UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

AMÁLIA CRISTYNE SCHMIDT

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DE BIOMATERIAIS ODONTOLÓGICOS

Juiz de Fora

2017

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DE BIOMATERIAIS ODONTOLÓGICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: D.Sc. Roberto Malheiros Moreira Filho

Juiz de Fora

2017

Ficha catalográfica elaborada através do Modelo Latex do CDC da UFJF

com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Schmidt, Amália Cristyne.
DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DE BIOMATERIAIS ODONTOLÓGICOS / AMÁLIA CRISTYNE SCHMIDT. – 2017.
60 f. : il.

Orientador: D.Sc. Roberto Malheiros Moreira Filho
Graduação – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, Faculdade de Engenharia. CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017.

1. Planejamento e Controle da Produção. 2. Sistema de Coordenação de Ordens. 3. CONWIP. I. Moreira Filho, Roberto Malheiros, orient. II. Título.

AMÁLIA CRISTYNE SCHMIDT

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DE BIOMATERIAIS ODONTOLÓGICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em: 01/12/2017

BANCA EXAMINADORA

D.Sc. Roberto Malheiros Moreira Filho - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

D.Sc. Eduardo Breviglieri Pereira de Castro
Universidade Federal de Juiz de Fora

Renata Amaral Fonseca
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Celso e Sandra, e aos meus irmãos, pelo apoio, confiança e suporte essências para a conclusão dessa etapa em minha vida. Agradeço aos familiares e amigos pelos momentos compartilhados e experiências divididas. Agradeço a Deus por me abençoar e me guiar durante toda a trajetória percorrida.

Agradeço à empresa onde foi realizado o estudo, aos colegas de trabalho e aos gestores Yuri Fonseca e Celso Resende pela oportunidade concedida, pela confiança ao se disponibilizarem para a realização desse estudo e por todo suporte para meu desenvolvimento. Agradeço aos professores Roberto Malheiros e Márcio de Oliveira, pela disponibilidade de orientação e auxílio na execução de todo o trabalho e aos professores Eduardo Castro e Renata Amaral por contribuir para a completa realização deste estudo.

RESUMO

O presente trabalho tem como propósito dimensionar um Sistema de Coordenação de Ordens (SCO) em uma microempresa de biomateriais odontológicos. O referencial teórico deste trabalho foi fundamentado no Planejamento e Controle de Produção, Sistemas de Produção e na classificação dos SCO. Inicialmente, para se determinar a relação entre as classificações teóricas estudadas e a aplicação prática no objeto de estudo, foram coletados dados pertinentes ao fluxo produtivo da empresa em questão, analisadas suas principais características, como o portfólio de produtos, a capacidade de produção, tempos de processamento, restrições e políticas de atendimento para, em seguida, confrontar com as variáveis de cada SCO estudado. Observou-se que a implementação de um sistema híbrido controlado pelo nível de estoque CONWIP aplicado para dois grupos de produtos apresentaria maior viabilidade. Após as etapas de implementação e análise dos resultados, foram obtidos resultados satisfatórios para a empresa, ao se reduzir significativamente o número de pedidos em atraso, o nível de estoque em processo e de produtos acabados e a fácil gestão atrelada ao sistema escolhido.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção. Sistema de Coordenação de Ordens. CONWIP.

ABSTRACT

The purpose of the present work is to design an Order Coordination System (SCO) in a dental biomaterials' microenterprise. The theoretical framework of this work was based on Production Planning and Control, Production Systems and SCO classification. Initially, to determine the relationship between the theoretical classifications studied and the practical application in the object of study, data pertinent to the productive flow of the company were collected and its main characteristics analyzed, such as product portfolio, production capacity, processing times, constraints and service policies, to, then, compare with the variables of each SCO studied. It was observed that the implementation of a hybrid system controlled by the CONWIP stock level applied to two groups of products would be more feasible. After the implementation and analysis of the results, satisfactory results were obtained for the company, by significantly reducing the number of orders in arrears, the level of inventory in process and finished products and the easy management tied to the chosen system.

Keywords: Production Planning and Control. Order Coordination System. CONWIP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Metodologia aplicada ao estudo em questão. 17

Figura 2 – O contexto do PCP no âmbito dos diferentes níveis de planejamento. . 20

Figura 3 – Fluxo de produção da empresa em estudo 39

Figura 4 – Percentual de pedidos atrasados no período de Março de 2015 a Dezembro de 2016. 41

Figura 5 – Percentual de venda por família no período de 2015 e 2016 44

Figura 6 – Sistemas *Kanban* e CONWIP. 47

Figura 7 – Utilização de ordens MTS x MTO com base no histórico de vendas de 2016 49

Figura 8 – Modelo de um cartão CONWIP 52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos sistemas de produção 22
Quadro 2 – Classificação dos Sistemas de Coordenação de Ordens 23
Quadro 3 – Produtos comercializados pela empresa. 35
Quadro 4 – Famílias de produtos. 40
Quadro 5 – Comparativo da taxa de entrega para os sistemas de cartões MTS e MTO. 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos Sistemas de Coordenação de Ordens segundo algumas variáveis 33
Tabela 2 – Portfólio de produtos da empresa 36
Tabela 3 – Percentual de pedidos em relação ao prazo de entrega no período de março de 2015 a dezembro de 2016 40
Tabela 4 – Representatividade de cada bloco no total de vendas do ano de 2016. . 45
Tabela 5 – Cálculo da quantidade de cartões CONWIP para cada produto. 51
Tabela 6 – Número de cartões CONWIP para cada produto. 51
Tabela 7 – Percentual de pedidos em relação ao prazo de entrega após a implementação do Sistema de Coordenações de Ordens. 55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOM - Bill of Materials – Lista de Materiais

CAD/CAM - Desenho e Manufatura Assistidos por Computador

CNC - Comando Numérico Computadorizado

CNE - Sistema controlado pelo nível de estoque

CPM - Critical Path Method – Método do Caminho Crítico

MAD/MAM - Desenho e Manufatura Assistidos Manualmente

MPS - Master Production Schedule – Plano Mestre de Produção

MRP - Material Requirements Planning – Planejamento dos recursos de manufatura

MTO - Make to Order – Produção sob Encomenda

MTS - Make to Stock – Produção para Estoque

PCP - Planejamento e Controle de Produção

PERT - Program Evaluation and a Review Technique - Avaliação de Programas e Técnica de Revisão

SCO - Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra

WIP - Work in Process – Material em linha

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 12
1.2 JUSTIFICATIVA 13
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 14
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 16
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 16
1.5.1 REVISÃO DA LITERATURA 17
1.5.2 COLETA DE DADOS 17
1.5.3 ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DO SCO 18
1.5.4 IMPLEMENTAÇÃO 18
1.5.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS 19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 19

2 SISTEMAS DE COORDENAÇÃO DE ORDENS 20
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO 20
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO 21
2.3 SISTEMAS DE COORDENAÇÃO DE ORDENS 22
2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COORDENAÇÃO DE ORDENS 23
2.3.1.1 SISTEMAS DE PEDIDOS CONTROLADOS 24
2.3.1.1.1 SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO POR CONTRATO 24
2.3.1.1.2 SISTEMA DE ALOCAÇÃO DE CARGA POR ENCOMENDA 25
2.3.1.2 SISTEMAS CONTROLADOS PELO NÍVEL DE ESTOQUE 25
2.3.1.2.1 SISTEMAS DE REVISÕES CONTÍNUA E PERIÓDICA 25
2.3.1.2.2 KANBAN 26
2.3.1.2.3 SISTEMA CONWIP 27
2.3.1.3 SISTEMAS DE FLUXO PROGRAMADO 28
2.3.1.3.1 SISTEMA DE ESTOQUE-BASE 28
2.3.1.3.2 PBC (*PERIOD BATCH CONTROL*) 29
2.3.1.3.3 MRP (*MATERIALS REQUIREMENTS PLANNING*) 29
2.3.1.3.4 OPT (OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY) 30

2.3.2 COMPARATIVO 31

3 DESENVOLVIMENTO 34

3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO 34

3.2 PRODUTOS 35

3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO 36

3.3.1 DETERMINAÇÃO DAS FAMÍLIAS 39

3.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA 40

3.4.1 CAPACIDADE, TEMPO E RESTRIÇÕES DE PRODUÇÃO 41

3.4.2 HISTÓRICO DE VENDAS 43

3.5 DETERMINAÇÃO DO SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS 45

3.5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESCOLHIDO 48

3.5.1.1 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CARTÕES 48

3.5.1.2 MONTAGEM DOS CARTÕES 52

3.5.1.3 IDENTIFICAÇÃO VISUAL E MONTAGEM DOS CONTAINERS . . . 53

4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE 54

5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO 57

REFERÊNCIAS 58

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE 60

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Frente a grande competitividade no cenário atual, dispor de um sistema produtivo eficiente é fundamental para sobrevivência da empresa. O planejamento e controle da produção torna-se uma peça chave nesse processo, pois permite à empresa desenvolver técnicas pertencentes a uma das grandes áreas da Engenharia de Produção - Engenharia de Operações e Processos da Produção - responsável por planejar, controlar e otimizar o processo produtivo (ABEPRO, 2001) .

A empresa a ser analisada neste trabalho atua no mercado de biomateriais com foco no desenvolvimento de produtos para o setor odontológico desde 2008, quando observou no mercado de próteses dentárias a oportunidade de transformar conhecimento científico em um produto em falta na conjuntura em questão. Os preços praticados pelas empresas, a grande maioria internacionais, eram elevados e havia uma alta incompatibilidade dos produtos vendidos com os sistemas utilizados pelas empresas que processavam esses materiais. Viu-se então, a oportunidade de desenvolver produtos com tecnologia diferenciada no Brasil, que fossem viáveis tanto operacionalmente quanto financeiramente. Em 2013, a empresa se instalou em Juiz de Fora, Minas Gerais, dando continuidade aos trabalhos iniciados em 2008, em Guaratinguetá, interior de São Paulo.

Por ser uma microempresa em desenvolvimento, observou-se a necessidade de alinhar o conhecimento científico com melhorias em seu processo produtivo, para que continuasse a se destacar diante da concorrência e ganhasse uma parcela significativa do mercado.

Diante desse cenário, a aplicação de técnicas de Planejamento e Controle da Produção na empresa melhorou o processo utilizado pela mesma, uma vez que, segundo Nanci *et al.* (2008), o PCP influencia na competitividade da empresa ao viabilizar princípios de gestão com foco na excelência e a contínua busca por melhorias.

Mesquita & Castro (2008) destacam alguns pontos que podem avaliar a eficácia de um Planejamento e Controle de Produção, como a redução dos *lead times* de produção e dos custos de estoque, incluindo matéria-prima, estoque intermediário e produtos acabados; redução da ociosidade e de horas-extras e agilidade no cumprimento de prazos, bem como

responsividade ao cliente. Dessa forma, os autores concluem que a disponibilidade de um sistema de PCP permite o gerenciamento eficaz da demanda, dos materiais e da capacidade produtiva.

Ao implementar um sistema de PCP em uma linha de produção, Macedo (2014) enumera os ganhos obtidos ao sincronizar e balancear a linha produtiva, melhorar a estabilidade da produção ao se reduzir os *lead times* e reduzir significativamente o material em processo. Dessa forma, a eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, a otimização do trabalho, a minimização dos custos foram resultados que permitiram a empresa aumentar sua competitividade e se manter no mercado com distinção, acompanhando as evoluções globais, evidenciando a eficácia de um sistema de PCP quando bem aplicado.

1.2 JUSTIFICATIVA

Diante da crescente globalização é evidente a exigência do mercado e da necessidade das próprias empresas em se destacar no cenário competitivo (Nanci *et al.*, 2008). Os clientes exigem respostas rápidas e responsivas. Desse modo, segundo os autores, é de extrema importância à preocupação das organizações em melhorar continuamente seu processo produtivo e em satisfazer seus clientes.

Essa crescente exigência dos consumidores, juntamente com outros fatores, trouxe como consequência o surgimento de micro e pequenas empresas, conforme Lustosa *et al.* (2008). Os mesmos autores completam que a oportunidade percebida pela microempresa permite a ela atender um mercado específico, muitas vezes não observado por grandes empresas. Mas, para se manter no mercado e conquistar os clientes, é essencial o aperfeiçoamento dos sistemas de produção de forma a melhorar seu processo produtivo e criar, sobre tudo, sistemas com entregas rápidas e produtos com qualidade percebida.

A microempresa em questão, instalada em Juiz de Fora em 2013, se enquadra nesse cenário, uma vez que dispõe de um grande diferencial em seu processo produtivo e em seu portfólio de produtos, pois viu uma oportunidade no desenvolvimento e aperfeiçoamento de blocos odontológicos utilizados em sistemas CAD/CAM ($Computer - AidedDesign/Computer - Aided\ Manufacturing$: desenho e manufatura assistidos por computador).

Apesar desse diferencial nos produtos oferecidos, a empresa, durante sua etapa de desenvolvimento, não dispunha de metodologias elaboradas em seu sistema produtivo. Inicialmente, devido à baixa demanda, a produção era feita baseada na carteira de pedidos, o que prolongava a entrega aos clientes devido às etapas de produção possuírem um lead time longo. Com o tempo, os produtos começaram a ser produzidos de acordo com o nível de estoque de cada item, porém de forma empírica sem a realização de um estudo específico, acarretando ainda em atrasos na entrega de alguns produtos.

Dessa forma, o correto dimensionamento de um sistema produtivo se mostrou um forte aliado no desenvolvimento e maturação da empresa, pois impactou em melhorias nos processos e gerou competividade, permitindo a sobrevivência da empresa. Ao conhecer o fluxo de produção da empresa, suas características e peculiaridades, foi possível adequá-la a um sistema que fortalecesse e evidenciasse suas qualidades e benefícios, impactando em todo o seu processo.

Assim sendo, o desenvolvimento desse estudo justificou-se nas vantagens que um Sistema de Coordenação de Ordens de Produção pode trazer à empresa, permitindo que melhores resultados fossem alcançados, como maior responsividade, ao permitir um nível controlado dos materiais em processo, aumento na rapidez e confiabilidade do prazo, redução dos custos de estoque e custos de lead time e melhor sincronização entre demanda e suprimento (Vollmann *et al.*, 2006).

Neste contexto, por vivenciar essa necessidade na empresa e estar diante das dificuldades enfrentadas pela mesma para se manter e se diferenciar no mercado, surgiu o interesse de estudar melhorias e possíveis implementações que pudessem ser aplicadas na área produtiva da empresa, de forma a impactar em resultados positivos e melhoras significativas em seu fluxo produtivo.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O tema abordado no decorrer do trabalho consiste no Sistema de Coordenação de Ordens de Produção, presente na área de Planejamento e Controle da Produção. Segundo a divisão da ABEPRO (2001), a Engenharia de Produção pode ser dividida em dez grandes áreas. Dentre elas, a área de Engenharia de Operações e Processos de Produção é responsável por planejar, controlar e otimizar o processo produtivo. Dentro dessa grande

área, tem-se o Planejamento e Controle da Produção como subárea que, segundo Nanci *et al.* (2008) objetiva comandar, coordenar e controlar o processo produtivo da empresa. Como desdobramentos dessa subárea, têm-se o Planejamento Hierárquico e incluso a esse planejamento tem-se os Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção, que visa realizar o acompanhamento das atividades e controle na execução da produção (Costa *et al.*, 2008).

Quanto às delimitações do ambiente de estudo, o mesmo foi realizado em uma microempresa localizada em Juiz de Fora – MG, cuja atividade principal consiste na fabricação de biomateriais odontológicos. A empresa surgiu em 2008 na cidade de Guaratinguetá e em 2013 foi instalada em Juiz de Fora. A mesma desenvolve e fabrica materiais com aplicação principal na área odontológica e compete no mercado atual com grandes empresas internacionais, ao passo que, a implantação de um novo sistema de ordem de produção visou gerar valor em sua cadeia e fortalecer seu potencial no mercado.

O escopo do trabalho foi delimitado à escolha de um Sistema de Coordenação de Ordens, à implementação do sistema escolhido e à análise dos resultados após um período de funcionamento do mesmo. Foi estudado o exercício da empresa durante os anos de 2015 e 2016, a partir da qual a mesma possui dados históricos de vendas e atraso que permitiam análise. Para análise do número de pedidos enviados com atraso, foram analisados os pedidos recebidos pela empresa entre o período de março de 2015 a dezembro de 2016. Em contrapartida, para fins de cálculo do SCO adotado, foi analisado apenas o histórico de vendas no período de 2016, considerado com maior proximidade da realidade do mercado durante a implementação do sistema, realizada durante 2017. O Sistema de Coordenação de Ordens foi implementado apenas nos produtos fabricados para o Sistema CAD/CAM ($Computer - AidedDesign/Computer - Aided\ Manufacturing$: desenho e manufatura assistidos por computador), visto que os produtos fabricados para o Sistema MAD/MAN ($Manual - Aided - Design/Manual - Aided - Manufacturing$: desenho e Manufatura Assistidos Manualmente) não foram considerados no portfólio de produtos da empresa. De forma complementar, apenas os produtos que apresentaram vendas no ano de 2016 foram considerado para implementação do SCO. Para fins de análise de resultados, foram analisadas as informações após o período de implementação do sistema, compreendendo o período de março de 2017 a setembro de 2017.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi elaborar uma proposta de implantação de um Sistema de Coordenação de Ordens de Produção para uma empresa do ramo de biomateriais odontológicos.

Como objetivos específicos, foi possível analisar os resultados inerentes a essa implementação, que incluíram melhorias na confiabilidade do prazo ao se reduzir os atrasos de entrega, melhorias na continuidade da linha de produção e na utilização de recursos e matéria-prima, além de destaque no mercado ao aperfeiçoar seus sistemas.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia aplicada ao trabalho foi de natureza aplicada, uma vez que, através de conhecimentos sobre o assunto específico, auxiliou na contextualização e aplicação do tema em uma empresa de materiais odontológicos. Incluído a isso, a metodologia contemplou uma abordagem qualitativa que, de acordo com Miguel (2010), busca a obtenção de informações com ênfase na perspectiva do indivíduo em estudo e na análise e interpretação do ambiente em questão. O entendimento do processo da empresa foi fundamental para a obtenção das análises e considerações esperadas.

A Figura 1 apresenta o processo utilizado na estruturação do estudo em questão. Inicialmente ocorreu a elaboração de uma revisão literária do assunto em questão. Em seguida, foi realizada a etapa de coleta de dados, na qual foi realizado um estudo aprofundado na empresa. A análise dos dados obtidos juntamente com uma comparação dos Sistemas de Coordenação de Ordens estudados determinou a escolha do sistema, permitindo sua devida implementação e avaliação dos resultados.

Figura 1 – Metodologia aplicada ao estudo em questão.

Fonte: Autoria própria.

1.5.1 REVISÃO DA LITERATURA

Seguindo a metodologia indicada, inicialmente foi feita a revisão de literatura que abrangeu o tema de Planejamento e Controle de Produção com foco nos Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção, permitindo a construção de uma base teórica sobre o assunto. O desdobramento dessa revisão foi feito a partir do estudo dos Sistemas de Coordenação de Ordens, indicando seus conceitos, pontos fortes e fracos, deficiências e aplicações.

1.5.2 COLETA DE DADOS

A etapa seguinte consistiu na coleta de dados realizada na empresa em questão. Foi necessário conhecer o sistema produtivo como um todo, incluindo detalhamentos quanto ao tipo de layout implantado na empresa, a complexidade dos roteiros de produção, a estrutura e variedade dos produtos, tempo de processamento de cada um deles, tipo de materiais utilizados e setups envolvidos no processo. A coleta desses dados se deu através

de visitas realizadas à empresa, analisando o arranjo produtivo, as etapas do processo de produção, além da realização de um estudo do tempo desprendido em cada centro produtivo e análise da movimentação dos materiais na linha, desde a etapa inicial até o estoque. Essas análises permitiram entendimento da capacidade produtiva da empresa, determinação de gargalos e análise de restrições produtivas. Foi importante definir também os requisitos de qualidade desejados pela empresa, bem como a flexibilidade adotada no processo, para desdobrar os principais objetivos de desempenho. A partir de dados históricos presentes no relatório de vendas, foi possível obter uma estimativa da demanda, que auxiliou na definição da quantidade de itens produzidos por período. Além disso, foram coletados dados referentes aos produtos, como a ficha técnica de cada produto e a lista de materiais utilizados em cada fabricação além de dados de pedidos, permitindo analisar o tipo de atendimento da empresa, prazo de entrega e existência de atrasos. Esses dados foram coletados juntamente com o sócio/gerente a partir de entrevistas realizadas no ambiente e análise de documentos disponibilizados setor administrativo e de produção.

1.5.3 ANÁLISE E DETERMINAÇÃO DO SCO

Após a realização da coleta de dados, foi feita uma análise das informações obtidas e descritas na etapa anterior. Essa análise teve um aspecto crítico, com o objetivo de verificar a coerência desses dados com os temas abordados na revisão bibliográfica. Ou seja, essa análise buscou confrontar os dados coletados durante as entrevistas e visitas com as informações e pontos destacados na revisão da literatura, permitindo a realização de uma comparação com as similaridades dos Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção estudados e as informações da empresa em questão, ressaltando quais pontos corroboram para a escolha de um sistema que mais se adeque a empresa e apresentando uma proposta de Sistema de Coordenação de Ordens de Produção.

1.5.4 IMPLEMENTAÇÃO

Após a geração da proposta do Sistema de Coordenação de Ordens, o sistema escolhido foi implementado na empresa em questão para correta adequação e avaliação de seu real funcionamento. A implementação ocorreu em três etapas principais. Como o sistema implementado foi baseado na utilização de cartões de ordem de produção, a primeira etapa correspondeu à determinação do número de cartões para cada produto.

Após essa determinação, foram elaborados os cartões com suas devidas informações e, em seguida, realizada a identificação visual no estoque para a correta utilização do sistema.

1.5.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A partir da implementação do Sistema de Coordenação de Ordens foi possível avaliar os resultados obtidos e os ganhos alcançados pela empresa. Para tal, foi avaliado o número de pedido atrasados após a aplicação do sistema, correspondente ao período de março de 2017 a setembro de 2017, e feita uma comparação com os pedidos entregues atrasados antes da utilização do sistema, correspondendo aos anos de 2015 e 2016. Além disso, foram observados fatores na linha de produção que apresentaram melhorias significativas, como o balanceamento do fluxo de produção, observado a partir da redução de estoque intermediário e da correta utilização dos recursos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho consiste em cinco capítulos. O primeiro deles contém a etapa introdutória do trabalho, apresentando as considerações iniciais, justificativas, apresentação dos objetivos e a metodologia a ser desenvolvida.

O segundo capítulo abordou a revisão da literatura sobre o assunto em questão, apresentando uma contextualização de Planejamento e Controle de Produção, definições quanto ao Sistema de Coordenação de Ordens juntamente com os seus tipos, pontos fracos e fortes e aplicações. Ao final desse capítulo obteve-se uma comparação entre os tipos de sistemas estudados.

O terceiro capítulo iniciasse com a apresentação das informações da microempresa de materiais odontológicos, estudo dos produtos presentes em seu portfólio e considerações sobre seu processo produtivo, detalhando as características pertinentes a análise feita. Este capítulo englobou também o desenvolvimento sobre a proposta do Sistema de Coordenação de Ordens, indicando a escolha feita juntamente com suas justificativas e a metodologia de implementação do sistema escolhido.

O quarto capítulo apresentou os resultados obtidos após a implementação do SCO definido.

O último capítulo apresentou as conclusões e considerações finais sobre o trabalho.

2 SISTEMAS DE COORDENAÇÃO DE ORDENS

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O sistema de PCP é responsável pelo planejamento e controle de todos os aspectos da produção, envolvendo o gerenciamento de materiais, programação de máquinas e pessoas, coordenação de fornecedores e clientes-chave (Vollmann *et al.*, 2006). Essas atividades inter-relacionadas buscam comandar o processo produtivo e, segundo Vollmann *et al.* (2006), com as constantes mudanças dessas atividades e reações diversas diante a diferentes mercados, o seu desenvolvimento de forma eficaz é fundamental para o sucesso da empresa.

A Figura 2 ilustra as diferentes funções frente aos níveis hierárquicos de planejamento e o horizonte de planejamento.

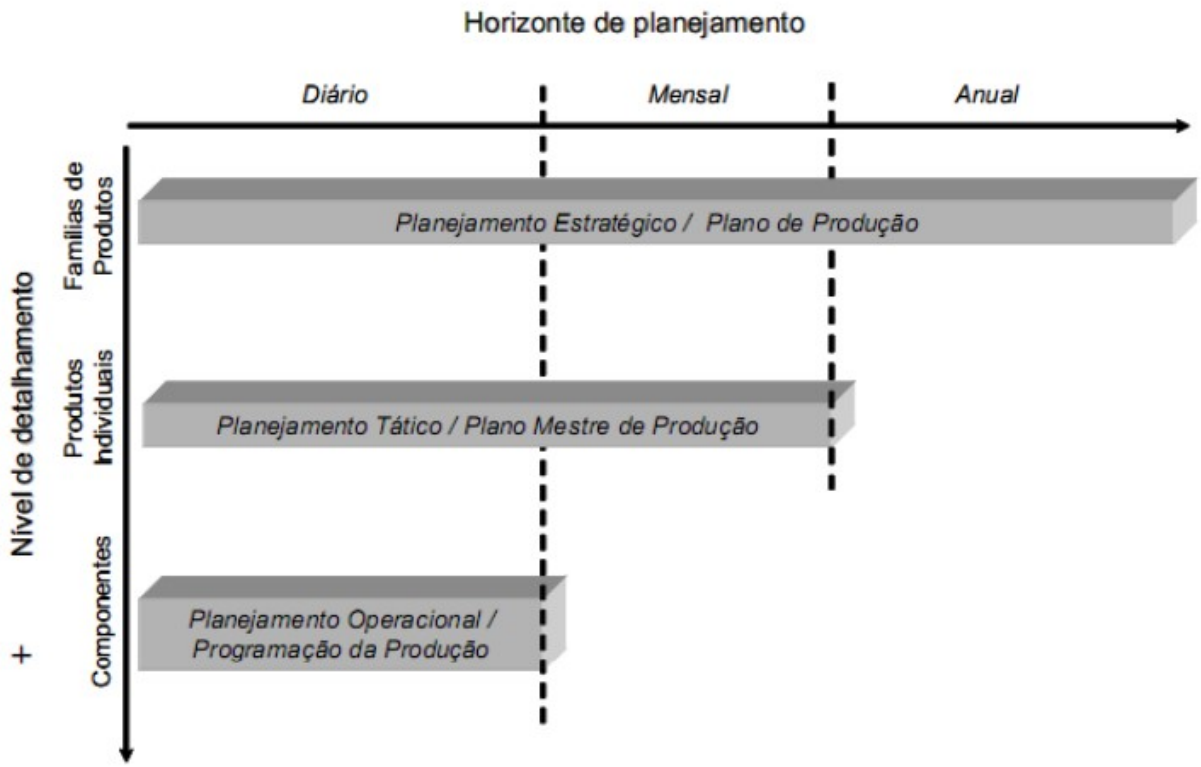


Figura 2 – O contexto do PCP no âmbito dos diferentes níveis de planejamento.

Fonte: Adaptado de Dini (2008)

Lustosa *et al.* (2008) elencam que o PCP pode atuar em três níveis hierárquicos principais associados a cada horizonte de planejamento, que podem ser explicados conforme

a Figura 2. Nota-se que o planejamento de longo prazo envolve decisões de Nível Estratégico, englobando definição das diretrizes da empresa, como missão, visão e valores; definição da área de negócio de atuação da empresa; análise de capacidade ao longo prazo e decisões referente à demanda do mercado para elaboração do Plano Agregado de Produção. Já o Nível Tático compreende ações em um horizonte de médio prazo que, a partir da desagregação do Plano Agregado, irá definir a necessidade de produção dos produtos, qual centro de produção será utilizado e a quantidade a ser produzida. O planejamento de curto prazo engloba funções de nível operacional, onde haverá um detalhamento maior da capacidade de cada centro e dos materiais a serem produzidos a partir de maiores especificações do produto e da lista de materiais.

A partir das decisões realizadas em cada um desses níveis, Fernandes & Godinho Filho (2012) definem quatro atividades principais do Controle da Produção: (a) elaboração do Plano Mestre de Produção para programar a produção dos itens finais; (b) programação dos componentes e materiais baseado na explosão das necessidades; (c) liberação das ordens de produção e compra; (d) programar e sequenciar as tarefas nas máquinas. Segundo os autores, os Sistemas de Coordenação de Ordens se propõem a realizar as três últimas atividades descritas, tópico que será aprofundado adiante.

2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O Sistema de Produção envolve a transformação e processamento de recursos de entrada (input) em saídas (output) sob a forma de bens e serviços (Costa *et al.*, 2008).

Esse sistema produtivo, segundo Vollmann *et al.* (2006), organiza um conjunto de recursos tecnológicos, econômicos, humanos, físicos e financeiros em materiais, equipamentos, instalações, processos e procedimentos, com o intuito de transformar recursos naturais em produtos adequados às necessidades de seus clientes e consumidores através da agregação de valor, podendo atender em distintas naturezas às demandas sociais, econômicas e financeiras.

Segundo Costa *et al.* (2008), os sistemas de produção são classificados com o objetivo de facilitar a compreensão de suas características e a relação entre as atividades produtivas. Essa classificação pode ocorrer de diversas formas, como pelo grau de padronização dos produtos, pelo tipo de operação, pelo ambiente de produção e pela natureza do produto,

conforme Quadro 1.

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Grau de padronização dos produtos	• Produtos padronizados • Produtos sob medida ou personalizados
Tipo de operação	• Processos contínuos (larga escala) • Processos discretos • Repetitivos em massa (larga escala) • Repetitivos em lote (flow shop, linha de produção) • Por encomenda (job shop, layout funcional) • Por projeto (unitária, layout posicional fixo)
Ambiente de produção	• Make-to-stock (MTS) • Assemble-to-order (ATO) • Make-to-order (MTO) • Engineer-to-order (ETO)
Fluxo dos processos	• Processos em linha • Processos em lote • Processos por projetos
Natureza dos produtos	• Bens • Serviços

Quadro 1 – Classificação dos sistemas de produção

Fonte: (Costa *et al.*, 2008)

2.3 SISTEMAS DE COORDENAÇÃO DE ORDENS

Segundo Fernandes & Godinho Filho (2012) os Sistemas de Coordenação de Ordens de Produção e Compra, ou simplesmente Sistemas de Coordenação de Ordens (SCO), são responsáveis por coordenar as ordens de produção e de compras no chão de fábrica. Suas principais funções podem ser descritas como:

- Programar ou organizar as necessidades em termos de componentes e materiais;
- Controlar a emissão/liberação das ordens de produção e compra;
- Sequenciar as tarefas nas máquinas;
- Controlar como as ordens circularão na unidade produtiva.

Esses sistemas, de acordo com Corrêa & Gianesi (1993), são responsáveis por fornecer as informações necessárias para o planejamento e controle do fluxo de materiais, da capacidade de produção, da utilização de mão-de-obra e dos equipamentos, considerando também a capacidade dos fornecedores, a estrutura interna e a demanda dos clientes

(Vollmann *et al.*, 2006).

Vollmann *et al.* (2006) enumeram os principais benefícios que a utilização de um Sistema de Coordenação de Ordens proporciona à empresa, sendo alguns eles: alcance de um nível cuidadoso e controlado de materiais em processo, responsividade, produtividade de mão-de-obra, trazendo vantagem sobre os competidores, redução dos custos indiretos, redução no lead time, redução de estoques e melhor sincronização entre demanda e suprimento.

2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COORDENAÇÃO DE ORDENS

Fernandes & Godinho Filho (2012) classificam os Sistemas de Coordenação de Ordens em quatro grupos, conforme quadro abaixo.

Sistemas de pedidos controlados	• Sistema de programação por contrato • Sistema de alocação de carga por encomenda
Sistemas controlados pelo nível de estoque (CNE)	• Sistema de revisão contínua • Sistema de revisão periódica • Sistema CONWIP CNE • Sistema kanban CNE
Sistemas de fluxo programado	• Sistema de estoque-base • PBC (Period Batch Control) • MRP (Materials Requirements Plannig) • OPT (Optimized Production Technology)
Sistemas híbridos	• Sistema de controle MaxMin • Sistema DBR (tambor, pulmão e corda) • Sistema DEWIP (Descentralized Work in Process) • Sistema LOOR (Load Oriented Order Release) • Sistema POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization)

Quadro 2 – Classificação dos Sistemas de Coordenação de Ordens

Fonte: Adaptado de Fernandes & Godinho Filho (2012)

Os sistemas de pedido controlado são utilizados onde é impossível manter estoque de produtos finais para atender os clientes. Já locais onde as decisões são tomadas com base no nível de estoque são classificados como sistemas controlados pelo nível de estoque (CNE). Sistemas de fluxo programado baseiam-se na transformação das necessidades do MPS (Programa Mestre de Produção) em necessidades dos componentes, estabelecendo

uma produção empurrada, visto que o fluxo de informação segue a mesma direção do fluxo de informações (Fernandes; Godinho Filho, 2012).

Os autores também incluem na classificação os sistemas denominados híbridos, que abrangem características dos sistemas controlados pelo nível de estoque e do fluxo programado. Porém, as definições de tais sistemas não serão inclusas nesse trabalho, visto que englobam características dos demais sistemas e não serão considerados na análise para implementação no objeto de estudo.

2.3.1.1 SISTEMAS DE PEDIDOS CONTROLADOS

Os sistemas de pedidos controlados são utilizados em sistemas onde é impossível manter estoque de produtos finais para atender os clientes (Fernandes; Godinho Filho, 2012). Ele é subdividido nos sistemas conforme se segue.

2.3.1.1.1 SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO POR CONTRATO

O Sistema de Programação por Contrato tem como foco sua utilização para coordenar ordens de produção para produtos de grande complexidade, feitos sob encomenda principalmente no caso de projetos especiais (Fernandes; Godinho Filho, 2012). De acordo com os autores, as etapas desse sistema compreendem a elaboração do projeto do produto e seus componentes, elaboração de cronogramas, planejamento dos métodos de produção, programação de operações e materiais e a emissão efetiva das ordens de fabricação dos itens.

Inicialmente, na etapa de elaboração do projeto, são feitas definições e divisões quanto aos componentes que irão abranger o projeto e as respectivas quantidades necessárias. Após essa definição faz-se necessário a elaboração de um cronograma, para se estabelecer datas de início e término do trabalho correlacionados com os componentes previamente estabelecidos. Nessa etapa é comum a utilização de técnicas como o PERT ($ProgramEvaluationandReviewTechnique$) e CPM ($CriticalPathMethod$), que irão auxiliar nessa programação. Feita a definição do cronograma, realiza-se o planejamento dos métodos de produção, ou seja, define-se todas as operações necessárias para a fabricação e obtenção de cada componente, a partir de uma análise detalhada de cada item do produto. Baseado nas etapas anteriores, é possível programar as operações para cada etapa de produção e programar os materiais necessários.

2.3.1.1.2 SISTEMA DE ALOCAÇÃO DE CARGA POR ENCOMENDA

O Sistema de Alocação de Carga por Encomenda, segundo Fernandes & Godinho Filho (2012), aplica-se a sistemas de produção não repetitivos e por se tratar de uma produção sob encomenda, a necessidade do cliente é imprevisível. De acordo com os autores, a ordem de fabricação e as requisições de compra e ferramentas serão reemitidas internamente com base nos pedidos dos clientes. Com isso será possível definir os prazos de entrega e programar o trabalho a ser feito. Além dessas saídas principais, os autores enumeram as seguintes etapas compreendendo as atividades a serem feitas nesse sistema:

a) Cotação de preços e prazos de entrega;

b) Planejamento dos métodos de produção;

c) Programação das datas de início e término para as operações;

d) Emissão das ordens de fabricação e envio para a produção;

e) Alocação de carga para detectar se a capacidade disponível atenderá à carga necessária;

f) Liberação dos materiais para conclusão do serviço dentro do prazo.

2.3.1.2 SISTEMAS CONTROLADOS PELO NÍVEL DE ESTOQUE

Segundo Fernandes & Godinho Filho (2012), um sistema o qual as decisões são tomadas com base no nível de estoque é classificado como um sistema controlado pelo nível de estoque (CNE). Ele é subdividido nos sistemas conforme se segue.

2.3.1.2.1 SISTEMAS DE REVISÕES CONTÍNUA E PERIÓDICA

O sistema de revisão contínua (também denominado como sistema de estoque mínimo) se baseia na emissão de uma ordem apenas quando o nível de estoque cai abaixo de um nível pré-determinado (Fernandes; Godinho Filho, 2012). Esse sistema mantém um registro atual do nível do estoque e quando o mesmo atinge o valor pré-determinado, uma quantidade fixa é solicitada para produção. Esse estoque sofre ação da demanda e, em cada retirada do estoque, o nível de estoque é imediatamente comparado com o seu ponto de reposição. Quando o nível é atingido, realiza-se um pedido de produção dos

itens (Werner; Lemos; Daudt, 2006). Dessa forma, seu melhor desempenho ocorrerá em sistemas com baixa variação na demanda (Fernandes; Godinho Filho, 2012).

Já no sistema de revisão periódica, segundo Fernandes & Godinho Filho (2012), as ordens dos componentes são emitidas em intervalos constantes de tempo e a quantidade solicitada de cada item é igual a um valor de referência subtraído da quantidade de estoque do componente em questão, logo o nível de estoque é monitorado periodicamente ao invés de continuamente como na revisão contínua. O valor de referência é determinado através do nível de serviço e da demanda durante o leadtime de suprimento somado ao período de revisão. Segundo Fernandes & Godinho Filho (2012), esse sistema é mais indicado em situações onde há um conjunto grande de itens relativamente baratos solicitados ao mesmo fornecedor no mesmo tempo.

2.3.1.2.2 KANBAN

Segundo Slack, Chambers & Johnston (2009), o sistema *Kanban*, que do japonês significa cartão ou sinal, é um sistema desenvolvido pela empresa Toyota proveniente da filosofia Just in time, utilizado para operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado e controlar a transferência de material de uma operação para outra. Segundo os autores, o *kanban* pode ser utilizado de três maneiras: (a) durante uma movimentação ou transporte de material, para avisar o estágio anterior a retirada de material do estoque e transferir para a etapa seguinte; (b) na produção, indicando a permissão de produção de um componente ou item para estoque; (c) como um *kanban* do fornecedor externo, que avisará o fornecedor sobre a necessidade de enviar um determinado material ou componente para uma etapa da produção. Apesar dessa diferenciação, os três tipos de *kanban* descritos seguem o mesmo princípio de funcionamento, que consiste na liberação do transporte, produção ou fornecimento quando ocorre o recebimento do cartão *kanban*. Logo, o processo subsequente coleta o número de itens indicados pelo *kanban* no processo precedente, então se duas unidades de cartões são recebidas, duas unidades de componentes ou itens são solicitadas à produção, transporte ou fornecimento.

Fernandes & Godinho Filho (2012) complementam que há duas formas de conduzir o sistema *kanban*: através de um cartão único ou através de um sistema de cartão duplo. No caso do *kanban* com cartão duplo, há a utilização de dois cartões no sistema: o cartão de requisição, denominado como *kanban* R, e o cartão de ordem de produção, denominado

como *kanban* P. De acordo com os autores, o *kanban* R circula entre centros produtivos consecutivos e tem como função autorizar o transporte de um item de uma estação para outra. Já o *kanban* P, circula em um mesmo centro produtivo e é responsável por autorizar a produção de determinando componente nesse centro. No caso do sistema *kanban* de cartão único, mais utilizado devido a sua simplicidade de funcionamento, há a utilização apenas do cartão *kanban* P de produção.

A partir da análise desse funcionamento, Lustosa *et al.* (2008) afirmam que esse sistema produz apenas as quantidades necessárias de cada item no momento necessário, para ter-se em produção apenas o que terá produção imediata, evidenciando o foco da produção com estoque zero, assim como a filosofia *Just in time*. Os autores complementam que a implementação desse sistema requer algumas condições, como sistemas de produção em massa e repetitivos, uma linha de produtos limitada com produtos padronizados e não complexos, a existência de um *layout* que permita um fluxo contínuo ou em grupo de peças, além de máquinas simples e universais com baixo tempo se setup e mão-de-obra multifuncional. A limitação principal desse sistema, conforme apontado por Lustosa *et al.* (2008), refere-se ao fato de não ser adequado a grandes variações da demanda.

2.3.1.2.3 SISTEMA CONWIP

O sistema CONWIP (*Constant work in process*) se baseia na utilização de cartões, porém ao contrário do *kanban*, os cartões são designados para um fluxo abrangente e não correspondem a uma peça específica. Segundo Srikanth (1994), a necessidade específica de uma peça é representada no início da linha de produção por cartões e determinada de acordo com uma lista de itens (*backlog list*) demandados. Spearman, Woodruff & Hopp (1990) destacam como principais objetivos desse sistema o controle maior do WIP, reduzindo os níveis de estoque, conforme prega a filosofia *just in time*, mas através da programação por cartões.

Segundo Silva *et al.* (2010), o funcionamento do sistema CONWIP inicia quando um item chega à linha. Nesse momento um cartão é anexado ao item (ou a um contêiner de peças) e segue com o mesmo durante todo o processamento do item. Após o processamento, o cartão é retirado e retorna ao início da linha para ser anexado ao produto subsequente. Seu funcionamento evidencia que o cartão está atrelado à linha, diferentemente do *Kanban* que relaciona o cartão com os componentes do produto.

Uma ressalva nesse sistema é que o CONWIP pode ser classificado como um sistema híbrido, uma vez que dentro da linha está limitado a um sistema puxado, porém, entre os postos de trabalho, o fluxo de informação pode ser empurrado (Hopp; Spearman, 2000). Ou seja, a liberação da ordem de produção pode ser determinada pela retirada de um produto acabado (ou container de produtos acabados) conforme a demanda, nesse sentido a demanda puxa o processo produtivo. Após a liberação dessa ordem de produção, indicada pelo cartão CONWIP, o processo torna-se empurrado (Spearman; Woodruff; Hopp, 1990).

Hopp & Spearman (2000) apontam algumas vantagens da implementação desse sistema, como a simplificação da sua gestão e fácil adaptação a um mix de produtos, devido à utilização de apenas um tipo de cartão para a linha toda e não por centro de trabalho, podendo aumentar a variedade de produtos em uma mesma linha.

Harrod & Kanet (2013) elencam resultados de pesquisas que favorecem o CONWIP comparado ao *Kanban* em sistemas de produção *jobbing*, devido a sua simples execução, otimização dos níveis de estoque e redução dos atrasos no fluxo, além de apresentar um retorno mais ágil a demanda.

2.3.1.3 SISTEMAS DE FLUXO PROGRAMADO

Sistemas de fluxo programado baseiam-se na transformação das necessidades do MPS (Programa Mestre de Produção) em necessidades dos componentes, estabelecendo uma produção empurrada, visto que o fluxo de informação segue a mesma direção do fluxo de informações (Fernandes; Godinho Filho, 2012).

2.3.1.3.1 SISTEMA DE ESTOQUE-BASE

Fernandes & Godinho Filho (2012) classificam o sistema de estoque-base como de fluxo programado, pois empurra a informação da produção vinda do PCP para à próxima etapa de estocagem. Logo, segundo os autores, o sistema se baseia na quantidade prevista para o próximo período, subtraída da quantidade em estoque até o momento e acrescido do estoque-base. O estoque-base, nesse contexto, representa um estoque de segurança utilizado para absorver flutuações na demanda.

2.3.1.3.2 PBC (*PERIOD BATCH CONTROL*)

No Sistema PBC, a produção se baseia na explosão do MPS (*Master Production Schedule* – Plano Mestre de Produção), que irá definir quanto deve ser produzido de cada componente em cada ciclo. Para isso, deve-se atribuir tempos para a emissão das ordens de produção e entrega das matérias-primas; para o processamento e recebimento de componentes, para a montagem e para a distribuição de vendas (Fernandes; Godinho Filho, 2012).

2.3.1.3.3 MRP (*MATERIALS REQUIREMENTS PLANNING*)

O Sistema MRP (*Materials Requirements Planning*) é o sistema básico da produção empurrada e, segundo Nahmias (2009) é baseado na previsão de itens de um horizonte específico, sendo um plano de produção para o produto final por período. Ainda segundo o autor, a elaboração do MRP pode ser feita através do MPS (*Master Production Schedule* – Plano Mestre de Produção). Fernandes & Godinho Filho (2012) elencam que, com base no MPS, é possível determinar o que, quando e quanto produzir de cada componente e o quando e quanto comprar das matérias-primas. Dessa forma, tem-se que as principais entradas necessárias para o MRP incluem o MPS, os níveis de estoque disponíveis e a lista de materiais, conhecida como BOM (*Bill of Materials*) (Fernandes; Godinho Filho, 2012).

Segundo os autores, o MPS é um fator chave e determinante para se empregar o sistema MRP. O Plano Mestre de Produção, além de determinar o que será produzido em cada período, a respectiva quantidade e a entrega dos produtos finais, alinha as decisões da empresa relacionadas à produção, marketing, compras e finanças.

No que diz respeito às informações de níveis de estoque, Fernandes & Godinho Filho (2012) ressaltam que garantir o controle com exatidão de cada item em estoque a cada transação é fundamental para o bom funcionamento do sistema.

A lista de materiais, também denominada como estrutura do produto, é uma representação, através de um diagrama, da sequência de matérias-primas, componentes e submontagens utilizados para a formação final do produto (Fernandes; Godinho Filho, 2012).

Além dessas informações de entrada para o MRP, o sistema possui parâmetros que, ao serem definidos de forma consistente, irão auxiliar em um bom funcionamento do sistema. Os principais parâmetros enumerados por Fernandes e Godinho são o tamanho do lote, estoque de segurança e *lead times*.

Nahmias (2009) enumera algumas vantagens e desvantagens na implementação desse sistema. As vantagens incluem a habilidade de reagir a mudanças na demanda, mesmo com a consideração de período de congelamento e número de revisões; permite o dimensionamento de lotes nos vários níveis do sistema, proporcionando a redução de setups e planejamento da produção para os vários níveis da empresa para períodos futuros possibilitando ajustes na força de trabalho para se adaptar à mudança da demanda. Como desvantagens o autor cita que as restrições de capacidade são altamente ignoradas; o impacto que o horizonte de planejamento tem no tamanho dos lotes recomendados; o fato do lead time ser assumido como fixo e ignora as perdas devido a produtos defeituosos ou tempo de máquina parada.

2.3.1.3.4 OPT (OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY)

A abordagem do OPT, ou Tecnologia de Produção Otimizada, de acordo com Lustosa *et al.* (2008), foi desenvolvida nos Estados Unidos pelo físico Eliyahu Goldratt e consiste em um sistema informatizado que controla a produção a partir do ritmo dos gargalos, baseado no conceito da Teoria das Restrições. Vollmann *et al.* (2006) denominam como gargalo "qualquer recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda necessária", logo pelo conceito da Teoria das Restrições, os centros produtivos identificados como gargalos são alvos da programação da produção, uma vez que todo o sistema e saída da produção da empresa são limitados por esses recursos.

O sistema DBR ($drum$=tambor; $buffer$=pulmão; $rope$=corda), apesar de caraterizado com um sistema híbrido por Fernandes & Godinho Filho (2012), também se baseia na Teoria das Restrições e pode ser utilizado na abordagem de programação do OPT. De acordo com Vollmann *et al.* (2006), o tambor representa os centros de trabalhos de gargalos que irão ditar o ritmo da produção; o pulmão representa o estoque de segurança antes dos gargalos, para garantir que haja material em todo o processo; e a corda representa a união da produção de cada recurso com o tambor, que irá puxar o material para os centros.

Como vantagens na utilização desse sistema, Lustosa *et al.* (2008) consideram a redução significativa dos *lead times* e do estoque, maior flexibilidade do sistema permitindo maior mix de produtos e menor esforço de implementação ao focar sua atenção nas operações críticas gerando resultados mais rápidos. Dentre as limitações, os autores referem-se à dificuldade na determinação das restrições (gargalos), o que caso feito errado irá comprometer todo o desempenho do sistema.

2.3.2 COMPARATIVO

O dimensionamento de um Sistema de Coordenação de Ordens deve estar alinhado com as necessidades e objetivos da empresa, e para isso, faz-se necessário avaliar variáveis do seu sistema (Corrêa; Gianesi, 1993). Algumas dessas variáveis são:

- Variedade de produto;
- Demanda;
- Horizonte de planejamento;
- Complexidade dos roteiros de produção, estrutura dos produtos e do sistema a ser utilizado;
- Introdução de novos produtos;
- Variabilidade dos lead times envolvidos;
- Estoque;
- Tipo de *layout*;
- Tipo de montagem.

A partir das principais variáveis acima definidas, buscou-se enquadrar os Sistemas de Coordenação de Ordens revisados nos tópicos precedentes em uma tabela comparativa, como resumo do estudo realizado, conforme Tabela 2.

Bianco (2008) ressalta que qualquer modificação feita em um SCO, pode acarretar na mudança da classe em que ele está inserido. Segundo Fernandes (2003), o SCO possui características de puxar a produção quando os fluxos de informação e de materiais seguem sentidos opostos e o SCO possui características de empurrar a produção quando esses fluxos seguem o mesmo sentido. Dessa forma, Bianco (2008) exemplifica que o Kanban é classificado como um SCO CNE, mas caso a programação desse sistema venha a ser

definida pelo PCP ele será classificado como um sistema híbrido. No caso do sistema a se implementar no objeto em estudo será notável essa diferenciação também.

O dimensionamento mais adequado para a empresa em estudo parte dessas principais variáveis indicadas, porém apenas um entendimento profundo do ambiente de produção e dos conceitos definidos nos tópicos anteriores permitiu uma análise coesa do melhor sistema a ser aplicado, uma vez que se notam similaridades entre os grupos de sistemas, conforme citado, acima qualquer alteração pode alterar a classificação geral do SCO. As mudanças de um sistema para outro podem ser elencadas basicamente na forma de programar a produção ou nas regras de controles a serem utilizadas (Bianco, 2008).

A próxima etapa do trabalho se desenvolveu dentro desse escopo, buscando entender peculiaridades dentro de cada sistema e alinhando o sistema produtivo da empresa dentre os estudos realizados. Foi observado que a implementação de um sistema integramente puro para a empresa foi de difícil implementação. Tais razões serão explicitadas mais adiante, durante a coleta e análise dos dados em questão.

		Fluxo da informação	Demanda	Nível de customização	Tipo de Produção
SISTEMAS DE PEDIDOS CONTROLADOS	Sistema de programação por contrato	Sob encomenda	Alta variação	Customizado	Grandes projetos
	Sistema de alocação de carga por encomenda	Sob encomenda	Alta variação	Customizado	Grandes projetos
SISTEMAS CONTROLADOS PELO NÍVEL DE ESTOQUE	Sistema de revisão contínua	Puxado	Baixa variação	Padronizados	Sistemas repetitivos
	Sistema de revisão periódica	Puxado	Baixa variação	Padronizados	Sistemas repetitivos
	KANBAN	Puxado	Baixa variação	Padronizados	Produção em massa/sistemas repetitivos
	CONWIP	Híbrido	Baixa variação	Padronizados ou semicustomizado	Sistemas repetitivos ou semi-repetitivos
SISTEMA DE FLUXO PROGRAMADO	Sistema de estoque-base	Empurrado	Considerável variação no produto final, mas demanda estável para itens comuns	Padronizados ou semicustomizado	Semi-repetitivo
	PBC	Empurrado	Atende as variações	Padronizados ou semicustomizado	Repetitivo ou semi-repetitivo
	MRP	Empurrado	Atende as variações	Customizado ou semicustomizado	Não-repetitivo
	OPT	Empurrado	Atende as variações	Semicustomizados	Semi-repetitivo

Tabela 1 – Classificação dos Sistemas de Coordenação de Ordens segundo algumas variáveis

Fonte: Adaptado de Maccarthy & Fernandes (2000)

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Inicialmente instalada em Guaratinguetá, a empresa do estudo em questão surgiu em 2008 mas, em 2013, sob o comando de outra gerência, iniciou seu funcionamento na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Seu surgimento ocorreu como meio de aliar pesquisa e inovação em um produto, diante da crescente automação de diversos processos na Odontologia. Com o constante desenvolvimento da tecnologia CAD/CAM ($Computer-AidedDesign/Computer-Aided\ Manufacturing$: desenho e manufatura assistidos por computador), o mercado de implantes e restauração sofreu uma mudança significativa de dinâmica de funcionamento. Laboratórios de prótese de grande e médio porte começaram a adquirir essa nova tecnologia, gerando um aumento de produção e qualidade dos produtos ofertados. Até então, os sistemas CAD/CAM eram dominados exclusivamente por empresas estrangeiras, sem concorrência nacional, dificultando a aquisição por parte dos laboratórios nacionais. Ao adquirir o sistema, os laboratórios ficavam restritos à compra de insumos destes fabricantes, devido à compatibilidade com o mesmo. Esses fornecedores então praticavam preços elevados devido a questões logísticas e tributárias no processo de importação e devido à concentração da oferta em um número restrito de empresas. Diante dessas questões, viu-se então a oportunidade de desenvolver um produto diferenciado no Brasil como uma solução para as empresas desse mercado, permitindo a produção de insumos em território nacional viável financeira e operacionalmente, com prazo de entrega curto, qualidade igual ou superior ao produto importado e de configuração flexível, possibilitando sua utilização em todos os sistemas CAD/CAM empregados na área odontológica.

Dessa forma, os materiais desenvolvidos e produzidos pela empresa consistem em blocos cerâmicos de zircônia compostos por óxido de zircônio (ZrO_2) estabilizado com óxido de ítrio (Y_2O_3) com preços altamente competitivos que atendem os sistemas de diversos fornecedores dos equipamentos CAD/CAM.

Seus clientes são de maneira geral laboratórios de próteses e consultórios odontológicos que possuem equipamentos CAD/CAM para produção de próteses dentária. A comercialização dos produtos da empresa é feita nacionalmente, mas apresenta predominância de vendas nas regiões sul e sudeste do país.

3.2 PRODUTOS

Atualmente, os produtos vendidos pela empresa em estudo consistem em blocos odontológicos que atendem diferentes tipos de máquinas CAD/CAM. A diferenciação desses ocorre justamente na máquina utilizada pelo cliente, que determina sua geometria, espessura e demais características. Os produtos comercializados pela empresa são conforme ilustrados no Quadro 3.

Quadro 3 – Produtos comercializados pela empresa.

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 2 representa o portfólio total de produtos da empresa, identificando as diferenciações dos produtos ilustrados no Quadro 3.

Blocos cilíndricos para sistema aberto	
Produto	**Descrição**
Cd10	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 10 mm
Cdr12	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 12 mm c/ rebaixo contínuo
Cdr14	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 14 mm c/ rebaixo contínuo
Cdr16	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 16 mm c/ rebaixo contínuo
Cdr18	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 18 mm c/ rebaixo contínuo
Cdr20	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 20 mm c/ rebaixo contínuo
Cdr22	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 22 mm c/ rebaixo contínuo
Cdr25	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 25 mm c/ rebaixo contínuo
Blocos arcada compatíveis com o sistema CAD/CAM 01	
Produto	**Descrição**
Am12	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM em formato de arcada 12 mm
Am14	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM em formato de arcada 14 mm
Am16	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM em formato de arcada 16 mm
Am18	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM em formato de arcada 18 mm
Am20	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM em formato de arcada 20 mm
Am25	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM em formato de arcada 25 mm
Blocos cilíndricos compatíveis com o sistema CAD/CAM 02	
Produto	**Descrição**
Zk10	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 10 mm c/ rebaixo parcial
Zk12	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 12 mm c/ rebaixo parcial
Zk14	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 14 mm c/ rebaixo parcial
Zk16	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 16 mm c/ rebaixo parcial
Zk18	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 18 mm c/ rebaixo parcial
Zk20	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 20 mm c/ rebaixo parcial
Zk22	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 22 mm c/ rebaixo parcial
Zk25	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Cilíndrico 25 mm c/ rebaixo parcial
Blocos retangulares compatíveis com o sistema CAD/CAM 03	
Produto	**Descrição**
Ce40	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Retangular 40x19x15 mm
Ce85	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Retangular 85x40x22 mm
Ce65	Bloco cerâmico de zircônia para sistema CAD/CAM Retangular 65x40x17 mm

Tabela 2 – Portfólio de produtos da empresa

Fonte: Autoria própria.

3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo de produção se inicia após o recebimento e estocagem da matéria-prima. A matéria-prima consiste no pó cerâmico de zircônia, que é registrada e então separada uma amostra para realização de testes. A equipe técnica avalia através de testes de microscopia e densidade a verde (densidade do material após a prensagem do pó cerâmico) se as características estão conformes às especificações cedidas pelo fornecedor. Após a aprovação do lote da matéria-prima ela é disponibilizada e transferida para a área de

produção.

Após a aprovação, quando o ocorre o recebimento da ordem de produção, é realizada a pesagem da matéria-prima de acordo com o bloco a ser produzido. Cada geometria de bloco possui vários modelos que se diferem pela sua espessura. Logo, cada um deles exige um quantitativo diferente de zircônia para sua produção, que irá garantir a espessura desejada. Essa etapa é realizada utilizando-se uma balança de precisão em uma capela de exaustão.

Para realizar a compactação, é utilizada uma Prensa Hidráulica. O operador deve regular a carga da prensa de acordo com a geometria desejada. Essa determinação da carga também se baseia em estudos dos pesquisadores. Após a regulagem da carga ele deve controlar a compactação da peça através de uma alavanca, que irá direcionar o pistão para cima ou para baixo. Após a compactação, ele deve desenformar o bloco, ou seja, retirá-lo da matriz. Para tal atividade utiliza-se um instrumento conhecido como sacador. Ele é posicionado em cima da matriz e, ao direcionar o pistão para baixo, o sacador irá empurrar a parte superior da matriz, desenformando o bloco.

Após a etapa de compactação, o bloco segue para a etapa de pré-sinterização. Para tal é utilizado um forno do tipo mufla, com o objetivo de processar termicamente os blocos prensados de zircônia. Essa queima permite que as partículas de zircônia condensem, reduzindo-se ou eliminando-se os espaços entre as mesmas. Isto permite que o material adquira propriedades mecânicas adequadas para sua utilização na odontologia.

O forno é programado de acordo com as curvas de sinterização determinadas pelos pesquisadores. A partir dos estudos e do mapeamento do forno realizado com periodicidade, eles determinam os melhores ciclos de sinterização dos blocos. Os dados necessários para programar o forno são os seguintes: temperatura inicial (ºC), taxa de aquecimento (ºC/min), permanência quando atinge a temperatura máxima (min) e resfriamento até a temperatura final. O tempo de sinterização ocorre em média em três dias.

Após o processo de pré-sinterização, todos os blocos são aferidos. Essas dimensões são essenciais para determinar o fator de retração de cada bloco. Esse fator é fundamental para a posterior utilização dos clientes. Com o cruzamento das informações obtidas a partir da rastreabilidade de sua posição no forno e de sua temperatura é possível otimizar

o processo.

Após a aferição, ocorre uma diferenciação no processo de acordo com a geometria do bloco produzido. Os blocos com geometria cilíndrica seguem para a etapa de fresagem e os blocos retangulares e de geometria arcada seguem para a colagem de um acessório.

Na etapa de fresagem é feito um rebaixo nos blocos que permitirá o encaixe na máquina CAD/CAM do cliente. Essa usinagem é feita através de uma fresadora CNC, a qual, através de uma programação de código ela usina o bloco de acordo com sua espessura. Já para os blocos retangulares e de geometria arcada ocorre a colagem de um acessório, sendo uma haste metálica para o bloco retangular e uma moldura plástica para os blocos de geometria arcada.

Após essa diferenciação no processo, ocorre o processo de embalagem que consiste na colocação da etiqueta com as informações do produto e na colocação do produto na embalagem. A etiqueta possui o número de identificação do bloco (ID produto) que irá permitir a futura rastreabilidade, o código do bloco indicando a geometria e a espessura, a data de fabricação e o fator de retração. Na embalagem é inclusa também um conjunto de espuma de acordo com a geometria do bloco. Ele irá proteger o bloco e evitar danos ao produto durante o armazenamento e transporte, garantindo assim que a qualidade não se perca nesse processo quando chegar ao cliente. Após o processo de embalagem, os blocos são armazenados e identificados na sala de Produtos Acabados. Conforme a ocorrência de pedidos, os blocos são separados e preparados para expedição.

A Figura 3 representa o fluxo de produção conforme as etapas acima descritas.

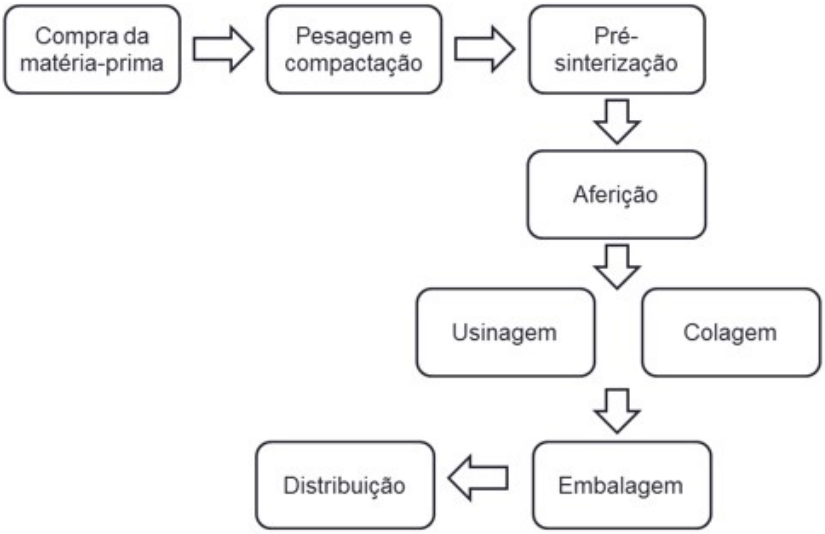


Figura 3 – Fluxo de produção da empresa em estudo

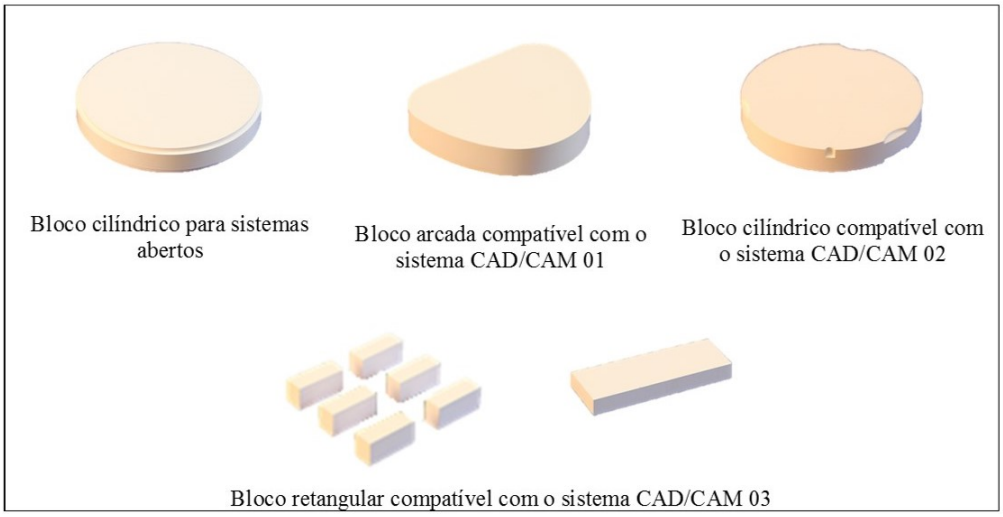
Fonte: Autoria própria

3.3.1 DETERMINAÇÃO DAS FAMÍLIAS

A diferenciação do bloco inicia-se na compactação, onde o operador deve selecionar a matriz correspondente à geometria do bloco a ser produzido. Além disso, cada bloco de cada sistema exige uma massa diferente, para obter a espessura desejada, e cada sistema exige uma força de compactação diferente. A diferenciação na força de compactação exige a realização de setups no equipamento utilizado, uma prensa hidráulica, a cada troca de geometria a ser produzida. A etapa de pré-sinterização não se altera de acordo com a geometria, permitindo que seja utilizada a mesma programação no formo para todos os blocos, limitando-se a sua capacidade. Da mesma forma ocorre na etapa de aferição, como consiste em medições, não se altera, visto que se utiliza apenas o paquímetro digital em todos os blocos. Ocorre outra diferenciação na etapa seguinte, onde os blocos cilíndricos prosseguem para a etapa de usinagem e os blocos arcada e retangulares seguem para a colagem de um acessório externo. O bloco com geometria arcada recebe uma moldura plástica e o bloco retangular recebe uma haste metálica. Em ambos os casos a finalidade é a adaptação do bloco ao sistema de usinagem utilizado pelo cliente. A colagem da moldura e da haste é feita de forma manual com a utilização de uma cola adesiva cianoacrilato.

Visto tais diferenciações e fatores, os produtos foram agrupados em famílias de acordo com sua geometria e, consequentemente, seu sistema, que irá definir o fluxo de produção do produto. Dessa forma, foram consideradas quatro famílias de produtos,

conforme Quadro 4.



Quadro 4 – Famílias de produtos.

Fonte: Autoria própria.

3.4 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A empresa em questão sofria constantemente com atrasos de pedidos por não possuir em estoque os produtos com maiores demandas. No período de março de 2015 a dezembro de 2016, 74% foram entregues após um período de sete dias, conforme dados da Tabela 3 e gráfico da Figura 4 . Não há dados quantitativos suficientes de entrega no período anterior a março de 2015.

Prazo de entrega	Percentual de pedidos
Até 07 dias	26%
De 08 a 14 dias	33%
De 15 a 21 dias	18%
De 22 a 30 dias	23%
Mais de 30 dias	01%

Tabela 3 – Percentual de pedidos em relação ao prazo de entrega no período de março de 2015 a dezembro de 2016

Fonte: Autoria própria.

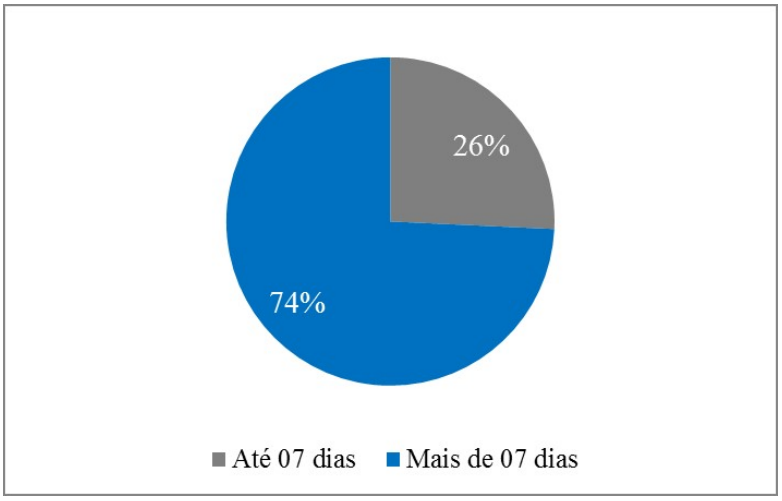


Figura 4 – Percentual de pedidos atrasados no período de Março de 2015 a Dezembro de 2016.

Fonte: Autoria própria

A produção era feita de maneira arbitrária, conforme ocorriam os pedidos. Em um segundo momento, foi determinado de maneira empírica um estoque mínimo, de acordo com uma análise dos produtos que tinham maior saída. Mas, mesmo com essa definição, havia atraso nos pedidos e presença de estoque de produtos com poucas saídas, além da ocorrência de problemas oriundos de produções feitas com urgência, o que ocasionava em produtos não conformes constantemente (por exemplo, a cola do acessório não atingia a cura necessária ocasionando desnivelamento ou descolagem do acessório).

Dessa forma, viu-se a necessidade de dimensionar um sistema mais eficaz que controlasse de forma coesa o sistema de produção. Foram, então, analisadas as características da produção incluindo a capacidade produtiva, respectivos tempos de cada posto de trabalho, as restrições do processo produtivo bem como feita uma análise do histórico de vendas do ano de 2016.

3.4.1 CAPACIDADE, TEMPO E RESTRIÇÕES DE PRODUÇÃO

A etapa de compactação é realizada para se obter o bloco consistente e com a dureza necessária. Essa etapa engloba o ajuste de carga na prensa hidráulica, de acordo com a geometria a ser compactada; o preparo da matriz; a conferência de peso padrão (realizada apenas na primeira pesagem do dia); a pesagem do pó de zircônia; a compactação e a descompactação. O *setup* na prensa hidráulica, que decorre em média em três minutos e quarenta segundos, ocorre apenas no início da compactação de uma nova geometria,

não sendo necessário realizar quando se altera um produto dentro da mesma família. Por determinação da empresa, a fim de se evitar falhas no processo, em cada turno o operador realiza a compactação de uma geometria, não sendo programada a compactação de duas geometrias diferentes durante um mesmo turno. O tempo de paramentação do operador também foi considerado, sendo em média dois minutos e quarenta e cinco segundos, sendo realizado apenas no início do turno. Feitas essas considerações, o tempo total de setup na etapa de compactação foi em média de sete minutos e dez segundos, por turno. Já o tempo de produção para um bloco foi em média onze minutos e quarenta e seis segundos. Pelo histórico de produção do operador nessa etapa, sua capacidade diária se restringe a 22 blocos, representando, em média, 11 blocos por turno.

A etapa de pré-sinterização consiste em processar termicamente os blocos prensados de zircônia. Essa queima permite que as partículas de zircônia condensem, reduzindo ou eliminando os espaços entre as mesmas. O processo consiste em abastecer o forno com as unidades compactadas e realizar o *setup*, o qual inclui uma programação computacional a partir de um *software* específico. Nessa programação é informada a curva de sinterização que o forno irá desenvolver, que inclui os parâmetros taxa de aquecimento (°C/min), temperatura (°C) e tempo de permanência (min). O tempo de *setup* dessa etapa, considerando o abastecimento do forno e a programação do software, decorre em média vinte e cinco minutos. Já o processo de produção, que consiste na queima, chega a atingir temperaturas superiores à 1092°C, de forma que todo o processo (queima e resfriamento) decorra aproximadamente 78 horas, equivalente a três dias e seis horas.

O processo de aferição é realizado utilizando um paquímetro digital, no qual, cada bloco é aferido em duas dimensões. No caso dos blocos de geometria retangular, o comprimento e largura são medidos. Para os blocos cilíndricos, as duas medidas são obtidas girando-se os blocos em 90 graus. No caso dos blocos de geometria do tipo arcada, as duas medidas correspondem aos diâmetros maior e menor. Em média, a aferição de cada bloco leva setenta segundos, sendo possível em uma hora aferir até 50 blocos.

A etapa de usinagem, realizada apenas nos blocos cilíndricos, consiste em realizar um rebaixo no bordo dos blocos. Essa etapa é realizada através de uma programação do *software* da CNC. Inicialmente o operador faz a programação no *software* e verifica se há necessidade de ajustar o eixo zero. Não havendo a necessidade de realizar o alinhamento, o *setup* ocorre em média em um minuto e trinta segundos, totalizando para cada bloco o

tempo médio de oito minutos e noventa segundos de operação. Caso haja a necessidade de ajustar o eixo, o *setup* é acrescido de quatro minutos em média, porém, quando realizado, sua ocorrência é de uma vez por turno.

Diferentemente dos blocos cilíndricos, os blocos de geometria arcada e retangular seguem, após a pre-sinterização, para a etapa de colagem de acessório. Em ambos os casos o operador leva em média quatro minutos e quinze segundos para realizar todo o processo, incluindo a separação dos materiais utilizados e a colagem em si.

Após a finalização da usinagem ou da colagem, os blocos seguem para a etiquetagem e embalagem. A realização de todo o processo, incluindo a colagem da etiqueta; inserção das espumas de proteção, do bloco e da instrução de uso; e o fechamento da caixa leva em média cinco minutos por bloco, visto que é feita uma inspeção para averiguar e certificar a qualidade do bloco.

Analisado tais informações das etapas de produção, infere-se que a etapa de pré-sinterização restringe as demais etapas do processo produtivo, visto que limita a capacidade final de produção e observa-se de forma corriqueira a presença de estoque intermediário antes dessa etapa. Devido a sua capacidade inferior e maior tempo de processamento, ela delimita o ritmo de todas as outras etapas. A capacidade máxima dessa etapa, considerada então a capacidade máxima do fluxo como um todo, é de 10 fornadas por mês, sendo que cada fornada comporta até 30 blocos.

3.4.2 HISTÓRICO DE VENDAS

Foram analisadas as vendas dos anos de 2015 e 2016, conforme o gráfico da Figura 5. Os blocos de código Am22, Am25, Cdr22, Cdr25, Zk22, Zk25, que não apresentaram vendas, foram desconsiderados do gráfico. O Gráfico 02 considera os valores percentuais de vendas. Observa-se que os dois anos apresentam o mesmo padrão de vendas, dessa maneira, para fins de análise, foi considerado apenas o exercício de 2016, visto também que está mais próximo da realidade atual do mercado.

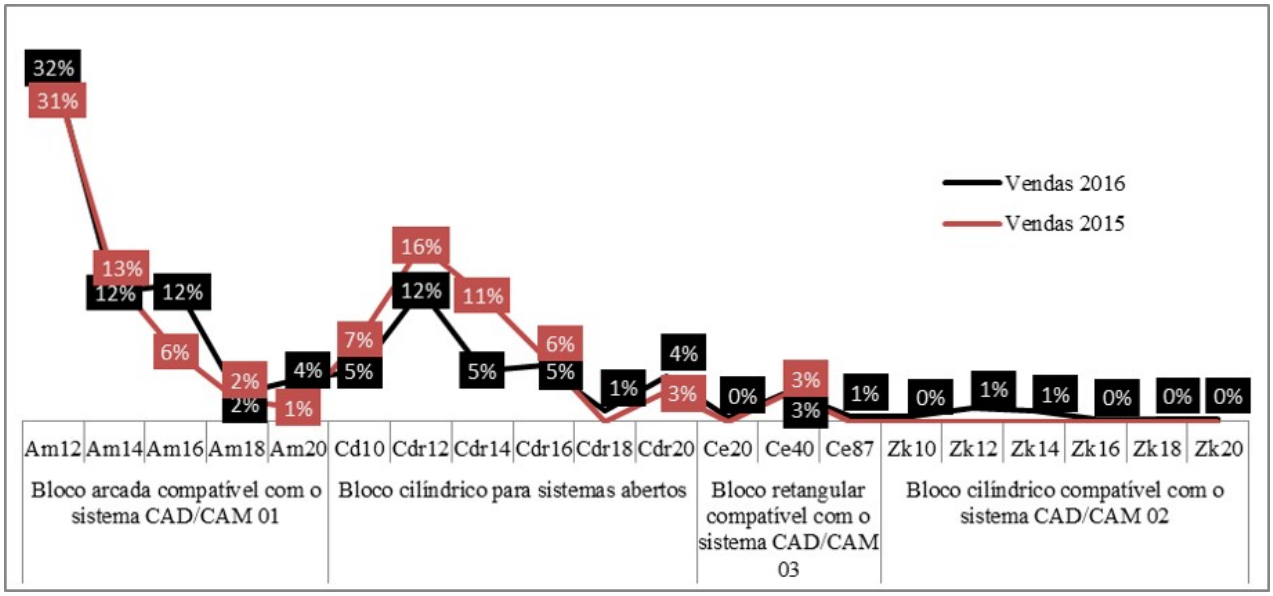


Figura 5 – Percentual de venda por família no período de 2015 e 2016

Fonte: Autoria própria

A Tabela 4 mostra a representatividade de cada bloco nas vendas realizadas no ano de 2016. O bloco de geometria arcada de espessura 12 milímetros (Am12), por exemplo, representou, no ano de 2016, 32% de vendas em um total de 20 produtos. O segundo produto de maior saída, o bloco de geometria arcada de 16 milímetros (Am16), representou 12% de vendas, seguido do bloco cilíndrico com rebaixo contínuo de 12 milímetros (Cdr12), também com 12% de vendas no ano de 2016. Observa-se então que os blocos de código Am12, Am14, Am16, Cd10, Cdr12, Cdr14, Cdr16 representaram 82% das vendas. Em contrapartida, os outros 14 produtos representaram juntos apenas 18%. Os blocos Zk10, Ce20, Zk16, Zk18 e Zk20, apesar de apresentarem percentual igual a zero, tiveram vendas pouco significativas em relação ao total.

Produtos	Representatividade no total de vendas
Am12	32%
Am16	12%
Cdr12	12%
Am14	12%
Cdr16	5%
Cdr14	5%
Cd10	5%
Cdr20	4%
Am20	4%
Ce40	3%
Am18	2%
Zk12	1%
Cdr18	1%
Zk14	1%
Ce87	1%
Zk10	0%
Ce20	0%
Zk16	0%
Zk18	0%
Zk20	0%

Tabela 4 – Representatividade de cada bloco no total de vendas do ano de 2016.

Fonte: Autoria própria

3.5 DETERMINAÇÃO DO SISTEMA DE COORDENAÇÃO DE ORDENS

A partir das análises das características do fluxo produtivo, das famílias de produto, análise do histórico de vendas e da descrição do problema de planejamento de produção adotado pela empresa em questão, foi possível observar as variáveis para estudo do sistema de coordenação de ordens a se adotar, como a variedade de produção, o histórico de venda dos produtos, a complexidade do fluxo e a variabilidade dos *lead times*.

Inicialmente, observa-se que os Sistemas de Coordenação de Ordens de Pedidos Controlados não se aplicam ao sistema em questão, visto que é possível a empresa manter estoque de produtos acabados de forma a atender as necessidades dos clientes, caso adote uma política de atendimento MTS (*make to stock*). Esses sistemas se aplicam em casos de altas variações na demanda e o fluxo de informação é exclusivamente sob-encomenda, características que se adotada para todos os produtos da empresa em questão, acarretaria em um aumento significativo de atrasos para produtos com grandes saídas. Além disso, não há elaborações de grandes projetos com complexidade alta, característica marcante

nesse tipo de sistemas.

Comparando-se com os SCO de Fluxo Programado, que possuem o fluxo de produção integralmente empurrado e se baseiam na transformação das necessidades do Programa Mestre de Produção, sua implementação na empresa poderia acarretar em um estoque elevado de produtos com poucas saídas, consequentemente em uma má utilização da matéria-prima e insumos, visto que a respectiva demanda desses produtos é instável e exigiria revisões periódicas em seu planejamento. Além disso, diante da capacidade limitada do processo produtivo e limitação da mão-de-obra, as ocorrências de horas extras poderiam ser corriqueiras, geradas pela necessidade de atendimento de pedidos não considerados na previsão de demanda. Dessa forma, os riscos inerentes as implementações desse sistema seriam elevadas, além da sua complexidade de planejamento perante variações de demanda.

Com relação aos SCO controlados pelo nível de estoque, como o processo produtivo é muito restrito no que diz respeito ao tempo final de produção, sua implementação traria viabilidade ao se manter um estoque dos produtos de forma a atender de forma rápida o cliente e gerar as ordens de produção com os sinais dos níveis de estoque, gerando uma continuidade na linha. Esse sistema seria viável principalmente para os produtos com maior saída que demandam pronta-entrega ao cliente. Os sistemas de revisão contínua e periódica criariam dificuldades consideráveis devido às diferenças significativas nas vendas dos produtos, pois gerariam muitas variações nas quantidades dos itens em estoque e diante de oscilações no volume de vendas seu reajuste seria penoso. Já os sistemas controlados pelo nível de estoque $Kanban$ e CONWIP, que possuem similaridade por trabalharem com cartões, se mostraram os sistemas com maiores pontos favoráveis à implementação. A diferença crucial entre eles, que foi definitiva para a escolha do sistema de SCO na empresa em estudo, consiste na designação dos cartões, visto que o Kanban é trabalhado para designar uma peça específica e os cartões do CONWIP são designados para um fluxo todo, conforme ilustrado por Hopp & Spearman (2000). Os autores explicam que o CONWIP limita o WIP ($Work - in - process$) dentro da linha, enquanto o $Kanban$ o limita entre os postos de trabalho. Dentro do processo produtivo então, no caso do sistema CONWIP haverá apenas um cartão para todo o processo de fabricação, isto é, um único cartão é repassado para todas as etapas de produção. Já no Sistema $Kanban$ haverá vários cartões para cada etapa produtiva (Onyeocha C. ; Wang, 2015).

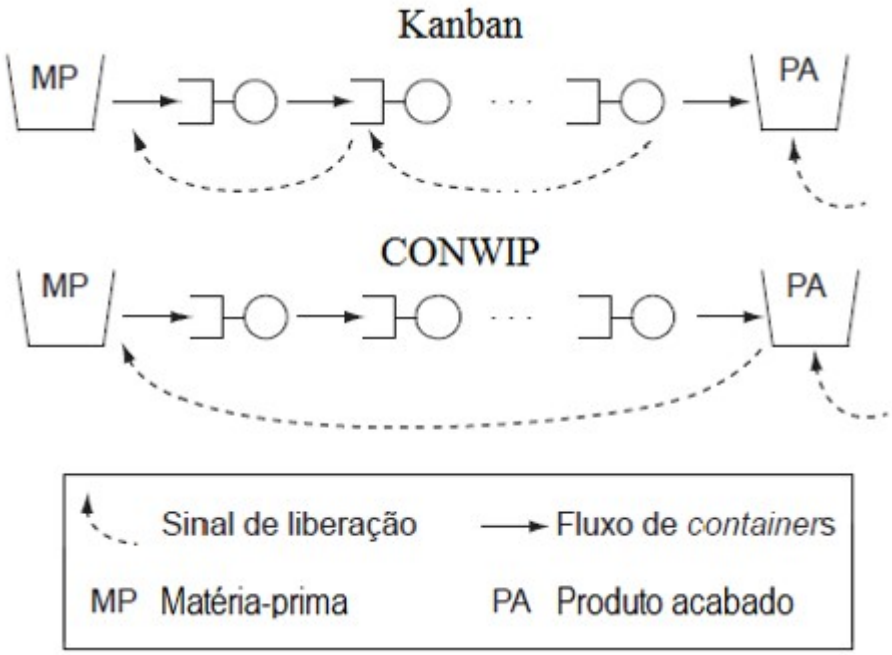


Figura 6 – Sistemas *Kanban* e CONWIP.

Fonte: Adaptado de Hopp & Spearman (2000)

Dessa forma, o sistema de coordenação de ordem escolhido para utilização na empresa baseia-se nos princípios básicos do CONWIP, visto que seu funcionamento, ao não se basear por estação de trabalho, simplifica a sua gestão e permite se adaptar facilmente as mudanças no mix de produtos. Dessa forma, sua utilização vinculada a um tipo de cartão por linha, e não por centro de trabalho, possibilita seu emprego na empresa em estudo, que possui uma variedade de produtos dentro da mesma linha e não apresenta variedade expressiva de componentes. Esse sistema permitirá então um controle eficaz da produção e estoque ao funcionar como uma ferramenta visual através dos cartões. De acordo com Macedo (2014), o sistema CONWIP permite o controle do fluxo de materiais e informações ao se alcançar uma sincronização na linha e assegurar uma quantidade constante em fluxo através no número de cartões.

Além disso, o fato do sistema CONWIP também se classificar como um sistema híbrido, ao permitir a liberação da ordem de produção com informações de demanda e, em seguida, empurrar a produção no decorrer do processo produtivo, mostrou-se como vantagem na sua implementação ao apresentar um retorno mais ágil a demanda. Logo, a informação para liberação da ordem de produção, através do cartão, seria baseada na utilização de produtos acabados do estoque.

Porém, conforme dito, um sistema controlado pelo nível do estoque traria dificuldades para os produtos raros presentes no portfólio da empresa, visto que manter estoque desses produtos com vendas pouco significativas acresceria o custo de estoque, acarretando também na má utilização da matéria-prima. De forma a contornar essa situação, realizou-se uma alteração no sistema CONWIP para que ele pudesse atender e funcionar de maneira eficaz para esses produtos. Durante a implementação desse sistema na empresa, a ser explicado de forma detalhada mais a diante, criaram-se cartões "vazios" destinados à produção desses itens. Assim, dentro do próprio sistema CONWIP, criou-se um sistema MTO ($Make\ to\ order$) que atenda os produtos raros fabricados pela empresa. Dessa forma, é possível assegurar que uma parcela da produção esteja reservada para a fabricação desses produtos e, caso ocorra o pedido deles, é possível inclui-los na produção sem influenciar o funcionamento dos cartões para os demais produtos, visto que sua produção já foi inclusa na capacidade total do fluxo produtivo. Em contra partida, ao contrário dos principais produtos que são feitos para nivelar o estoque, os produtos dentro dessa adaptação no sistema apresentam um prazo de entrega maior, correspondente ao lead time do processo, mas possibilita a flexibilidade de adaptação ao pedido do cliente. Como suas ocorrências são esporádicas, esse $trade-off$ entre flexibilidade e prazo passa a ser vantajoso para a empresa.

Espera-se que a implementação desse sistema CONWIP com adaptações traga benefícios quanto ao controle da produção, redução dos atrasos de pedidos, controle eficaz do estoque de produtos acabados e gerenciamento eficaz da matéria-prima.

3.5.1 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA ESCOLHIDO

A implementação do sistema definido para a empresa em questão foi feita através da (1) determinação do número de cartões para os produtos; (2) montagem dos cartões com as informações necessárias para a ordem de produção; e (3) identificação visual no estoque de produtos-acabados e montagem dos containers.

3.5.1.1 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CARTÕES

A primeira etapa da implementação do sistema definido foi a determinação do número de cartões para cada produto. Para isso, foi utilizado como base o histórico de vendas da empresa durante o ano de 2016, conforme desenvolvido no item de Histórico de

Vendas e ilustrado no gráfico da Figura 7.

Conforme representada na Tabela 4, a representatividade de cada produto foi considerada para definição do número de cartões. Para utilização dos cartões para o sistema MTS, foram considerados os produtos que representam 80% do total das vendas. Já os produtos com vendas inferiores a 20% foram alocados no sistema MTO, que serão liberados quando ocorrer pedido. O gráfico da Figura 7 mostra essa relação de utilização dos dois sistemas em função da quantidade vendida de cada produto.

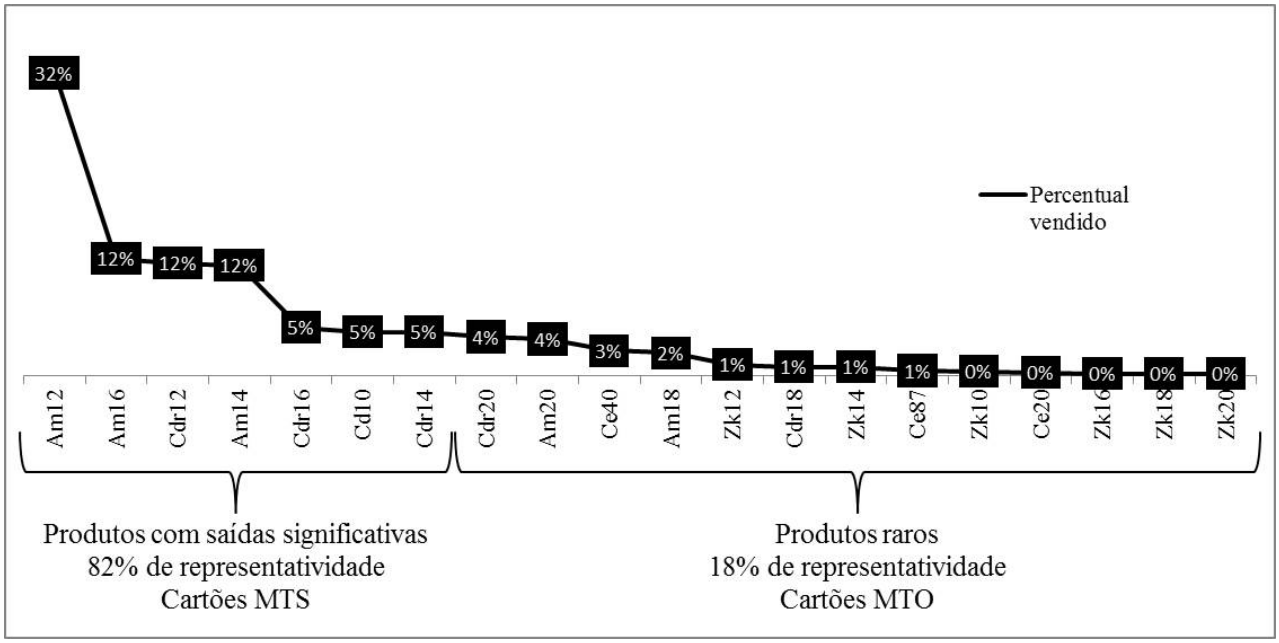


Figura 7 – Utilização de ordens MTS x MTO com base no histórico de vendas de 2016

Fonte: Autoria própria.

A quantidade de cartões pode ser determinada a partir de diferentes fórmulas, mas que consideram as mesmas variáveis, conforme a Equação 3.1 e a Equação 3.2, representadas respectivamente por Hopp & Spearman (2000) e Iucksch (2005).

$$N = (C \times T) + S \tag{3.1}$$

Onde:

N : número de cartões CONWIP;

D : demanda;

T : tempo total para completar um ciclo;

S : fator de segurança.

$$WIP = TH \times CT \tag{3.2}$$

Onde:

WIP : quantidade de cartões CONWIP;

TH : produção média de um processo por unidade de tempo;

CT : soma dos tempos necessários para um cartão completar o ciclo de produção.

Na implementação do sistema na empresa, utilizou-se a Equação 3.3 para determinação da quantidade de cartões para cada produto. Dessa forma, a fórmula se adapta a demanda de cada produto ao considerá-la junto com a representatividade de cada item e considera a capacidade de cada container, fixa para todos os produtos.

$$N = \frac{R \times D \times FS \times LT}{C} \tag{3.3}$$

Onde:

N : número de cartões CONWIP;

R : representatividade de cada bloco na demanda;

D : demanda total;

FS : fator de segurança;

LT : lead time;

C : capacidade do container.

A demanda utilizada foi considerada para um período de duas semanas, representando o período que o cartão supriria o estoque. Os valores para a representatividade de cada bloco consideraram o histórico de vendas de 2016, valores disponíveis na Tabela 4. Considerando a capacidade total do processo produtivo de 300 unidades/mês, foi adotada

uma demanda igual a 150 unidades. Já o *lead time* foi considerado como seis dias de produção, representando metade do período da demanda, logo LT = 0,50.

A capacidade do container representa o número de produtos que cada cartão representa. Foi adotado que essa capacidade seria de sete unidades, logo C = 7 unidades, considerando a capacidade do gargalo do processo produtivo, a etapa denominada pré-sinterização, cuja capacidade considerada é de 30 unidades, permitindo então no máximo 4 cartões em processo. O fator de segurança adotado foi de 10%, conforme determinação empírica do setor de produção, logo FS = 1,1.

A Tabela 5 indica as variáveis para cada produto e sua respectiva quantidade de cartões calculada.

Produto	R	D	FS	LT	C	N
Am12	0,32	150	1,1	0,5	07	04
Am14	0,12	150	1,1	0,5	07	02
Am16	0,12	150	1,1	0,5	07	02
Cd10	0,05	150	1,1	0,5	07	01
Cdr12	0,12	150	1,1	0,5	07	02
Cdr14	0,05	150	1,1	0,5	07	01
Cdr16	0,05	150	1,1	0,5	07	01
Produtos MTO	0,19	150	1,1	0,5	07	03

Tabela 5 – Cálculo da quantidade de cartões CONWIP para cada produto.

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 6 resume o número de cartões utilizados para cada produto.

Código do Produto	Número de Cartões
Am12	04
Am14	02
Am16	02
Cd10	01
Cdr12	02
Cdr14	01
Cdr16	01
Produtos MTO	03

Tabela 6 – Número de cartões CONWIP para cada produto.

Fonte: Autoria própria.

3.5.1.2 MONTAGEM DOS CARTÕES

Após o cálculo da quantidade de cartões, prosseguiu-se para a montagem dos cartões e correta identificação visual na sala de produtos acabados. Os cartões foram elaborados de forma a conter todas as informações necessárias para a produção de cada produto, dessa forma, devem conter seus respectivos números (código de identificação do cartão), código do bloco a ser produzido e sua respectiva descrição, quantidade a ser produzida e as informações necessárias para a fabricação do bloco: matéria-prima e matriz utilizadas, massa e carga para a compactação, fluxo produtivo, curva de pré-sinterização e indicação do componente (caso se aplique, por exemplo, no caso dos blocos de geometria arcada que contam com uma moldura plástica). A Figura 8 ilustra um modelo do cartão CONWIP contendo as informações descritas acima.

<table>
<tr><td colspan="2">Número do Cartão</td><td>_____</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IMAGEM ILUSTRATIVA DO BLOCO</td><td colspan="2">Código do Bloco
Cdr12</td></tr>
<tr><td colspan="2">Descrição
Bloco cilíndrico 12 mm c/ rebaixo contínuo</td></tr>
<tr><td colspan="3">Quantidade
7 unidades</td></tr>
<tr><td colspan="3">Matriz
Cilíndrica</td></tr>
<tr><td colspan="3">Matéria-prima
Zircônia convencional</td></tr>
<tr><td colspan="3">Compactação
Massa: XXXX Carga: YYYY</td></tr>
<tr><td colspan="3">Processo
Compactação - Pré-Sinterização - Aferição - Usinagem - Etiquetagem/Embalagem - Estoque</td></tr>
<tr><td colspan="2">Componente
-</td><td>Curva de pré-sinterização
Curva convencional</td></tr>
</table>

Figura 8 – Modelo de um cartão CONWIP

Fonte: Autoria própria.

3.5.1.3 IDENTIFICAÇÃO VISUAL E MONTAGEM DOS CONTAINERS

Após a montagem dos cartões para os produtos, os mesmos foram organizados no estoque de forma visual, acoplados com seus respectivos containers com a quantidade indicada no cartão. Logo, como no cartão está definida uma quantidade de sete blocos, todos os containers foram organizados com sete blocos e o cartão posicionado a sua frente. O cartão será liberado, indicando a ordem de produção, quando ocorrer o esvaziamento completo do container em questão. Dessa forma, o início da produção é feito a partir do esvaziamento de um container e a ordem de produção através do cartão. O cartão acompanha os produtos durante todo o processo de fabricação e ao final é armazenado no estoque novamente com os produtos acabados.

4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

A implementação do Sistema de Coordenação de Ordens na empresa em questão visou adequar e melhorar o sistema produtivo da empresa a partir da redução dos níveis de materiais em linha, redução do *lead time* e principalmente no auxílio no cumprimento de entrega, visto que a empresa sofria constantemente do atraso na entrega dos pedidos.

Verificou-se que a implementação de um sistema híbrido que pudesse atender diferentes grupos de produtos traria resultados mais satisfatórios, visto que tais grupos apresentam padrões de vendas diferentes. A partir da revisão bibliográfica e do estudo do sistema de produção como um todo da empresa, o sistema que melhor se adequaria seria um Sistema de Coordenações de Ordens controlado pelo nível de estoque, especificamente o Sistema CONWIP. Porém, devido à presença de produtos considerados como produtos "raros" e os quais a necessidade do cliente é imprevisível, adaptou-se o SCO CONWIP para que fosse possível atender a demanda desses produtos dentro de um mesmo sistema. Dessa forma, o sistema escolhido possui duas linhas de funcionamento, mas ambas são estabelecidas pelo uso de cartões CONWIP. A primeira linha estabelece um funcionamento MTS (*Make to stock*) na qual a liberação da ordem de produção (ordem essa feita pelo cartão CONWIP) ocorre a partir de sinais no nível de estoque, conforme ocorre o esvaziamento dos containers de produtos. A segunda linha de funcionamento se baseia em uma política MTO (*Make to Order*), na qual a ordem de produção é feita com base nos pedidos dos clientes. Porém, apesar da liberação ocorrer apenas com o recebimento de pedidos, essa parcela do sistema também está vinculada com a utilização de cartões de ordem de produção. Com essa implementação híbrida, foi possível garantir que a capacidade da linha de produção atendesse ambas as linhas de funcionamento.

Conforme apresentado inicialmente, a empresa em questão sofria constantemente com atraso na entrega dos pedidos além de níveis elevados de estoques intermediários e de estoque de produtos acabados com demanda baixa.

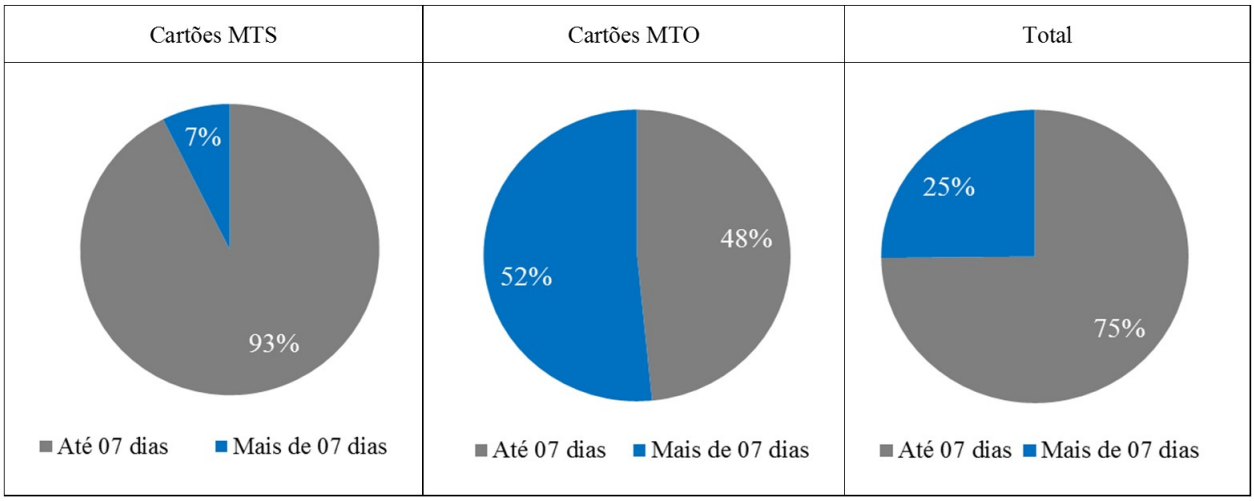
Após a implementação do SCO, foi possível verificar reduções significativas em ambos indicadores. Para analisar o atraso dos pedidos após a implementação do Sistema de Coordenação de Ordens, os pedidos foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo corresponde aos pedidos que englobam apenas os produtos que representaram mais de 80% das vendas de 2016 e foram adotados para o sistema CONWIP-MTS. Os produtos incluem:

Am12, Am14, Am16, Cd10, Cdr12, Cdr14 e Cdr16. O segundo grupo correspondem aos pedidos de produtos raros feitos apenas sob encomenda após a realização do pedido do cliente, no qual se adotou o sistema CONWIP-MTO. Nesse grupo também ficaram alocados os pedidos que englobam produtos dos dois grupos, visto que a entrega corresponde ao tempo do produto com maior tempo de processamento e entrega.

	Cartões MTS	Cartões MTO
Prazo de entrega	Percentual de pedidos	Percentual de pedidos
Até 07 dias	93%	48%
De 8 a 14 dias	6%	38%
De 15 a 21 dias	1%	11%
De 22 a 30 dias	0%	3%
Mais de 30 dias	0%	0%

Tabela 7 – Percentual de pedidos em relação ao prazo de entrega após a implementação do Sistema de Coordenações de Ordens.

Fonte: Autoria própria.



Quadro 5 – Comparativo da taxa de entrega para os sistemas de cartões MTS e MTO.

Fonte: Autoria própria.

Analisando a Tabela 7 e o Quadro 5, observa-se que apenas 7% dos pedidos atendidos pelos produtos do sistema de cartões MTS foram entregues num prazo maior de sete dias, considerado como atrasos para o sistema em questão. Antes da implementação do SCO, 74% dos pedidos totais tinham sido entregues com atraso, conforme mostrado no gráfico da Figura 4.

No caso dos pedidos que seguem o funcionamento de ordens de produção via cartões sob encomenda, observa-se um aumento de 22% no atendimento do prazo comparado ao período anterior, no qual 48% dos seus pedidos foram entregues num prazo inferior a sete dias. Vale ressaltar que a política adotada para esses produtos segue um sistema MTO, então a liberação da ordem inicia-se apenas após o recebimento do pedido, considerando ainda um tempo de processamento total de seis dias entende-se uma quantidade representativa de pedidos entregues com prazo acima de oito dias. Porém conforme analisado, esse trade-off se mostrou vantajoso para a empresa visto que são produtos com demandas muito baixas e a flexibilidade em seu atendimento foi considerada como satisfatória. Observa-se então, que o SCO adotado aumentou de maneira considerável a confiabilidade da empresa quanto aos prazos de entregas.

Além desse ponto, a adoção do Sistema CONWIP, ao garantir um nível constante de produtos na linha, permitiu a redução dos estoques intermediários que eram observados com frequência no fluxo além do evidente controle eficaz do estoque de produtos acabados.

Outro ponto crucial observado na utilização do sistema adotado refere-se à facilidade de implementação e gerenciamento do sistema. Sua implementação não requer revisões semanais ou mensais como os Sistemas de Coordenações de Ordens de Fluxo Programado, que se baseiam na explosão do Programa Mestre de Produção e exige acompanhamentos constantes da demanda. Pode-se adotar uma política de revisão para períodos maiores de planejamento, como um período de 4 a 6 meses, recalculando a quantidade de cartões para cada produto.

5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO

O trabalho em questão teve como principal objetivo dimensionar um Sistema de Coordenação de Ordens para uma microempresa de desenvolvimento de biomateriais para aplicação na área odontológica. Foi possível observar o desafio das empresas em desenvolver continuamente seus sistemas de produção para se manter e se destacar no cenário em que atuam. Observou-se que a implementação do sistema híbrido de Coordenação de Ordens CONWIP baseado em políticas MTS e MTO trouxe ganhos significativos para a empresa.

No desenvolvimento do trabalho foram observados diversos aspectos do sistema produtivo da empresa, como o fluxo propriamente dito, tempo de produção, restrições de capacidade, identificação do recurso gargalo além de uma análise do histórico de vendas da empresa. Tal coleta e análise de dados permitiu o estudo de um sistema que adequasse e atendessem de forma integral todos os produtos fabricados pela empresa. Observou-se que o melhor resultado, ao se comparar com os sistemas estudados na revisão bibliográfica, foi a implementação de um sistema híbrido de Coordenação de Ordens controlado pelo nível de estoque, mais especificamente o CONWIP. Para melhor funcionamento do sistema escolhido, foram indicadas duas linhas para o atendimento do portfólio de produtos da empresa que apresentam variações consideráveis em suas demandas.

Os resultados esperados com a correta escolha do sistema foram alcançados, visto que a empresa conseguiu reduzir em 67% o atraso na entrega de seus pedidos, aumentando, de forma notória, sua confiabilidade no atendimento. Além disso, notou-se a redução de estoques em todo o processo além de uma continuidade no seu fluxo produtivo.

A implementação do SCO englobou as ordens de produção para os produtos do portfólio da empresa. Como perspectivas para trabalhos futuros, propõe-se que seja feito um estudo de um Sistema de Coordenação de Ordens de Compra para a compra da matéria-prima utilizada para a fabricação de todos os produtos da empresa.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares.** [S.l.]: Rio de Janeiro, 2001.

BIANCO, Vinícius Soares del. **Sistema de coordenação de ordens de produção baseado na estratégica bata de manufatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de São Carlos, 2008.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu G.N. **Just in Time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico.** 2ª edição. ed. [S.l.]: Ed. Atlas, 1993.

COSTA, Helder Gomes; QUELHAS OSVALDO L. G.AND CARVALHO, Rogério Atem; GUTIERREZ, Ruben H.; SIMÃO, Victor Gomes. Planejamento e controle da produÇÃo. **Sistemas de controle da produção**, Rio de Janeiro. Elsevier, 2008.

DINI, Adriano. **Sistemas Avançados de Planejamento e Programação da Produção: Uma Aplicação na Indústria de Automação Bancária.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de Empresas) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2008.

FERNANDES, Flávio Cesar Faria. **Planejamento e Controle da Produção**, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

FERNANDES, Flávio Cesar Faria; Godinho Filho, Moacir. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial.** [S.l.]: São Paulo: Atlas, 2012.

HARROD, S.; KANET, J. **Applying work flow control in make-to-order job shops.**, International Journal Production Economics, v. 143, p. 620–626, 2013.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark. L. **Factory Physics: foundations of manufacturing management.** 2ª edição. ed. [S.l.]: Boston: McGraw-Hill, 2000.

LUSTOSA, Leonardo; MESQUITA, Marco. A; QUELHAS, Osvaldo; OLIVEIRA, Rodrigo. (Org.). Planejamento e controle da produÇÃo. **Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção.**, Rio de Janeiro. Elsevier, 2008.

MACCARTHY, Bart L.; FERNANDES, Flávio C. Production planning and control. **A multidimensional Classification of Production Systems for the Design and Selection of Production Planning and Control Systems.**, v. 11 N.5, 2000.

MACEDO, Pedro Fernando Ferreira. **Sistema CONWIP (Constant Work in Process)**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Portugal, 2014.

MESQUITA, Marco Aurélio de; CASTRO, Roberto Lopes de. **Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira**, Gest. Prod. - São Carlos, v. 15, p. 33–42, 2008.

MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.**, Rio de Janeiro. Elsevier, 2010.

NAHMIAS, Steven. Production and operations analysis. **O PCP no contexto estratégico.**, Internacional Edition, 2009.

NANCI, Luiz Cesar; QUELHAS, Osvaldo L. G.; CARVALHO, Rogério Atem; SIMÃO, Victor Gomes. Planejamento e controle da produÇÃo. **O PCP no contexto estratégico.**, Rio de Janeiro. Elsevier, 2008.

ONYEOCHA C. ; WANG, J. ; Khoury J.; Geraghty J. Production planning and control. **A comparison of HK-CONWIP and BK-CONWIP control strategies in a multi-product manufacturing system**, v. 2, 2015.

SILVA, D. O.; DUPONT, A. C.; VACCARO, G. L. R.; JúNIOR, J. A. V. A. **Avaliação da Implantação de em Sistema CONWIP com o uso de Simulação Computacional**. [S.l.]: São Carlos, 2010.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 3ª edição. ed. [S.l.]: Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira - São Paulo: Atlas, 2009.

SPEARMAN, M.; WOODRUFF, D.; HOPP, W. **CONWIP: a pull alternative to kanban.**, International Journal of Production Research, v. 28, p. 879–894, 1990.

SRIKANTH, B.S.S. **A Comparison of Kanban and Conwip Production Systems**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) — Master of Science – Faculty of the Graduate School, University of Texas at El Paso, 1994.

VOLLMANN, Thomas E.; BERRY, William L.; WHYBARK, D. Clay; JACOBS, F. Robert. **Sistemas de Planejamento e Controle da Produção: para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 5ª edição. ed. [S.l.]: Porto Alegre: Bookman, 2006.

WERNER, L.; LEMOS, F. de O.; DAUDT, T. **Previsão de Demanda e Níveis de Estoque uma Abordagem Conjunta Aplicada no Setor Siderúrgico.**, III SIMPEP - Bauru, 2006.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 01 de DEZEMBRO de 2017.

AMÁLIA CRISTYNE SCHMIDT	201149089
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matricula
Amália Cristyne Schmidt	419.111.518-94
ASSINATURA	CPF

[1] LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.