do processo de produção, é que surge a necessidade de aprimoramento nas práticas da gestão de estoques, de forma a garantir o mercado abastecido e ao mesmo tempo evitar perdas financeiras para a empresa, seja por vendas perdidas ou por elevados custos de manutenção de estoques.

Bonney (1994), define estoque como algo tangível, algo a ser processado, produzido, transportado e vendido. Fazendo um paralelo com a cadeia de suprimentos de alimentos, o autor exemplifica dizendo que para o consumidor final, estoque é o que se mantém na despensa das casas. Para o varejista são os produtos nas prateleiras. Para o fabricante é a sua matéria prima, seus produtos acabados e assim por diante a montante da cadeia.

A presente dissertação se propõe a analisar a realidade de produção e entrega de uma unidade produtora de asfaltos, destacando as dificuldades e incertezas nos processos, bem como uma análise nos dados históricos de estoques que a unidade praticou até 2017. Além disso, foram realizadas análises da demanda, baseadas em dados históricos, a fim de mapear suas incertezas, para que a partir de todos esses dados coletados fosse possível o cálculo do estoque de segurança teórico, sendo este uma das entregas deste trabalho. Ainda a partir dos dados coletados e da análise dos mesmos, a dissertação propõe uma política de controle de estoques que contém o cálculo do ponto de reposição. Este estudo avalia também a acurácia dos modelos de previsão de vendas de asfaltos da Petrobras e posteriormente incorpora os erros das previsões como alternativa para o cálculo dos estoques de segurança.

1.1.

Objetivos

Visando equacionar o abastecimento do mercado e as metas financeiras da empresa, a presente dissertação propõe um modelo de gestão estoques de asfaltos para a companhia em estudo. O modelo desenvolvido busca melhorar a atual gestão que é feita com base na experiência dos colaboradores, trazendo cálculos e fundamentos acadêmicos para as práticas da empresa.

O estudo tem também como objetivo a realização de um comparativo entre os estoques que foram praticados até o presente momento e quais deveriam ter sido em teoria. Dessa forma, serão apresentados os potenciais ganhos financeiros com a nova gestão a ser implementada.

Este trabalho tem ainda como objetivo a entrega de uma planilha de cálculos para uso exclusivo da companhia analisada para que o estoque de segurança e o ponto de ressuprimento possam ser atualizados à medida que as variáveis de entrada sofram alterações.

Finalmente, a dissertação tem como objetivo secundário apresentar o cenário atual de asfalto no contexto brasileiro.

1.2.

Estrutura do trabalho

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, sendo este primeiro dedicado à introdução e apresentação dos objetivos. O Capítulo 2 dedica-se a apresentar um breve referencial teórico acerca dos assuntos aqui tratados. O Capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa. Na sequência, o Capítulo 4 apresenta o cenário de asfaltos no Brasil e na Petrobras. O Capítulo 5 contém a apresentação do problema específico da refinaria em que o estudo foi realizado, aborda o desenvolvimento do modelo proposto a ser implementado e são apresentadas as comparações entre o modelo atual e o proposto no que tange aos potenciais ganhos financeiros com a implementação. Finalmente, no Capítulo 6, o trabalho se encerra com as conclusões do autor e sugestões de trabalhos subsequentes.

2

Referencial Teórico

Este Referencial Teórico apresenta o contexto científico no qual este trabalho está inserido, abordando os principais temas relacionados ao planejamento, dimensionamento e controle dos estoques.

2.1.

Estoques: Definições e objetivos

A abrangência do tema deste estudo é muito extensa na literatura, inúmeros estudos podem ser encontrados buscando termos como: gestão de estoques, estoque de segurança, controle de estoques, custos de estoques, por exemplo. A gestão de estoques chamou grande atenção para sua importância desde o período das guerras mundiais, em que o suprimento das tropas desempenhara papel fundamental para o sucesso daqueles países que saíram vitoriosos.

De acordo com Silver et al. (1998), estoques são acumulações de matérias-primas, materiais em processamento e produtos acabados. Geralmente estão presentes nos mais diversos pontos da cadeia de suprimentos, como nos armazéns das fábricas, dentro das linhas de produção, em centros de distribuição, nos atacadistas e até mesmo no varejo.

De acordo com Bonney (1994), manter estoques possui vantagens, dentre elas o autor destaca: melhoria do nível de serviço ao cliente, reduzindo os prazos de entrega e o amortecimento das flutuações entre taxas de demanda e produção. Em contrapartida, o autor ressalta também as desvantagens de se manterem estoques, sendo elas: redução de capital de giro (retido nos estoques), ocupação de espaço para armazenamento e risco de obsolescência. Para ele, o planejamento e controle de estoques deve ser capaz de mesclar essas vantagens e desvantagens.

Além dos custos, estoques altos podem esconder ineficiências do sistema que podem passar despercebidas uma vez que há sempre produto disponível em grandes quantidades. A figura 1 ilustra alguns desses problemas e a visão comercial e do mercado, que apenas deseja ter o produto sempre disponível.



Figura 1 – Problemas gerados com excesso de estoques. Fonte: O autor – adaptado de Breyfogle (2008).

Lutz et al. (2003), afirmam que com o nível de exigência do mercado apenas a excelência de qualidade dos produtos não será suficiente para sustentar a satisfação do cliente para sempre. Para os autores a realização de fatores logísticos de sucesso, como tempo de entrega, nível de serviço e data de entrega com devida confiabilidade são fatores determinantes para satisfação e fidelização dos clientes. Nesse contexto, a gestão de estoques desempenha um papel fundamental.

Em pesquisa realizada na Alemanha, com 190 empresas produtoras, distribuidoras e revendedoras de mais diversos setores da economia, Schimidt et al. (2012) concluíram que o objetivo principal dos gestores de estoque era de melhorar o nível de serviço.

De acordo com Waller & Esper (2014), um dos principais objetivos da gestão da cadeia de suprimentos é garantir que as operações dentro e entre as empresas de uma cadeia sejam eficientes. Em muitos casos, os meios para garantir essa eficiência estão nos estoques, ou mais especificamente, na quantidade adequada de estoques.

Keskin et al. (2015) acrescentam ainda a necessidade da existência de estoques para cobrir desvios nos tempos de execução da produção, falhas na produção como quebras de equipamentos, por exemplo.

Os estoques podem ser classificados de acordo com o tipo de utilização. Os principais tipos de estoque referenciados na literatura e destacados por Silver et al. (1998) são:

- **Estoque cíclico (Q) ou estoque de ciclo:** é o estoque necessário, produzido ou pedido, para atender à demanda durante o período entre sucessivos ressuprimentos (figura 2).
- **Estoque em trânsito (ET):** É a quantidade em percurso entre instalações ou pedidos ainda não recebidos.
- **Estoque especulativo:** ocorre em decorrência de compras anteriores a uma real necessidade em função de possíveis variações cambiais ou por descontos promocionais, por exemplo. Também pode ocorrer tal acúmulo antecipado para atender picos de demanda sazonais.
- **Estoque de segurança (ES):** Estoque necessário para cobertura das incertezas. Este tipo de estoque é o foco desta dissertação e será melhor detalhado no próximo item.
- **Estoque médio (E):** consiste em metade do estoque cíclico mais o estoque de segurança e mais o estoque em trânsito. Serão adotadas essas simbologias e essas denominações de agora em diante nesta dissertação. A fórmula matemática para o cálculo do estoque médio está apresentada pela equação 1.

$$E = \frac{Q}{2} + ES + ET \quad (1)$$

De acordo com Silver et al. (2017), além dos tipos de estoques, três outras definições são importantes para auxiliar no entendimento dos modelos e políticas de estoques, conforme a seguir:

- **Estoque atual:** É o estoque fisicamente disponível.
- **Estoque líquido:** É o estoque atual menos os pedidos colocados e também menos os pedidos não atendidos.
- **Posição de estoque:** É definida pela relação: estoque atual + estoque em trânsito – pedidos colocados – pedidos não atendidos.

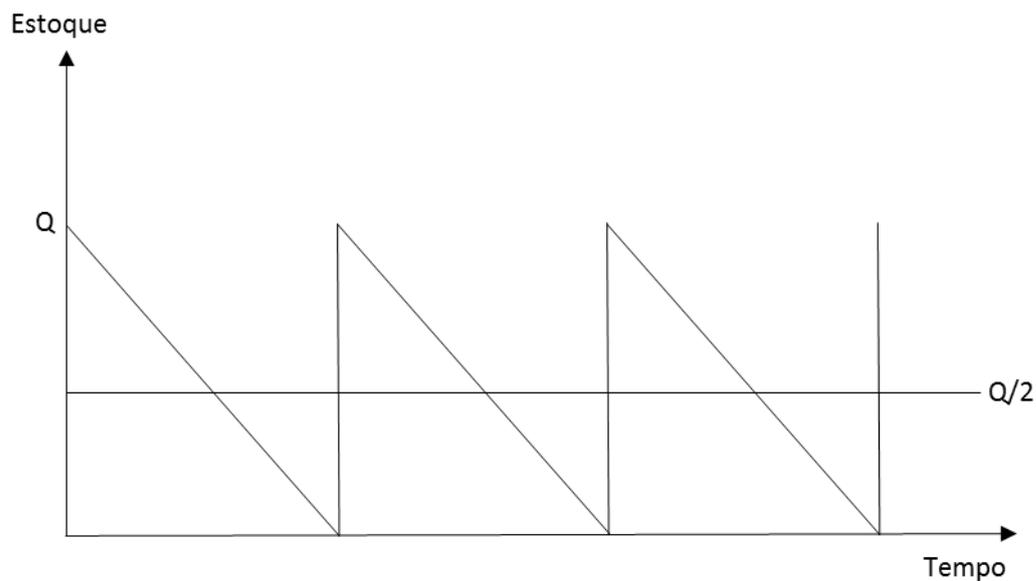


Figura 2 – Gráfico estoque cíclico.

2.2.

Estoque de segurança

Estoque de segurança é o estoque mantido para atender a uma demanda que excede a quantidade prevista para um dado período. O estoque de segurança se faz necessário devido as incertezas, sejam elas: na demanda, no lead time de reposição, poucas informações disponíveis na cadeia de suprimentos, grande variabilidade em tempos de execução de determinados processos, entre outras (Silver et al., 1998). Essas incertezas podem resultar em falta de produto, com conseqüente perda de receita caso não haja esse volume extra disponível para entrega.

Schmitd et al. (2012) defendem a existência do estoque de segurança para a manutenção dos requisitos de entrega devido à volatilidade da demanda, tempo e volume de reposição. Por outro lado, King (2011) pondera que manter esse estoque gera custos de manutenção, cabendo assim ao gestor definir qual o estoque de segurança manter para não perder vendas, mas os mesmo tempo não onerar demasiadamente a companhia.

De acordo com Waller & Esper (2014), a quantidade de estoque de segurança mantido é um ótimo balizador da eficiência da cadeia de suprimentos. Por exemplo, se uma empresa possui quantidades excessivas de estoque sob a

forma de estoque de segurança, esse alto estoque de segurança por si só representa um problema devido aos custos de manter esse inventário e os custos de oportunidade de ter capital de giro vinculado em ativos que não estão sendo convertidos em vendas imediatas. Além disso, a questão principal é que esta situação é provavelmente um sintoma de outros problemas mais profundos na gestão da cadeia de suprimentos. Por exemplo, a previsão de demanda pode estar constante e significativamente imprecisa, os prazos de entrega dos fornecedores sejam desnecessariamente longos, talvez as operadoras de transporte não ofereçam um serviço de qualidade sob a forma de entregar estoque livre de danos e no tempo.

Segundo Ballou (2010) o nível de estoque de segurança está diretamente relacionado a dois fatores principais:

- **Incertezas na demanda e/ou nos ressuprimentos:** À medida que a incerteza de suprimento ou da demanda aumenta, o nível de estoque de segurança também cresce. Em consequência, se as previsões de demanda forem mais precisas e o *lead time* menos variável, é possível reduzir o estoque de segurança, assim como o lead time de entrega, pois tanto diminuindo seu tempo como sua incerteza é possível reduzir o estoque de segurança (Ballou 2010). Lida (2015) também destaca em seu estudo a importância da combinação da precisão das informações do lead time de reposição com a acurácia da previsão de demanda para a redução dos estoques. Ele afirma que na literatura é muito difundida a questão do impacto da previsão de vendas, porém existem poucos estudos sobre o impacto do lead time. Em sua pesquisa o autor simulou cenários com e sem informações de previsão de vendas e lead time e cenários com informações combinadas e os melhores resultados em termos de redução de estoques de segurança foram obtidos quando as informações de previsão de vendas e lead time eram utilizadas de forma combinada. O autor destaca também que para previsão de vendas existem muitos métodos já consagrados e que são de mais simples implementação. Quanto às informações de lead time, Lida (2015) afirma que uma forma eficiente é a aproximação com os fornecedores, criando um vínculo de confiança mútua e até possibilitando formação de parcerias estratégicas dentro da cadeia de suprimentos.

- **Nível desejado de disponibilidade do produto:** De forma semelhante, quanto maior o nível de disponibilidade desejado, maior será o estoque de segurança. O atual desafio dos gestores de estoques é reduzir o estoque de segurança, sem afetar a disponibilidade do produto (Ballou 2010). Chandra & Grabis (2006), afirmam ser possível melhorar o nível de serviço e ainda reduzir o estoque de segurança através da redução do lead time de reposição. Todavia, é preciso avaliar as tarifas cobradas pelos fornecedores para essas entregas mais rápidas e também os custos de transporte, uma vez que os lotes tendem a ser menores.

A figura 3 representa o gráfico que ilustra o trade-off entre nível de serviço e estoque de segurança.

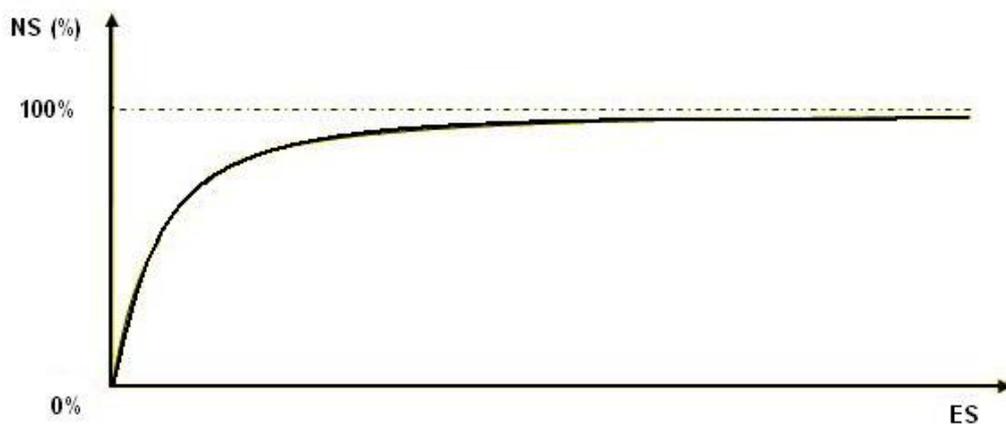


Figura 3 – Gráfico do nível de serviço em função do estoque de segurança. Fonte: Ross et al. (2002) – adaptado.

De acordo com Wanke (2011), o cálculo do estoque de segurança deve considerar não apenas a probabilidade de não haver estoque, mas a variabilidade da demanda e a distribuição de probabilidade da demanda durante o lead time de reposição. Considerando a demanda e lead time como duas variáveis aleatórias independentes, é possível determinar a média e o desvio padrão da demanda durante o lead time, período que realmente importa, uma vez que o gerenciamento de estoque está sujeito a falta apenas entre o momento de colocação do pedido e o momento exato da reposição.

Schmitd et al. (2012) afirmam que apesar de difíceis de se encontrar na literatura, existem diferentes métodos de cálculo do estoque de segurança. Em sua

pesquisa os autores fizeram simulações para comparar a eficiência de cada um dos métodos estudados. Neste contexto, uma fórmula se destaca devido ao grande número de referências na literatura e por sua grande aplicação na indústria. O método de cálculo relaciona um fator de segurança (Z), baseado no nível de serviço desejado, com o desvio-padrão das incertezas (S). Contudo, deve-se ressaltar que a utilização é válida para demandas que seguem uma distribuição normal. A fórmula de cálculo é dada pela equação 2.

$$ES = Z \cdot S \quad (2)$$

Onde:

Z: é o número de desvios-padrão da média da distribuição da demanda, que representa a probabilidade de presença de estoque durante o período de ressuprimentos, ou seja, o nível de serviço desejado.

S: representa o desvio-padrão das incertezas consideradas.

De acordo com Schmitd et.al (2012), a fórmula para cálculo do estoque de segurança que utiliza os desvios-padrão da demanda e lead time de reposição é eficiente e apresentou resultados favoráveis para o nível de serviço em mais de 96% das simulações. No estudo, os autores apresentam outras associações mais complexas, como também o método que considera apenas o desvio-padrão da demanda sem nenhuma associação.

Wanke (2011) afirma que de acordo com a teoria estatística, o desvio-padrão associado entre duas variáveis aleatórias (A e B) é dado pela equação 3.

$$S_{A \times B} = \sqrt{(S_A \times B)^2 + (S_B \times A)^2 + (S_A \times S_B)^2} \quad (3)$$

Onde:

A: Média da variável aleatória A

S_A: Desvio-padrão da variável aleatória A

B: Média da variável aleatória B

S_B: Desvio-padrão da variável aleatória B

Definindo A e B como demanda (D) e lead time (LT) respectivamente, o desvio-padrão associado das variáveis é dado pela equação 4.

$$S_{D \times LT} = \sqrt{(S_D \times LT)^2 + (S_{LT} \times D)^2 + (S_{LT} \times S_D)^2} \quad (4)$$

Todavia, é comum encontrar na literatura, por exemplo, em Ballou (2010) e Bowersox et al. (2014), uma expressão alternativa mais simples que aproxima os desvios-padrão combinados usando a fórmula de convolução (equação 5). Wanke (2011) destaca que a simplificação considera que podem existir compensações na variabilidade da demanda diária durante o *lead time*, implicando assim que o desvio-padrão da demanda durante o *lead time* seja menor, conseqüentemente levando a um estoque de segurança um pouco menor. A demonstração completa, utilizando a transformação de Laplace, para a chegada neste resultado pode ser encontrada em Mentzer et al. (1988).

$$S_{D \times LT} = \sqrt{LT \times S_D^2 + D^2 \times S_{LT}^2} \quad (5)$$

Onde:

LT: é o *lead time* de reposição

S_D: é o desvio-padrão da demanda

D: é a demanda

S_{LT} é o desvio-padrão do *lead time*.

Dessa forma, a expressão final para o cálculo do estoque de segurança optando-se pela utilização da equação 5, em detrimento da 4, é dado pela equação 6.

$$ES = Z \cdot \sqrt{LT \times S_D^2 + D^2 \times S_{LT}^2} \quad (6)$$

Santos & Rodrigues (2006), em trabalho realizado em uma indústria química, utilizaram a equação 6 para calcular os estoques de segurança de produtos que possuíam consumo ajustados a distribuição normal. Os autores trabalharam com um nível de serviço de 95% e com o cálculo do estoque de segurança teórico implementado, observaram reduções no estoque médio de até 34% para alguns produtos.

Em um estudo de caso com objetivos semelhantes aos desta dissertação, Kunigami & Osório (2009) realizaram um trabalho em uma indústria automobilística brasileira. Os autores também utilizaram a equação 6 como base de cálculo para os estoques de segurança e assim como Santos & Rodrigues (2006), encontraram grandes ganhos em termos de redução de custos de manutenção de estoques (cerca de 40%) com a redução dos estoques médios por consequência da redução dos estoques de segurança calculados em face ao que vinha sendo utilizado na prática.

Silver et al. (1998) destacam outras formas de se pensar em estoque de segurança. Uma delas é baseada em minimização de custos. Para tal, Silver et al. (1998) apresentam quatro situações:

- Um custo fixo é relacionado à falta de estoque independentemente da magnitude ou duração (B1). Representa o custo que se deve incorrer para evitar uma falta de estoque.
- Cobrança Fracionada Especifica (B2) por unidade escassa ou não suprida: Neste caso, o pressuposto é que uma fração B2 por valor unitário é cobrado por cada unidade escassa, ou seja, o custo por unidade escassa de um produto/item i é $B2v_i$, onde v é o custo unitário variável desse produto/item. Uma situação onde este tipo de custo seria apropriado é quando unidades não supridas são produzidas durante hora extra.
- Cobrança Fracionada Especifica (B3) por unidade escassa por unidade de tempo: O pressuposto aqui é que há uma cobrança B3, por cada dólar escasso (equivalentemente, $V.B3$ por unidade escassa) por unidade de tempo. Um exemplo é quando o item em consideração é uma unidade ou peça extra (de reserva ou reposição) e cada unidade não suprida resulta em um equipamento (ou maquinário) ocioso (com o tempo ocioso sendo igual ao tempo de duração de escassez da peça).
- Cobrança específica (B4) por cada item de linha: Assunção de uma penalização para cada item enviado a menos quando o cliente fizer um pedido e apenas parte dos itens estiver disponível. Por exemplo, se 10 itens foram pedidos e apenas 9 estão disponíveis, será aplicada uma penalização (B4) por uma unidade faltante. Diversas empresas grandes penalizam os fornecedores pelos atrasos ou pedidos incompletos.

Barbetta (2008) em estudo realizado em uma empresa integrada de óleo e gás, utilizou a linha de raciocínio de Silver et al. (1999) e calculou os estoques de segurança baseados nos custos da falta de estoque. Pelos resultados encontrados a autora sugeriu que a empresa aumentasse seus estoques de derivados no local que foi realizado o estudo pois o custo da falta encontrado foi superior ao valor gasto com a manutenção dos estoques.

Silver et al. (1998), também relacionam o estoque de segurança diretamente ao nível de serviço para o cliente. Para isso citam quatro maneiras comuns de se medir nível de serviço, sendo elas:

- Especificando a probabilidade (P1) de não haver falta de estoque, ou seja, a probabilidade de haver produto disponível quando o cliente pedir. Seria a forma mais trivial, já citada de se atribuir um fator Z pelo desvio da demanda (S_D).
- Especificando a fração da demanda (P2) para ser rotineiramente atendida por produto a pronta entrega. A taxa de suprimento é a fração da demanda de um cliente que é atingida rotineiramente, isto é, sem pedidos atrasados ou perda de vendas. Este tipo de serviço é consideravelmente atrativo aos profissionais (particularmente onde o lead time de reposição é significativo e inalterável, por exemplo, um centro de distribuição onde a maior parte do lead time é o tempo de trânsito por vagão, ou seja, o transporte para despachar o pedido). Pode-se demonstrar que o uso de B3, medida de custo de não suprimento, leva a uma regra de decisão, equivalente a P2 medida de serviço, onde a equivalência é dada pela fórmula $P2 = \frac{B3}{B3+r}$, sendo r a cobrança de transporte/logística.
- Especificando a fração do tempo que o estoque líquido é positivo.
- Especificando o tempo entre ocasiões de falta de estoque líquido.

Apesar dos gatilhos para outras formas de raciocínio a respeito de estoque de segurança, é importante ressaltar que Silver et al. (1998) também ressaltam a aplicabilidade da equação 6 que relaciona nível de serviço com as incertezas da demanda e lead time.

A figura 4 ilustra a função e a importância do estoque de segurança.

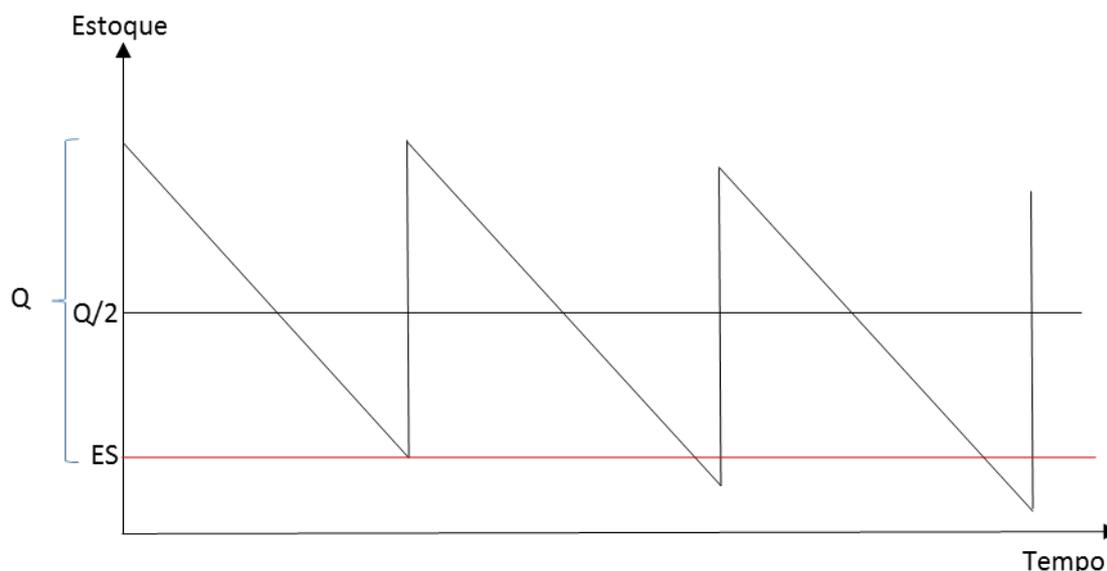


Figura 4 – Perfil do estoque com o estoque de segurança.

2.3.

Custos de estoques

Os custos de manutenção de estoques são aquelas despesas associadas ao ato de manter produtos, sejam acabados ou intermediários em processamento, em estoque. Contabilmente, essas despesas são calculadas levando em consideração o estoque médio (Chopra & Meindl, 2013).

Em estudo realizado pelo grupo Aberdeen (2006) com 160 empresas dos mais diversos segmentos e portes (principalmente na América do Norte), foi constatado que a maioria das empresas enxerga os estoques como custos (63%), enquanto uma segunda parcela (27%) enxerga como uma forma de ganhar participação no mercado com maior disponibilidade de produtos e serviços.

De acordo com Kulkarni & Rajhans (2013), a base para a decisão de um modelo de gestão de estoques é o equilíbrio entre o custo de capital resultante de um excesso de estoque contra o custo de penalidade resultante da escassez de estoque. O principal fator que afeta a solução é a natureza da demanda: determinística ou probabilística. De acordo com os autores, incerteza na demanda é o principal fator que torna difícil manter e controlar estoques e seus respectivos custos.

Os custos de manter estoques mais referenciados na literatura e comumente utilizados pelas empresas nas decisões de dimensionamento de estoques são:

- **Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC):** É o custo de oportunidade do capital. Leva em consideração o retorno exigido sobre o patrimônio da empresa e o grau de endividamento, ou seja, seria como um investimento deixado de fazer para priorizar a manutenção dos estoques. Como o custo de oportunidade é difícil de mensurar, as empresas utilizam o custo médio ponderado de capital como balizador. Essa taxa pode variar de empresa para empresa de acordo com o segmento em que está inserida (Waller & Esper, 2014).
- **Impostos:** Em muitas regiões as empresas são taxadas sobre os estoques mantidos e o valor do imposto varia de acordo com a política do local e são avaliados com base no nível de estoque em determinado dia do ano ou no estoque médio do período de medição (Bowersox et al., 2014).
- **Seguros:** Este custo é calculado com base no risco estimado da perda desde produto. Esse risco depende do produto e das instalações onde o mesmo está armazenado (Bowersox et al., 2014).
- **Obsolescência:** Custo relacionado à deterioração dos produtos durante o período de armazenamento. As perdas de produto podem acontecer, por exemplo, por fim de prazo de validade, como é muito comum na indústria alimentícia, ou simplesmente porque o produto caiu de moda e não tem mais demanda (Waller & Esper, 2014).
- **Armazenamento:** São todas as despesas associadas às instalações e cuidados especiais para a manutenção dos produtos em estoque. A este tipo de custo são relacionadas despesas como: Ocupação de espaço, muitas vezes em armazéns de terceiros, cuidados especiais, refrigeração e aquecimento (Waller & Esper, 2014).

Por outro lado, Lutz et al (2003), destacam também os custos da falta de estoques, sendo eles:

- **Venda perdida:** Ocorre quando um pedido não é atendido por falta de produto e o cliente opta por cancelar a compra, ou seja, não está disposto a esperar a reposição. Nesse caso, entende-se como custo o lucro que deixa de ser concretizado e pode ser adicionado ainda a perda de vendas futuras

devido a essa má experiência que o cliente teve nessa determinada compra que não havia disponibilidade imediata de produto.

- **Pedido atrasado:** trata-se de um caso menos danoso que o anterior, porém ainda sim existem custos associados, sendo eles: retrabalho na operação de produção e transporte não programado.

Lutz et al. (2003) afirmam que vendas perdidas e pedidos entregues em atraso são classificados com fatores logístico chave para medição do desempenho da gestão de estoques.

Dentre todos os custos apresentados, o que mais impacta no custo de estoque é o custo médio ponderado de capital (CMPC) e por isso tornou-se o mais utilizado. Silver et al. (1998) adotam a equação 7 para calcular o custo de carregamento de estoque.

$$CE = I \cdot V \cdot E \quad (7)$$

Onde:

CE: É o custo de estoque.

I: É a taxa do custo médio ponderado de capital (CMPC).

V: Valor unitário do item em estoque.

E: É o estoque médio.

2.4.

Políticas de reposição/control de estoques

O planejamento de estoques consiste basicamente em avaliar quando pedir, quanto pedir e com que frequência os estoques são controlados. Quando pedir é determinado pela demanda média e sua variação e no tempo de reabastecimento e sua respectiva variação. Quanto pedir está relacionado à demanda média entre sucessivos períodos de reabastecimento. O controle de estoques é o processo de monitoramento desse cenário descrito (Silver & Miltenburg, 1984).

Políticas de estoque são decisões a respeito de quando fazer um pedido e de qual a quantidade será esse pedido (Q). Essas decisões determinam o estoque cíclico e o estoque de segurança. Waller & Esper (2014) citam duas principais políticas, comumente utilizadas pela indústria, sendo elas:

- Revisão contínua:** O estoque é continuamente acompanhado e um pedido de compra de tamanho Q é feito toda vez que o estoque chegar no ponto de reposição (PR), que é um ponto determinado de estoque, para suprir a demanda durante o lead time de reposição do novo lote pedido. Segundo Silver & Rahnema (1987) a maior parte da vasta literatura sobre gestão de estoques assume que a distribuição de demanda é conhecida durante o tempo de reposição, inclusive seus parâmetros (média e desvio-padrão, por exemplo) e que na prática, as estimativas estatísticas da demanda e tempo de reposição são tomadas como exatas para o efetivo cálculo do ponto de reposição. Neste caso, o estoque de segurança funciona como amortecedor para possíveis variações. Dessa forma, a fórmula para o cálculo do ponto de reposição é dada pela expressão 8 e a figura 5 representa o gráfico típico deste tipo de reposição.

$$PR = D.LT + ES \quad (8)$$

Onde:

PR: é o ponto de reposição

D: é a demanda média no período entre sucessivas reposições

LT: é a duração do ciclo de atividades (*lead time*)

ES: é o estoque de segurança

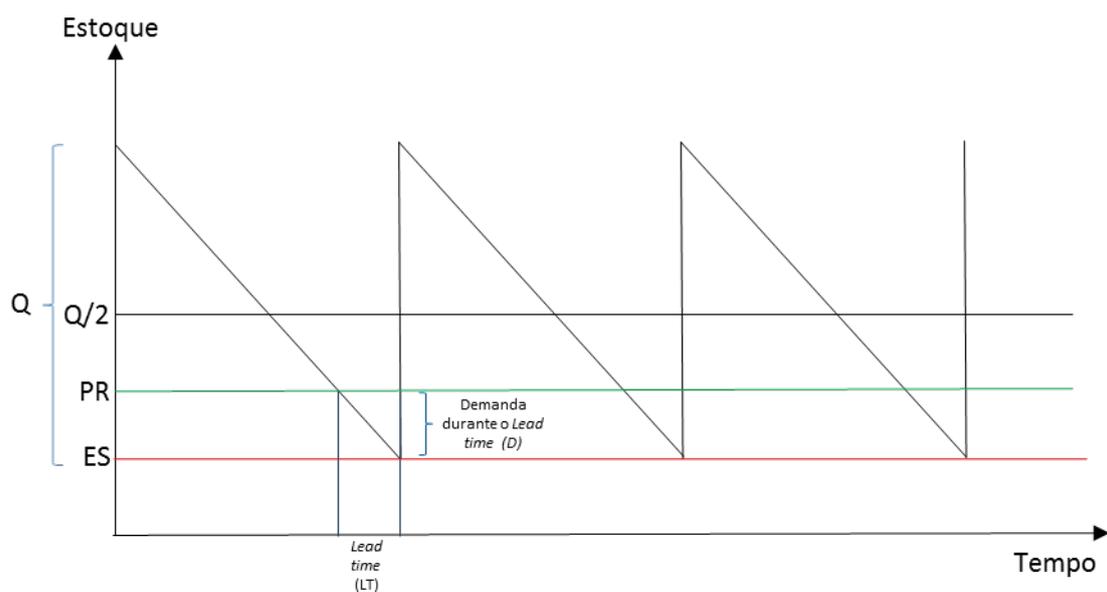


Figura 5 – Gráfico revisão contínua.

- **Revisão periódica:** O nível do estoque é checado periodicamente e um pedido de quantidade variável (Q) é feito para elevar o estoque a um patamar predeterminado S , chamado de nível de referência. A quantidade pedida é representada pela expressão 9 e a figura 6 representa o gráfico típico deste tipo de reposição.

$$Q = S - E(n) \quad (9)$$

Onde:

Q: Quantidade do pedido

S: Nível de estoque predeterminado

E(n): Estoque no momento do pedido

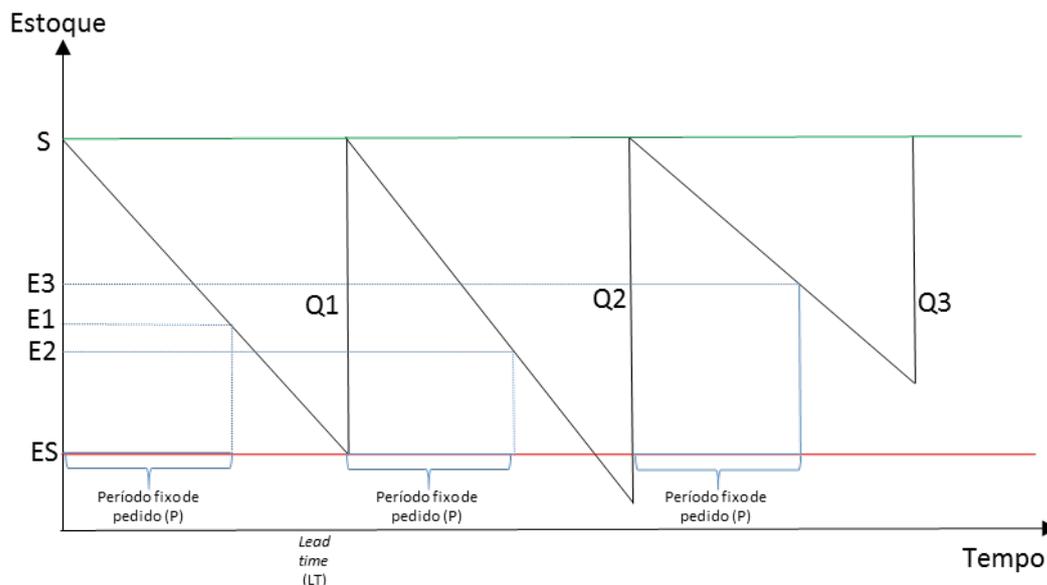


Figura 6 – Gráfico revisão periódica.

Silver et al. (1998) destacam vantagens e desvantagens na utilização das políticas de revisão contínua e periódica. Para os autores a revisão periódica permite uma previsão do nível de trabalho da equipe envolvida no controle de inventário, enquanto na revisão contínua a decisão de reposição pode ser tomada praticamente a qualquer momento, conseqüentemente o trabalho fica menos previsível. Geralmente, um padrão sistemático e não aleatório é mais atrativo para as equipes de trabalho. Uma outra desvantagem da revisão contínua é o custo de monitoramento que é maior do que a periódica, seja com a utilização de sistemas

modernos de controle ou com as equipes envolvidas. Por outro lado, a maior vantagem da revisão contínua é poder proporcionar um mesmo nível de serviço do que a periódica com menor estoque de segurança. Isso ocorre porque o período sobre proteção do estoque de segurança na revisão periódica é mais longo. Por fim, outra importante vantagem da revisão contínua é o tamanho do lote ser constante e já poder estar previamente definido de acordo com as necessidades e custos otimizados.

De acordo com o Grupo Aberdeen (2006), devido à rapidez das mudanças nos cenários de mercado, fornecimento, entre outras variáveis que apresentam variabilidade, atualmente as empresas têm checado e alterado suas estratégias de estoques pelo menos uma vez por ano, e a tendência é que essas revisões sejam ainda mais frequentes.

Na conclusão de sua pesquisa, o Grupo Aberdeen (2006) recomendou alguns gatilhos gerenciais para o sucesso na gestão de estoques, dentre os principais foram citados:

- **Definir um responsável global para controlar os estoques ao longo de todo o processo:** Apesar de bem-intencionada, a gestão local acaba levando a maiores custos e desafios de nível de serviço. Somente a gestão global será capaz de medir a melhoria do nível de serviço ao cliente e a ajudar a reduzir os custos totais do processo de estocagem.
- **Mover-se na direção da integração com fornecedores:** Procurar a aproximação com os fornecedores, incluindo o compartilhamento de informações relativas a estoques e previsões, o que ajudará a melhorar o desempenho de produção e redução de custos com estoques.
- **Utilização de sistemas de informação para controle de inventário:** Lançar mão dos recursos de TI existentes para dar mais confiabilidade e ter mais recursos disponíveis (ferramentas analíticas) para fazer o controle e gestão dos estoques.

2.5.

Acurácia na previsão de vendas

A previsão de vendas pode ser definida como uma estimativa de venda de produto para um período específico no futuro, à luz de um plano de marketing e sob determinadas condições de mercado (Churchil et al., 2003).

A acurácia das previsões refere-se à diferença entre o previsto e o que de fato se realizou. Melhorar as previsões significa medir e analisar os erros e é exatamente esse o papel do gestor de estoques para ajudar no processo como um todo.

Embora existam alguns indicadores para avaliar a acurácia das previsões, segundo Jain (2003), o EPAM (erro percentual absoluto médio, em inglês MAPE – mean absolute percentual error) é o mais conhecido e intuitivo para a medição dos desvios. Para calcular o EPAM é preciso primeiramente somar os desvios de previsão ao longo do tempo e calcular a média dos mesmos, porém ignorando-se os sinais dos desvios para que os erros positivos não anulem os negativos, ou seja, em módulo, tratando assim de um desvio absoluto médio (DMA). Para comparar previsões, normalmente, calculam-se os percentuais. Finalmente o EPAM é calculado dividindo o DMA pela demanda média, conforme as equações 10 e 11 (Bowersox et al. 2014).

$$\text{DMA} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |D_t - F_t| \quad (10)$$

Onde:

D_t : demanda em t

F_t : previsão em t

n : número de observações

Finalmente, o EPAM é dado por:

$$\text{EPAM} = \frac{\text{DMA}}{D} \quad (11)$$

Segundo Chopra & Meindl (2013), desde que os erros observados estejam dentro das estimativas históricas de erro a empresa pode continuar utilizando o

método atual de previsões, senão o método deve ser trocado. Outro indicativo é se os erros forem sempre positivos ou negativos, que é um sinal que a previsão está sendo consecutivamente superestimadas ou subestimadas, respectivamente, cabendo ao gestor fazer esse tipo de análise dos dados.

O desvio absoluto médio (MAD) da distribuição normal é dado pela equação 12.

$$\mathbf{MAD} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \times \mathbf{S} = \mathbf{0.7978} \times \mathbf{S} \quad (12)$$

Onde S é o desvio padrão de distribuição normal. Combinando as equações 11 e 12, obtém-se a expressão que permite incluir o erro de previsão de demanda no cálculo do estoque de segurança, dada pela equação 13.

$$\mathbf{S_d} = \mathbf{1.25} \times \mathbf{MAPE} \times \mathbf{D} \quad (13)$$

Com este desvio-padrão S_d calculado, é possível retornar à equação 6 e utilizá-lo para o cálculo do estoque de segurança.

3

Metodologia

Segundo Benbasat et al. (1987), o emprego do estudo de caso é indicado quando o objetivo da pesquisa for investigar um fenômeno contemporâneo em seu ambiente natural, considerando múltiplas fontes de evidência, sem controle ou manipulação de variáveis. Yin (2001), complementa a definição afirmando que geralmente nos estudos de caso as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que está inserido não estão bem definidas. Essas definições foram fundamentais para caracterizar esta dissertação com um estudo de caso, pois atende plenamente os requisitos citados.

A unidade de análise deste estudo é uma refinaria de petróleo da Petrobras, capaz de produzir asfaltos. A Petrobras é uma empresa integrada de Energia que conta com mais de 60.000 colaboradores próprios, possui 13 refinarias e 120 plataformas de produção de petróleo em operação e atua em 19 países. Uma de suas principais atividades é a produção de derivados de petróleo, nos quais estão incluídos os asfaltos. A refinaria escolhida para o estudo possui características específicas de produção e demanda de asfaltos, todavia, os tipos de dados coletados e as análises realizadas podem ser úteis para aplicações em outras refinarias produtoras, bem como para outros produtos com características de demanda semelhantes. As características de produção e demanda serão detalhadas nos próximos capítulos desta dissertação.

Yin (2001), afirma ainda que o estudo de caso tende a responder perguntas do tipo como e porquê. No caso específico deste trabalho foram levantadas as seguintes perguntas de pesquisa:

- Como é feita, atualmente, a gestão de estoques de asfalto na Petrobras?!
- Qual a política de revisão de estoques mais adequada para asfaltos na Petrobras?!
- Qual deve ser o estoque de segurança de asfalto na refinaria estudada?!
- Como está a acurácia das previsões de demanda de asfaltos na Petrobras?
- Quais os potenciais ganhos adotando o modelo de gestão proposto?!

Segundo Yin (2001), um projeto de pesquisa trata-se de um plano que conduz o pesquisador através dos processos de coleta, análise e interpretações de observações que o permitirá fazer inferências às relações causais entre as variáveis sob investigação. Além disso, o projeto de pesquisa também define o domínio de abrangência, ou seja, se as interpretações obtidas podem ser generalizadas a uma população maior ou a situações diversas. O método científico diz respeito à forma como os resultados de uma investigação são obtidos. O método de pesquisa auxilia na validação dos resultados do estudo pela comunidade acadêmica e empresarial, considerando que a repetição dos procedimentos sob as mesmas condições levaria à obtenção de resultados semelhantes (Campomar, 1991).

Segundo Yin (2001), quatro testes são comumente utilizados para determinar a qualidade dos estudos de caso. A tabela 1 apresenta os testes, as táticas recomendadas, assim como a fase da pesquisa em que a tática deve ser utilizada.

Tabela 1 – Táticas do estudo de caso para quatro testes de projeto.

Testes	Tática do estudo de caso	Fase da pesquisa na qual a tática deve ser aplicada
Validade do Constructo	* Utiliza fontes múltiplas de evidências * Estabelece encadeamento de evidências * O rascunho do relatório é revisado por informantes-chaves	* Coleta de dados * Coleta de dados * Composição
Validade Interna	* Faz adequação ao padrão * Faz construção da explicação * Faz análises de séries temporais	* Análise de dados * Análise de dados * Análise de dados
Validade Externa	* Utiliza lógica de replicação em estudos de casos múltiplos	Projeto de pesquisa
Confiabilidade	* Utiliza protocolo de estudo de caso * Desenvolve banco de dados para o estudo de caso	* Coleta de dados * Coleta de dados

Fonte: Yin (2001).

Com base na tabela 1, a tabela 2 foi elaborada para apresentar o que foi realizado no trabalho de acordo com os testes propostos. Na sequência os testes serão detalhados um a um.

Tabela 2 – Táticas do estudo de caso para quatro testes de projeto aplicadas no caso.

Testes	Tática do estudo de caso	Fase da pesquisa na qual a tática foi aplicada
Validade do Constructo	* Dados coletados nas bases de dados e sistemas internos da Petrobras, site da ANP e através de entrevistas com informantes-chaves da refinaria e da Sede * O rascunho da dissertação foi revisado por informantes-chaves da gestão Sede durante o desenvolvimento do caso	* Coleta de dados * Durante o desenvolvimento do trabalho
Validade Interna	Não aplicável	Não aplicável
Validade Externa	* Foi estabelecido o domínio ao qual as análises e resultados do estudo podem abranger na descrição da unidade de análise e nos trabalhos futuros	* Metodologia e conclusões
Confiabilidade	* Foi utilizado protocolo de estudo de caso * Foi elaborado banco de dados para o estudo de caso	* Coleta de dados * Coleta de dados

• **Validade do constructo:** Para Yin (2001), este teste visa estabelecer medidas operacionais coerente com os conceitos foco do estudo. Os dados coletados nesta etapa, através de múltiplas fontes de evidência, foram aqueles relevantes para dar subsidio aos cálculos do estoque de segurança, ponto de ressurgimento, estoque médio, acurácia das previsões de vendas e custos de estoques. O detalhamento dos dados coletados será descrito mais adiante neste capítulo de metodologia. A revisão da dissertação ocorreu durante todo o processo de desenvolvimento do trabalho, sendo realizada junto a gerência de logística de asfaltos da Petrobras.

• **Validade interna:** Segundo Yin (2001), este teste é aplicável para estudos exploratórios ou causais, que tem como objetivo estabelecer relações causais por meio das quais são mostradas certas condições que levem a outras condições. Portanto este teste não se aplica a este estudo que possui natureza descritiva.

• **Validade externa:** De acordo com Yin (2001) este teste visa estabelecer o domínio ao qual as descobertas de um estudo podem ser generalizadas. Neste caso, a generalização dos resultados obtidos não ocorre de maneira automática, todavia, foi estabelecido um domínio, descrito nos parágrafos iniciais da metodologia quando tratada a unidade de análise e também nas

conclusões, dentro do qual a replicação da teoria utilizada supõe resultados semelhantes e a comprovação deverá ocorrer com a aplicação na prática em outros estudos futuros.

- **Confiabilidade:** Segundo Yin (2001), a confiabilidade serve para a minimização dos erro e tendenciosidade de um estudo. O que permite que um pesquisador repita um estudo de caso anterior é a documentação dos procedimentos adotados, ou seja, um protocolo. Este estudo seguiu os procedimentos de estudos de caso para coletas de dados, entrevistas e documentação, descritos por Yin (2001).

A elaboração desta dissertação seguiu o seguinte protocolo para o seu desenvolvimento:

- **Mapeamento da atual gestão de estoques:** Esta etapa envolveu principalmente entrevistas com os gestores de estoques de asfaltos da Sede da Petrobras e da refinaria escolhida para a realização do estudo. A partir dessas entrevistas foi possível levantar os *gaps* e pontos de melhoria a serem trabalhados no desenvolvimento do caso. As entrevistas ocorreram de maneira espontânea, porém com questões pré-definidas. Foram entrevistados os informante-chaves para obtenção das informações.
- **Buscas por referencial teórico:** Foram realizadas pesquisas por referencial teórico para fundamentar os principais conceitos relativos ao tema e que pudessem embasar a proposta de um modelo de gestão de estoques de asfaltos. A partir dessas pesquisas foi possível perceber que centenas de autores já realizaram trabalhos referentes a gestão de estoques, políticas de estoques, dimensionamento de estoque de segurança, redução de estoques, controle de estoques, otimização de custos de estoques e acurácia de previsões, ou seja, os principais temas relevantes e abordados nesta dissertação. De maneira geral, foram encontrados na grande maioria, estudos teóricos relativos aos temas citados, incluindo muitos modelos de otimização e simulação. Apesar desses assuntos serem clássicos na literatura, realizando-se as buscas principalmente nos sites da Science Direct e Scopus, foi observado que há uma escassez de trabalhos práticos voltados especificamente para gestão de estoque de produtos asfálticos. Além disso, foram encontradas poucas referências desse tipo de estudo de caso na indústria de óleo e gás no Brasil.

• **Coleta de dados:** Como dito no item de validade do constructo, os dados coletados foram aqueles necessários para realizar os cálculos propostos neste trabalho, à luz de múltiplas fontes de evidências. Os dados coletados, a fonte e utilização foram:

- Vendas históricas de asfaltos dos últimos 10 anos: coletadas nos sistemas oficiais da Petrobras e no site da ANP. Dados utilizados para analisar o perfil e a sazonalidade da demanda e também para o cálculo dos estoques de segurança.
- Estoque médio realizado de asfaltos nos anos de 2015 e 2016: Coletados nos sistemas oficiais de controle da Petrobras. Estes dados foram utilizados para elaboração do comparativo entre os estoques médios realizados e teóricos e seus respectivos custos de manutenção.
- Documentos administrativos internos da refinaria: Acessados com a permissão dos responsáveis e coletados nos arquivos da rede interna da Petrobras. Esses dados foram utilizados no cálculo do estoque de segurança, uma vez que continham os tempos de produção realizados de 10 tanques produzidos.
- Capacidade de produção, capacidade de expedição e tancagem atual: Foram realizadas entrevistas espontâneas com os programadores de produção da refinaria para a coleta dessas informações, bem como para capturar as percepções dos mesmos sobre potenciais gaps da atual gestão de estoque. Estes dados tiveram grande relevância para análises dos estoques de segurança que poderiam ser utilizados na prática das operações. Além disso os informantes-chaves entrevistados colaboraram sugerindo outras fontes para coleta de evidência, como nos citados documentos internos da refinaria.
- Previsões de vendas: Foram coletados junto as gerências responsáveis pelas previsões na Petrobras. Foram utilizados as previsões e realizações de 2016 e 2017 para o cálculo da acurácia das previsões.

• **Banco de dados:** Foi criada uma pasta no computador utilizado para o desenvolvimento do trabalho onde foram compilados todos os dados

coletados organizados por tipo e data, inclusive os trabalhos utilizados no capítulo referencial teórico e os registros das entrevistas.

• **Análise dos dados coletados:** As análises foram realizadas utilizando as ferramentas estatísticas do Microsoft Excel e através da aplicação dos fundamentos abordados no referencial teórico, ou seja, baseando-se em proposições teóricas. Com essas ferramentas foi possível desenvolver um modelo de gestão de estoque de asfaltos, que contemplou:

- Cálculo de estoques de segurança trimestrais, a partir da equação 6;
- Cálculo dos pontos de ressuprimento, a partir da equação 8;
- Controle de estoques, com análises baseadas no tópico 2.4 do Referencial Teórico;
- Cálculo da acurácia das previsões utilizando o Indicador EPAM (Erro Percentual Absoluto Médio), com cálculos a partir das equações 10 e 11.
- Posteriormente, foram realizadas análises comparativas entre os estoques praticados e os estoques teóricos calculados no modelo proposto em diferentes cenários de nível de serviço, com base na equação 1. Além disso, foram discutidos os aspectos financeiros, através de comparações entre os custos da atual gestão de estoques com os do modelo proposto (a partir dos estoques médios calculados e realizados), com cálculos a partir da equação 7 e auxílio das ferramentas estatísticas do Microsoft Excel.

• **Planilha de cálculos exclusiva:** Foi desenvolvida uma planilha de cálculos para uso exclusivo da Petrobras, contendo todos os cálculos realizados e com a possibilidade de editar a entrada de dados à medida que houver necessidade de atualizações dos mesmos.

4

Cenário de asfaltos no Brasil e na Petrobras

Neste capítulo serão apresentados os aspectos relevantes sobre a pavimentação utilizando asfaltos, tipos de produtos asfálticos, cadeia de suprimentos do segmento, perfil de produção e demanda, estratégias de atendimento a demanda Nacional e previsão de vendas de asfaltos.

4.1.

A pavimentação

O pavimento é definido por Bernucci et al. (2008) como uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhores condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Ainda segundo Bernucci et al. (2008), o pavimento rodoviário é classificado em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Os rígidos são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland, já os flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos.

De acordo com o relatório da CNT (2016), no Brasil cerca de 95% das estradas pavimentadas são constituídas de pavimentos flexíveis, ou seja, utilizam revestimento asfáltico na camada mais externa. Essa camada tem como objetivo resistir às ações do tráfego e transmiti-las de forma amortecida às camadas mais internas, além de garantir a impermeabilização do pavimento e melhorar o conforto e a segurança da condução.

Ainda segundo a CNT (2016), o pavimento é o elemento de maior percepção por parte dos usuários que trafegam nas rodovias e um dos fatores que determinam o desempenho em suas viagens. Segundo o órgão, todo pavimento deve atender às características relacionadas à segurança, à economia e ao conforto. Problemas de aderência, condições precárias do acostamento,

irregularidades no pavimento, além de outros fatores, podem expor os condutores ao risco de colisão, elevando o número de acidentes nas rodovias brasileiras. A má qualidade do pavimento, ao afetar diretamente o conforto e a segurança, diminui também a durabilidade dos componentes veiculares, aumenta o tempo de viagem e o consumo desnecessário de combustível. Os resultados da pesquisa do ano de 2016 (CNT, 2016) revelam a qualidade do pavimento no Brasil conforme a figura 7.



Figura 7 – Qualidade do Pavimento no Brasil. Fonte: CNT 2016.

Como pode ser observado, cerca de 48% dos entrevistados classificaram a qualidade do pavimento com regular, ruim ou péssimo, demonstrado quanto o Brasil ainda tem a evoluir neste segmento.

Quanto à terminologia, os europeus tendem a utilizar o termo betume para designar o ligante obtido do petróleo, enquanto os americanos, utilizam o termo asfalto para designar o mesmo material. Nesta dissertação, os termos asfaltos, ligantes asfálticos, produtos asfálticos e CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) serão utilizados como sinônimos e se referem ao produto obtido através do refino de petróleo e possui características que permitem seu uso como matéria-prima dos revestimentos asfálticos.

4.2.

Processos de produção e cuidados especiais

O asfalto pode ser definido como uma mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural ou por destilação. O principal componente é o betume, e pode conter outros materiais, como oxigênio, nitrogênio e enxofre, em

pequenas proporções. De acordo com Bernucci et al. (2008), quase todo o asfalto em uso hoje em dia é produzido através do processamento de petróleo bruto em refinarias.

A escolha do petróleo que pode resultar em um asfalto dentro da especificação para uso em pavimentação é feita através de avaliação de resíduos de vácuo de petróleos, corriqueiramente no universo do refino chamado de RV (Leite, 1999). Um exemplo de petróleo extrapesado, adequado para a produção de asfaltos, extraído no Brasil é o do campo de Fazenda Alegre, no Espírito Santo.

O refino é o conjunto de processos de separação e/ou transformação dos constituintes do petróleo. Existem duas rotas principais para produção de asfaltos nas refinarias brasileiras, a rota RV e a rota por desasfaltação. Quando o petróleo é de base asfáltica, designado por petróleo pesado é necessário apenas um estágio de destilação a vácuo e este processo produz um ligante asfáltico de consistência adequada para a pavimentação. Para os petróleos que não são de base asfáltica, são necessários dois estágios de destilação: atmosférica e a vácuo, processo mais utilizado nas refinarias brasileiras. Quando o petróleo processado é leve ou intermediário, pode ser ainda empregada a desasfaltação por solvente, que consiste em um processo em que os asfaltenos são extraídos dos resíduos de vácuo utilizando solventes de baixa massa molar (ex. propano/butano) dos resíduos de vácuo (Leite, 1999; Shell, 2003).

A figura 8 ilustra o esquema de produção de asfaltos em dois estágios de destilação, que é o mais comum nas refinarias brasileiras, utilizado para petróleos que não são de base asfáltica.

O ligante asfáltico é produto ultra viscoso e termo sensível, e por isso requer cuidados especiais para ser armazenado e transportado. A estrutura utilizada deve ser capaz de mantê-lo aquecido entre 140°C e 177°C (Tonial, 2001). Devido a essa especificidade faz se necessários controles constantes durante todo o processo logístico para manutenção da temperatura adequada, buscando viabilizar o escoamento de um local para outro, além de evitar a perda de especificação do produto. Os ligantes asfálticos podem permanecer estocados por muito tempo, desde que a temperatura seja frequentemente controlada.

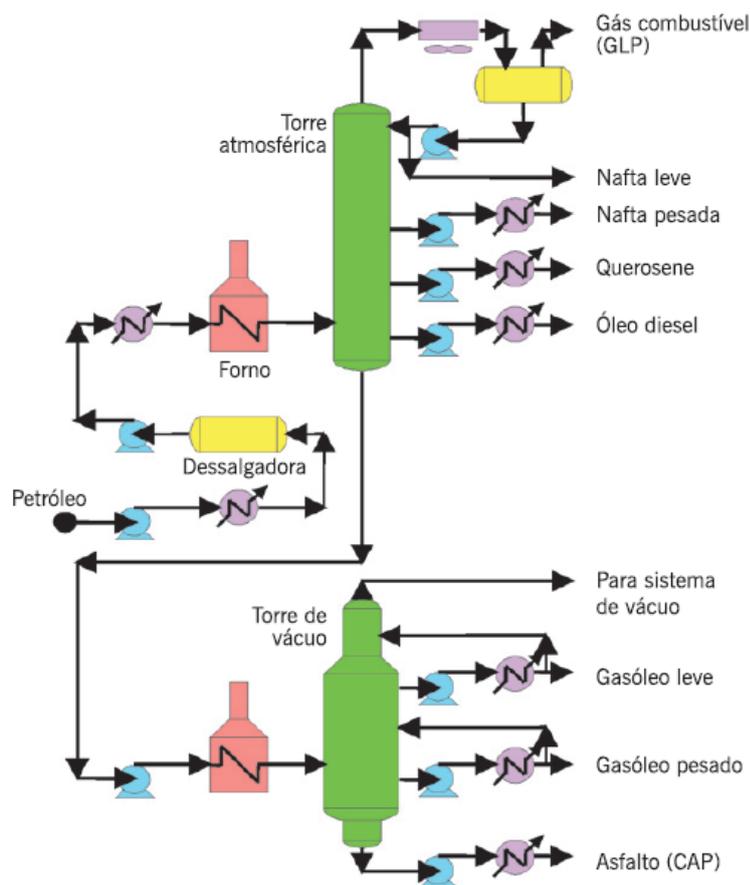


Figura 8 – Representação esquemática do processo de produção de asfaltos em dois estágios.
Fonte: Tonial e Bastos, 1995.

4.3.

Tipos de asfaltos produzidos pela Petrobras

Dentre os produtos definidos pela ANP como produtos asfálticos, a Petrobras comercializa os seguintes (ANP, 2017): cimento asfáltico CAP 30/45, cimento asfáltico CAP 50/70, e asfalto diluído CM-30. É importante destacar que a Petrobras produz e comercializa esses três produtos citados e depois os clientes que adquiriram podem modificá-los e vendê-los como outros produtos, com outras características e nomenclatura diferentes, como as emulsões asfálticas e os asfaltos modificados por polímeros. A Petrobras, neste caso, é fornecedora da matéria-prima básica, o CAP.

Cada tipo de cimento asfáltico de petróleo (CAP) tem um tipo de utilização mais específica, a depender do terreno de fundação no qual o pavimento será construído (subleito), temperatura local, tráfego previsto e velocidade média dos veículos que utilizarão a via no decorrer de sua vida útil. Essas características são

o que diferenciam as necessidades de utilização do CAP 30/45, que é um CAP mais duro, do CAP 50/70, um pouco mais macio.

O asfalto diluído de petróleo (ADP) é resultado da mistura do CAP com nafta ou outro diluente semelhante por processo simples de homogeneização. Essa diluição resulta em produtos menos viscosos que podem ser aplicados a temperaturas próximas da temperatura ambiente, e que após a evaporação de seus componentes de diluição deixa o próprio CAP no pavimento.

Neste trabalho, adotou-se como premissa o estudo do CAP, principal produto produzido e comercializado pela empresa foco, representando cerca de 98% do total de asfaltos vendidos. Neste estudo, sempre que houver referência ao termo asfalto será referente ao CAP (cimento asfáltico de petróleo).

4.4.

Cadeia de suprimentos

A cadeia de suprimentos de asfaltos possui alguns membros principais, tais como: produtor, distribuidor, transportador, construtor, fornecedores de materiais, projetistas, fiscais de obra, etc. Estes agentes configuram um grande elenco de atores com objetivo de garantir a qualidade e segurança ao longo do processo construtivo (FIESP, 2009).

A figura 9 ilustra a relação entre os membros principais dessa cadeia de suprimentos.

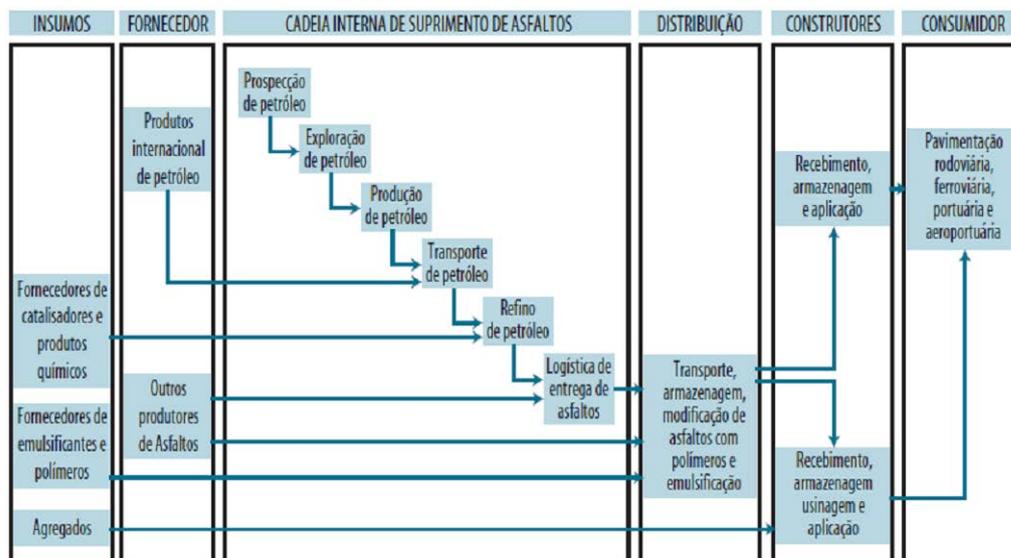


Figura 9 – Arquitetura da cadeia de suprimento de asfaltos. Fonte: FIESP, 2009.

O primeiro elo é representado pelas empresas que fornecem insumos para o processo de refino de petróleo, na etapa de distribuição de asfaltos e na própria aplicação.

Os dois elos seguintes formam o segundo grupo de agentes: fornecedor e cadeia interna de suprimento de asfaltos. No caso do Brasil, são representados basicamente por uma única empresa, a Petrobras. Como refinadora de petróleo, a Petrobras produz o ligante asfáltico.

O foco desta dissertação está no terceiro elo da cadeia, que por si só, é retratada na figura como uma cadeia interna de fornecimento de asfaltos. Os asfaltos são produzidos em 9 refinarias no Brasil, sendo duas no Sul, quatro no Sudeste, duas no Nordeste e uma no Norte, conforme exposto na figura 10.



Figura 10 – Localização das refinarias brasileiras produtoras de asfaltos. Fonte: Bernucci et al., 2008.

Ao deixar a refinaria, inicia-se a atuação do terceiro grupo de agentes: as distribuidoras, clientes diretos da Petrobras. O ligante asfáltico é obrigatoriamente transportado por distribuidoras credenciadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que homologa não só a realização do transporte dos asfaltos para as suas áreas de aplicação, como também produção de produtos modificados a partir da matéria-prima básica adquirida da Petrobras. O transporte entre as refinarias produtoras e as bases operacionais de distribuição de asfaltos ocorre através de uma frota de caminhões especiais aquecidos e com isolamento térmico, necessários para a manutenção da temperatura do asfalto durante o transporte. Por isso, as distribuidoras se localizam próximas às refinarias produtoras, e atuam prioritariamente, em obras nos estados em que estão sediadas, de forma a evitar longos trajetos para transporte do produto, que é de custo extremamente elevado. Uma outra importante característica dos distribuidores é a falta de tancagem para armazenar os asfaltos, muitas vezes eles compram o produto da Petrobras e levam direto para as obras. A proximidade com as refinarias e com os locais de realização das obras é o que caracteriza o mercado

local de cada polo de venda. Devido aos elevados custos de transporte, dificilmente em casos de impossibilidade de atendimento de uma refinaria, por exemplo, por uma parada emergencial, o cliente se deslocará até outra refinaria para buscar produto. Se for uma parada programada, informada com a devida antecedência, aí sim o distribuidor consegue repassar o custo logístico para a obra e retirar produto em outro polo de forma a garantir a continuidade da atividade de pavimentação.

Ainda nesse elo da distribuição atuam as transportadoras com autorização específica para transporte pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). As transportadoras são contratadas por construtores que compram asfaltos diretamente das refinarias ou podem ser subcontratadas pelas distribuidoras autorizadas. O grupo responsável pela execução das obras de pavimentação (públicas ou privadas), representam o quarto grupo de agentes da cadeia.

No final da cadeia de suprimentos aparecem os consumidores finais, tais quais: DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), os DER's de cada estado (Departamentos de Estradas de Rodagem), prefeituras e concessionárias.

É importante destacar a existência de aplicações de asfaltos para fins de impermeabilização industrial, todavia o principal e majoritário uso é na pavimentação rodoviária, portuária e aeroportuária. Com isso o consumidor final, quase sempre, é um órgão do governo (federal, estadual ou municipal), ou uma concessionária privada.

4.5.

Perfil de produção/demanda

A figura 11 apresenta as vendas anuais de CAP para atendimento à demanda nacional nos últimos dez anos.

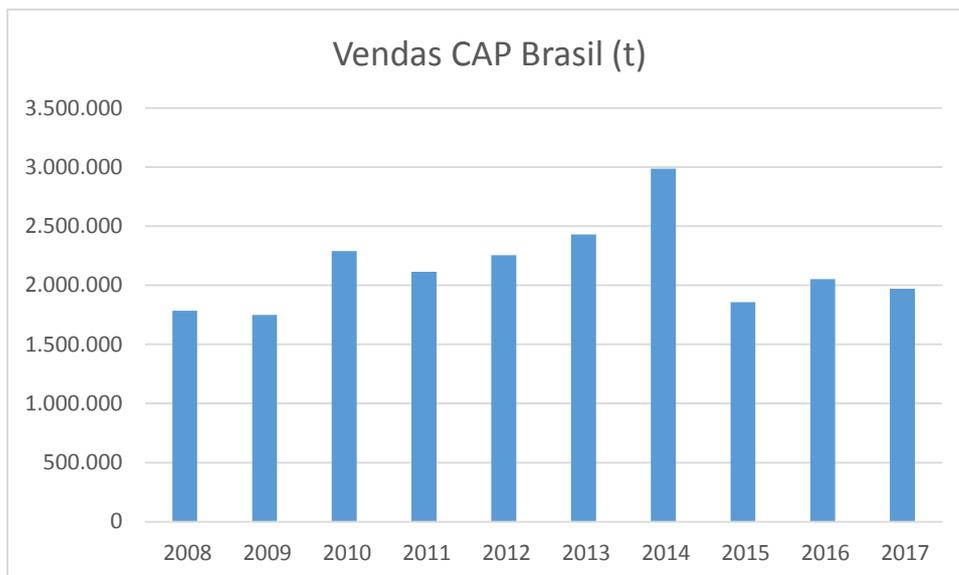


Figura 11 – Vendas anuais de CAP no Brasil, de 2008 a 2017. Fonte: ANP, 2017.

Como pode ser observado, a produção estava com forte tendência de crescimento desde 2008, ano seguinte ao lançamento do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) pelo Governo Federal. Em 2014, demonstrando todo o comprometimento em dar suporte ao desenvolvimento do país, a Petrobras atingiu um novo patamar de produção, chegando a históricos 3 milhões de toneladas, para atender ao recorde de demanda até aquele momento. A partir de então, com a chegada da crise, a demanda recuou e a produção, consequentemente também. Em 2015, por exemplo, a produção foi 40% menor do que o ano anterior. Em 2016 a demanda não recuperou a alta dos últimos anos e ficou no patamar de 2 milhões de toneladas, próximo ao que se viu no ano de 2011. É importante destacar o caráter político do asfalto. Ainda analisando o gráfico é possível observar que produção/demanda é sempre maior nos anos pares, os chamados anos eleitorais, haja vista que o consumidor final, na maioria das vezes, é o Governo (Federal, Estadual ou Municipal).

Outro fator responsável pela sazonalidade da demanda de asfaltos é o período de chuvas, devido à impossibilidade de execução das obras por parte das empreiteiras. A figura 12 mostra essa característica com as vendas mensais de CAP no Brasil, de 2014 a 2017. O pico de venda e consequente produção acontece no início do 2º semestre, nos meses de inverno, enquanto os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentam as menores demandas em função do período de chuvas.

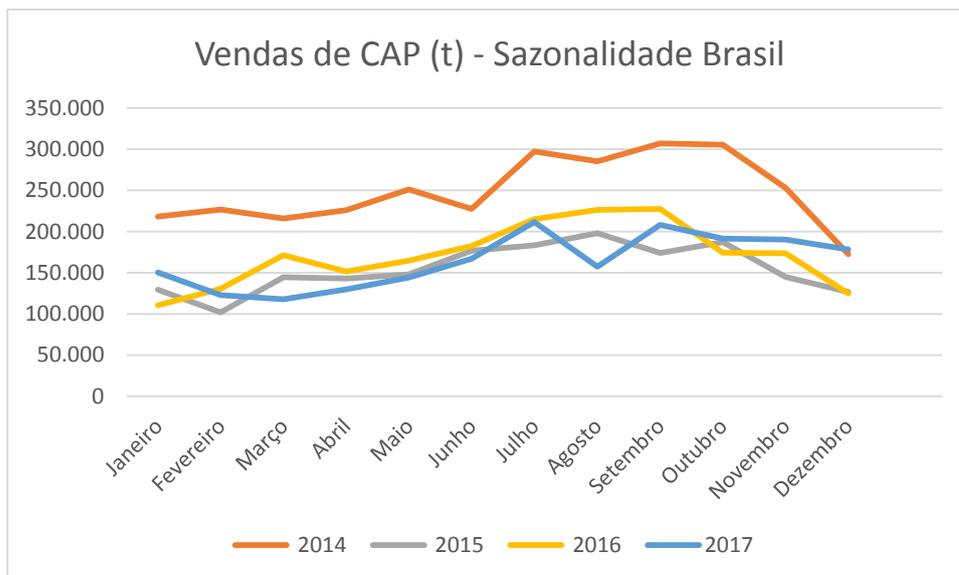


Figura 12 – Vendas mensais de CAP no Brasil, de 2013 a 2016. Fonte: ANP, 2017.

Como pode ser observado no gráfico da figura 13, uma outra característica do mercado de CAP é a concentração no Sudeste. De fato, as principais refinarias produtoras estão localizadas nessa região e por isso o faturamento das vendas ocorre predominantemente nestes polos de venda (cerca de 60%). Conforme dito no item 4.4 os distribuidores são os agentes responsáveis pela capilarização do produto para atender as obras de estados que não possuem refinarias produtoras, ou seja, nem toda as vendas realizadas nos estados do Sudeste são para atender as obras da região. No momento de fazer os pedidos os distribuidores procuram as refinarias que se encontram mais próximas da obra que irão atender de forma a diminuir os custos logísticos e também utilizam como critério de decisão o preço de venda de cada refinaria, que nem sempre são os mesmos.

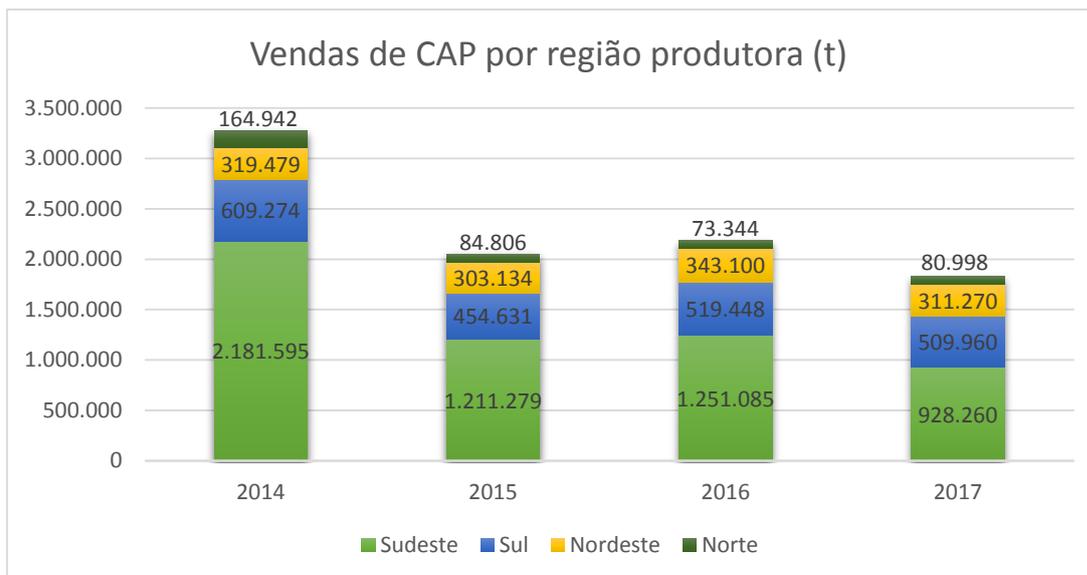


Figura 13 – Vendas anuais de CAP por região no Brasil, de 2013 a 2016. Fonte: ANP, 2017.

4.6.

Atendimento à demanda

O Parque de Refino da Petrobras tem capacidade para atender praticamente toda a demanda de CAP do Brasil e ainda em algumas refinarias há capacidade extra, para em parte do ano, exportar para países vizinhos via modal rodoviário, assim como ocorre no mercado interno. Segundo Resolução ANP nº 19 (ANP, 2005) o asfalto deve ser entregue pelas refinarias, com temperatura igual ou superior a 140°C durante o carregamento. Sendo assim, cabe-se destacar que quanto maior o tempo de armazenagem do produto, maior será o custo para manutenção da temperatura do produto.

Devido aos elevados valores de investimento para construção dessa tancagem especial aquecida e do alto custo de armazenagem do asfalto, os distribuidores possuem baixa capacidade de estocagem e recorrem aos estoques das refinarias para atender aos pedidos, uma vez que 70% do produto é entregue ao consumidor final da mesma forma como foi entregue para o distribuidor.

Apesar da boa capacidade de produção Nacional de asfaltos, especificamente a região nordeste é deficitária em boa parte do ano, nesse contexto, a Petrobras, comprometida em atender toda demanda Nacional, adotou duas estratégias diferentes para abastecer àquela região.

A primeira estratégia foi a de importação de produto para a região Nordeste. O asfalto era transportado via modal marítimo, em navios especiais, com aquecimento, de capacidade média de 5.000t.

A partir do final de 2011, visando a redução dos custos logísticos e aproveitando a capacidade excedente no Sudeste e no Norte do país, Petrobras iniciou uma operação pioneira de cabotagem de CAP do Sudeste para a região Nordeste e posteriormente do Norte para o Nordeste. Com essas operações foi possível reduzir grande parte das importações que se encerraram em 2014 e desde então o mercado interno é totalmente atendido com produção Nacional. A figura 14 apresenta o gráfico comparativo dos volumes cabotados e importados de 2010 a 2015.

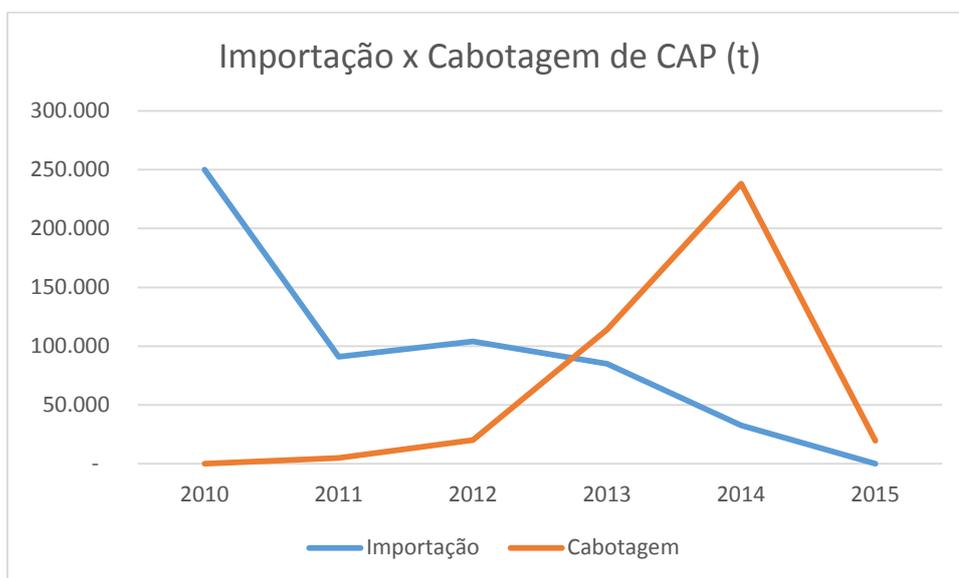


Figura 14 – Importações e Cabotagens de CAP, de 2010 a 2015. Fonte: Dados corporativos.

Como pode ser observado através da análise gráfica, as cabotagens passaram a substituir as importações desde o momento do início desta operação, tendo invertido a participação percentual no ano de 2013. Em 2014 ocorreram as últimas importações e 2015 as últimas cabotagens. A partir do referido ano, o mercado está sendo atendido diretamente com a produção local das refinarias sem a necessidade de deslocamentos. Este fato se deve a retração da demanda já citada anteriormente.

4.7.

Previsão de vendas

A previsão de vendas de asfaltos na Petrobras ocorre em ciclos de doze meses, com atualizações mensais. Dentro dos doze meses do horizonte de planejamento, a previsão é dividida em duas etapas distintas, sendo uma para o curtíssimo prazo (três primeiros meses) e a segunda para os outros nove meses seguintes (curto prazo).

A primeira etapa fica sob responsabilidade da gerência comercial de asfaltos e é baseada nos pedidos firmes dos clientes. Esta etapa é realizada com base na experiência dos colaboradores e a partir do contato direto com os próprios clientes.

A segunda etapa fica sob responsabilidade da gerência de marketing da companhia e é fundamentada em um modelo causal de regressão múltipla, que segundo Bowersox et al. (2014) é um modelo estatístico que utiliza mais de um fator de previsão, ou seja, o modelo utiliza além da demanda dependente (próprias vendas passadas) outros fatores independentes, como vendas de um produto relacionado, por exemplo. O modelo desenvolvido pela companhia leva em consideração variáveis como: vendas históricas, PIB (Produto Interno Bruto), taxa de crescimento econômico, programas de investimentos em infraestrutura, índices pluviométricos, preços de venda, dentre outras. O modelo gera a previsão Brasil anual, o que segundo Bowersox et al. (2014) é uma utilização adequada da regressão que é muito comumente empregada para previsões anuais e nacionais pela confiabilidade das previsões agregadas. A partir da previsão Brasil anual e dos dados históricos mensais de venda em cada refinaria, a gerência de Marketing faz o rateio até à chegada da previsão de cada produto em cada refinaria por mês.

Ambas as previsões são utilizadas pela área de logística da empresa para planejar o atendimento à demanda, porém a que mais impacta a gestão de estoques é a previsão de curtíssimo prazo e de certa forma, é a que tem mais assertividade mensal, visto que é baseada em pedidos firmes e tem a amarração das multas contratuais. A previsão da área de marketing é utilizada para dar suporte às decisões de curto prazo (três a doze meses), como importação de produtos, necessidade de contratação de navios para cabotagem e para

desenvolvimento de estratégias de atendimento ao mercado durante paradas programadas.

No segmento de asfaltos, os principais fatores que contribuem para aumentar o erro nas previsões de venda são os efeitos climáticos, relacionados às chuvas nos locais das obras, já que a pavimentação não ocorre nos períodos chuvosos, mesmo nos períodos de alta demanda e falta de planejamento plurianual dos órgãos do governo, que representam a maior parcela do mercado consumidor de asfalto, com isso os distribuidores muitas vezes têm que apostar se em determinados períodos sairão novas licitações, o que acaba contaminando os pedidos.

Existe um contrato de venda de asfaltos que prevê o pagamento de multa em caso de não retirado do volume pedido. Está previsto, também em contrato, a possibilidade de pedidos adicionais no decorrer do mês de vigência, porém sem a obrigatoriedade de atendimento pela produtora, que só aceitará os pedidos adicionais caso tenha disponibilidade de produto.

5

Desenvolvimento do caso

Uma vez apresentado o contexto geral dos asfaltos no Brasil, este capítulo será dedicado à apresentação do caso objeto do estudo desta dissertação, mergulhando no universo de uma das refinarias produtoras de asfaltos no Brasil. A unidade operacional escolhida está situada no estado de São Paulo e é uma das maiores produtoras de CAP do país, além disso é capaz de produzir asfalto através de duas rotas de produção diferentes, como visto anteriormente, a rota RV e a desasfaltação.

Neste capítulo serão abordados temas como capacidade de produção e entrega, tancagem, planejamento e programação de produção, análises da demanda, tempos de reposição de produção, além de outros itens relevantes para a gestão de estoques.

5.1.

Planejamento e Programação da Produção

O processo de planejamento de produção de derivados da Petrobras é realizado em um horizonte de 12 meses, sendo atualizado mensalmente. O ciclo de planejamento mensal, como é denominado na empresa, é regido por uma gerência de planejamento operacional que coordena uma série de reuniões mensais, até à chegada do resultado final para as refinarias que é o plano de produção de cada uma. Todo este processo tem o total apoio, validação e acompanhamento por parte da alta administração da empresa.

O ciclo de planejamento se inicia com a reunião de premissas, e é neste momento que entra um robusto software de otimização que recebe como dados de entradas as mais diversas premissas que uma empresa de Petróleo e Gás leva em consideração para planejar suas atividades de produção. Dentre as principais premissas de entrada podem-se destacar: restrições de produção, políticas de estoques, paradas programadas, mercado, previsão de vendas, preços dos derivados no mercado nacional e internacional, preço dos petróleos, cesta de

petróleos disponíveis (para refinar, exportar e importar), preços dos fretes marítimos, entre outras.

Com todas as premissas devidamente inseridas no modelo, o software tem uma primeira rodada oficial, indicando a maneira otimizada que cada refinaria deverá operar, respeitando as restrições impostas pelo corpo técnico no modelo e para o atendimento das previsões de vendas determinadas para cada polo de venda. Neste momento os participantes das mais diversas áreas da companhia que subsidiaram as premissas de entrada e que tem o conhecimento necessário para entender as saídas do modelo fazem uma análise crítica do que foi proposto afim de validar o cenário proposto pelo software. Nesse sentido, é realizada mais uma reunião com o corpo técnico para validação ou possíveis ajustes que eventualmente ocorrem até se chegar em um cenário o mais realista possível que irá para aprovação da alta administração em uma reunião específica para este fim. Após a aprovação dos executivos, o cenário proposto pelo modelo se transforma em um cenário oficial na companhia e baseado nele a equipe de suprimento de petróleo fará a projeção de alocação de petróleo para cada refinaria e as refinarias poderão iniciar a elaboração de seus respectivos planos de produção.

A fase de elaboração dos planos de produção é a passagem do planejamento para a programação de produção. Todo ciclo mensal possui uma reunião final, denominada reunião de programadores, onde todos os programadores de produção das refinarias se reúnem aos especialistas de logística e refino da sede e fecham os planos de produção que serão executados no mês seguinte. Os planos de produção tentam sempre se aproximar o máximo possível ao que foi indicado pelo software de otimização, porém nem sempre é possível e pequenos ajustes são necessários e são discutidos nessa reunião.

Nesse contexto, as refinarias saem dessa reunião com tudo acertado para produzir a quantidade de asfaltos prevista para o mês seguinte e já com a indicação de produção dos próximos dois meses. Existem meses em que a refinaria informa previamente que não será capaz de atender toda a previsão de vendas determinada no cenário, seja por uma parada programada ou se a demanda excede a capacidade ou por qualquer outra restrição de produção que possa surgir. Para este caso, a logística determina outra refinaria para suprir o volume não atendido. Todavia, o cliente pode aceitar ou não a oferta no polo alternativo sugerido e muitas vezes acaba não aceitando, pois, os custos logísticos de

transferência são por conta dele mesmo e como visto anteriormente, são caros, pois o asfalto é transportado em caminhões específicos com aquecimento. Por isso a importância de conseguir atender à demanda no polo que foi solicitado o pedido.

5.2.

Esquema e rotas de produção

Como anteriormente mencionado nesta dissertação, a produção de CAP pode ocorrer através de duas rotas diferentes, sendo a refinaria escolhida para o estudo uma das poucas do sistema brasileiro capaz de produzir por essas duas maneiras. A partir dessas mesmas rotas é possível produzir outro óleo ultra viscoso denominado de Óleo Combustível 7A (OC-7A) que pela semelhança na forma de produção acaba sendo um produto que compete internamente na utilização de matéria prima de produção com os asfaltos, ou seja, se o mercado dos dois produtos estiver aquecido, algum dos dois terá que ser priorizado, caso a capacidade dos dois somados seja excedida, o que acontece em raras vezes. A figura 15 apresenta o esquema de produção destes dois produtos.

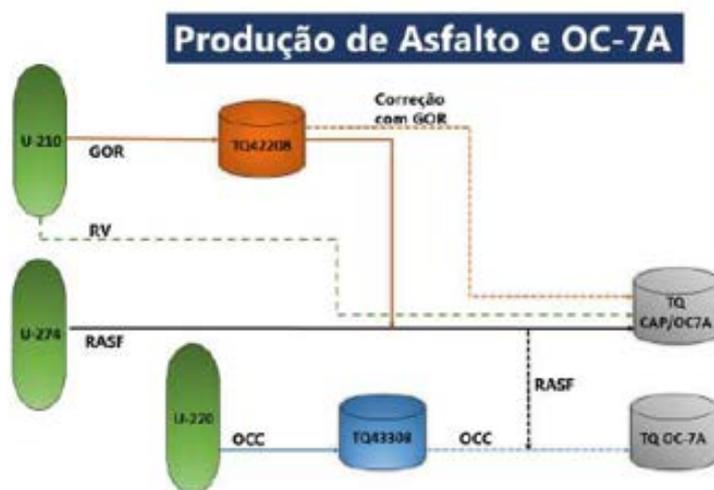


Figura 15 – Esquema de produção de óleos ultraviscosos na refinaria foco do estudo. Fonte: Dados corporativos.

A produção dos óleos ultraviscosos CAP e OC-7A utilizam como componentes o resíduo de vácuo (RV) ou o resíduo asfáltico (RASf) diluído fundamentalmente com o gasóleo de reciclo (GOR). O RV é proveniente diretamente da torre de destilação a vácuo, representada na figura pela unidade

210 (U210). Com pequenos ajustes na severidade da unidade é possível especificar CAP ainda na torre de vácuo e enviá-lo por linha para tanque (tq). Essa é a denominada Rota RV e utilizada em cerca de 80% das refinarias produtoras de asfalto no Brasil.

A segunda rota de produção representada na parte inferior da figura 15 é a Rota Desasfaltação. A unidade de desasfaltação é representada na figura pela unidade 274 (U274). Esta unidade gera o RASF que será enviado para tanque, onde será diluído com o GOR proveniente da destilação a vácuo. Nesse processo o CAP é especificado já no tanque.

5.3.

Capacidades de produção, entrega e armazenagem

Segundo os especialistas de programação de produção da refinaria, a capacidade de produção mensal de asfalto varia de acordo com a disponibilidade de tanques para armazenagem e movimentação do produto. A configuração de tancagem atual é a seguinte:

- 1 tanque recebendo produção;
- 1 tanque enviando produto para os bicos de carregamento;
- 1 tanque com produto em certificação ou potencial para armazenar;
- 1 tanque com potencial para armazenar produto.
- 1 tanque em manutenção (há rodizio entre os tanques para sair um por vez para manutenção).

Com os 4 tanques disponíveis, a capacidade de armazenagem é de cerca de 16.000t (4.000t de cada tanque) e a capacidade de produção mensal gira em torno de 40.000t nessa configuração. Ainda segundo os especialistas da programação de produção a capacidade de produção poderia chegar a até 60.000t/mês se houvesse mais um tanque para armazenar produto, porém, devido ao elevado investimento para a construção/adaptação de um novo tanque para asfaltos esta possibilidade não será considerada neste estudo.

Outro fator que pode interferir na capacidade de produção de CAP, é a carga da refinaria, ou seja, o volume de petróleo/dia que entra na unidade de destilação. É a partir dessa primeira unidade que o petróleo é processado e é a partir dela e

posteriormente de outras unidades intermediárias que são geradas as correntes que compõe o CAP, ou seja, o RV, o RASF e o GOR.

A refinaria expede asfalto 12 horas por dia, a uma vazão de 120 t/hora. Neste ritmo, tem capacidade de entregar cerca de 35.000t/mês em horário normal, considerando 24 dias de disponibilidade por mês. Em caso de picos de demanda o horário de carregamento pode ser estendido para 14 horas/dia e neste cenário a capacidade de entrega passa a ser de 41.000t/mês. Portanto o fator limitante da refinaria é a produção, pois é mais restritivo que a capacidade de expedição.

5.4.

Análise da demanda realizada

Para analisar a demanda foram considerados dados dos últimos 10 anos (2008-2017) de vendas de CAP na refinaria. Devido à sazonalidade da demanda o presente estudo propôs a decomposição do ano em trimestres e por isso também serão calculados diferentes estoques de segurança para cada um destes períodos. Dessa forma, foram observados cerca de 30 dados para cada período, expurgando dados de paradas da refinaria, quando a demanda forçosamente foi reprimida. A opção pela divisão em trimestres e não por outros períodos como bimestres ou semestres, por exemplo, foi feita pela análise dos dados realizados que mostram um comportamento típico de demanda baixa nos três primeiros meses do ano, assim como nos últimos e uma demanda crescente nos seis meses centrais, chegando aos picos entre julho e setembro. Em caráter de sensibilidade, serão apresentados dados com outras divisões para comparações.

Os dados coletados já expostos na divisão trimestral estão representados na tabela 3. Utilizando a ferramenta Microsoft Excel foram calculadas as médias e desvios-padrão das amostras conforme tabela 4.

Tabela 3 – Vendas de asfalto (t) - Sazonalidade 2008-2017.

	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
	28.122	43.081	54.894	25.882
	19.176	31.463	38.321	55.213
	32.531	37.036	45.421	36.772
	21.141	34.087	34.270	29.861
	19.728	18.993	32.043	40.876
	12.612	21.589	28.228	28.450
	36.244	38.801	29.512	19.147
	16.836	19.016	18.649	14.317
	19.343	17.719	23.180	44.061
	31.646	46.389	49.739	38.147
	19.463	34.834	42.197	31.490
	38.785	46.346	57.357	24.659
	31.413	45.076	37.825	31.009
	25.867	17.756	40.510	15.005
	20.952	26.710	42.028	14.901
	44.096	31.071	34.755	18.055
	13.237	18.961	19.820	18.041
	14.471	12.482	28.462	30.280
	35.971	38.470	54.419	26.886
	26.257	36.580	40.119	21.388
	43.294	47.087	54.260	23.145
	34.192	44.802	38.255	44.339
	31.998	24.583	35.889	24.237
	19.846	22.378	32.957	14.418
	30.260	38.090	38.757	17.223
	19.863	16.408	16.695	22.485
	21.775	21.167	32.663	21.780
	14.280	14.195	19.080	19.295
	15.789	11.831	20.251	
	18.431	16.134	24.847	

Fonte: ANP, 2017

Tabela 4 – Estatísticas das amostras de demanda de CAP por trimestres (t).

	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
Média	25.254	29.104	35.513	26.834
Desvio Padrão	9.060	11.667	11.519	10.455

Como esperado e explicado nos tópicos anteriores desta dissertação, o período de maior média de consumo é o de julho a setembro e os de menores médias são os primeiros e últimos meses do ano. A variação entre a menor média e a maior observadas é de cerca de 40%. A variação entre os desvios-padrão é

menor, porém é possível notar que à medida que a demanda aumenta ao longo do ano o desvio-padrão também aumenta.

Para efeito de sensibilidade, as tabelas 5, 6 e 7 apresentam os dados de demanda anuais, semestrais e bimestrais, respectivamente.

Tabela 5 – Estatísticas das amostras de demanda de CAP compiladas anualmente.

Média geral	29.216
Desvio Padrão	11.160

A base anual é útil para enxergar a média geral durante o ano, porém mascara a sazonalidade.

Tabela 6 – Estatísticas das amostras de demanda de CAP compiladas semestralmente (t).

	Jan-Jun	Jul-dez
Média	27.179	31.324
Desvio Padrão	10.537	11.765

Na tabela 6, destaque para o segundo semestre com maior média de consumo por conter os meses de julho a setembro que puxam a média para cima.

Tabela 7 – Estatísticas das amostras de demanda de CAP compiladas bimestralmente (t).

	Jan-Fev	mar-abr	mai-jun	jul-ago	set-out	nov-dez
Média	23.529	27.512	29.743	34.617	32.182	25.392
Desvio Padrão	8.852	8.815	11.862	11.232	12.879	9.007

Na tabela 7, é possível observar que a demanda é crescente até agosto e depois começa a decrescer com a entrada do mês de outubro na base de análise do bimestre setembro e outubro.

5.5.

Tempo entre campanhas de produção realizadas

O tempo entre campanhas representa o tempo entre seguidas reposições de produção. Seria o lead time de reposição de estoques.

Para a produção do CAP são necessárias as etapas contidas na tabela 8, com as respectivas durações estimadas.

Tabela 8 – Tempos padrão de produção de CAP (horas).

Etapa	Tempo
1. produção	23
2. aguarda circulação	14
3. circulação	8
4. Tempo morto (*)	3
5. proporção no laboratório	8
6. deslocamento de linha	3
7. correção cfe proporção	7
8. circulação p/ certificação	4
9. aguarda 2a. circulação	16
10. término da circulação	4
11. certificação	16
Total de horas	106
Total em dias	4,4

Fonte: Dados Corporativos.

Para analisar o tempo entre as campanhas de produção de CAP foram coletados dados de dois meses de 2017, com um total de 10 tanques produzidos. Nos meses em questão a refinaria possuía as mesmas premissas de capacidades de produção, entrega e armazenagem consideradas neste estudo. Neste momento é importante ressaltar que tanto o valor teórico de tempo de produção quanto o das amostras são em relação à rota de produção via desasfaltação, pois é a rota amplamente mais utilizada na refinaria analisada. Os dados estão representados na tabela 9.

Utilizando a ferramenta Microsoft Excel foram calculadas as médias e desvios-padrão das amostras, de acordo com o indicado na tabela 9. Conforme esperado os tempos não seguiram exatamente o tempo teórico, porém os tempos coletados ficaram próximos da expectativa. Estes dados serão utilizados mais à

frente para o cálculo do estoque de segurança, por isso na terceira coluna os dados já estão convertidos para mês para ficar na mesma unidade da demanda.

Tabela 9 – Tempos amostrados de produção de CAP em 2017.

Tanque	Tempo (dias)	Tempo (mês)
t1	3,8	0,13
t2	7,1	0,24
t3	4,2	0,14
t4	4,8	0,16
t5	4,9	0,16
t6	4,1	0,14
t7	4,4	0,15
t8	5,2	0,17
t9	3,7	0,12
t10	3,2	0,11
Média	4,54	0,15
Desv. Pad.	1,08	0,04

Fonte: Dados Corporativos.

5.6.

Estoque médio de CAP realizado

Para analisar o estoque médio, assim como o tempo entre campanhas, foram considerados os dados de 2015 e 2016, pois como já explicado, são anos recentes e que possuíam a mesmas premissas operacionais deste estudo. Os dados de estoque médio coletados nos sistemas da companhia estão apresentados na tabela 10.

No caso do estoque médio não faria sentido decompor os dados em trimestres, uma vez que a refinaria não possuía política de estoques definida e toda vez que havia espaço disponível em tanque novas produções entravam e o estoque tendia estar sempre perto do máximo possível da capacidade. O dado de maio de 2016 foi expurgado pois a refinaria estava em parada programada.

Com 4 tanques disponíveis, a capacidade máxima de armazenagem era de 16.000t. Sendo que um tanque ficava dedicado à expedição e um outro a receber produção. Os outros dois permaneciam com produto certificado e armazenado. Pelos dados observados, pelo menos 3 tanques, em média, sempre estavam cheios de produto.

Tabela 10 – Estoque médio de CAP em 2015 e 2016 (t).

	2015	2016
Janeiro	11.036	11.523
Fevereiro	10.403	12.303
Março	10.308	10.800
Abril	11.688	11.462
Mai	11.315	
Junho	14.151	14.669
Julho	11.116	13.062
Agosto	11.301	10.968
Setembro	13.155	12.573
Outubro	9.025	12.134
Novembro	12.760	10.518
Dezembro	13.450	10.102
Média	11.643	11.828

Fonte: Dados Corporativos.

5.7.

Cálculo do estoque de segurança utilizando dados históricos de demanda

Como visto no referencial teórico, de acordo com Ballou (2010), Wanke (2011) e Schmitd et.al (2012), existe na literatura uma fórmula (equação 6, vide 2.2) eficiente e amplamente utilizada para cálculo do estoque de segurança que utiliza como dados de entrada demanda e tempos de reposição de estoques e seus respectivos desvios-padrão, além do nível de serviço desejado.

Este estudo lançou mão dessa fórmula para calcular diferentes estoques de segurança de acordo com os trimestres do ano, como foi mostrado anteriormente. Por se tratar de um produto muito importante para o desenvolvimento da infraestrutura do logística do país, que é essencialmente rodoviária, o nível de serviço de entrega de asfaltos deve ser alto. Quando não se entrega o CAP, matéria-prima fundamental para a pavimentação, as obras são interrompidas, gerando atrasos e prejuízos para as empresas construtoras e ao país.

Foram simulados quatro cenários, um teórico e praticamente intangível com 99,99% de nível de serviço, um de 97,5%, um alvo de trabalho de 95% e um mais baixo de 92,5%.

Considerando a demanda normalmente distribuída e utilizando a tabela normal, obtém-se os Zs conforme indicado na tabela 11, para cada nível de serviço.

Tabela 11 – Z para diferentes níveis de serviço.

Cenários	99,99%	97,50%	95,00%	92,50%
Z	3,70	1,96	1,65	1,34

Fonte: Tabela normal-padrão.

Utilizando os Zs de cada cenário e os dados de demanda, tempo entre campanhas e a referida equação 6 foram obtidos os resultados representados na tabela 12, para os estoques de segurança ES.

Tabela 12 – Estoques de Segurança calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados trimestres (t).

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
99,99	13.471	17.237	17.246	15.470
97,50	7.136	9.131	9.136	8.195
95,00	6.007	7.687	7.691	6.899
92,50	4.879	6.243	6.246	5.603

Como esperado, os estoques de segurança são maiores quanto maior for o nível de serviço exigido. Como observado na tabela 12, um nível de serviço de aproximadamente 100% requer praticamente o dobro de estoque de segurança do que o nível alvo de 97,50%, por exemplo.

Neste momento é importante destacar que a refinaria não poderia operar no cenário de 99,99% e no 97,50% somente no primeiro e último trimestre do ano devido à capacidade de formação de estoque de segurança ser de no máximo 8.000t, pois na configuração atual um tanque fica ocupado recebendo produção, outro expedindo produto, restando apenas dois disponíveis para armazenagem. Somente nos períodos de demanda muito baixa, três tanques poderiam ficar com produto estocado, ou seja, quando o ritmo de entregas é mais baixo que o de produção. Todavia, justamente nesses períodos não há necessidade de se operar com estoque de segurança elevado. O cenário de 95% poderia ser cumprido durante todo o ano, com estoques em até 8.000t, assim como o cenário de 92,5%.

Como apresentado no item 5.4, para fins de sensibilidade, as tabelas 13, 14 e 15 apresentam os estoques de segurança quando os dados estão compilados anualmente, semestralmente e bimestralmente, respectivamente.

Tabela 13 – Estoques de Segurança calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados anualmente (t).

NS (%)	ES
99,99	16.530
97,50	8.757
95,00	7.372
92,50	5.987

Com o cálculo do estoque de segurança único para o ano, pelo mesmo motivo de tancagem restrita, já explicado, os únicos cenários viáveis seriam os de 95% e 92,5%, quando o limite de armazenagem não supera as 8.000t disponíveis para armazenagem.

Tabela 14 – Estoques de Segurança calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados semestralmente (t).

NS (%)	Jan-Jun	Jul-dez
99,99	15.595	17.444
97,50	8.261	9.241
95,00	6.954	7.779
92,50	5.648	6.318

Com o cálculo do estoque de segurança semestral, pelo mesmo motivo de tancagem restrita, já explicado, os únicos cenários viáveis também seriam os de 95% e 92,5%.

Tabela 15 – Estoques de Segurança calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados bimestralmente (t).

NS (%)	Jan-Fev	mar-abr	mai-jun	jul-ago	set-out	nov-dez
99,99	13.123	13.210	17.530	16.816	19.030	13.401
97,50	6.952	6.997	9.286	8.908	10.081	7.099
95,00	5.852	5.891	7.817	7.499	8.486	5.976
92,50	4.753	4.784	6.349	6.090	6.892	4.853

Já no caso de os estoques de segurança serem bimestrais, o cenário de 95% não atenderia a restrição de capacidade durante todo o ano. Nos meses de setembro e outubro o estoque de segurança excederia a capacidade de armazenagem da refinaria, restando somente o cenário de 92,5% como opção ou trabalhar com níveis de serviço diferentes durante o ano, o que não seria justificável perante ao órgão de controle (ANP) trabalhar com menor nível de serviço justamente no momento de maior demanda. Além disso, a refinaria teria que trabalhar com seis estoques de segurança diferentes ao longo do ano, o que não é muito aplicável na prática devido ao grande volume de controles e outras restrições de todos os outros produtos da unidade de produção.

5.8.

Comparativo dos estoques médios teóricos e realizados

Para que fosse possível realizar um comparativo entre os estoques médios realizados e os teóricos a partir dos cenários com estoques de segurança trimestrais, foi utilizada a equação 1, vista no item 2.1 do referencial teórico para o cálculo dos estoques médios teóricos. Para os demais cenários de testados o método de cálculo do estoque médio seria o mesmo e o resultados serão apresentados somente no item seguinte que apresenta o comparativo entre os custos.

Como definido por Silver et al. (1998), estoque em trânsito é a quantidade em percurso entre instalações ou pedidos ainda não recebidos. O presente estudo adotou estoque em trânsito como sendo o lote em produção e considerou para efeito de cálculo o mesmo que o estoque cíclico médio uma vez que produção e entrega tem ritmos semelhantes. O estoque cíclico (Q) é o tamanho do lote de produção, que no caso da refinaria em estudo é a capacidade do tanque, ou seja, 4.000t. O estoque de segurança (ES) foi calculado no tópico 5.7, sendo assim tem-se os estoques médios (E), conforme tabela 16, para cada cenário.

Tabela 16 – Estoques médios (t) calculados a partir de diferentes níveis de serviço.

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez	E/ano
99,99	17.471	21.237	21.246	19.470	19.856
97,50	11.136	13.131	13.136	12.195	12.399
95,00	10.007	11.687	11.691	10.899	11.071
92,50	8.879	10.243	10.246	9.603	9.742

Como pode ser observado, basicamente o estoque médio (E) é o estoque de segurança (ES) + 2.000t do estoque cíclico (Q/2) + 2.000t do estoque em trânsito (Q/2). O gráfico comparativo dos estoques médios realizados nos anos de 2015 e 2016 com os estoques médios calculados para os diferentes níveis de serviço considerados está apresentado na figura 16.

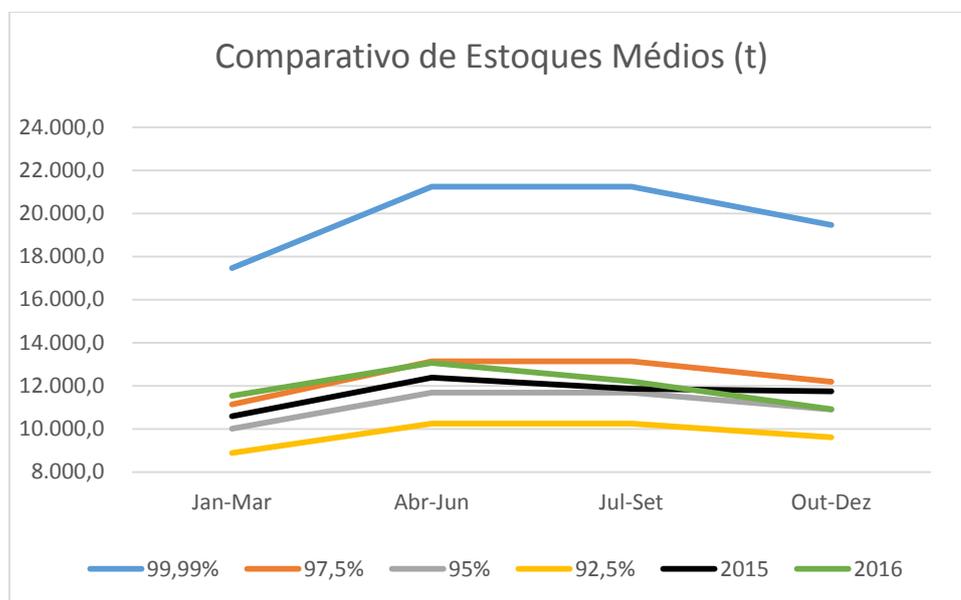


Figura 16 – Gráfico comparativo de Estoques médios realizados x teóricos calculados a partir de diferentes níveis de serviço (t).

A partir da análise gráfica é possível destacar a diferença, em termos de estoque médio, para se operar com um nível de serviço de 99,99%. O estoque médio é praticamente o dobro do que quase todos os outros cenários avaliados. Os cenários de 97,5% e 95% mostraram-se aderentes aos estoques médios que refinaria estava operando nos anos de 2015 e 2016. Já o cenário de 92,5% mostrou-se abaixo da realidade da refinaria nos mesmos anos de análise, variando em até 2.700t a menor em alguns períodos.

5.9.

Comparativo de custo financeiro dos estoques teóricos e dos estoques realizados

Dentre todos os custos de estoque apresentados no capítulo de referencial teórico, de acordo com Silver et al. (1998), o custo médio ponderado de capital (CMPC) é o mais impactante e por isso, simplificada, é o que melhor representa o custo de estoque. Nesta dissertação, foi calculado este custo para representar os custos com estoque. No caso do asfalto, outro custo que poderia ser levado em consideração é o de aquecimento dos tanques, porém na grande maioria das unidades produtoras há excedente de vapor em outros processos produtivos, e este vapor é utilizado para o aquecimento, fechando o balanço energético da refinaria sem necessidade de se alocar um custo extra com energia para este fim.

Segundo Waller & Esper (2014) o CMPC leva em consideração o retorno exigido sobre o patrimônio da empresa e o grau de endividamento, ou seja, seria como um investimento deixado de fazer para priorizar a manutenção dos estoques. Este estudo adotou a fórmula (equação 7) citada por Silver et al. (1998) no item 2.3 do referencial teórico.

Os valores do item no estoque (V) e custo de CMPC (I) da companhia em questão são fixos e são 1.000R\$/t e 9,38%, respectivamente. O preço de venda, por ser confidencial, está dividido por uma constante, porém está na mesma ordem de grandeza, não alterando significativamente o valor dos custos. O CMPC de 9,38% foi utilizado por ser a média das empresas do setor de óleo e gás (Damodaran, 2018). Os estoques médios realizados e teóricos foram calculados previamente nos tópicos anteriores deste mesmo capítulo. Dessa forma os custos anuais com estoques nos diferentes cenários com estoques de segurança trimestrais estão representados na figura 17.

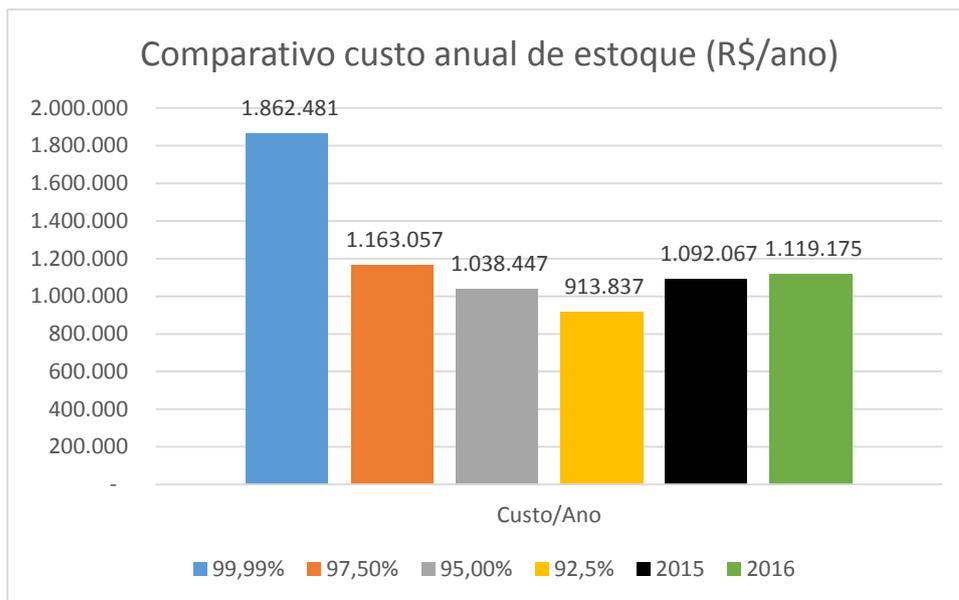


Figura 17 – Gráfico comparativo de custo anual de estoques realizados x teóricos calculados a partir de diferentes níveis de serviço com estoques de segurança trimestrais.

Como pode ser observado no gráfico da figura 17, foi comprovado o que era esperado pela teoria, ou seja, quanto maior o nível de serviço, maior o custo associado. No caso em análise, considerando que a refinaria tivesse a capacidade para armazenar a quantidade CAP indicada no cenário de 99,99% de nível de serviço, o custo anual de estoque poderia chegar a elevados 1,9 milhões de reais, ou seja, mais de 700.000R\$ do custo realizado nos anos de 2015 e 2016 (cerca de 42% a mais), e mais de 800.000R\$ em relação ao cenário alvo de 95% (cerca de 45%). Se ainda fosse considerado trabalhar com os cenários de 99,99% e 97,50% ainda teria que se levar em consideração o investimento para a construção de um novo tanque, que é bastante elevado (na ordem de 10 milhões de reais) e neste momento está fora das prioridades de investimento da empresa.

O cenário de 92,5% de nível de serviço traria uma economia de cerca de 125.000 reais/ano em relação ao cenário de 95%, porém às custas de um nível de serviço abaixo do esperado para um produto crítico para o desenvolvimento do país. Além disso, um nível de serviço baixo afeta toda a cadeia produtiva do asfalto, impactando diretamente as obras, gerando custos a terceiros que não seria possível mensurar nesta dissertação, mas que com toda certeza são mais elevados do que os 125.000 reais/ano de economia deste cenário de menor nível de serviço.

O efeito de se trabalhar com um único estoque de segurança durante o ano todo pode ser melhor traduzido nos custos. Para efeito comparativo, foram

calculados os custos utilizando estoques de segurança anuais, semestrais, trimestrais e bimestrais. A tabela 17 mostra a comparação entre os diferentes cenários.

Tabela 17 – Comparativo de custos com a divisão trimestral e outras divisões (R\$/ano).

Cenário NS %	Custo/Ano Anual	Custo/Ano Sem	Custo/Ano Trim	Custo/Ano Bimes
99,99	1.925.728	1.924.735	1.862.481	1.830.815
97,50	1.196.561	1.196.035	1.163.057	1.146.282
95,00	1.066.652	1.066.209	1.038.447	1.024.325
92,50	936.743	936.383	913.837	902.369

Como pode ser observado, em todos os cenários de bases anuais e semestrais os custos são maiores do que trabalhar nas bases trimestrais e bimestrais. A base bimestral é a que aparece com menor custo total, todavia como dito anteriormente, a refinaria não teria capacidade para trabalhar com 95% de nível de serviço durante todo o período pela limitação de tancagem e ainda teria que trabalhar com 6 estoques de segurança durante todo o ano. Concluindo, somente por se trabalhar com estoques de segurança diferentes em cada trimestre já seria possível uma economia de 3 a 4% com os custos de estoque em relação a se trabalhar com apenas um estoque de segurança durante todo o ano, portanto é este o cenário que o presente estudo indica para refinaria operar.

5.10.

Política de reposição/control de estoque

Como visto no capítulo de referencial teórico, políticas de estoque são decisões a respeito de quando fazer um pedido e de qual a quantidade será esse pedido (Q) e essas decisões determinam o estoque cíclico e o estoque de segurança. De acordo com Waller & Esper (2014) as duas principais políticas comumente utilizadas pela indústria são as de revisão periódica, quando o estoque é periodicamente checado e um pedido variável (Q) é realizado para que o estoque atinja um valor pré-determinado (S) e a revisão contínua, em que o estoque é continuamente checado e toda vez que chegar ao ponto de reposição (PR) pré-determinado um pedido (Q) é realizado. Este nível de estoque deve (PR) deve ser suficiente para cobrir a demanda durante o período de reposição e eventualmente

o estoque de segurança poderá funcionar como amortecedor para as incertezas da demanda e do próprio tempo de reposição até a chegada do novo lote.

Aplicando-se esta teoria ao contexto das refinarias de petróleo da Petrobras e conseqüentemente da refinaria objeto deste estudo, a política que deve ser utilizada é a de revisão contínua, uma vez que a companhia dispõe de um moderno sistema de controle e monitoramento de estoques. Este sistema informa hora a hora o nível dos tanques de todos os derivados armazenados em tanques, como é o caso do CAP, portanto, devido a esta facilidade de informação não há necessidade de se correr os riscos da revisão periódica, que por não controlar o estoque continuamente pode acabar deixando o estoque chegar a um nível não desejado ou ter que trabalhar com estoques de segurança maiores para cobrir esse risco adicional, o que gera maiores custos com manutenção de estoques, como visto anteriormente.

Definida a política de reposição contínua, deve-se calcular o ponto de reposição. O cálculo foi realizado com base na expressão (equação 8) citada por Silver & Rahnama (1987) no item 2.4 do referencial teórico.

Para o caso da unidade de produção foco da análise, diferentes estoques de segurança foram calculados a partir de diferentes níveis de serviço propostos, por isso diferentes pontos de reposição serão definidos para cada cenário. Além disso, devido a sazonalidade da demanda, também foi definido que os estoques de segurança seriam diferentes em cada trimestre do ano. De forma similar o PR de reposição também será definido dessa forma, utilizando os ES de cada trimestre e a demanda média de cada trimestre convertida para demanda diária para entrada na referida fórmula. Com essas premissas, os resultados estão apresentados na tabela 18.

Tabela 18 – Pontos de ressuprimento (t) calculados a partir de diferentes níveis de serviço.

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
99,99	17.292	21.641	22.621	19.531
97,50	10.958	13.535	14.510	12.256
95,00	9.829	12.091	13.065	10.960
92,50	8.700	10.647	11.620	9.663

5.11.

Acurácia das previsões

Como visto no tópico 4.7 (previsão de vendas) desta dissertação, a Petrobras possui duas fases de previsão de vendas, uma de curtíssimo prazo (3 meses) e outra de curto prazo (9 meses seguintes aos 3 primeiros), formando assim o ciclo de planejamento que é de 12 meses. No presente tópico serão analisadas ambas as previsões a partir do indicador EPAM (erro percentual absoluto médio) que como visto no capítulo 2 de referencial teórico, de acordo com Jain (2003) é um dos indicadores mais conhecidos, intuitivos e utilizados para avaliar os erros das previsões. Os EPAMs foram calculados utilizando as equações 10 e 11, vistas no item 2.5 do referencial teórico. A tabela 19, apresenta as previsões, as realizações e os percentuais de realização em cima das previsões. Os dados são referentes aos anos de 2016 e 2017, anos em que a área Comercial começou a registrar sistematicamente os desvios de previsão de asfaltos.

Tabela 19 – Comparativo de previsões e realizações de vendas de CAP (t).

Mês	P. Curtíssimo	P. Curto	Realizado	P. Curtis. x Realz.	P. Curto x Realz.
jan/16	12.000	12.000	19.343	161%	161%
fev/16	15.300	17.500	14.471	95%	83%
mar/16	19.000	19.000	21.775	115%	115%
abr/16	20.000	20.000	17.719	89%	89%
mai/16	22.000	22.000	12.482	57%	57%
jun/16	20.000	20.000	21.167	106%	106%
jul/16	23.500	23.500	23.180	99%	99%
ago/16	23.000	23.000	28.098	122%	122%
set/16	27.000	34.000	32.607	121%	96%
out/16	26.000	26.000	14.317	55%	55%
nov/16	21.500	21.500	18.001	84%	84%
dez/16	15.000	15.000	17.169	114%	114%
jan/17	15.500	15.500	14.280	92%	92%
fev/17	17.500	17.500	15.789	90%	90%
mar/17	18.000	18.000	18.313	102%	102%
abr/17	18.484	18.484	14.195	77%	77%
mai/17	21.864	15.000	11.772	54%	78%
jun/17	16.655	16.655	16.134	97%	97%
jul/17	16.020	16.020	19.080	119%	119%
ago/17	17.680	17.680	20.251	115%	115%
set/17	20.500	23.500	24.847	121%	106%
out/17	22.824	20.000	22.485	99%	112%
nov/17	24.573	24.573	21.780	89%	89%
dez/17	20.180	20.180	19.295	96%	96%
Média	19.753	19.858	19.106	97%	96%

A partir da análise da tabela 19 é possível confirmar o que foi visto em teoria, pois de acordo com Bowersox et al. (2014), quanto maior o nível de agregação maior a assertividade das previsões. Este caso se confirma pela média das previsões em relação as realizações, girando entre 96 e 97% de assertividade, enquanto mês a mês as previsões chegaram a divergir até 61% em relação à realização. Ainda analisando a tabela 5.13 é importante ressaltar a necessidade de calcular os desvios absolutos, ou seja, sem levar em consideração os sinais, para que os positivos não anulem os negativos. Como observado, os desvios mensais variam bastante tanto para mais quanto para menos, o que não indica um caso de super ou subestimativa.

Para dar continuidade ao cálculo do EPAM, foi calculado o DAM, somando-se os desvios absolutos mês a mês e posteriormente dividindo-se o resultado por 24 (número de observações). Os cálculos foram realizados com o auxílio do Microsoft Excel. O DAM do curtíssimo prazo ficou em 3.112,5t enquanto o do curto prazo foi de 3.518t. Este resultado era esperado, uma vez que a previsão de curto prazo tem como base os pedidos firmes dos clientes enquanto a previsão de longo prazo é baseada em um modelo estatístico de regressão múltipla.

Após o cálculo do DAM bastou dividi-lo pela demanda média no período para se chegar ao EPAM. O resultado do curtíssimo prazo foi de 16%, enquanto o do longo prazo ficou em 18%, resultado esperado pelo menos motivo citado acima. A partir deste momento, em posse deste resultado, as áreas responsáveis pelas previsões poderão avaliar se as novas previsões estão com erros observados dentro das estimativas históricas. Em caso negativo, é um indicativo de que um novo modelo deve ser testado.

5.12.

Cálculo do estoque de segurança incorporando erros de previsão

Como visto no capítulo de referencial teórico, existe uma maneira alternativa de calcular o estoque de segurança, utilizando os dados do EPAM para o cálculo do desvio-padrão da demanda (equação 13). Dessa forma, apesar deste estudo indicar a implementação dos cálculos a partir dos dados históricos de demanda (item 5.7) devido a maior robustez (10 anos de histórico de demanda

para o cálculo do desvio-padrão) e pelos grandes desvios notados nas previsões quando observadas mês a mês, neste item serão apresentados os resultados calculados a partir da incorporação dos erros de previsão abordados no item 5.11, para efeito de comparação, visto que é uma recomendação da Academia a utilização deste método uma vez que as previsões sejam conhecidas e confiáveis. Vale lembrar, que as previsões tendem a apresentar grandes desvios mensais em função do perfil de consumo. Muitas vezes o distribuidor faz um pedido apostando que vencerá uma licitação para uma obra e na prática não acontece, assim como o inverso também é verdadeiro, tornando as previsões pouco assertivas em um horizonte de curtíssimo prazo. É importante destacar que a única alteração entre os cálculos é o método de cálculo do desvio-padrão da demanda. Foram utilizados os dados de 2016 e 2017, mesmos anos utilizados para calcular os EPAMs no item anterior e as demandas analisadas trimestralmente (cenário indicado para implementação). Os resultados a partir dos EPAMs das áreas Comerciais e Marketing estão representados nas tabelas 20 e 21, respectivamente.

Tabela 20 – Estoques de Segurança calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados trimestres incorporando o EPAM da área Comercial (t).

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
99,99	8.015	9.237	11.271	8.516
97,50	4.246	4.893	5.971	4.511
95,00	3.574	4.119	5.026	3.798
92,50	2.903	3.345	4.082	3.084

Tabela 21 – Estoques de Segurança calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados trimestres incorporando o EPAM da área de Marketing (t).

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
99,99	8.847	10.196	12.442	9.401
97,50	4.687	5.401	6.591	4.980
95,00	3.945	4.547	5.548	4.192
92,50	3.204	3.693	4.506	3.405

Como pode ser observado em ambas as tabelas 20 e 21, os estoques de segurança são muito menores do que os calculados no item 5.7, chegando a quase 50% de diferença para menos. Nesses novos cenários analisados seria possível

operar com nível de serviço de 97,5%, pois a tancagem de 8.000t seria suficiente durante todo o ano. Este fato ocorre em função do desvio-padrão calculado a partir da equação 13 ser bastante inferior ao calculado a partir dos dados históricos de consumo. A tabela 22 apresenta os resultados dos desvios-padrão.

Tabela 22 – Desvios-padrão (t) calculados a partir da equação 13.

Desvio Padrão	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez
Comercial	5.051	5.821	7.103	5.367
Marketing	5.682	6.548	7.991	6.038

Neste ponto é importante lembrar que os desvios padrão calculados a partir da própria demanda histórica dos últimos 10 variou entre 9.000t e 11.700t nos trimestres do ano, enquanto os desvios calculados a partir da equação 13, variaram entre 5.000t a 8.000t, ou seja, cerca de 40% menores. Por isso, aplicando estes resultados à mesma equação 6 os resultados para o estoque de segurança foram muito inferiores.

Adicionalmente, foram calculados os estoques médios para estes cenários de incorporação dos erros de previsão, com cálculos realizados também utilizado a equação 1 e adotando a mesma aproximação do item 5.8 para o cálculo do estoque em trânsito. Os resultados estão apresentados nas tabelas 23 e 24.

Tabela 23 – Estoques médios calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados trimestres incorporando o EPAM da área Comercial no cálculo do estoque de segurança (t).

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez	E/ano
99,99	12.015	13.237	15.271	12.516	13.260
97,50	8.246	8.893	9.971	8.511	8.905
95,00	7.574	8.119	9.026	7.798	8.129
92,50	6.903	7.345	8.082	7.084	7.354

Tabela 24 – Estoques médios calculados a partir de diferentes níveis de serviço compilados trimestres incorporando o EPAM da área de Marketing no cálculo do estoque de segurança (t).

NS (%)	Jan-Mar	Abr-Jun	Jul-Set	Out-Dez	E/ano
99,99	12.847	14.196	16.442	13.401	14.222
97,50	8.687	9.401	10.591	8.980	9.415
95,00	7.945	8.547	9.548	8.192	8.558
92,50	7.204	7.693	8.506	7.405	7.702

O reflexo do estoque de segurança menor é conseqüentemente percebido no estoque médio. Enquanto os estoques médios realizados nos anos de 2015 e 2016 ficaram em torno de 11.800t, se fosse adotado um nível de estoque de 95% nos cenários de incorporação dos erros de previsão no cálculo do estoque de segurança, o estoque médio/ano seria na faixa de 8.100-8.500t, ou seja, haveria uma redução de aproximadamente 30%. Reflexo este que se daria nas mesmas proporções nos custos com manutenção de estoques.

6

Conclusão

Como visto durante o desenvolvimento do trabalho, o setor de transporte tem um importante papel na indução do desenvolvimento econômico do país, sendo o modal rodoviário o principal meio de transporte no Brasil. Por isso, garantir rodovias em condições adequadas e seguras torna-se essencial para impulsionar e fortalecer a produção brasileira, além de proporcionar a integração territorial, reduzir custos e elevar a competitividade dos produtos nacionais. Com este fim, estratégias de investimentos tem sido adotadas, contemplando intervenções contínuas de pavimentação, adequação e manutenção das vias.

Neste cenário, a utilização dos conceitos e técnicas de gestão de estoques se torna essencial para acompanhar a crescente demanda pelo produto e garantir o atendimento do mercado brasileiro, de forma alinhada à estratégia de investimentos prevista pelos órgãos governamentais. A pesquisa realizada na literatura mostrou que há uma escassez de trabalhos dedicados a tratar especificamente da gestão de estoque de produtos asfálticos. Deste modo, esta dissertação se propôs a fazer um estudo detalhado da realidade de produção e entrega de uma unidade produtora de asfaltos, destacando as dificuldades e incertezas nos processos, bem como uma análise nos dados históricos de estoques que a unidade praticou até esta data.

A partir dos conceitos compreendidos no capítulo de referencial teórico e da análise de todos os dados coletados foi possível realizar o propósito do estudo que era entregar um modelo de gestão de estoques de asfaltos para a empresa fundamentado nos conceitos da literatura, diferentemente do cenário atual em que a gestão apenas é feita com base na experiência dos colaboradores que atuam na área de asfaltos. A dissertação cumpriu seus objetivos, e os principais resultados foram:

- **Cálculo do estoque de segurança:** Os resultados se mostraram aderentes a realidade operacional da refinaria analisada, porém, foram apresentadas melhorias, como a divisão do estoque de segurança em trimestres, que em todos os cenários abordados se mostrou favorável em termos de custos de

estoque em relação a trabalhar com estoque de segurança único ao longo do ano, com reduções de custo em torno de 3%. Devido a relevância e criticidade do produto no cenário nacional, aliada a atual tancagem da unidade produtora, o estudo recomenda que a operação ocorra de acordo com o cenário de 95% de nível de serviço utilizando os dados históricos de demanda para o cálculo (item 5.7). Destaca-se ainda, a não utilização dos resultados obtidos no item 5.12 na prática, devido aos grandes desvios observados nas previsões de vendas mensais (tabela 19), caracterizando uma menor qualidade e confiabilidade de dados em relação a série histórica realizada nos últimos dez anos.

- **Controle de estoques:** Por já existir um sistema de controle de estoques praticamente em tempo real na empresa (atualizações de hora em hora), o tipo de revisão de estoque deve ser a contínua. Dessa forma puderam ser calculados os pontos de ressuprimentos. Como melhoria, a sugestão para a área de Tecnologia da Informação da empresa é que seja emitido um alerta ao gestor de estoques de asfaltos no momento em que o nível dos estoques atingir o ponto de ressuprimento pré-definido para o período.
- **Ponto de ressuprimento:** Foram calculados os pontos de ressuprimento para cada cenário de nível de serviço abordado. O estudo recomenda a utilização dos pontos relacionados ao nível de serviço de 95% utilizando o respectivo estoque de segurança mencionado.
- **Comparativo de custos de estoque:** Foram avaliados os custos de cada cenário de acordo com o estoque médio/ano de cada um e uma análise comparativa com os dados de realização. Os cenários de 99,99% e 97,5% de nível de serviço se mostraram incompatíveis tanto com a realidade operacional quanto com a realidade financeira da empresa, por isso não foram considerados como possíveis cenários para implementação. Já o de 95% se mostrou aderente a realidade operacional e financeira da empresa, sendo o mais indicado para operar na prática.
- **Planilha de cálculo para a companhia:** foi elaborada e entregue uma planilha de cálculos para uso exclusivo da companhia analisada para que o estoque de segurança e o ponto de ressuprimento possam ser atualizados à

medida que as variáveis de entrada sofram alterações. Antes da entrega, o trabalho foi apresentado e validado pela alta gerência da companhia.

Uma fragilidade do estudo que deve ser destacada foi na parte de coleta de dados dos tempos entre reposições de produção (Item 5.5), esta etapa contou com apenas 10 dados, pois foi tudo que se pôde obter registrado na unidade produtora. Destaca-se que companhia não costumava registrar este tipo de medição.

6.1.

Trabalhos futuros

O estudo desenvolvido, apesar de atingir o objetivo proposto, apresenta uma limitação, abrangendo somente uma refinaria produtora. Este fato, surge como oportunidade de continuidade do desenvolvimento do mesmo modelo em outras frentes. A principal seria dar sequência a este trabalho aplicando-o em outras unidades produtoras de asfaltos. Atualmente no Brasil existem 9 refinarias capazes de produzir asfalto, produto foco deste estudo. Cada uma delas terá suas peculiaridades de produção, tancagem, processo de produção, dificuldades operacionais, dentre outras, todavia o princípio da aplicação do modelo de gestão é o mesmo, portanto resultados semelhantes são esperados.

Além disso, o trabalho poderia ser estendido através de outros modelos mais complexos de controle de estoques de demandas incertas, por exemplo, via programação estocástica, utilizando programação linear para determinar a periodicidade e a quantidade dos pedidos de produção.

6.2.

Implicações práticas

Como implicações práticas, ficam como sugestões para o gestor de estoques: solicitar para a refinaria, eventualmente, dados de tempos de produção dos tanques, com o intuito de melhorar as amostras de dados para as futuras atualizações dos cálculos de estoque de segurança e pontos de ressuprimento; mensurar o nível de serviço realizado para verificar se está aderente ao teórico e por fim, solicitar apoio da área de TI da empresa para buscar uma forma rápida e visual de notificação quando o estoque chegar no nível do ponto de ressuprimento.

Referências bibliográficas

ABERDEEN GROUP, **The technology strategies for inventory management benchmark report – How to convert inventory from cost to a competitive advantage**, 2006. Disponível em www.ceoconsulting.ru/upload/files/InvMgtreport_Aberdeen.pdf?id=26. Acessado em novembro de 2017.

ANP, **Produção nacional de derivados de petróleo**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2017. Disponível em <http://www.anp.gov.br>. Acessado em fevereiro de 2018.

_____, **Resolução ANP nº 19, de 11.7.2005**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em <http://www.anp.gov.br>. Acessado em outubro de 2017.

BARBETTA, E.V. **Dimensionamento de estoque de segurança de derivados de petróleo: Metodologia e um estudo de caso**. (M.Sc.). Tese – Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

BALLOU, H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. São Paulo: Bookman, 2010.

BENBASAT, I.; GOLDSTEIN, D.K.; MEAD, M. **The case research strategy in studies of information systems**. MIS Quarterly, 1987, 11, 3, 369-386.

BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Programa Asfalto na Universidade**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008. 504p.

BONNEY, M. **Trends in inventory management**. International Journal of Production Economics, 1994, 35, 107-114

BOWERSOX, D.; CLOSS, D.; COOPER, M. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

BRASIL, **Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, vol. 1: base de dados**. Abril 2007. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro.

_____, **Projeto de reavaliação de estimativas e metas do PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes: relatório final**. Setembro 2012. Ministério dos Transportes.

BREYFOGLE, F.W. **Integrated Enterprise Excellence – Improvement Project Execution**. Austin: Bridgeway Books, 2008.

CAMPOMAR, M.C. **Do uso de estudo de caso em pesquisas para Dissertações e teses em administração.** Revista de Administração, 1991, 26, 3, 95-97.

CAMPOS NETO, C.A.S.; SOARES, R.P.; FERREIRA, I.M.; POMPERMAYER, F.M.; ROMMINGER, A.E. **Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras rodoviárias.** IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011 (Texto para Discussão, n. 1592).

CHANDRA, C.; GRABIS, J. **Inventory management with variable lead-time dependent procurement cost.** Omega, 2008, 36, 877-887

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos.** São Paulo: Pearson, 2013.

CHURCHIL, A.G.; FORD, N.M.; WALKER O.C.; JOHNSTON, M.W. & TANNER, J.F. **Sales force management.** Boston: McGraw-Hill, 2003.

CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial.** Confederação Nacional do Transporte, 2013.

DAMODARAN, A. **Cost of Capital.** Disponível em: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.htm/>. Acessado em abril de 2018.

FIESP. **Estudo da cadeia produtiva do asfalto: diagnóstico de problemas e proposições de aprimoramento.** Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Departamento da Indústria da Construção. São Paulo, 2009.

IPEA. **Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade,** 2014. Disponível em: http://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf. Acessado em Outubro de 2017.

JAIN, C.L. **Forecasting errors in the consumer products industry.** The Journal of Business Forecasting Methods and Systems, 2003, 22, 2-4.

KESKIN, G.; OMURCA, S.; AYDIN, N.; EKINCI, E. **A comparative study of production–inventory model for determining effective production quantity and safety stock.** Applied Mathematical Modelling, 2015, 39, 6359-6374

KING, L. **Crack the code: Understanding safety stock and mastering its equations.** APICS Magazine, 2011, x, 33-36.

KULKARNI, S.M.; RAJHANS, N.R. **Determination of Optimum Inventory Model for Minimizing Total Inventory Cost.** Procedia Engineering, 2013, 51, 803-809.

KUNIGAMI, F.J.; OSÓRIO, W.R. **Gestão no controle de estoque: estudo de caso em uma montadora automobilística.** Revista Gestão Industrial, 2009, 5, 4, 24-41.

LEITE, L.F.M. **Estudo de preparo e caracterização de asfaltos modificados por polímeros.** (D.Sc.). Tese – Instituto de Macromoléculas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1999.

LIDA, T. **Benefits of leadtime information and of its combination with demand forecast information.** International Journal of Production Economics, 2015, 163, 146-156

LUTZ, S.; LODDING, H.; WIENDAHL, H. **Logistics-oriented inventory analysis.** International Journal of Production Economics, 2003, 85, 217-231

MENTZER, J.; KRISHNAN, R. **The effect of the assumption of normality on inventory control/customer service.** Journal of Business Logistics, 1988, 6, 1, 101-120.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS. **Segurança no trânsito.** Disponível em: <http://www.paho.org/bra/>. Acessado em setembro de 2017.

SANTOS, A.M.; RODRIGUES, I.A. **Controle de estoque de materiais com diferentes padrões de demanda: estudo de caso em uma indústria química.** Gestão e Produção, 2006, 13, 2, 223-231.

SCHMIDT, M.; HARTMANN, W.; NYHUIS, P. **Simulation based comparison of safety-stock calculation methods.** CIRP Annals, 2012, 61, 403-406

SHELL. **The Shell bitumen handbook.** 5. ed. Cambridge, 2003.

SILVER, E.; MILTENBURG, J. **The evaluation of discounts in co-ordinated control inventory models.** Engineering Costs and Production Economics, 1984, 8, 15-25.

SILVER, E.; PYKE, D.; THOMAS, D. **Inventory and Production Management in Supply Chains.** Boca Raton: Taylor & Francis. Nova Iorque, 2017

SILVER, E.; PYKE, D.; PETERSON, R. **Inventory Management and Production and Scheduling.** Hoboken: John Wiley & Sons. Nova Iorque, 1998.

SILVER, E.; RAHNAMA, M. **Biased selection of the inventory reorder point when demand parameters are statistically estimated.** Engineering Costs and Production Economics, 1987, 12, 283-292.

TONIAL, I.A.; BASTOS, A.C.R. **Rotas de produção de asfalto.** Relatório Interno Petrobras, 1995.

WALLER, M.A.; ESPER, T.L. **Definitive Guide to Inventory Management: The Principles and Strategies for the Efficient Flow of Inventory across the Supply Chain.** Pearson FT Press. New Jersey, 2014.

WANKE, P. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimentos.** Editora Atlas. São Paulo, 2011.

YIN, R.K. **Estudo de caso – Planejamento e métodos.** Editora Bookman. Porto Alegre, 2001.