



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CLAUDIVÂNIA DE FREITAS GRIGÓRIO

**UTILIZAÇÃO DO *POSTPONEMENT*
COMO ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO: PROPOSTA DE APLICAÇÃO EM
INDÚSTRIA TÊXTIL COM DEMANDA SAZONAL**

Caruaru
2020

CLAUDIVÂNIA DE FREITAS GRIGÓRIO

**UTILIZAÇÃO DO *POSTPONEMENT*
COMO ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO: PROPOSTA DE APLICAÇÃO EM
INDÚSTRIA TÊXTIL COM DEMANDA SAZONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção.

Orientadora: Prof.^a. MSc. Cristina Pereira Medeiros

CARUARU
2020

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/- CRB/4 - 1242

G857u Grigório, Claudivânia de Freitas.

Utilização do Postponement como estratégia de produção: proposta de aplicação em indústria têxtil com demanda sazonal. / Claudivânia de Freitas Grigório. – 2020.

50 f. ; il. : 30 cm.

Orientadora: Cristina Pereira Medeiros.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2020.

Inclui Referências.

1. Estratégia de produção. 2. Simulação. 3. Indústria têxtil. I. Medeiros, Cristina Pereira (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2020-111)

CLAUDIVÂNIA DE FREITAS GRIGÓRIO

**UTILIZAÇÃO DO *POSTPONEMENT*
COMO ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO: PROPOSTA DE APLICAÇÃO EM
INDÚSTRIA TÊXTIL COM DEMANDA SAZONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 01/12/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. MSc Cristina Pereira Medeiros (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Leão e Silva Filho
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico a minha mãe, por seu amor incondicional, incentivo e apoio. Por sempre me incentivar e lutar junto comigo. As minhas conquistas são nossas. Que eu seja sempre motivo de orgulho para a senhora.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecer a Deus, por ter me permitido finalizar mais uma etapa da minha vida. Por ter me concedido saúde e disposição nos melhores e mais difíceis momentos durante o período integralização do curso.

Gostaria de agradecer a minha mãe, meu irmão, tios e primas por serem minha fonte de apoio e por me fazerem acreditar que eu poderia enfrentar e vencer quaisquer obstáculos.

A todos os professores do curso de Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste, por partilhar ensinamentos sobre o curso. Gostaria de agradecer de modo especial a minha orientadora, a professora Cristina Medeiros, por sua orientação, ensinamentos e paciência durante o curso e elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos, Ana Maria, Fernanda, Lucas, João Paulo, Maria Eduarda, Sandherlhius, Vinícius Silva e Vinícius Vilela, por tornarem a caminhada mais leve e alegre.

Agradecer a todos os funcionários que fazem parte do Centro Acadêmico do Agreste, por todo apoio e por concederem um ambiente propício para a conclusão do meu curso de graduação.

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a elaboração deste trabalho e conclusão do meu curso.

RESUMO

A estratégia de produção conhecida como *postponement* trata-se de uma alternativa ao padrão conhecido como “produção em massa”. Onde o princípio básico da estratégia é adiar as etapas de personalização e localização dos produtos até que a demanda se torne conhecida. Este trabalho aborda as principais contribuições sobre o tema, suas classificações, os fatores que favorecem a implementação do *postponement* como estratégia de produção e os obstáculos que podem inibir ou dificultar o sucesso da estratégia. Um dos principais segmentos onde o *postponement* ganha espaço são as indústrias têxteis, devido aos grandes erros associados a previsão de demanda, ciclo de vida do produto curto, perda de vendas e presença de itens obsoletos em estoque ao final do ciclo. Para exemplificar os possíveis resultados e benefícios, simulou-se cenários de uma empresa têxtil fictícia, que em sua estratégia original não atende adequadamente a demanda, perde vendas e estoca itens obsoletos. A partir dos resultados obtidos com a simulação é possível estabelecer um comparativo dos ganhos de sua implementação, por meio de tabelas e gráficos que sintetizam tais comparações.

Palavras-chave: *Postponement*. Estratégia de produção. Simulação. Indústria Têxtil.

ABSTRACT

The production strategy known as postponement is an alternative to the standard known as "mass production". Where the basic principle of the strategy is to postpone the steps of personalization and localization of products until the demand becomes known. This work addresses the main contributions on the theme, their classifications, the factors that favor the implementation of postponement as a production strategy and the obstacles that can inhibit or hinder the success of the strategy. One of the main segments where postponement gains ground is the textile industry, due to the large errors associated with forecasting demand, short product life cycle, loss of sales and presence of obsolete items in stock at the end of the cycle. To exemplify the possible results and benefits, scenarios were simulated for a fictitious textile company, which in its original strategy does not adequately meet demand, loses sales and stocks obsolete items. From the results obtained with the simulation, it is possible to establish a comparison of the gains of its implementation, through tables and graphs that synthesize such comparisons.

Keywords: Postponement. Production strategy. Simulation. Textile industry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Presença do <i>Postponement</i> nas empresas brasileiras	15
Figura 2 - Etapas do desenvolvimento do trabalho	26
Figura 3 - MATRIZ BCG – posicionamento do Produto X	28
Figura 4 - Demanda do Produto X.....	29
Figura 5 - Plano de Gerenciamento do Produto X.....	38
Figura 6 - Aumento da demanda sem <i>postponement</i>	42
Figura 7 – Aumento produção e demanda com <i>postponement</i>	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histórico de contribuições sobre a estratégia de <i>Postponement</i>	15
Tabela 2 - Tipos do <i>postponement</i>	16
Tabela 3 - Barreiras à utilização do <i>postponement</i>	18
Tabela 4 - Utilização do <i>postponement</i> na indústria têxtil	20
Tabela 5 - Características do processo produtivo do Produto X	30
Tabela 6 - Parâmetros do Estoque de Segurança do Produto X	30
Tabela 7 - Cenário original de gerenciamento do Produto X.....	36
Tabela 8 - Solução da Programação Linear do Produto X	37
Tabela 9 - Comportamento das células variáveis na análise de sensibilidade	39
Tabela 10 - Comportamento das restrições na análise de sensibilidade do Produto X ...	40
Tabela 11 - Resultados dos cenários propostos	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivo geral.....	13
1.2	Objetivos específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1	Postponement	14
2.1.1	Classificação do <i>postponement</i>	16
2.1.2	Fatores que propiciam a utilização do <i>postponement</i>	17
2.1.3	Obstáculos à implementação do <i>postponement</i>	18
2.2	O postponement e a indústria têxtil	18
2.3	Previsão de demanda	20
2.3.1	Classificação dos métodos de previsão de demanda.	21
2.3.2	Modelos Holt–Winters.....	21
2.3.2.1	Método de decomposição aditiva	22
2.4	Estoque de Segurança.....	22
2.5	Programação Linear.....	23
2.5.1	Análise de Sensibilidade.....	23
3	METODOLOGIA.....	25
4	DESCRIÇÃO DO MODELO	27
4.1	Caracterização do Produto X	27
4.2	Previsão de Demanda do Produto X	29
4.3	Definição do Estoque de Segurança	30
4.4	Modelo Matemático de Programação Linear	31
4.4.1	Função Objetivo e variáveis de decisão.....	31
4.4.2	Restrições da PL	32
4.4.2.1	Restrições relacionadas à produção	32
4.4.2.2	Restrições de Saldo	33
5	APLICAÇÃO NUMÉRICA.....	35
5.1	Cenário original	35
5.2	Análise de cenários com demanda original	36
5.2.1	Cenário de demanda prevista sem <i>postponement</i>	37
5.2.1.1	Análise de Sensibilidade	38
5.2.2	Cenário de demanda prevista aliada a estratégia <i>postponement</i>	41
5.3	Análise de cenários com aumento da demanda	41
5.3.1	Cenário com aumento da demanda sem utilização do <i>postponement</i>	41

5.3.2	Cenário com aumento da demanda com <i>postponement</i>	42
5.4	Comparação dos cenários	44
6	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Ao definir *postponement*, Alderson (1950) propôs uma estratégia de produção onde a forma, a identidade ou a localização dos produtos são adiados até que a demanda se torne conhecida. Ao adiar estas etapas, deseja-se evitar que obsolescência dos produtos e tornar mais rápido o tempo de resposta as necessidades dos consumidores.

Esta estratégia trata-se de uma alternativa ao padrão conhecido como “produção em massa”. Além disso, é comumente utilizada por cadeias produtivas baseadas em previsões de demanda.

Segundo Ballou (2004), as etapas finais do fluxo produtivo, que diferenciam o produto e sua localização devem ser adiados até o momento em que a demanda se torne conhecida. Desta forma, ao utilizar tal estratégia, adquire-se maior flexibilidade, os custos totais são minimizados, aumenta a disponibilidade do produto, entre outras vantagens.

Para Droge *et al* (1995), o ambiente produtivo onde a demanda é considerada volátil está mais adequada a implementação do *postponement*. Tal padrão de demanda é conhecido por apresentar, na maior parte dos casos, uma alta variabilidade de produtos, o que acarreta um grande risco a obsolescência de inventários.

Além disso, a implementação da estratégia de postergação é então indicada para setores industriais onde a demanda apresenta instabilidade, o ciclo de vida do produto é curto, com elevado número de marcas e versões, variações de tamanho e embalagens, além de materiais ubíquos. (Csillag e Sampaio, 2003)

Este trabalho apresentará os principais conceitos sobre o *postponement*, classificações, fatores que favorecem sua implementação e obstáculos que podem dificultar ou inibir o sucesso da instalação do *postponement*, como estratégia de produção.

Mediante conhecimentos prévios sobre o funcionamento das indústrias têxteis e a fim simular e quantificar os ganhos provenientes da utilização do *postponement*, criou-se um cenário fictício propício à implementação desta estratégia. Trata-se de uma indústria têxtil, identificada como Empresa Y, que produz o Produto X.

As suposições feitas correspondem a um produto classificado como vaca leiteira, e a empresa está inserida em um ambiente de mercado altamente competitivo, com erros associados a previsão de demanda, produção empurrada, perdas por falta de itens disponíveis para demanda e estocagem de itens obsoletos.

O produto X faz parte do vestiário feminino, apresenta uma demanda sazonal, havendo um pico de sazonalidade a cada semestre do ano. Apesar dos picos de

sazonalidade, há demanda durante todos os meses do ano. Entretanto, por serem itens do vestuário feminino, a coloração do produto sofre influência das tendências de moda. Como a moda muda a cada estação, consequentemente as cores mais procuradas mudam e com isso, muitas vendas são perdidas. Além disso, a produção do Produto X compete com a fabricação de outros itens produzidos pela Empresa Y.

Em busca de fundamentar a simulação, será realizada a previsão de demanda do Produto X para o ano de 2021. Baseado nesta previsão e em limitações inerentes ao processo produtivo da indústria têxtil, um modelo de programação linear será estruturado e por meio dele, serão definidas a quantidade de itens a serem produzidos e a parcela destes itens em saldo de estoque ao fim do ano analisado. E então serão quantificados e comparados os ganhos obtidos, ao utilizar a estratégia de *postponement* para atender de modo mais eficaz a demanda.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos da implementação do *postponement* como estratégia de produção em um ambiente simulado, onde o produto avaliado será o Produto X da Empresa Y, a fim de melhorar a adequação de vendas durante períodos sazonais. A proposta busca melhorar o atendimento da demanda, minimizar os estoques e reduzir o lead time do processo. O Produto X é caracterizado por peças de vestuário feminino e que possuem demanda anual.

1.2 Objetivos específicos

Para atingimento do objetivo já especificado, os seguintes objetivos serão buscados:

- Revisão bibliográfica pertinente como meio para subsidiar a estratégia de produção proposta.
- Compreensão da problemática, criar uma proposta que melhore o atendimento da demanda do Produto X.
- Identificação dos parâmetros de estudo.
- Proposição do modelo matemático atrelado a estratégia de produção *Postponement*.
- Mensuração dos resultados e estimativa de ganhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção serão apresentadas as pesquisas bibliográficas realizadas para proporcionar maior proximidade e conhecimento em relação ao tema estudado. A princípio explicitou-se sobre a estratégia de produção conhecida como *postponement*, sua origem e classificações.

Além disso, apresentam-se alguns conceitos da engenharia de produção utilizados para subsidiar a implementação do *postponement* como solução do problema de atendimento da demanda do Produto X da Empresa Y.

2.1 Postponement

O princípio básico do *postponement* é tornar possível a realização das etapas personalização ou localização dos produtos, dentro dos processos de manufatura ou distribuição, a partir do momento em que as preferências dos consumidores se tornem conhecida.

Com o crescente surgimento de novas organizações e consequentemente, elevada competitividade entre elas, associada a popularização de novas tecnologias e personalização em massa para adequar-se as exigências do mercado consumidor, as empresas tem cada vez mais adotado o *postponement* como estratégia de produção.

A partir dos principais conceitos disponíveis na literatura sobre o *postponement*, apresentadas na Tabela 1, nota-se que diferentes contribuições vêm sendo atribuídas ao conceito da estratégia de postergação, desde a década de 80. A princípio, a estratégia baseia-se em postergar a personalização do produto ou sua localização até que as preferências reais do consumidor sejam conhecidas. No entanto, a adoção da estratégia dependerá tanto do produto quanto do tipo de indústria ao qual se destina. (Sampaio, 2003)

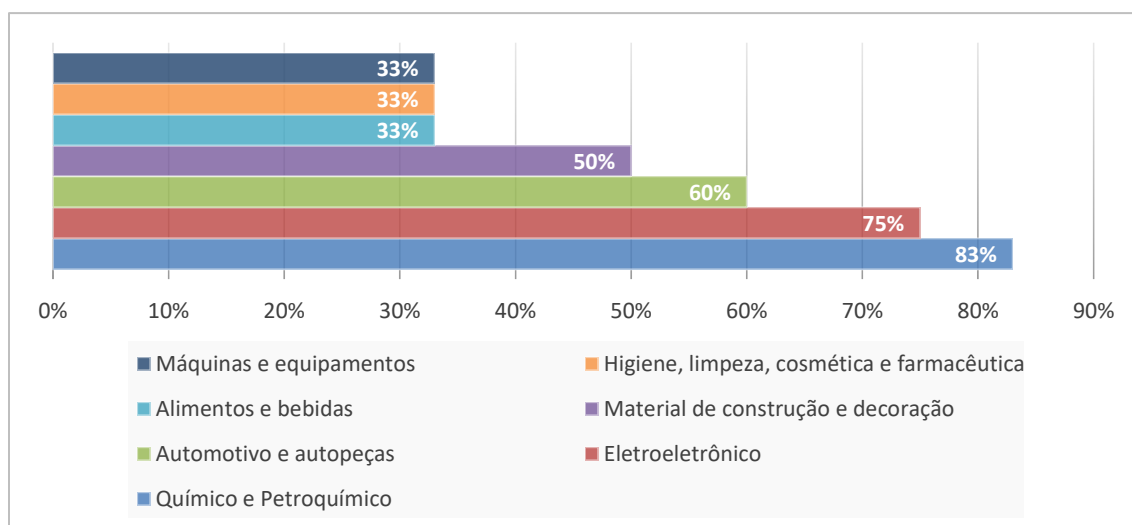
Tabela 1 - Histórico de contribuições sobre a estratégia de *Postponement*

Autor(es)	Contribuições
Zinn e Bowersox (1988)	Classificação dos tipos de Postponement em 5 tipos
Bowersox e Closs (1996)	Classificação dos tipos de Postponement em 2 tipos, manufatura e logístico
Christopher (1992)	Processos adiados e localização geográfica
Cooper (1993)	Adiamento das atividades, posicionamento na cadeia de suprimentos e localização geográfica
Van Hoek (1998)	Posicionamento na cadeia de suprimentos e intensidade do postponement
Lee e Whang (2001)	Coordenação dos fluxos de componentes (Merge-in-Transit), Floating Warehouse e Rolling Warehouse

Fonte: Adaptado de Sampaio (2003)

No atual cenário de alta competitividade em que as empresas se encontram, a otimização do fluxo de produtos, processos e informações se faz cada vez mais presente e necessária. A busca por processos mais eficientes e eficazes, que minimizem os estoques e garantam o padrão de serviço ao cliente é uma premissa constante em qualquer organização que deseje manter-se competitiva no mercado.

Uma pesquisa realizada pelo instituto ILOS (2015) com empresas brasileiras identificou os segmentos que utilizam a estratégia de postergação, o resultado desta pesquisa é mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Presença do *Postponement* nas empresas brasileiras

Fonte: Adaptado de Panorama ILOS – Planejamento no Supply Chain 2015

Diante deste panorama, as empresas passaram a utilizar o *postponement* em busca de melhor adequação as necessidades de seus clientes, sem que para atingir este objetivo os custos de produção, estocagem de produtos e transporte tornem-se inviáveis.

2.1.1 Classificação do *postponement*

Sampaio (2003) afirma que a adoção da estratégia de postergação, propicia um eficaz aprimoramento dos sistemas de marketing e distribuição toda vez que a quantidade de erros contidos na previsão de demanda seja elevada. (*apud* Zinn; Bowersox, 1988)

A Tabela 2 explica as cinco classificações e apresenta situações em que podem ser utilizadas.

Tabela 2 - Tipos do *postponement*

Classificação	Utilização
De etiquetagem	Indicada quando o mesmo produto é comercializado por mais de uma marca. A mercadoria é estocada sem nenhuma identificação, rótulo ou etiqueta. Sendo apenas inserida após o pedido do cliente, que especifica com qual marca deseja comercializar os itens.
De embalagem	Sugerida quando as mercadorias são comercializadas em diferentes tamanhos, produtos transportados a granel, são exemplos que podem utilizar este tipo de <i>postponement</i> .
De montagem	Caso onde as etapas de montagem e embalagem são adiadas até que a demanda seja conhecida. Indicada quando os produtos possuam configurações semelhantes, possibilitando melhor adequação as exigências do cliente.
De fabricação	Indicado quando o processo de manufatura do produto possa ser encerrado após o pedido ser efetuado. Possibilitando economias de custos de transporte e com armazenamento de materiais ubíquos.
De tempo	Utiliza-se estoques centralizados, onde os produtos são deslocados para o mercado consumidor apenas quando a demanda se tornar conhecida.

Fonte: Adaptado de Sampaio (2003)

Para Bowersox e Closs (1996, p. 472) o *postponement* pode ser classificado em apenas dois tipos:

De manufatura: também conhecido como *postponement* de forma, tem como propósito, preservar os produtos em estado neutro ao máximo dentro da cadeia de fornecimento. É geralmente encontrado em fabricantes do ramo de: tintas, petroquímica, automobilística, eletrodomésticos, motociclismo, entre outros.

De logística: opõe-se ao conceito de *postponement* de forma pois, fundamenta-se em manter toda a linha de produtos, já diferenciada e centralizada. Nesta estratégia, o deslocamento dos estoques é prorrogado até o momento em que os pedidos dos clientes são recebidos. De modo que, os produtos são transportados assim que a demanda acontece, sendo estes diretamente direcionados ao varejo ou ao consumidor, por meio de transportes rápidos e confiáveis.

O tipo de *postponement* aplicado neste trabalho é classificado por Zinn e Bowersox (1988) como *postponement* de forma, já por Bowersox e Closs (1996) como *postponement* de manufatura, pois a etapa a ser adiada modifica as características físicas do Produto X. O processo onde o *postponement* será implementado é a etapa de tinturaria das peças, onde os produtos serão armazenados na sua cor básica e diferenciados conforme demanda.

2.1.2 Fatores que propiciam a utilização do *postponement*

Segundo Cunha (2002), as características que facilitam a implementação da estratégia de postergação consistem no ambiente turbulento promovido pela grande quantidade de empresas presentes no mercado, clientes que buscam uma alta variedade de produtos e serviços e um preço coerente com as características do produto ou do serviço que está sendo ofertado.

Para Van Hoek *apud* (1998), além da necessidade de flexibilização da produção, a utilização do *postponement* deve melhorar a eficiência global da empresa e consequentemente o tempo de resposta as mudanças da demanda. O aperfeiçoamento da eficiência global por meio da realização de atividades ou etapas de produção à montante da cadeia de suprimentos, possibilitam um melhor e menor tempo de resposta aliados a descentralização de atividades de fabricação a jusante da cadeia de suprimentos.

Graças a implementação da estratégia de postergação da produção, as organizações conseguem um melhor atendimento das expectativas de seus clientes,

mesmo que existam mudanças de demanda, além de menores tempos de resposta e economias de estoques. (*apud* Van Hoek, 2001)

2.1.3 Obstáculos à implementação do *postponement*

A utilização do *postponement* não é indicado para qualquer tipo de organização. Conforme Csillag & Sampaio (2003), a implementação desta estratégia trata-se de um processo complexo, tanto no âmbito gerencial quanto no quesito fabricação dos itens, além disso, é necessário que a comunicação seja efetiva e clara em todos os elos da cadeia de suprimentos.

Algumas barreiras que impossibilitam a utilização ou o sucesso da implementação do *postponement* pelas empresas são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Barreiras à utilização do *postponement*

Autores	Obstáculos identificados
Christopher e Towill (2000)	Previsão de demanda imprecisa
Bowersox e Closs (1996)	Foco nos Resultados de Curto Prazo
	Estrutura Hierárquica
	Falta de habilidade para gestão da Cooperação
Zinn (1990)	Ausência de habilidade para gestão da cooperação
	Complexidade de Análise dos Custos Totais
Fonte: Adaptado de Sampaio (2003)	

2.2 O *postponement* e a indústria têxtil

Segundo Ferreira e Alcântara (2013), os setores que mais utilizam o *postponement* são as indústrias automobilística e têxtil, ambas o aplicam a estratégia de adiamento no decorrer de toda sua cadeia produtiva.

Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil (2019), no ano de 2019, o país possuía 25,2 mil empresas do setor têxtil. Diante deste cenário, a concorrência em que as indústrias têxteis estão sujeitas produzem uma alta competitividade entre elas.

Além disso, o segmento têxtil está sujeito as mudanças inerentes as tendências de moda nacional e internacional. De modo que, para manter-se competitivas no mercado,

as empresas necessitam de flexibilidade operacional para atender as necessidades dos clientes, assim como variedade de cores e tamanhos e agilidade para atendimento da demanda. (Nunes, 2001)

Segundo Dornier (2000), a alta competitividade entre as empresas incentiva a busca por fatores que estimulem a demanda dos produtos, seja por meio da personalização, menor tempo de resposta, preço mais justo, tecnologia ou inovação.

Assim, como o objetivo da utilização da estratégia de *postponement* baseia-se no adiamento da personalização dos produtos ou sua localização até que a demanda seja conhecida, e utilizá-la nas indústrias têxteis propicia resultados satisfatórios, ao minimizar os estoques, mitigar o problema de vendas perdidas e melhorar o nível de satisfação dos clientes, devido a maior possibilidade de personalização dos produtos. (Cunha, 2002)

Ainda segundo o autor, o setor têxtil propicia a implementação da estratégia de postergação de produtos devido à grande competitividade entre as diversas empresas, a alta volatilidade do mercado, o curto ciclo de vida dos produtos e a baixa previsibilidade das vendas.

Segundo Mendes (2010), o ambiente produtivo das indústrias têxteis permite a implementação do *postponement* em diversas atividades, desde a obtenção do fio e dos tecidos, o processo de tinturaria e os processos de lavagem e montagem de peças. Além destes, os processos de estamparia, etiquetagem e inserção de aviamentos também podem ser adiados até que as preferências dos clientes ou especificações dos itens sejam conhecidas.

Os processos de produção das indústrias têxteis, em geral modificam as características físicas das peças. De modo que, a Tabela 4 descreve como as etapas produtivas podem utilizar o *postponement* e qual tipo melhor se adequa a cada uma das atividades.

Tabela 4 - Utilização do *postponement* na indústria têxtil

Etapa	Tipo de <i>postponement</i>	Aplicação
Fiação	Manufatura (forma)	Nesta etapa o fio é diferenciado de acordo com a finalização ao qual se destina.
Tecelagem e malharia	Manufatura (forma)	Assim como o fio, possuem grandes variedades de entrelaçamentos e ligamentos dos fios.
Beneficiamento e tingimento	Manufatura (forma) e logístico	Uma grande gama de processos destas etapas agrega valor as peças, permitindo adequar-se as tendências da moda e exigências dos clientes.
Estamparia	Manufatura (forma) e logístico	Escolha de padronagem, do tipo de estampa, pigmentos e corantes
Embalagens, rótulos e aviamentos	Etiquetagem, embalagem e logístico	Escolha dos aviamentos que compõe as peças e das etiquetas que identificam a marca. Postergar essa etapa evita a obsolescência do produto, já que é a etapa mais próxima do mercado consumidor.
Lavanderia	Manufatura (forma)	Podem ser adiados os processos de desgaste, estonagem e alvejamento. Comumente utilizado no setor de <i>jeanswear</i>

Fonte: Adaptado de Mendes (2010)

2.3 Previsão de demanda

Para Gaither e Frazier (2001) o conceito de previsão de demanda pode ser definido como um processo que busca estimar o comportamento futuro de busca por parte dos clientes de um produto ou serviço. Um modelo que consiga prever da melhor forma tais estimativas contribui significativamente para que a organização não possua custos desnecessários.

Segundo Makridakis *et al.* (1998), a justificativa para realizar previsões de demanda, é que estas auxiliam no processo de planejamento de necessidades para uma organização, ou seja, o processo de planejamento da produção passa a ser realizado com base em projeções de demanda futuras. De modo que, quanto maior a acuracidade do processo, mais eficiente o planejamento de necessidades. necessidade de elaborar previsões de demanda se justifica por esta auxiliar a atividade de definição dos recursos fundamentais para a organização.

Deste modo, os processos de previsões de demanda tornam-se primordiais nos processos de operacionalização nos diversos aspectos referentes ao gerenciamento da produção.

Conforme Goodwin e Wright (1993), dentre as informações avaliadas durante o processo de previsão de demanda, tem-se que as mais importantes estão relacionadas a: séries temporais e o que essas séries representam (compras, vendas e custos), além da informação empresarial como, por exemplo, detalhes sobre o mercado, informações financeiras da empresa, entre outras.

A primeira etapa para realizar uma previsão de demanda é traçar o gráfico, a fim de se obter uma inspeção visual sobre dos dados. De modo que, caso os dados analisados sejam dados históricos pode-se então, identificar a presença de tendência, padrões e sazonalidade. Tal análise propicia uma melhor escolha acerca do método quantitativo mais adequado a ser utilizado.

2.3.1 Classificação dos métodos de previsão de demanda.

As previsões de demanda são elaboradas por meio de métodos quantitativos, qualitativos ou uma combinação de ambos os métodos. Sobre os métodos quantitativos, estes trabalham com uma grande quantidade de dados, não são tendenciosos e não são influenciados por pressões sociais para a obtenção de consenso. Já os qualitativos, além de serem flexíveis para adaptarem-se as mudanças, podem identificar novas variáveis e eventos especiais e deste modo antecipá-los.

Neste trabalho o horizonte de previsão utilizado é de 12 meses, a previsão de demanda resultará na expectativa de vendas esperada para todo o ano de 2021. Devido à sazonalidade e tendência presente nos dados, será utilizado o Modelo Sazonal Aditivo de Holt-Winters.

2.3.2 Modelos Holt-Winters

Na metodologia de Holt-Winters utilizam-se dois tipos de decomposição, a aditiva e a multiplicativa. A utilização da decomposição aditiva é indicada quando a série de dados históricos apresenta variações aproximadamente constantes. Já a decomposição multiplicativa deve ser utilizada quando as variações nos valores dos dados históricos forem proporcionais ao nível da série de dados. Para fins deste trabalho, será utilizada a decomposição aditiva para a realização da previsão de demanda.

2.3.2.1 Método de decomposição aditiva

A aplicação do método de decomposição além de gerar previsões, ajuda na escolha o modelo de previsão a ser utilizado. Através da decomposição é possível verificar as componentes de tendência e de sazonalidade separadamente da série de dados.

Um bom modelo de previsão deve considerar uma tendência linear e uma variação sazonal constante no tempo, ou seja, uma componente sazonal aditiva. Assim, o modelo exponencial Holt Winters Aditivo é um modelo adequado para tal finalidade.

Os parâmetros utilizados para desenvolvimento da previsão foram: sazonalidade de 12 meses, o intervalo de confiança utilizado foi de 99%. Além disto, utilizou-se também a interpolação dos dados a fim de preencher os pontos ausentes e agregar as duplicatas utilizando soma. Os critérios utilizados foram escolhidos conforme a aderência aos dados aleatórios criados com o auxílio do MS-Excel.

2.4 Estoque de Segurança

Para Slack (1997), o estoque de segurança ou estoque isolador é aquele que tem por objetivo suprir a demanda caso esta seja maior do que o esperado durante o período de ressuprimento.

Utiliza-se estoque de segurança para os itens finais e comprados, protegendo a empresa contra pedidos de clientes e fornecedores frente as incertezas do processo de aquisição, assim como da fabricação dos produtos.

Sendo assim, quanto maiores forem às incertezas referentes a demanda prevista e/ou variações nos tempos previstos de ressuprimento, maiores deverão ser os estoques de segurança do sistema a fim de garantir o abastecimento contínuo.

Para cálculo do estoque de segurança, neste trabalho considerou-se que o tempo de ressuprimento é constante, a demanda variável e a distribuição normal padrão, então utilizou-se a Equação 1. (Peinado e Graenel, 2007)

$$ES = Z\alpha \times \sqrt{TR} \times \sigma D \quad (1)$$

Onde:

$Z\alpha$: Nível de atendimento

TR: Tempo de ressuprimento

σD : Desvio padrão da demanda

2.5 Programação Linear

Para Shamblin e Stevens Jr (1979), a programação linear trata-se de um método matemático que busca auxiliar no processo de designação dos recursos, otimizando uma função objetivo e satisfazendo as restrições inerentes ao problema.

Segundo Loesch e Hein (1999), a programação linear refere-se à resolução de problemas, que podem ser de maximização ou minimização de algum objetivo, satisfazendo um conjunto de fatores limitantes, as restrições.

A Programação Linear é utilizada para auxiliar o processo de resolução de problemas que envolvam a limitação de recursos, para atingir um determinado objetivo. Na operacionalização de muitas organizações existirão momentos em que o gestor terá a necessidade de tomar decisões, visto que muitos problemas envolvem a escassez de recursos ou fatores limitantes que fazem parte da realidade da empresa.

Este problema, para o qual a programação linear apresenta uma solução, pode se resumir em: um objetivo que pode ser de maximizar ou minimizar alguma variável dependente, que é função linear de diversas variáveis independentes (variáveis de decisão) e que estão sujeitas a restrições, tal função é conhecida como função objetivo.

As variáveis de decisão são as incógnitas a serem definidas através da solução do modelo. Com relação às informações referentes as atividades que consomem os recursos dentro de uma organização, estas são expressas por meio de equações ou inequações, chamadas de restrições.

Várias podem ser as soluções encontradas para o problema, mas deseja-se encontrar a distribuição dos recursos que satisfaça as restrições do problema e que alcance o objetivo esperado, a tal solução dá-se o nome de solução ótima.

Cada problema de programação linear em sua forma original dá-se o nome de primal. Cada um destes modelos possui um correspondente, determinado de dual, que é formado pelos mesmos coeficientes do Primal, mas dispostos de maneira diferente.

2.5.1 Análise de Sensibilidade

Segundo Casarotto e Koppitke (2000), a análise de sensibilidade trata-se de uma visualização dos efeitos que a variação em algum dos dados de dado de entrada pode ocasionar nos resultados do problema.

A análise de sensibilidade mostra como as constantes do modelo, designados de coeficientes da função objetivo e os lados direitos das restrições, podem variar sem que haja variações consideráveis na solução ótima do problema.

O relatório de sensibilidade disponível no MS-Excel exhibe dois quadros, o primeiro quadro, células ajustáveis, se analisam os coeficientes da função objetivo. O segundo quadro, restrições, é realizada a análise de sensibilidade com relação ao lado direito das restrições.

Onde, alterando-se estes valores, alteram-se as restrições e, por conseguinte a região admissível do problema. Podendo ter como consequência disto a alteração da solução ótima. Entretanto, estas são mudanças em torno de uma solução com a mesma estrutura, pois não existem mudanças no conjunto de variáveis que compõe a base da solução do problema.

3 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste trabalho está dividida em 9 etapas, descritas conforme a Figura 2. O princípio do desenvolvimento do trabalho é compreender a problemática e identificar como a estratégia de *postponement* poderia adequar-se a situação problema.

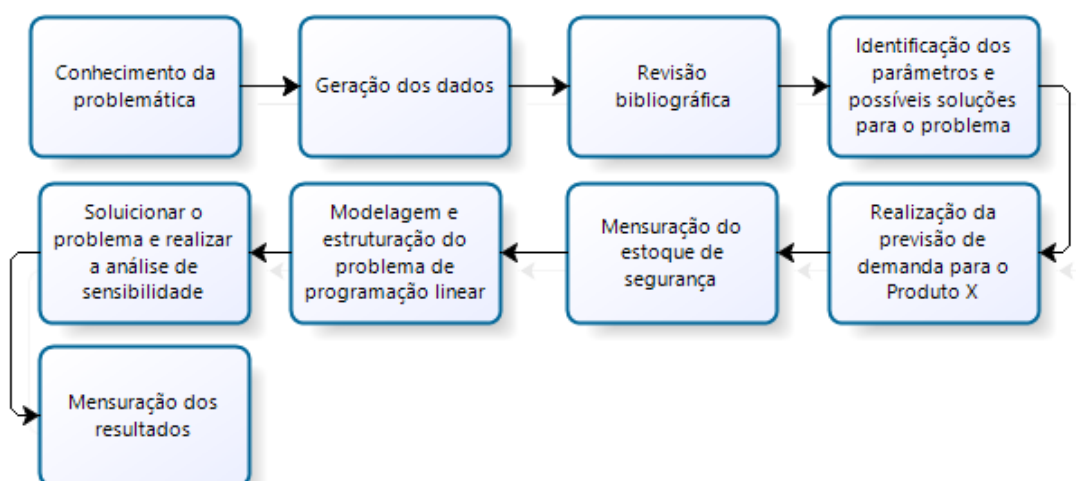
Segundo Fonseca (2002), a pesquisa é classificada de acordo com quatro tópicos: quanto a sua abordagem, objetivos, natureza e os procedimentos. Quanto a sua abordagem, o trabalho foi classificado como qualitativo e quantitativo, visto que busca conhecer os impactos da utilização da nova estratégia de produção na empresa Y. Quanto a natureza e procedimentos, trata-se de uma pesquisa descritiva. O objetivo da pesquisa é explicar como a utilização do *postponement* pode se adequar a necessidade das empresas e mensurar os impactos de sua utilização em um cenário simulado.

O princípio do trabalho é compreender como o *postponement* pode ser implementado no setor têxtil e como ele pode ser utilizado para solucionar os problemas de atendimento da demanda.

Para que o processo de implementação fosse iniciado é necessária a geração de dados aleatórios que descrevam o comportamento da demanda no decorrer dos 10 anos anteriores a previsão que deseja ser realizada. Então, a partir da revisão bibliográfica, apresentar de forma clara e sucinta, as principais contribuições relacionadas ao *postponement* e demais conceitos e metodologias utilizadas para alcançar os objetivos do trabalho.

Posteriormente, para mensuração dos ganhos com a utilização da estratégia de postergação, serão identificados os parâmetros e as possíveis soluções para melhor atendimento da demanda simulada do Produto X. Para que a proposta seja implementada, será realizada a previsão de demanda do Produto X para o ano de 2021, seguido da determinação do estoque de segurança e modelagem e solução do problema de programação linear que satisfaçam as necessidades do problema.

Por fim, realizar a mensuração dos resultados por meio da análise de cenários e sensibilidade da solução do problema de programação linear e então avaliar os ganhos com aplicação de tal estratégia.

Figura 2 - Etapas do desenvolvimento do trabalho

4 DESCRIÇÃO DO MODELO

O cenário simulado consiste em uma organização fictícia, atuante no setor têxtil, sob o nome de Empresa Y, que possui em seu portfólio de produtos, o Produto X. A demanda deste item é caracterizada por uma procura durante todo o ano e que se adequa as cores da moda da estação. Entretanto, as cores branco, preto e chocolate possuem procura independente da estação.

O cenário criado para implementação do *postponement* apresenta picos de demanda, sazonalidade, ciclo de vida do produto curto e concorrência das máquinas para produção do Produto X, tendo como consequências há perdas de vendas e estocagem de itens obsoletos, devido a adaptação da produção as tendências de moda.

Devido a transitoriedade da moda e o processo de manufatura ser do tipo empurrado, a Empresa Y, perde vendas pois as máquinas disponíveis para fabricação do Produto X compete com outros produtos. Além disso, a empresa não possui um processo de previsão de demanda eficiente, os itens com cores da moda não são totalmente demandados, enquanto que há falta de itens e consequentemente perdas de vendas para a empresa de itens com cores básicas.

Com a utilização da estratégia de produção *postponement*, que será empregada para produzir itens semiacabados, a fim de postergar a etapa de tingimento da malha, ou seja, postergar a diferenciação do produto após se conhecer a demanda. Deste modo, a simulação pretende atender de forma mais eficaz e eficiente a demanda do Produto X e, além disto, reduzir o estoque e o lead time do processo.

4.1 Caracterização do Produto X

O Produto X da Empresa Y tem como principais cores demandadas deste item o branco, preto e chocolate. Entretanto podem ser produzidas em outras cores, de acordo com a moda da estação que podem variar de acordo com as tendências mundiais da moda.

A Empresa Y possui um portfólio maior de opções de cores, entretanto, tais opções são de cores de coleção. Estas cores dependem principalmente das tendências vindas de Paris e Milão, são cores referentes às tendências predominantes nas coleções primavera/verão e outono/inverno. Estas cores dependem principalmente das tendências vindas de Paris e Milão, são cores referentes às tendências predominantes nas coleções primavera/verão e outono/inverno.

No entanto, itens de coleção possuem certo grau de incerteza quanto à sua aceitação perante o mercado. De modo que, a empresa deve atentar-se ao máximo quanto a esse quesito, para que não faltem e nem sobrem peças. Quanto maior o número de cores de coleção, maior a dificuldade em dimensionar de forma eficaz. Mesmo que a previsão de demanda tenha seus erros minimizados, não significa que os itens serão consumidos pelo mercado. Dado que, por serem camisetas de coleção, não são todos os consumidores que aderem tal tendência, de modo a dificultar ainda mais o dimensionamento da produção.

No presente trabalho, utilizou-se a metodologia da matriz BCG, criada pelo *Boston Consulting Group*, que segundo Kotler (2000) tem como objetivo de avaliar o portfólio de produtos, e assim classificar o objeto de estudo avaliado. De modo que, a camiseta encaixa-se na classificação vaca leiteira, mostrado na Figura 3, pois possui demanda durante todo o ano, classificando-se como cíclicas ou sazonais, a depender da fonte. Além disso, o produto aqui estudado compete com outras máquinas na produção de sua malha.

Figura 3 - MATRIZ BCG – posicionamento do Produto X

MATRIZ BCG			
Crescimento do mercado	Participação relativa no mercado		
	Alta	Alta	Baixa
			
		Estrela	Interrogação
	Baixa	PRODUTO X	
			
Vaca leiteira		Abacaxi	

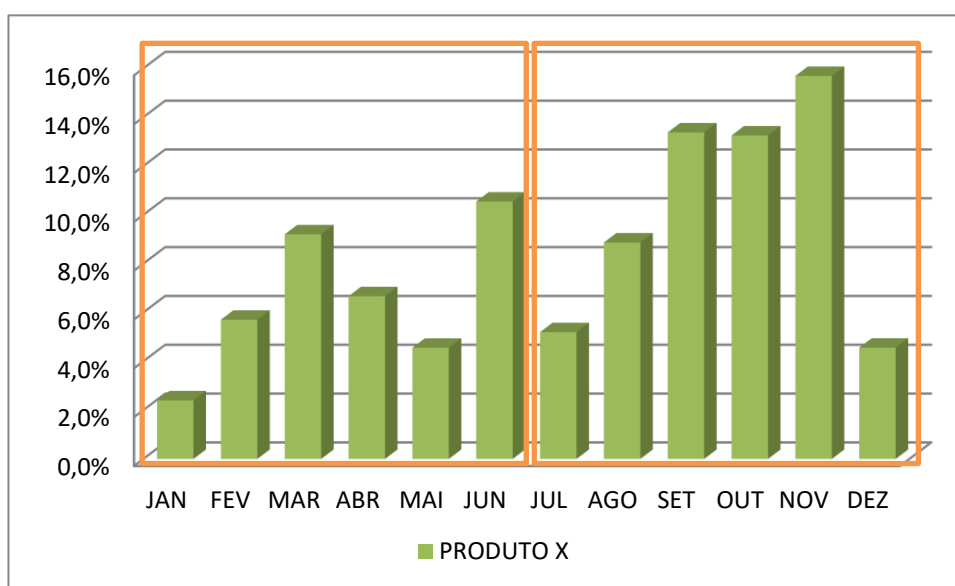
Fonte: Adaptado de Kotler (2000)

4.2 Previsão de Demanda do Produto X

A previsão de demanda do Produto X para o ano de 2021 foi realizada utilizando-se o modelo aditivo de Holt-Winter e o auxílio do Microsoft Excel para realizar tal previsão.

Para realização da previsão de demanda, foram simulados com o auxílio do MS-Excel, valores aleatórios para os últimos 10 anos de demanda do Produto X, de modo que o comportamento obtivesse características de sazonalidade. Tal comportamento é apresentado na Figura 4, onde dela observam-se dois picos principais de sazonalidade, sendo o pico do segundo semestre o mais representativo do ano.

Figura 4 - Demanda do Produto X



O comportamento da demanda caracteriza-se de modo que no período de verão, a peça possui alta demanda e é fabricada no inverno. Já no inverno, tem demanda moderada e é produzida no verão.

Em geral, sob o ponto de vista de produção empurrada, a programação da produção sofre alterações ao longo da semana e mês conforme prioridades de entrega, disponibilidade de material para produção, entrega de pedidos vendidos com prazo de entrega estipulado, etc. Desta maneira, não há uma quantidade de máquinas definidas para o tecimento das malhas dos produtos, concorrendo entre si para serem produzidos, conforme plano de produção. Aliado a isto, pode-se destacar que um produto vaca leiteira perde vendas se a demanda estimada para o produto for subestimada. Desta maneira,

pretende-se definir uma quantidade de máquinas que atendam a produção das peças, mas que estas sejam exclusivas para o Produto X, uma vez que ele possui demanda anual.

As características do processo de produção do Produto X são mostradas na Tabela 5, apresenta a capacidade máxima produtiva do Produto X, a quantidade de máquinas disponíveis para fabricação e a quantidade máxima de dias de tecimento disponível para cada mês.

A produção para o mês de dezembro apresenta valores diferentes e inferiores aos demais meses do ano, este comportamento acontece devido a menor quantidade de dias disponíveis para produção, realização de atividades de manutenção no maquinário, inventários, balanços, entre outras atividades.

Tabela 5 - Características do processo produtivo do Produto X

	Produto X
Produção máxima jan.-nov.	3.900
Produção máxima dez.	2.340
Número de máquinas	6
Máximo de dias de tecimento/mês	26
Mínimo de dias de tecimento/mês	16

4.3 Definição do Estoque de Segurança

Os parâmetros utilizados para cálculo do estoque de segurança para cada tamanho do Produto X são mostrados na Tabela 6. O nível de serviço também pode ser chamado de nível de disponibilidade de estoque.

Neste caso, utilizou-se o nível de serviço, de 95%, garantindo que em 95% dos ciclos de reposição não haverá ruptura de estoque. Já o lead time foi escolhido baseado nas características de produção dos itens, a fabricação dos produtos consumidos no inverno acontece no verão e assim sucessivamente.

Tabela 6 - Parâmetros do Estoque de Segurança do Produto X

	Produto X
Nível de Serviço	95%
Fator de Serviço	1,645
Lead Time (meses)	6
Estoque de segurança	750

4.4 Modelo Matemático de Programação Linear

A fim de melhorar a disponibilidade do Produto X, considerando um cenário em que não atende à demanda de maneira satisfatória, pretende-se estimar o número de peças produzidas de maneira a garantir uma maior eficiência de atendimento da demanda. A fabricação do Produto X é realizada em quatro etapas de produção, que são: malharia, costura, tinturaria e embalagem.

Para melhorar o atendimento da demanda, a estratégia de produção de postergar será utilizada na etapa de tingimento do Produto X. Sendo assim, a produção do Produto X será estocada como produto intermediário em local apropriado em cor original, fio branco, para posterior tingimento quando houver demanda. Em consequência, o tempo de lead time também será reduzido, onde o planejamento de produção poderá contar com um estoque de produtos apenas aguardando a especialização do produto (cor) para ser finalizado.

Um planejamento da produção ineficiente ou divergente da demanda acarretará prejuízos financeiros para a organização. Produtos em estoque e sem demanda prevista acarretam em prejuízos financeiros.

A produção de itens faltantes não é possível, visto que o maquinário utilizado para a fabricação das camisetas concorre na produção de outros itens que possuem a mesma família de produção.

Para atingimento da demanda e aumento do nível de serviço, é necessário estimar as quantidades a serem produzidas, bem como o saldo ideal de produto semiacabado para armazenamento. Para este fim, foi realizada uma modelagem de Programação Linear que visa reduzir o saldo do Produto X, tratando-se, portanto, de um problema de minimização.

4.4.1 Função Objetivo e variáveis de decisão

O objetivo do trabalho é de utilizar a estratégia de produção de postergação da diferenciação dos produtos analisados neste trabalho. Para tal, é necessário dimensionar a produção do Produto X, levando-se em consideração as restrições inerentes ao problema.

A fim de minimizar a quantidade de itens restantes, modelou-se o problema com este objetivo. Então, a Função Objetivo (FO) é definida pela minimização do saldo de peças do Produto X no mês i , mostrada na Equação 2. O saldo é obtido por meio da

subtração dos itens demandados no mês corrente (variável $F(i)$ na Função Objetivo) da quantidade de itens produzidos durante o mesmo mês (variável $P(i)$ na Função Objetivo).

$$\text{Min. Saldo} = \sum_i^m P(i) - \sum_i^m F(i) \quad (2)$$

Onde:

$P(i)$: é quantidade de peças produzidas no mês i .

$F(i)$: é quantidade de peças faturadas no mês i .

m : refere-se à quantidade de meses de produção.

4.4.2 Restrições da PL

Diante da alocação de máquinas, deseja-se produzir peças em cor crua, ou seja, da cor original do fio (branca) e esta ser posteriormente tingida conforme vendas das peças. Desta maneira, para atingir os meses com picos de demanda, as máquinas devem produzir peças ao mesmo nível de produção mensalmente, sobre as quais o saldo de peças não vendidas em um mês comporá estoque de peça semiacabada para atender a demanda do mês seguinte.

As restrições do problema de programação linear referem-se à linearização da produção durante todo o ano de 2021. Os fatores limitadores para produção do Produto X dizem respeito a quantidade de máquinas disponíveis para confecção das peças, a quantidade de dias disponíveis para produção, sendo diferenciados conforme o mês do ano e o estoque de segurança

As restrições estão divididas em duas partes. A primeira diz respeito à produção dos itens e a segunda, ao saldo, conforme apresentado a seguir.

4.4.2.1 Restrições relacionadas à produção

Os meses de janeiro e dezembro possuem características distintas de produção quando comparados aos demais meses do ano. O primeiro por reiniciar os estágios de produção, com período de *Warm up*, cuja produção foi anteriormente interrompida em dezembro para atividades de manutenções gerais de máquinas, estruturas físicas, inventários, balanços anuais, entre outros.

Sendo assim, a restrição referente ao mês de janeiro é mostrada na Equação 3.

$$P(i) - S(i) - E(i) = X(i) \text{ ou } P(1) - S(1) - E(1) = X(1) \quad (3)$$

$P(i)$: quantidade de peças produzidas no mês i .

$S(i)$: quantidade de peças em saldo no mês i .

$E(i)$: quantidade de peças em estoque no mês i .

$X(i)$: quantidade de peças em projeção de demanda no mês i .

Para os demais meses do ano, o comportamento esperado é apresentado na Equação 4.

$$P(i) + S(i - 1) - S(i) = X(i) \quad (4)$$

$P(i)$: quantidade de peças produzidas no mês i .

$S(i-1)$: quantidade de peças em saldo no mês $i-1$.

$S(i)$: quantidade de peças em saldo no mês i .

$X(i)$: quantidade de peças em projeção de demanda no mês i .

4.4.2.2 Restrições de Saldo

As características do processo produtivo do Produto X foram apresentadas na Tabela 5, de modo que a equação que descreve a capacidade produtiva disponível para produção do Produto X no mês i é mostrada na Equação 5.

$$C_i \leq M.K.L(i) \quad (5)$$

C_i : capacidade de produção utilizada no mês i ($i=1, \dots, 12$).

M : quantidade de máquinas para produção, variando entre $4 \leq M \leq 6$

K : capacidade de tecimento de cada máquina, variando entre $16 \leq K \leq 26$.

L : quantidade de dias de produção disponíveis no mês i .

A condição que descreve a linearização da produção é representada pela Equação 6. Esta restrição permite que durante os meses de demanda inferior a quantidade de itens produzidos, o saldo disponível seja utilizado para atendimento da demanda superior a quantidade produzida durante o mês.

$$P(i) = P(i + 1) \quad (6)$$

$P(i)$: quantidade de peças produzida no mês j .

Porém, só até o mês de novembro, para dezembro esta restrição não é válida.

$P(i+1)$: produção no mês $i+1$.

Dentre as restrições do problema, deseja-se manter um estoque de segurança superior a quantidade de itens restantes. Sendo assim, a restrição que descreve o comportamento do estoque de segurança é apresentada na Equação 7.

$$E(i) > S(i) \quad (7)$$

$E(i)$: quantidade de itens presente no estoque de segurança no mês i .

$S(i)$: quantidade de itens em saldo no mês i .

Além disso, o saldo de itens deve ser superior ao saldo mínimo do Produto X, que neste caso assume o valor de 500 unidades. Então, a restrição que apresenta esta limitação é mostrada na Equação 8.

$$S(i) \geq N \quad (8)$$

$S(i)$: quantidade de itens em saldo no mês i .

N : saldo mínimo para o item

Por fim, para que todas as variáveis do problema assumam valores positivos, tem-se a restrição que descreve a natureza destas variáveis, mostrada na Equação 9.

$$P(i) \geq 0 \quad (9)$$

$P(i) \in \mathbb{R}$ para $i=1, \dots, 12$.

5 APLICAÇÃO NUMÉRICA

Após a identificação dos parâmetros do problema e apresentação dos conceitos necessários para embasar a resolução do problema de atendimento a demanda do Produto X pela empresa Y, inicia-se o processo de resolução da problemática.

O primeiro cenário mostra a configuração de produção utilizada pela empresa, o comportamento da demanda e como consequência o saldo esperado no decorrer do ano para o Produto X.

Posteriormente realizou-se a previsão de demanda para o Produto X para o ano de 2021, seguido da mensuração do estoque de segurança. Ambos os processos são necessários para a modelagem do problema de programação linear que encontrará como solução a quantidade de itens a serem produzidos e o saldo do Produto X para este cenário.

Em seguida, com base na solução encontrada pelo MS-Solver analisou-se a viabilidade de possíveis cenários de crescimento da produção e da demanda e o comportamento das variáveis de decisão e restrições do problema por meio da análise de sensibilidade.

5.1 Cenário original

Considera-se que o plano de gerenciamento de produção do Produto X corresponde a demandas diversas, geralmente realizadas pela experiência de programadores da produção e disponibilidades de máquinas para produzir as peças. Desta forma, com base na previsão de demanda inicialmente simulada, acrescentou-se a esta análise simulações também da programação da produção que é mostrada na Tabela 7. Nota-se que não há uma linearização na produção, variando a quantidade de máquinas utilizadas para produção durante cada mês do ano.

Além disso, o saldo ao final do ano mostra que muitas vendas poderiam ser realizadas já que a quantidade de itens restantes é superior a 9000 unidades. Entretanto, o saldo de itens acabados, mostra que a demanda esperada foi atendida e que a mesma poderia crescer e ainda sim ser atendida.

Tabela 7 - Cenário original de gerenciamento do Produto X

Mês	Produção		Saldo	
	Variável	Unidades	Variável	Unidades
Jan.	P1	2.600	S1	1.458
Fev.	P2	3.250	S2	3.027
Mar.	P3	3.250	S3	4.024
Abr.	P4	3.250	S4	5.435
Mai.	P5	2.600	S5	6.541
Jun.	P6	2.600	S6	6.668
Jul.	P7	2.600	S7	7.670
Ago.	P8	2.600	S8	8.072
Set.	P9	3.250	S9	8.386
Out.	P10	3.250	S10	8.722
Nov.	P11	3.250	S11	8.658
Dez.	P12	1950	S12	9.114

Estipulou-se o valor de R\$30,00 para venda de cada peça do Produto X. Sendo assim, na situação original, haverá sobra de 9.114 unidades do Produto X que gerará uma perda de R\$82.026,00, ocasionada pela existência no saldo de itens obsoletos que não poderão ser vendidos posteriormente.

Além disso, os demais itens estocados poderiam ser vendidos, entretanto a grande quantidade de peças com o passar do tempo pode sofrer com as intempéries e ficar mofadas. Nestes casos, as empresas do setor têxtil utilizam um tratamento para retirada do mofo dos itens, sendo uma alternativa para tornar viável a venda das peças novamente, contudo a eficácia do mesmo não é garantida, de modo que as peças poderiam ser vendidas como refugo.

5.2 Análise de cenários com demanda original

A proposição de cenários diferentes do utilizado pela programação linear, utilizando a estratégia de produção de *postponement* mostra ganhos significativos para a Empresa Y. Dentre as mudanças, são apresentadas estratégias onde não há linearização da produção e um estoque de segurança que acompanhe a demanda do item, onde o nível de serviço utilizado varia conforme a demanda. A seguir, tem-se os resultados dos cenários simulados, além da situação original, foram criadas outras situações com e sem a utilização do *postponement*.

5.2.1 Cenário de demanda prevista sem *postponement*

A Tabela 8 apresenta os valores de produção, previsão de vendas e de itens em saldo. Os valores encontrados para a quantidade de itens a serem produzidos e em saldo foi encontrado por meio da programação linear, que utilizou os valores de previsão de demanda para estruturar e solução o problema.

Tabela 8 - Solução da Programação Linear do Produto X

Mês	Produção		Demanda Esperada		Saldo	
	Variável	Unidades	Variável	Unidades	Variável	Unidades
Jan.	P1	3.765	F1	653	S1	2.362
Fev.	P2	3.765	F2	1552	S2	3.825
Mar.	P3	3.765	F3	2505	S3	4.335
Abr.	P4	3.765	F4	1815	S4	5.535
Mai.	P5	3.765	F5	1240	S5	7.310
Jun.	P6	3.765	F6	2871	S6	7.454
Jul.	P7	3.765	F7	1414	S7	9.055
Ago.	P8	3.765	F8	2414	S8	9.656
Set.	P9	3.765	F9	3642	S9	9.029
Out.	P10	3.765	F10	3608	S10	8.436
Nov.	P11	3.765	F11	4272	S11	7.179
Dez.	P12	0	F12	1.241	S12	5.188

A fim de melhorar o balanceamento da produção, a Tabela 8 mostra a quantidade de itens a serem produzidos durante o ano de 2021. Durante os 11 primeiros meses do ano, a produção do item X, é igual para todos os meses. Já para o mês de dezembro não há produção, pois o que está em saldo é suficiente para atendermos a demanda do item.

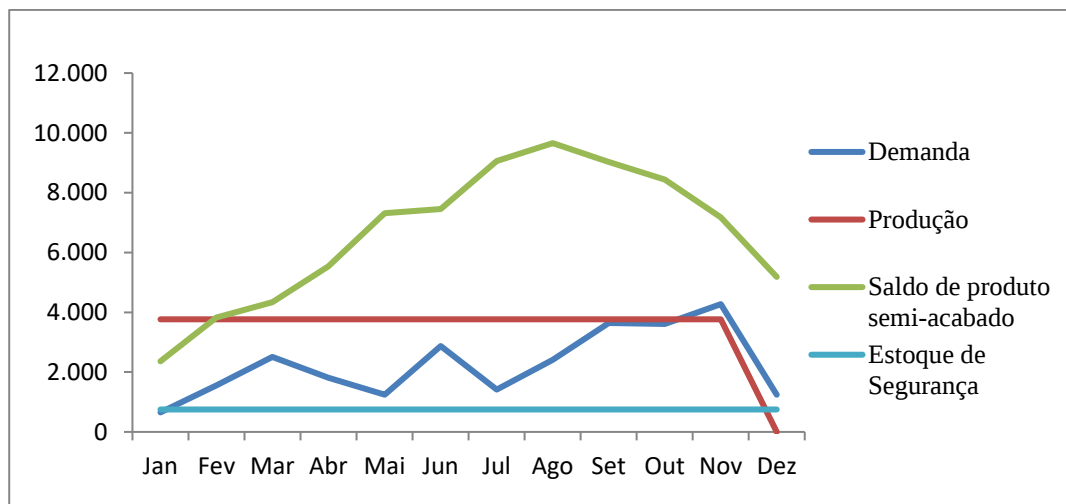
A capacidade produtiva utilizada com esta estratégia de produção é 92% da capacidade total disponível para a produção do Produto X, mostrada Tabela 5. Como a função objetivo do problema busca minimizar o saldo dos itens, e a produção encontrada por meio da programação linear é suficiente para satisfazer a demanda, o aumento da quantidade de itens produzidos, consequentemente aumentaria o saldo.

O saldo final do ano de 2021, mais de 5.000 itens, mostra que esta quantidade de itens será produzida, mas não consumida. Dentre esta quantidade, 70% dos itens são de cores básicas e poderiam ser utilizados posteriormente para suprir a demanda, já os 30% são de cores de coleção, que não poderiam ser consumidos e trazem uma perda para a Empresa Y associada ao estoque de itens obsoletos.

Os resultados esperados para este cenário para a quantidade de itens produzidos, o estoque de segurança e o saldo esperado para o Produto X são mostrados na Figura 5.

Nota-se que a produção do Produto X é linearizada, para que o saldo proveniente dos meses de demanda inferior a quantidade de itens a serem produzidos, pra a demanda dos meses com valores acima do produzido. Além disso, há dois picos de demanda durante o ano, sendo um a cada semestre e o saldo de itens deve crescer durante os oito primeiros meses do ano e posteriormente decresce durante os demais meses.

Figura 5 - Plano de Gerenciamento do Produto X



5.2.1.1 Análise de Sensibilidade

O MS-Excel oferece junto com a solução do problema, um relatório de sensibilidade com possíveis variações dos valores dos coeficientes da função objetivo, dos coeficientes das restrições e também das constantes das restrições. Esta análise é apresentada na Tabela 9, que mostra as possíveis variações para a quantidade de itens produzidos e o saldo.

Tabela 9 - Comportamento das células variáveis na análise de sensibilidade

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$E\$4	P1	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$5	P2	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$6	P3	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$7	P4	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$8	P5	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$9	P6	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$10	P7	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$11	P8	3765	77	0	1E+30	77
\$E\$12	P9	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$13	P10	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$14	P11	3765	0	0	1E+30	77
\$E\$15	P12	0	1	0	1E+30	1
\$E\$16	S1	2362	0	1	1E+30	77
\$E\$17	S2	3825	0	1	1E+30	38
\$E\$18	S3	4335	0	1	1E+30	25
\$E\$19	S4	5535	0	1	1E+30	19
\$E\$20	S5	7310	0	1	1E+30	15
\$E\$21	S6	7454	0	1	1E+30	12
\$E\$22	S7	9055	0	1	1E+30	11
\$E\$23	S8	9656	0	1	1E+30	9
\$E\$24	S9	9029	0	1	1E+30	8
\$E\$25	S10	8436	0	1	1E+30	7
\$E\$26	S11	7179	0	1	1E+30	7
\$E\$27	S12	5188	0	1	1E+30	1

Os valores mostrados na coluna custo reduzido indicam o reflexo provocado na função objetivo, minimização do saldo de itens, pela opção de alternativas diferentes do indicado pela solução ótima. Quando este valor é positivo, indica que o mesmo deverá ser subtraído da função objetivo.

Com o passar dos meses, há a possibilidade de redução no valor da quantidade de itens que devem ser produzidos e consequentemente no saldo do Produto X. Entretanto esta possibilidade só é garantida dentro dos limites mostrados na Tabela 9 para a variável que está sendo analisada.

Ao reduzir a quantidade de itens produzidos e consequentemente saldo de itens, a Empresa Y atinge melhores resultados, visto que deixa de estocar produtos obsoletos ou produtos que não serão mais consumidos pelo mercado. As possíveis variações para os coeficientes e constantes das restrições são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Comportamento das restrições na análise de sensibilidade do Produto X

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$H\$4	P1	653	-12	653	1862	1E+30
\$H\$5	P2	1552	-11	1552	3325	1E+30
\$H\$6	P3	2505	-10	2505	3835	1E+30
\$H\$7	P4	1815	-9	1815	4688	1E+30
\$H\$8	P5	1240	-8	1240	4688	1E+30
\$H\$9	P6	2871	-7	2871	4688	1E+30
\$H\$10	P7	1414	-6	1414	4688	1E+30
\$H\$11	P8	2414	-5	2414	4688	1E+30
\$H\$12	P9	3642	-4	3642	4688	1E+30
\$H\$13	P10	3608	-3	3608	4688	1E+30
\$H\$14	P11	4272	-2	4272	4688	1E+30
\$H\$15	P12	1241	-1	1241	4688	1E+30
\$E\$4	P1	3765	-4	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-2	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-8	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-7	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-10	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-9	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-11	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-3	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	72	0	0	0
\$E\$4	P1	3765	-6	0	0	0

O incremento de uma unidade à quantidade de itens demandados gera uma redução no saldo proporcional. Porém, a solução só garante a característica de proporcionalidade dentro dos limites de mostrados na Tabela 10.

O crescimento da demanda é interessante para a empresa dentro destes limites, pois minimiza a sobra de itens e consequentemente o valor que a empresa deixa de lucrar com a falta de vendas destes produtos.

Quanto ao incremento de uma unidade a quantidade de itens produzidos, os valores mostrados na coluna preço sombra, possuem limites nulos. De modo que, para configuração do problema, que necessidade linearizar a fabricação do Produto X os valores encontrados para a produção do ano de 2021, são os mínimos e suficientes para atendimento da demanda, que satisfazem todas as restrições do problema.

A estratégia de produção utilizada pela programação linear gera um saldo final de itens acima de 5000 unidades. Para entender o quanto a empresa deixa de ganhar com

estes itens em saldo, estipulou-se o valor de R\$30,00/unidade, deste modo a Empresa Y poderia lucrar mais de R\$150.000,00 com a venda destas peças remanescentes, onde 30% destes itens são itens de coleção e não poderiam ser vendidos posteriormente, gerando então uma perda significativa para a empresa.

5.2.2 Cenário de demanda prevista aliada a estratégia *postponement*

O resultado esperado para a situação original propicia a utilização do *postponement* como estratégia de produção. A fim de atender a demanda de modo mais adequado e minimizar a perda de lucratividade para a empresa foi criado o cenário, onde a capacidade produtiva e a demanda esperada do Produto X é a mesma da situação original. Sendo assim, o resultado esperado se assemelha ao encontrado para a simulação original onde a postergação não é utilizada.

Onde o mesmo valor do saldo de itens restantes ao final do ano de 2021 é igual ao resultado da programação linear, calculado para o cenário original. Entretanto, todos os itens poderiam suprir uma demanda posterior, de modo que não haveriam itens obsoletos em estoque, já que todos os itens restantes poderiam ser diferenciados conforme demanda.

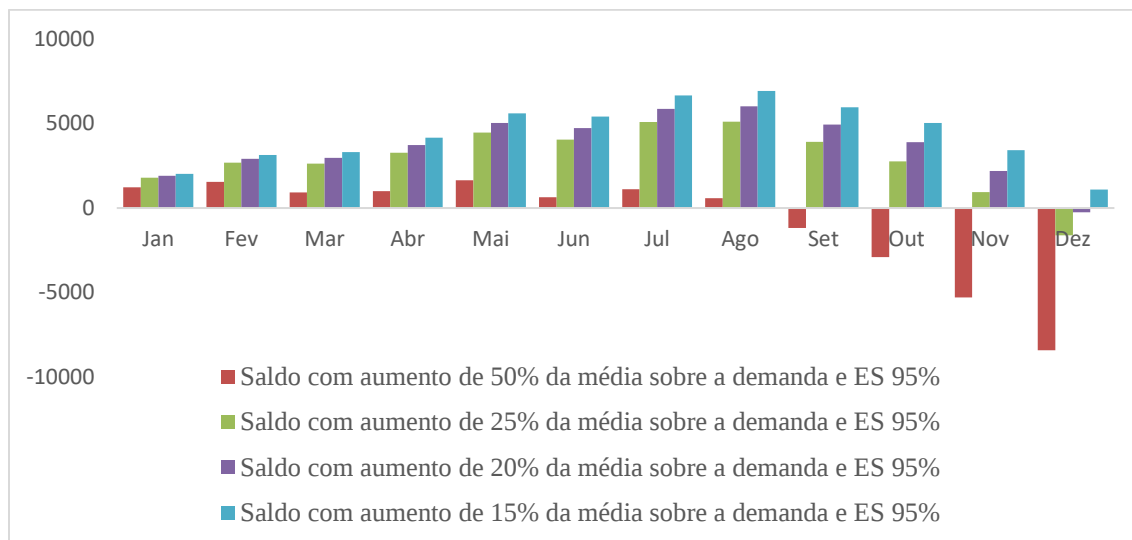
5.3 Análise de cenários com aumento da demanda

Por meio da previsão de demanda estipulou-se a demanda do Produto X esperada para o ano de 2021. Entretanto, a quantidade de itens requisitados pelo mercado está sujeita a um aumento. Então, simulou-se alguns possíveis cenários com aumento de demanda utilizando como parâmetro a demanda média anual do item e os níveis de produção mensais encontrados por meio da programação linear

5.3.1 Cenário com aumento da demanda sem utilização do *postponement*

Para a primeira simulação, calculou-se a demanda média do item e por meio dela estipulou-se a demanda esperada conforme acréscimo do valor médio sobre a demanda prevista para 2021.

Para esta proposição, mostrada na Figura 6, utilizou-se os valores da produção obtidos pela programação linear e estoque de segurança com nível de serviço de 95%.

Figura 6 - Aumento da demanda sem postponement e estoque de segurança 95%

Com este nível de produção e o estoque de segurança com nível de serviço de 95%, a partir da Figura 6 nota-se que os aumentos de demanda superiores a 15% o valor da demanda média esperada para o ano de 2021 não seriam satisfeitas. Este possível aumento resultaria em aproximadamente 1104 unidades do Produto X ao final do ano e uma perda de faturamento de R\$ 33.118,50, onde 30% deste valor não seria posteriormente repostos por tratar-se de itens de coleções passadas.

Os valores abaixo do eixo horizontal significam que haveria falta de itens para atendimento da demanda prevista para estes meses. Sendo assim, a empresa perderia de lucrar com a falta do Produto X no mercado. Além disto, nesta situação mesmo que a demanda fosse satisfeita, ainda restariam itens obsoletos em saldo que gerariam uma perda para a Empresa Y.

Além das quatro possibilidades de aumento da demanda mostradas na Figura 6, simulou-se o aumento de 100% da média sobre a demanda, entretanto tal suposição atenderia a demanda esperada apenas durante o mês de janeiro, para os demais meses haveria falta de itens.

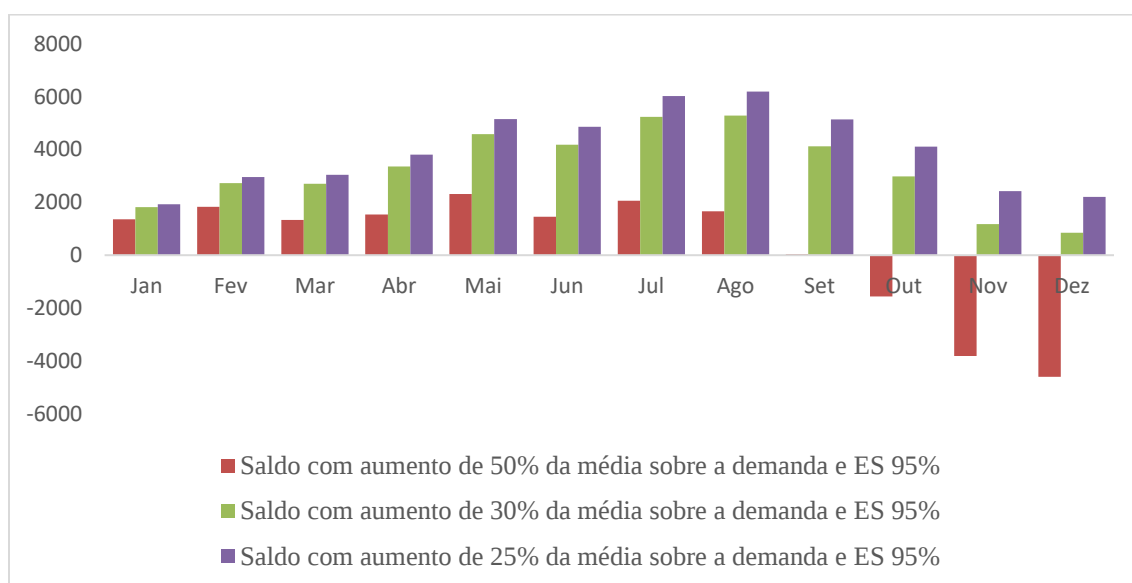
5.3.2 Cenário com aumento da demanda com *postponement*

A utilização da estratégia de *postponement* busca solucionar o problema de falta de atendimento de itens para suprir a demanda, visto que a empresa perde estocando itens obsoletos e perde por não possuir itens em cores básicas para serem demandados. Com a postergação da diferenciação ambos os problemas podem ser solucionados, pois a

produção remanescente ao final do ano poderá ser utilizada para atender a demanda posteriormente.

O aumento na quantidade de itens fabricados do Produto X poderia aumentar a demanda atendida e consequentemente a lucratividade da Empresa Y. Deste modo, utilizou-se a capacidade total disponível para produção e o estoque de segurança com nível de serviço de 95%. Então utilizou-se os mesmos parâmetros para aumento de demanda baseados na média anual da demanda prevista, para simular os resultados deste cenário, mostrados na Figura 7.

Figura 7 – Aumento produção e demanda com *postponement*



A simulação mostrada na Figura 7, mostra que para esta situação a demanda poderia aumentar em até 30% da média, que seria suprida durante todo o ano. Restando cerca de 845 itens ao final do ano, que poderia gerar uma receita de R\$25.347,00 posteriormente.

O aumento de 50% da média sobre a demanda esperada para o ano de 2021 apresenta valores negativos na Figura 7, de modo que durante os meses de outubro a dezembro a demanda não poderia ser atendida, pois haveria falta de itens.

Para este cenário, além das três possibilidades de aumento da demanda mostrados na Figura 7, simulou-se o aumento de 100% da média sobre a demanda esperada, para este caso a demanda seria atendida apenas durante o primeiro mês do ano, durante os demais meses haveria falta de Produto X para atender a demanda.

5.4 Comparação dos cenários

Considerando os fatores limitadores do problema, que são as características do processo produtivo, dias de produção e tecimento e a quantidade de máquinas disponíveis para fabricação do Produto X, os resultados obtidos a partir das simulações propostas estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados dos cenários propostos

	Cenário	Aumento da demanda	Capacidade utilizada	Vendas (unidades)	Saldo (unidades)	Perda (unidades)	Vendas (unidades)	Saldo (em R\$)	Perda em estoque (em R\$)	Ganho de vendas (em R\$)
Modelo original	A	-	76%	16.336	9114	2734	490.086	273.414	82.024	0
Modelo original sem <i>postponement</i>	B	-	92%	27.227	5188	1556	816.810	155.640	46.692	326.724
Modelo original com <i>postponement</i>	C	-	92%	27.227	5188		816.810	155.640	-	326.724
Modelo com demanda aumentada sem <i>postponement</i>	D	15%	92%	31.311	1104	331	939.330	33.118	9.935	449.244
Modelo com demanda aumentada com <i>postponement</i>	E	15%	92%	31.311	1104	-	939.330	33.118		449.244
Modelo com demanda e produção aumentada com <i>postponement</i>	F	25%	100%	34.034	2206	-	1.021.020	66.180	-	530.934
Modelo com máxima demanda atendida com <i>postponement</i>	G	30%	100%	35.395	845	-	1.061.850	25.350	-	571.764

Por meio da Tabela 11, pode-se mensurar os resultados que poderão ser obtidos pela Empresa Y para a demanda do Produto X com a utilização das estratégias de produção que foram propostas.

O cenário A tratasse dos resultados obtidos sem a utilização de nenhuma das estratégias que foram propostas. Serão os resultados atingidos se a Empresa Y continuar a realizar a operação como ela vem sendo desempenhada. Onde, a demanda será baixa e mesmo assim ainda restarão um elevado número de peças ao final do ano de 2021. Dentre estes itens, 30% serão itens obsoletos que gerarão prejuízo para a empresa. Além disso, devido a competição de maquinário para fabricação das peças, itens que poderiam ser mais demandados perdem espaço de produção para outros itens, causando então perda de vendas para a Empresa Y

Mediante tal cenário de inadequado atendimento da demanda, simulou-se então o cenário B, onde há uma melhora nos níveis de atendimento da demanda, permite um aumento das vendas e redução da quantidade de itens restantes ao final do ano. Entretanto, tal estratégia não soluciona o problema de estocagem de itens que não poderão ser comercializados posteriormente.

Para solucionar tal problema, foi proposto a utilização da estratégia de *postponement*, situação C, que permite um resultado com valores semelhantes em questões de faturamento e saldo de itens, com o acréscimo de que ao estocar itens semiacabados, todos os itens restantes ao final do ano poderão ser utilizados para suprir uma demanda posterior, de modo que não haverá prejuízos para a Empresa Y.

Entretanto, em ambas as proposições, cenários D e E, o saldo final dos itens será composto por mais de 5000 peças, que poderão ser utilizadas para suprir uma demanda maior do que a que foi prevista. Sendo assim, utilizou-se a demanda média anual para o Produto X para estipular o quanto a demanda poderá aumentar durante o ano e permanecer satisfeita.

Os valores de aumento que satisfazem a demanda durante todo o ano são os mesmo para a estratégia que utiliza o *postponement* e para aquele não o utiliza, a diferença será na quantidade de itens estocados, onde no cenário D, permanecerão em estoque produtos com cores de coleção que não poderão ser utilizados posteriormente.

As proposições anteriores utilizaram 92% da capacidade produtiva disponível e atingiram bons resultados de faturamento e saldos minimizados. Entretanto, há a possibilidade de aumentar a capacidade de produção, para 100% da capacidade

disponível, a fim de maximizar o faturamento do Produto X. O cenário F, mostra os possíveis resultados que serão obtidos mediante a utilização do postponement utilizando a capacidade máxima disponível para produção do Produto X. Além deste, o cenário G, mostra o máximo aumento permitido para que a demanda do item seja satisfeita durante todo o ano de 2021, ao utilizar 100% da capacidade disponível para produção.

6 CONCLUSÕES

Baseado no resultado dos cenários simulados na Tabela 11, conclui-se que a implementação do *postponement* para a Empresa Y possibilita benefícios tanto no faturamento quanto no saldo do Produto X ao final do ano de 2021.

Sendo assim, o objetivo geral do trabalho é atingido, a demanda torna-se mais assertiva, e adaptável as necessidades dos consumidores e permite um melhor nível de serviço. Além do que, caso o faturamento real seja menor do que o esperado, os itens poderão ser utilizados posteriormente pela Empresa Y, já que são estocados em sua forma básica, havendo então a diferenciação do produto de acordo com as exigências da demanda do período.

Quanto as limitações, o trabalho restringem-se ao cenário criado para a simulação dos resultados, onde criou-se condições para que a estratégia pudesse ser implementada. Em uma situação real, deve-se considerar outros fatores além dos citados, como disponibilidade de matéria-prima e de mão-de obra para diferenciar os produtos, limitação da produção, período necessário para diferenciação das peças, assim como a entrega.

O *postponement* pode ser aplicado em vários setores industriais, desde o setor automobilístico até empresas fabricantes de eletroeletrônicos. Sua atuação na indústria têxtil vem crescendo no decorrer dos anos, devido principalmente aos altos erros nas previsões de demanda e as rápidas mudanças no que diz respeito às exigências dos clientes.

Para trabalhos futuros, a implementação da estratégia de postergação em uma empresa real que possua características semelhantes as criadas na simulação, para fins de comparação dos resultados. Além disso, situações onde há mais fatores do que os considerados identificar as reais dificuldades e benefícios da utilização do *postponement* como estratégia de produção.

REFERÊNCIAS

ALDERSON, W. Marketing efficiency and the principle of *postponement*. **Cost and Profit Outlook**, n. 3, p. 15-18, 1950.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos / Logística empresarial**. 5ª Edição. São Paulo: Bookman, 2004.

BOWERSOX, Donald J. e CLOSS, David J. **Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process**. New York: McGraw-Hill Companies, 1996, 594p.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CSILLAG, J. M.; SAMPAIO, M. **O conceito de postponement como estratégia de distribuição: um estudo de multi-casos no mercado brasileiro**. 3. ed. São Paulo: FGV, 2003.

CUNHA, D. C. **Avaliação dos resultados da aplicação de postponement em uma grande malharia e confecção de Santa Catarina**. 2002. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DORNIER, P. P.; ERNST, R.; FENDER, M.; KOUVELIS, P. **Logística e operações globais**. Textos e casos. São Paulo: Atlas, 2000.

DRÖGE, C.L., GERMAIN, R.N. e SPEARS, N. **From postponement as a strategic initiative affecting organization design**. In: PROCEEDINGS OF THE AMERICAN MARKETING ASSOCIATION EDUCATORS' CONFERENCE, Washington, p. 263-269, 1995.

FERREIRA, K. A.; ALCÂNTARA, R. L. C. **Abordagens para aplicação da estratégia de postponement: estudo multi-casos em empresas da indústria de alimentos**. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 20, n. 2, abr. 2013.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8 ed. São Paulo: Thompson Learning, 598p, 2006.

GOODWIN, P. and WRIGHT, G. **'Improving Judgmental Time Series Forecasting: A Review of the Guidance Provided by Research.'** *International Journal of Forecasting*, 9: 147-61, (1993).

LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa Operacional: fundamentos e modelos**. Blumenau: FURB, 1999.

KOTLER, Philip. **Administração de Marketing: a edição do novo milênio**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S. C. & HYNDMAN, R. J. (1998). **Forecasting – methods and applications**, 3ª ed., John Wiley, New York.

MENDES, F. D.; SACOMANO, J. B.; FUSCO, J. P. A. **Rede de Empresas: Cadeia Têxtil e as Estratégias de Manufatura na Indústria do Vestuário de Moda**. São Paulo: Arte e Ciência, 2010.

MONTEIRO, Fernanda. Postponement como mecanismo de redução de estoques. **ILOS** Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/planejamento-no-supply-chain/>>. Acesso em: 07 de nov. de 2020.

NUNES, F. R. M. **A influência dos fluxos logísticos sobre o tamanho e a idade das empresas fabricantes de jeans femininos para adolescentes e jovens**. Tese (Doutorado), UFSC, 2001.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba :UnicenP, 2007.

Perfil do setor. **ABIT**. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 07 de nov. de 2020.

SAMPAIO, Mauro. **O Poder estratégico do Postponement**. São Paulo: EAESP/FGV, 2003. 189 p. (Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Administração de Empresas da EAESP/FGV, Área de concentração: Administração da Produção e Operações Industriais).

SHAMBLIN, James E. & STEVENS JR, G.T. **Pesquisa Operacional Uma Abordagem Básica**. Editora Atlas, São Paulo/SP; p. 13 - 18, e p. 263 – 389;1979.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997 - 726 p. ISBN 8522415080.

VAN HOEK, R. I., COMMANDEUR, H.R. E VOS, B. **Reconfiguring Logistics Systems Through Postponement Strategies**. Journal of Business Logistics, Vol.19, nº1, pp. 33-54, 1998.

VAN HOEK, R.I., HARRISON, A. and CHRISTOPHER, M. **Measuring Agile Capabilities in the Supply Chain**. International Journal of Operations & Production Management, 21, 126-147. 2001

WALLIS, K. F.; THOMAS, J. J. (1971) - **Seasonal variation in regression analysis**. Journal of the Royal Statistical Society, Ser. A, v. 134, n. 1, p. 57-72.