

DESENVOLVIMENTO DE UMA SISTEMÁTICA PARA ESTABELECEER INDICADORES DE COMUNALIDADE APLICADOS NA ESTRATÉGIA DE CUSTOS DENTRO DA METODOLOGIA DO WORLD CLASS MANUFACTURING

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ESTABLISHING COMMONALITY INDICATORS APPLIED IN THE COST STRATEGY USING WORLD CLASS MANUFACTURING METHODOLOGY

Daniele Cristina Gelain Rezende*E-mail: danielegelain@gmail.com

Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina*E-mail: luiz.valentina@unisociesc.com.br

André Hideto Futami** E-mail: andre.futami@udesc.br

*Sociedade Educacional de Santa Catarina (UNOSOCIESC) / Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Blumenau, SC

**Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Florianópolis, SC

Resumo: O ciclo de desenvolvimento de produtos está cada vez mais curto e a complexidade dos produtos aumenta significativamente, ora por matérias-primas ou no aumento da gestão do número de componentes. Assim faz-se necessário controlar e convergir as informações de componentes dos novos produtos com os atuais, para então garantir o controle no custo dos produtos. Pesquisas mostram que uma das ferramentas essenciais é a comunalidade, que mede o quanto utiliza-se, e pode-se empregar, um mesmo componente. No entanto, muitas empresas encontram dificuldades na aplicação da sistematização da comunalidade em seu dia a dia. O objetivo deste trabalho foi propor uma sistemática para a avaliação e o gerenciamento da comunalidade, conectando-se ao direcional de custos dentro da metodologia do World Class Manufacturing. A coleta de dados deste trabalho foi na base de dados do Planejamento de Recursos Empresariais de uma empresa de manufatura de linha branca, especificamente linhas de refrigeradores, na cidade de Joinville, no Estado de Santa Catarina. Os dados foram obtidos pela pesquisa quantitativa para resultar no método proposto. Esta sistemática possibilitou a geração dos gráficos de Pareto focando em linha de montagem, família de produtos e grupos de materiais, onde novos projetos de padronização foram idealizados, e onde as famílias de produtos obtiveram uma melhor visualização no direcional entre as linhas de montagem.

Palavras-chave: Comunalidade. WCM. Comunalização de componentes. Padronização de componentes.

Abstract: The product development cycle is lowering in the same rate as complexity of the product enhances, considering raw materials or number of component management. Thus it is imperative to control and converge the components information of the new products with the current ones, for after that ensure the control of the product cost. Researches demonstrate that one tool to use is commonality, which measures the quantity of material used, or might use, a same component. However, many companies find it difficult to the commonality principle daily. This study aims to propose a method to assess and manage commonality, connecting to the cost drivers on the World Class Manufacturing methodology. The data collection of this study was obtained inside the Enterprise Resource Planning of a white goods manufacturer, especially refrigerators line, in the city of Joinville, state of Santa Catarina. The data was obtained by quantitative research to result in a method. This method enabled the creation of the Pareto graphics where standardization of the new products were conceived, and where families of products had a better orientation visualization among the assembly lines.

Keywords: Commonality. WCM. Component of communalization. Components standardization.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade dentro da manufatura em massa e série, fez com que diversos segmentos sentissem o desafio de pesquisar mais a fundo o desenvolvimento de produtos, para aumentar a demanda da entrega de produtos mais eficientes e atender as expectativas do mercado em um menor tempo (HU *et al.*, 2011). Para tanto, ocorreram mudanças na sistemática do desenvolvimento de produtos com intuito de elencar as melhores soluções, buscando tecnologias de processo robustas e matérias-primas alternativas. Em contrapartida desta cobrança do mercado e do aumento da concorrência, o desenvolvimento de produtos aumentou significativamente a complexidade do processo produtivo, tanto no âmbito das áreas de fabricação e fornecedores, como nas linhas de montagem (REDDY; SIDDIQUE, 2010). Como reflexo disto, o número de unidades para estocagem SKU (*Stock Keeping Unit*) e de componentes aumentou, e por consequência, houve um maior custo de conversão dos produtos (PARK; SIMPSON, 2005).

Outro fator relevante neste cenário é a dificuldade de manter o plano de produção congelado na manufatura, o que gera altos custos em toda a cadeia produtiva que são muitas vezes minimizados pelos altos volumes de produção. Esta urgência pela criação de novos produtos e de formas customizadas, acarreta em altos estoques de matéria-prima, altos estoques de processo, excesso de *setups*, excesso de disponibilidade de produtos acabados e maior variação no plano mestre de produção (SARMAH; MOHARANA, 2015). Neste cenário, a comunalidade é também afetada, mas pouco discutida no processo de desenvolvimento de produtos, que possui impacto direto sobre a eficiência do sistema produtivo (FIXSON, 2007).

Comunalidade, para Wazed, Ahmed e Nukman (2010) é definida como o número de componentes que são utilizados por mais de um produto ou SKU. Para Cameron e Crawley (2010), comunalidade é o compartilhamento de partes do processo entre os sistemas. Torna-se imperativo então, controlar a comunalidade, pois muitos custos ficam escondidos no processo produtivo refletindo de forma fechada no custo final do produto, por meio da *Bill of Material* (BOM), e no custo de conversão (JONNALAGEDDA; SARANGA, 2017). Desta forma, a complexidade inserida na manufatura torna-se um desafio em como mensurar e custear estes custos no desenvolvimento de produtos.

Para auxiliar o entendimento dos fatores que impactam diretamente o custo do produto que por vezes não é mensurado, a comunalidade vem como ferramenta para medir e direcionar a tomada de decisão, por intermédio de indicadores que facilitem enxergar estas oportunidades, como alternativa para direcionar os produtos ou famílias de produtos por linhas de montagem, como indicador para medir os impactos de um novo produto e para controlar a complexidade no dia a dia da manufatura (MASKELL, 1991).

Por outro lado, o *World Class Manufacturing* (WCM) é a metodologia que engloba as melhoras praticas aplicadas a manufatura e que impactam diretamente nos produtos atuais e no desenvolvimento de novos produtos, pois sinaliza e mensura todos os desperdícios na manufatura e projeto de produto. O intuito do WCM é enxergar e reduzir os desperdícios na manufatura de forma sistêmica, com o claro objetivo de proporcionar uma maior eficiência e consequente flexibilidade, que atenda a demanda de forma mais rápida e assertiva (DE FELICE; PETRILLO, 2015; MASKELL, 1991).

Desta maneira, a comunalidade traz uma abordagem que corrobora com a metodologia do WCM, através do gerenciamento global dos componentes e SKUS, bem como seus custos operacionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

São muitas as ferramentas e metodologias que trabalham com o propósito de unir inovação e competitividade nas indústrias manufatureiras, uma em particular que vem ganhando impulso é a ideia de WCM que foi desenvolvida por R. J. Schonberger nos anos 80 (SCHONBERGER, 1986, DE FELICE; PETRILLO, 2015). Schonberger foi quem criou o termo WCM ou Manufatura de Classe Mundial, com o foco em unir as muitas técnicas e tecnologias projetadas para permitir que uma empresa alcance seus melhores desempenhos (DE FELICE; PETRILLO, 2015). Segundo Csillag (1988), mérito de R. Schonberger foi reunir toda a literatura, analisar o impacto das várias abordagens em conjunto e transmití-las de maneira simples, dando ainda exemplos concretos em empresas norte-americanas, mostrando que fora do Japão também é possível conseguir bons resultados.

Para Maskell (1991) e Mendes e Mattos (2017) o WCM foi desenvolvido com intuito de direcionar as empresas com conceitos já existentes, porém com uma abordagem diferenciada de gestão da produção, para aumentar a sua eficiência e flexibilidade. De Felice e Petrillo (2015) e Maskell (1991) mencionam que não existe apenas uma ferramenta que leva as empresas a se tornarem WCM, entretanto há um grupo de ferramentas que são sugeridas: Manutenção Produtiva Total, *Lean Manufacturing*, Seis Sigma, *Benchmarking*, Gestão da Qualidade Total, Sistema Integrado de Informação, Manufatura Ágil, Manufatura Estratégica, Gerenciamento do Relacionamento com Fornecedores e Fluxo de Produção Celular.

Complementar a essas ferramentas, existe o termo comunalidade, que para Maskell (1991) representa o grau de flexibilidade dentro de produto e processos de uma planta de produção. Comunalidade é um fator significativo na facilidade e na dificuldade de mudança nos volumes de produção com base nos requisitos dos clientes.

2.1 Definição de Comunalidade

Desde 1914, os estudos já mostravam a necessidade e a busca pela padronização de peças, sendo os pioneiros nesse segmento as indústrias automobilísticas que padronizaram peças como, eixos, rodas, mecanismos de alimentação, com o intuito de facilitar o *mix-and-matching* de componentes e por consequência reduzir o custo do produto (SWAN, 1914). Fixson (2007) realizou uma revisão bibliográfica sobre Comunalidade e Modularidade e entre os 168 artigos avaliados, pode-se observar publicações utilizando o termo Comunalidade a partir da década de 70.

A comunalidade e sua forma de medir é essencialmente simples, quando observada conceitualmente, no entanto, a dificuldade das indústrias está em trabalhar a comunalidade entre os processos, de forma sistêmica, avaliando os componentes e o portfólio de produtos. Wazed, Ahmed e Nukman (2010) verificaram que desde 1979 muitos autores estudaram os modelos de comunalidade no planejamento dos recursos da manufatura. Para eles, por meio de uma perspectiva administrativa, comunalidade está presente quando um componente de fabricação é utilizado em mais de um SKU .

Para Eynan (1996), comunalidade é uma abordagem que simplifica a gestão e controle de estoque, além de proporcionar a redução do mesmo. Para Meyer e Lehnerd (1997) comunalidade é um grupo de produtos relacionados que compartilham características comuns, podendo ser *features*, componentes e/ou subsistemas, ou seja, é um conjunto de componentes que forma uma estrutura comum a partir do qual um fluxo de produtos derivados pode ser eficientemente desenvolvidos e produzidos. Ma, Wang e Liu (2002) e Mirchandani e Mishra (2002), afirmam que comunalidade geralmente refere-se a uma abordagem na fabricação em que dois ou mais diferentes componentes são substituídos por um componente comum que pode desempenhar a função dos substituídos. Para eles, comunalidade é desenvolver componentes abordando todo o processo de desenvolvimento e fabricação, e avaliando a utilização para outros produtos. Reforçando o mesmo ponto, Mirchandani e Mishra (2002), Humair e Willems (2006) definem comunalidade como o escalonamento de fabricação, ou seja, comunalidade refere-se aos componentes que são utilizados por mais de um produto. Ashayeri e Selen (2005) definem comunalidade similarmente, como o número de componentes que são utilizados por mais de um produto, e ainda é determinado para toda a família de produtos.

Já para Wazed, Ahmed e Nukman (2010), apontam benefícios na utilização da comunalidade como: planejamento e programação da operação simplificados, redução do *setup* e custos envolvidos, redução do *leadtime* de incerteza do fornecedor, pedidos com lotes econômicos, redução dos estoques de segurança, redução do tempo de processamento e por consequência aumento da produtividade. Entretanto, Wazed, Ahmed e Nukman (2010) também elencam fatores de desvantagem, pois, enquanto a comunalidade pode oferecer uma vantagem competitiva para empresa, os consumidores podem ficar confundidos entre os modelos se os mesmos não apresentam distinção.

Consequentemente, deve-se buscar uma sistemática robusta a ponto de entender e manter o equilíbrio entre gerenciamento do portfólio de produtos e distinção para os pontos que o cliente enxerga de valor. Deste modo, o conceito de comunalidade que este trabalho utilizou se baseia em Mirchandani e Mishra (2002), Humair e Willems (2006) e Ashayeri e Selen (2005), que avalia comunalidade como utilização de componentes por mais de um produto.

2.2 Métrica de Comunalidade de Peças

Nos últimos anos, com o aumento da demanda por produtos cada vez mais customizados, houve a necessidade de se pesquisar e entender os problemas da variedade na operação e conversão dos produtos.

Para Wazed, Ahmed e Nukman (2010) a sistemática de medir a comunalidade de peças contém o processo para avaliação e métodos para alcançar a comunalidade em uma família de produtos. Sendo que estes métodos e medidas variam consideravelmente em objetivo e processo, avaliando a natureza dos dados coletados (muitos são amplamente quantitativos enquanto outros são qualitativos), a facilidade de utilização e o foco da análise. Collier (1981) apresentou o grau do índice de comunalidade como sendo tradicionalmente medido como a padronização de componentes, refletindo no número médio de itens pai comum pela média de componentes distintos. Estes índices consideram comunalidade da perspectiva de componente, por exemplo, as similaridades ou diferenças entre componentes dentro de uma família de produto, porém não focam em aspectos como funcionalidade ou desempenho. Para Thevenot e Simpson (2007), um índice de comunalidade é uma métrica para avaliar o grau de comunalidade dentro de uma família de produtos com base em diferentes parâmetros como, o número de componentes comuns, os custos dos componentes, os processos de fabricação, e assim por diante. Os índices de comunalidade devem ser suporte para projeto ou reprojeto de uma família de produtos ou linha de montagem.

Thevenot e Simpson (2007) realizaram um estudo comparando e avaliando as métricas de comunalidade e quais aspectos as variáveis estudadas interagem. A tabela 1 apresenta um resumo das diferentes formas de índices de comunalidade apresentada por eles.

Tabela 1 - Comparativo de Estudos de Índices de Comunalidade

	Nome	Desenvolvido por	Medida de Comunalidade para	Comunalidad e Zero	Comunalidade Completa
(1)	Índice do Grau de Comunalidade DCI	Collier (1981)	A família inteira	1	$\beta = \sum_{j=i+1}^{i+d} \Phi_j$
(2)	Índice de Comunalidade Constante Total TCCI	Wacker and Trelevan (1986)	A família inteira	0	1
(3)	Índice de Comunalidade de Linha de Produtos PCI	Kota, Sethuraman e Miller (2000)	A família inteira	0	100
(4)	Índice do Percentual de Comunalidade %C	Siddique, Rosen e Wang (1998)	Produtos Individuais	0	100
(5)	Índice de Comunalidade CI	Martin e Ishii (1996, 1997)	A família Inteira	0	1
(6)	Comunalidade Componente CIc	Jiao e Tseng (2000)	A família Inteira	1	$\alpha = \sum_{j=1}^d \sum_{i=1}^m \Phi_{ij}$

Fonte: Thevenot e Simpson (2007).

A seguir estão detalhados os três índices de comunalidade que foram avaliados neste trabalho, conforme tabela 1.

O Índice do Grau de Comunalidade (DCI - *Degree of Commonality Index*) é a medida tradicional mais utilizada para padronização de componentes. Este índice reflete o número de itens pai comuns pela média de componentes distintos (COLLIER, 1981). Este índice apresentado por Collier (1981) é representado pela equação 1:

$$DCI = \frac{\sum_{j=i+1}^{i+d} \Phi_j}{d} \quad 1 \leq DCI \leq \beta \quad (1)$$

$$\beta = \sum_{j=i+1}^{i+d} \Phi_j$$

Onde:

Φ = o número de componentes pai j tem sobre um conjunto de itens finais ou níveis da estrutura do produto;

d = o número total de componentes distintos no conjunto de itens finais ou níveis da estrutura do produto;

i = o número total de itens finais ou o número total de itens pai do nível mais alto do nível da estrutura de produto;

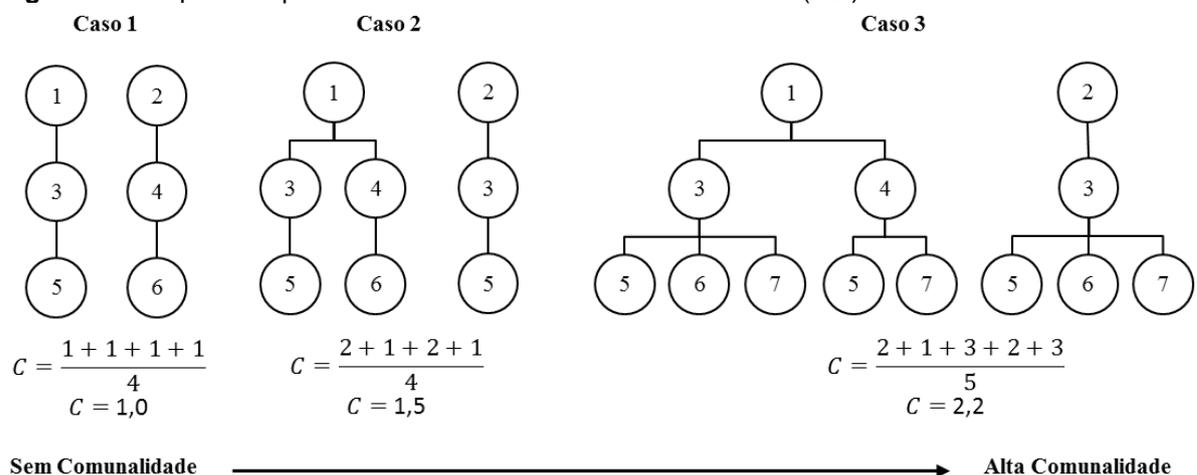
β = o número total de pais imediato para todos os componentes distintos em um conjunto de itens finais ou níveis da estrutura de produto.

Para entender a sistemática da comunalidade proposta por Collier (1981), o autor menciona definições que são importantes para avaliar a estrutura de produtos.

- Componente ou Item: é qualquer item de estoque (incluindo as matérias-primas), diferente de um item final que entra no item de nível superior da lista técnica (BOM);
- Item Final: é um produto finalizado ou uma montagem principal sujeita a um pedido do cliente ou previsão de vendas, sendo que o último exemplo encaixa o exemplo de peças AC (Atendimento ao Consumidor - peças de reposição);
- Item pai é qualquer item de estoque que tem partes de componentes.

Exemplificando esta definição, segue na figura 1, três casos diferentes para dois itens finais (Collier, 1981). Sendo 1 e 2, item final ou produto e o índice de comunalidade é avaliado pelos componentes utilizados abaixo do item final.

Figura 1 - Exemplos Computacionais do Índice do Grau de Comunalidade (DCI)



Fonte: Collier (1981).

Já Siddique, Rosen e Wang (1998) avaliaram comunalidade através do Índice de Percentual de Comunalidade (%C – *Percent Commonality Index*), sendo que este índice apresenta percentualmente o comportamento da comunalidade, estando dividido em três principais pontos de vista: componente, conexões de componente

para componente e montagem. Cada um destes três pontos de vista pode ser combinado para determinar uma medida geral de comunalidade pela ponderação de cada item. Thevenot e Simpson (2007) detalham cada ponto de vista da medida do percentual de Comunalidade abordada por Siddique, Rosen e Wang (1998). O ponto de vista de componente mede o percentual de componentes de uma plataforma que são comuns para modelos diferentes, sendo que este percentual é chamado de Comunalidade Componente C_c :

$$C_c = \frac{100 * \text{componentes comuns}}{\text{componentes comuns} + \text{componentes únicos}} \quad (2)$$

O ponto de vista das conexões componentes em componentes mede o percentual de conexões comuns entre componentes (C_n):

$$C_n = \frac{100 * \text{conexões comuns}}{\text{conexões comuns} + \text{conexões únicas}} \quad (3)$$

Similarmente, o ponto de vista de montagem mede o percentual de sequência de montagem comum. Para este item, dois índices são utilizados: C_l para medir o percentual de sequência de montagem comum e C_a para medir o percentual de estações de trabalho de montagem comuns:

$$C_l = \frac{100 * \text{carga comum de componentes de montagem}}{\text{carga comum de componentes de montagem} + \text{carga única de componentes de montagem}} \quad (4)$$

$$C_a = \frac{100 * \text{postos de trabalho comum de montagem}}{\text{postos de trabalho comum de montagem} + \text{postos de trabalho exclusivos}} \quad (5)$$

Os quatro valores podem ser combinados em uma medida de comunalidade global por plataforma, através da formulação da média ponderada descrita pela equação 8 (SIDDIQUE; ROSEN; WANG, 1998):

$$\%C = \sum_{i=1}^4 I_i * C_i = I_c * C_c + I_n * C_n + I_l * C_l + I_a * C_a \quad (6)$$

Onde:

I é a importância (fator de ponderação) e $\sum I_i = 1$;

C_i é o percentual de comunalidade, conforme descrito anteriormente.

Este índice leva em consideração a fabricação e montagem, além disso pode ser adaptado para diferentes estratégias utilizando os fatores de ponderação. No entanto, a desvantagem do %C é que este modelo é aplicado para cada plataforma ou linha de montagem e não para a família como um todo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho classifica-se pela natureza, como pesquisa aplicada e da estratégia como pesquisa exploratória, devido a necessidade de elencar métricas de comunalidade, bem como critérios relacionados ao custo.

Foi desenvolvido uma sistemática, conforme as etapas a seguir, e nesse processo de desenvolvimento foi utilizado a base de dados do ERP (acrônimo do termo inglês *Enterprise Resource Planning* para Planejamento de Recursos Empresariais) da empresa para construir a mesma, de modo gerenciável e de fácil revisão dos indicadores:

1. Coletar dados;
2. Classificar dados;
3. Correlacionar SKUs com componentes;
4. Medir comunalidade pelas métricas de DCI e %C;
5. Coletar os dados de custo e roteiro de fabricação;
6. Correlacionar estatisticamente comunalidade e custo;
7. Analisar resultados;
8. Levantar oportunidades de comunalização;
9. Direcionar recursos;
10. Medir comunalidade pelas métricas de DCI e %C pós projetos.

4 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA

A sistemática foi aplicada em uma empresa multinacional da linha branca do segmento de refrigeradores, que possui um sistema de produção em massa e seus produtos são vendidos basicamente no mercado nacional. Este trabalho se concentrou no cenário atual de famílias de produtos e SKUs que estão ativos na produção, contemplando as dez linhas de montagem e as 23 famílias de produtos.

Tendo estruturado a sistemática e detalhado as dez etapas do fluxo de avaliação da comunalidade, criou-se um time multifuncional com reuniões semanais para aplicação do modelo proposto.

A seguir são detalhados os resultados obtidos da aplicação da sistemática proposta por este trabalho e o desenho do fluxo da sistemática encontra-se no Apêndice A.

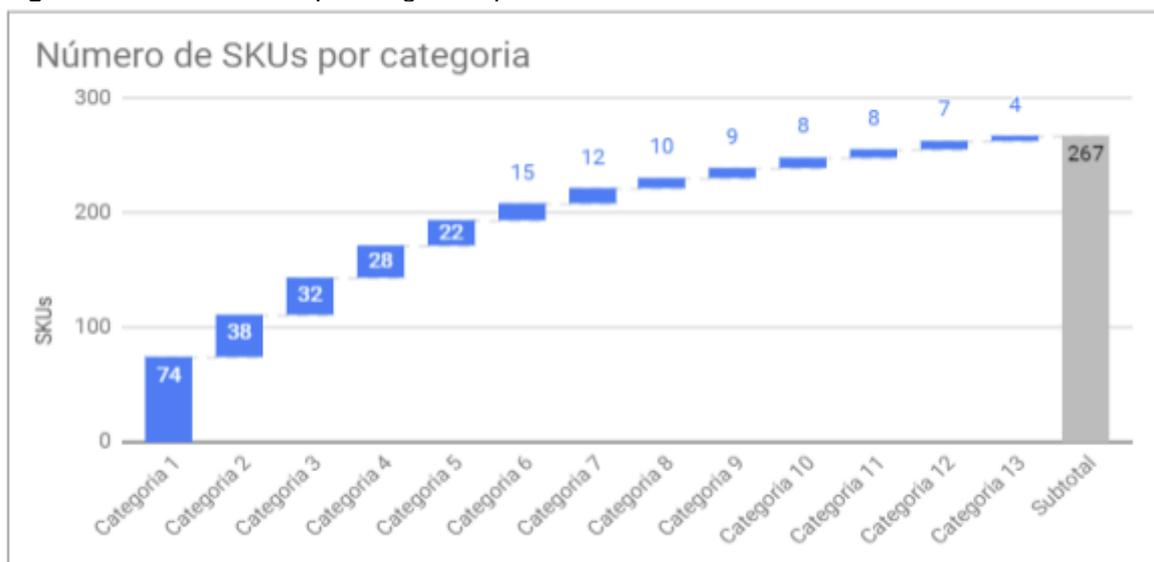
Etapa 1 – Coletar Dados

A primeira etapa do modelo da sistemática consiste na coleta de dados. Como a comunalidade consiste na comparação de componentes (pai e filho) entre SKUs, é necessário também delimitar o período de demanda junto ao time de *marketing*, neste estudo avaliou-se o período de 12 meses, para contemplar nas avaliações a sazonalidades da demanda.

Determinado o segmento e o negócio do estudo, ambas informações coletadas do ERP da empresa estudada, teve-se como saída nesta etapa:

- **Lista de SKUs:** 267 SKUs analisados e com demanda no período 12 meses. A figura 2 apresenta a distribuição da quantidade de SKUs por categoria de produtos e o quadro 1 descreve cada categoria.

Figura 2 - Número de SKUs por categoria de produtos



Fonte: autores (2018).

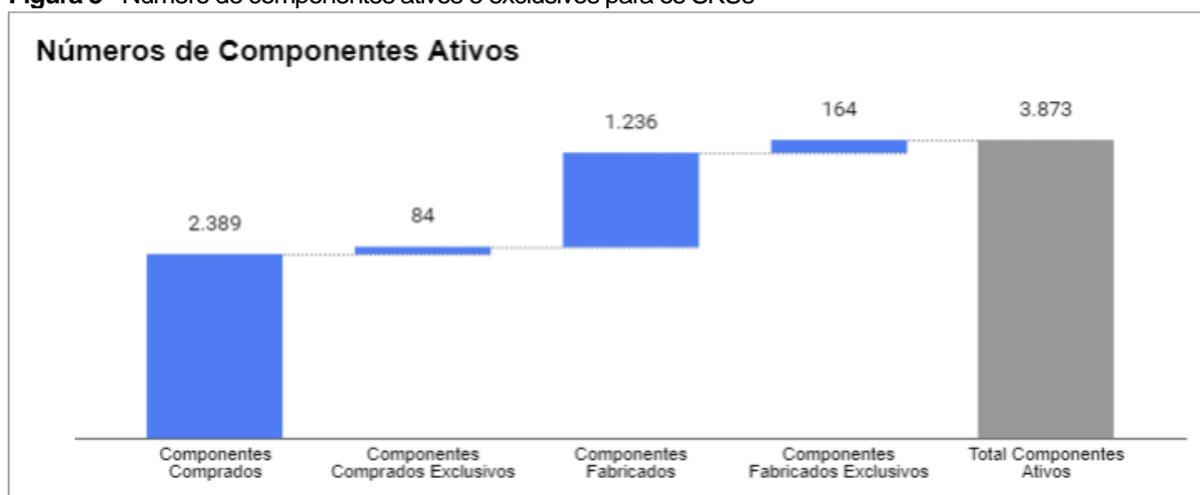
Quadro 1 - Descrição da categoria de produtos

Categoria	Descrição
Categoria 1	Refrigerador Livre de Gelo - 2 portas - Alta capacidade de litros
Categoria 2	Refrigerador Livre de Gelo - 2 portas - Baixa capacidade de litros
Categoria 3	Refrigerador Ciclo Degelo - 1 porta - Compacto
Categoria 4	Freezer Vertical
Categoria 5	Freezer Horizontal
Categoria 6	Refrigerador Livre de Gelo - 1 porta - Compacto
Categoria 7	Refrigerador Ciclo Degelo - 1 porta - Baixa capacidade de litros
Categoria 8	Refrigerador Livre de Gelo - 3 portas - Altíssima capacidade de litros
Categoria 9	Refrigerador Ciclo Degelo - 2 portas - Alta capacidade de litros
Categoria 10	Refrigerador Livre de Gelo - 1 porta - Alta capacidade de litros
Categoria 11	Refrigerador Livre de Gelo - 2 portas - Altíssima capacidade de litros
Categoria 12	Refrigerador Ciclo Degelo - 2 portas - Baixa capacidade de litros
Categoria 13	Refrigerador Livre de Gelo - 3 portas - Alta capacidade de litros

Fonte: autores (2018).

- **Lista de componentes ativos:** com base no período de demanda de 12 meses analisados, chegou-se em uma lista de componentes ativos, com base no ERP, de 3.873 componentes, dos quais 2.473 são comprados e 1.400 são fabricados internamente. Sendo os comprados, componentes que são produzidos por fornecedores e utilizados diretamente nas linhas de montagem e/ou utilizados para produzir os componentes fabricados. Já os componentes fabricados, são processos primários que produzem componentes que serão consumidos diretamente nas linhas de montagem, seja por fluxo contínuo ou via *kanban*. Além disso, avaliando os componentes no nível de SKU foi possível identificar 84 componentes comprados e 164 componentes fabricados que são exclusivos, ou seja, que são utilizados em apenas um SKU. Na figura 3 é possível verificar esse comparativo.

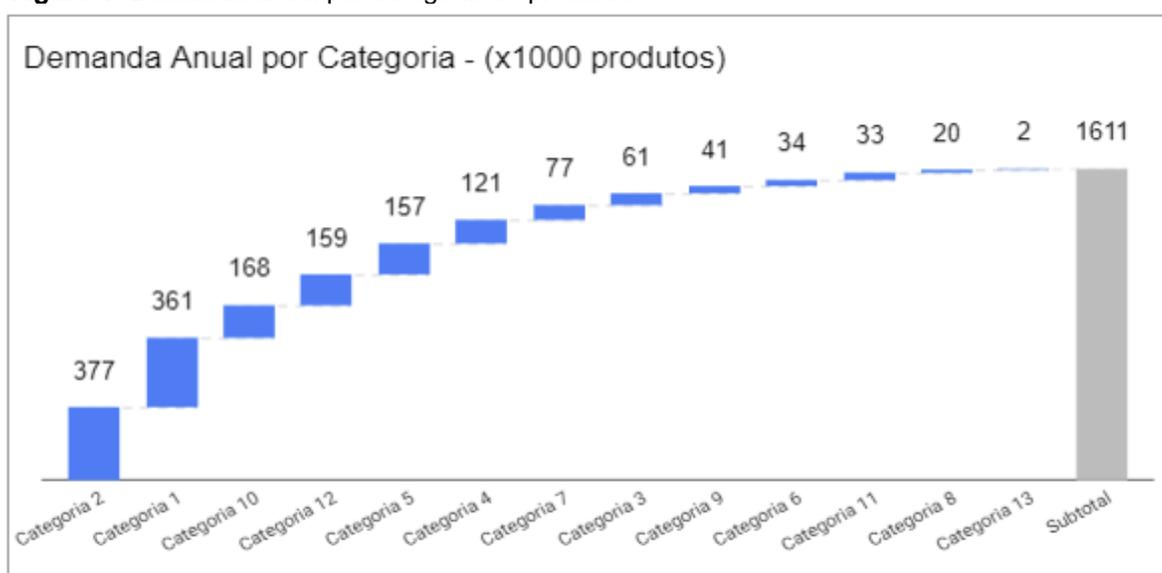
Figura 3 - Número de componentes ativos e exclusivos para os SKUs



Fonte: autores (2018).

- **Demanda por SKU:** a figura 4 apresenta a somatória da demanda média no período de 12 meses por categoria de produtos e a figura 5 apresenta o comportamento da sazonalidade da demanda durante o ano. Essa demanda volátil da linha branca impacta diretamente nos custos operacionais, principalmente nos estoques de almoxarifado e WIP, além do tempo de resposta para o planejamento da produção e materiais.

Figura 4 -Demanda anual por categoria de produtos



Fonte: autores (2018).

Figura 5 -Sazonalidade da demanda



Fonte: autores (2018).

Etapa 2 – Classificar Dados

A segunda etapa da sistemática consiste na classificação dos dados coletados. Como entrada desta etapa utilizou-se a lista de SKUs, a lista de componentes ativos e a demanda, conforme dados utilizados na etapa 1. Além disso, para essa etapa foi avaliado as linhas de montagem disponíveis para os produtos de refrigeração, que neste estudo foram avaliadas 10 linhas de montagem.

Coletando os dados no ERP e compilando as informações, juntamente com a área da engenharia industrial que é responsável pelo planejamento fabril chegou-se na classificação da figura 6. Sendo que a mesma família de produtos pode produzir em mais de uma linha de montagem, com intuito de deixar o fluxo produtivo mais flexível para atender as sazonalidades da demanda. Por sua vez, a figura 7 apresenta o número de SKUs para cada família de produto, mostrando que na média tem-se 15 SKUs por família de produtos.

Figura 6 - Número de SKUs e família de produtos por linha de montagem



Fonte: autores (2018).

Figura 7 - Número de SKUs por família de produtos



Fonte: autores (2018).

Outra saída da segunda etapa da sistemática consiste na classificação dos componentes coletados por grupos de materiais, para facilitar o gerenciamento. Dentro dos 3.873 componentes foi possível classificar os mesmos em 18 grupos macro de materiais. O intuito destes grupos macros de materiais é enxergar onde encontra-se o maior número de componentes, deixando mais claro onde está a maior concentração de variações de componentes. Com isso, dependendo da estratégia da empresa, avaliar se faz sentido tantos componentes neste grupo de materiais.

Avaliando os dados da empresa estudada, observou-se um alto número de componentes plásticos, que neste caso, pode ou não afetar a percepção do cliente

final. Por outro lado, grupos de materiais como: papelaria, vedações e EPS, são componentes necessários, mas que não são itens que se tornam diferencial do produto para o cliente final e que poderiam ser padronizados.

Na empresa estudada os projetos de desenvolvimento de novos produtos ocorrem em paralelo e não avaliam o portfólio de componentes existentes, além disso, não compartilham informações entre os projetos durante o desenvolvimento. Desta forma, gerando a necessidade de novos componentes, que muitas vezes podem ser similares com os componentes atuais e/ou de outros projetos em desenvolvimento. Além disso, outro ponto extremamente relevante, é que após o lançamento dos novos produtos, nem todos os componentes antigos são descontinuados, gerando desta forma um passivo alto de componentes com baixa utilização ou exclusivos.

A figura 8 apresenta a distribuição dos componentes (pai e filho) pelo grupo macro de materiais, nesta etapa, sabendo que no caso estudado a quantidade SKUs ativos é de 267 e o número de família são 22, pode-se começar a observar, ainda que superficialmente, a falta de comunalidade.

Figura 8 - Número de componentes por grupo de materiais



Fonte: autores (2018).

Já na figura 9, pode-se observar o número de componentes dentro do grupo de materiais de componentes de fixação, bem como a média de utilização por SKU. Com isso, verifica-se que o número de componentes de fixação, como parafusos e dobradiças, possui uma alta quantidade de componentes, sendo que a utilização por SKU é relativamente baixa, já que a média de SKUs por família de produto são de 15

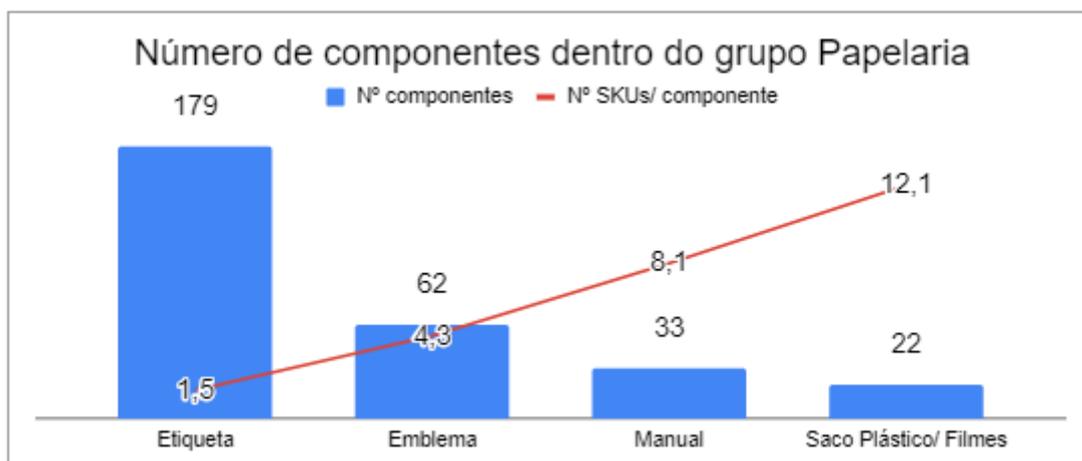
SKUs. Da mesma forma, pode-se observar esse mesmo comportamento, conforme figura 10, com relação a utilização de etiquetas, emblemas e manuais. Sendo tanto os componentes de fixação como os componentes de papelaria, itens que não agregam valor para o cliente, ou seja, não apresenta um diferencial estético ou funcional que o cliente enxergue valor.

Figura 9 - Número de componentes dentro do grupo de Componentes de Fixação



Fonte: autores (2018).

Figura 10 - Número de componentes dentro do grupo de Papelaria



Fonte: autores (2018).

Etapa 3 – Correlacionar SKUs com Componentes

A terceira etapa da sistemática consiste em correlacionar os SKUs com os componentes, e possui como entrada: a demanda por SKU e por componente, a lista técnica (BOM) dos SKUs e ainda o plano de embalagem para cada componente.

Correlacionando esses dados tem-se como saída a lista de componentes exclusivos, bem como a necessidade de área por componente dentro do almoxarifado.

A correlação entre os SKUs e seus componentes consiste no cruzamento entre a demanda de cada SKU, considerando o período de 12 meses, correlaciona-se demanda do SKU multiplicando-se pela BOM de cada componente, para desta forma ter a demanda pura do componente. Após obter esta informação, adiciona-se a métrica de política de estoque e lote mínimo de cada componente, estas informações foram coletas no ERP juntamente com a área do PCPM. Com a demanda pura do componente, realizando a média ano e depois a média dia, adicionando a política de estoque (em dias) e o lote mínimo chegou-se à necessidade de estoque de cada componente. A tabela 1 apresenta um exemplo de cálculo da necessidade de componente em estoque.

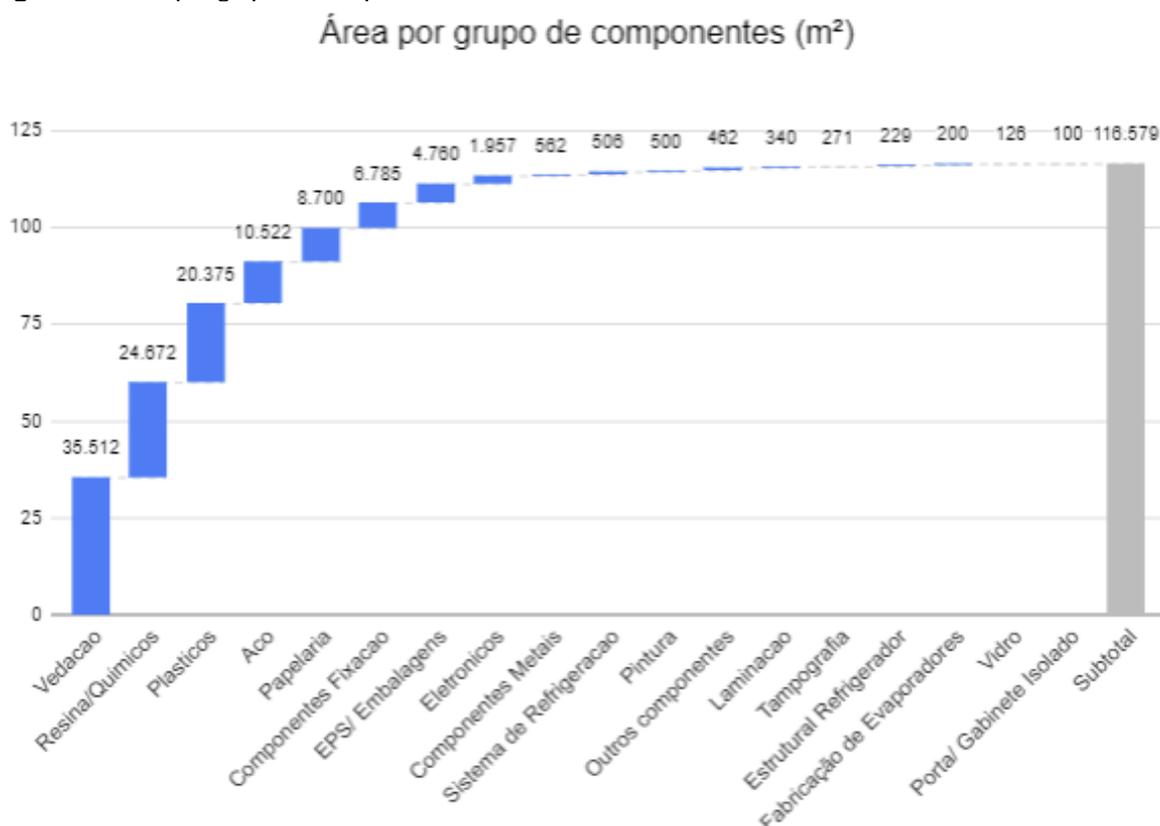
Quadro 2 - Exemplo de cálculo da necessidade de componente

	PE (Política de estoque) (dias)	Lote Mínimo	Demanda Dia (Demanda média mês/ dias úteis)	Demanda dia x PE	(Demanda dia x PE)/ Lote Mínimo	(Demanda dia x PE)/ Lote Mínimo Arredondado	Quantidade componentes em estoque
Componente 1	5	300	1.100	5.500	18	19	5.700

Fonte: autores (2018).

Após determinado a necessidade de estoque de cada componente, avaliou-se o plano de embalagem para cada componente, bem como as medias de área de cada embalagem, levando em consideração o tipo de embalagem, quantidade de peças por embalagem, o nível de empilhamento dessas embalagens, sempre considerando apenas o estoque que fica localizado no almoxarifado. O intuito desta análise foi medir em área (m²) cada componente unitariamente localizado no almoxarifado. A figura 11 apresenta o total de área por grupo de componentes.

Figura 12 - Área por grupo de componentes



Fonte: autores (2018).

Etapa 4 – Medir Comunalidade pelas Métricas do DCI e %C

A quarta etapa da sistemática consiste em medir a comunalidade pelas métricas do DCI e %C, tais métricas foram selecionadas por terem maior semelhança com o processo produtivo mixado e em massa. Para isso, tem-se como entrada nesta etapa: a lista técnica dos SKUs, a lista de SKUs por linha de montagem e a lista de família de produtos ativa. Desta forma, gerar-se como saída o índice de comunalidade por família de produto e por linha de montagem, além dos diagramas de Pareto de comunalidade por linha de montagem e por família de produtos.

Nesta etapa foi compilado os dados de comunalidade, sendo o intuito principal destes indicadores monitorar o estado atual através do gerenciamento da quantidade, área e custos dos componentes. E ter-se uma base de comparação para projetos futuros, para desta forma possibilitar o gerenciamento da complexidade fabril de forma eficiente.

A figura 12 mostra a matriz de comunalidade com base na métrica do índice do percentual de comunalidade (%C), avaliando uma combinação de grupos de SKUs, a começar pela análise de comunalidade dentro da própria família de produtos, de modo isolado. Esses valores de comunalidade por família de produtos encontram-se na diagonal decrescente da matriz, por exemplo, a família S apresenta 80% de comunalidade, já a família I apresenta 34%. Da mesma forma, os demais dados de comunalidade da matriz se dão pela análise de duas em duas famílias de produtos, para desta forma entender quais famílias são mais semelhantes. Todos os valores contidos na matriz acima da diagonal decrescente, são espelho das informações abaixo da diagonal. Além disso, foi definido uma formatação condicional dos valores de comunalidade na matriz, para facilitar a visualização dos dados, sendo que quanto mais vermelha a célula, pior é o índice de comunalidade, e quanto mais verde a célula melhor o índice de comunalidade.

Figura 13 - Matriz de comunalidade (%C) comparando família de produtos

	Família S	Família L	Família P	Família T	Família N	Família U	Família J	Família O	Família G	Família I	Família K	Família Q	Família A	Família D	Família C	Família R	Família M	Família E	Família X	Família H	Família F	Família B	Família V
Família S	80%	48%	34%	34%	16%	20%	27%	33%	24%	21%	20%	19%	20%	15%	15%	17%	17%	22%	24%	20%	14%	20%	24%
Família L	48%	77%	29%	28%	19%	26%	27%	33%	19%	16%	22%	22%	23%	17%	17%	23%	20%	23%	28%	26%	12%	19%	19%
Família P	34%	29%	80%	42%	17%	22%	27%	32%	27%	22%	22%	23%	21%	15%	14%	19%	18%	23%	24%	20%	13%	20%	26%
Família T	34%	28%	42%	92%	17%	23%	31%	33%	30%	26%	25%	26%	23%	16%	15%	18%	18%	24%	27%	24%	13%	22%	32%
Família N	16%	19%	17%	17%	74%	73%	23%	19%	16%	13%	19%	19%	25%	32%	31%	30%	58%	19%	25%	24%	13%	15%	14%
Família U	20%	26%	22%	23%	73%	96%	27%	24%	19%	15%	26%	26%	26%	33%	32%	33%	60%	23%	28%	27%	15%	17%	18%
Família J	27%	27%	27%	31%	23%	27%	68%	34%	24%	19%	22%	22%	38%	22%	22%	24%	23%	26%	28%	29%	12%	18%	22%
Família O	33%	33%	32%	33%	19%	24%	34%	73%	22%	18%	22%	20%	23%	18%	18%	22%	19%	25%	28%	25%	13%	20%	21%
Família G	24%	19%	27%	30%	16%	19%	24%	22%	78%	33%	27%	27%	17%	14%	14%	16%	16%	15%	19%	18%	11%	18%	39%
Família I	21%	16%	22%	26%	13%	15%	19%	18%	33%	34%	23%	23%	14%	11%	11%	14%	13%	12%	14%	15%	11%	14%	31%
Família K	20%	22%	22%	25%	19%	26%	22%	22%	27%	23%	84%	68%	20%	15%	15%	22%	20%	19%	21%	19%	12%	15%	34%
Família Q	19%	22%	23%	26%	19%	26%	22%	20%	27%	23%	68%	93%	21%	16%	16%	23%	20%	19%	21%	21%	11%	15%	34%
Família A	20%	23%	21%	23%	25%	26%	38%	23%	17%	14%	20%	21%	57%	24%	25%	24%	26%	25%	32%	28%	12%	15%	17%
Família D	15%	17%	15%	16%	32%	33%	22%	18%	14%	11%	15%	16%	24%	58%	57%	47%	31%	20%	22%	28%	11%	13%	12%
Família C	15%	17%	14%	15%	31%	32%	22%	18%	14%	11%	15%	16%	25%	57%	64%	46%	31%	20%	23%	29%	11%	13%	12%
Família R	17%	23%	19%	18%	30%	33%	24%	22%	16%	14%	22%	23%	24%	47%	46%	87%	30%	21%	24%	28%	13%	15%	15%
Família M	17%	20%	18%	18%	58%	60%	23%	19%	16%	13%	20%	20%	26%	31%	31%	30%	68%	20%	25%	24%	13%	15%	14%
Família E	22%	23%	23%	24%	19%	23%	26%	25%	15%	12%	19%	19%	25%	20%	20%	21%	20%	48%	30%	30%	11%	15%	15%
Família X	24%	28%	24%	27%	25%	28%	28%	28%	19%	14%	21%	21%	32%	22%	23%	24%	25%	30%	72%	38%	11%	17%	16%
Família H	20%	26%	20%	24%	24%	27%	29%	25%	18%	15%	19%	21%	28%	28%	29%	28%	24%	30%	38%	70%	12%	16%	18%
Família F	14%	12%	13%	13%	13%	15%	12%	13%	11%	11%	12%	11%	12%	11%	11%	13%	13%	11%	11%	12%	52%	10%	12%
Família B	20%	19%	20%	22%	15%	17%	18%	20%	18%	14%	15%	15%	15%	13%	13%	15%	15%	15%	17%	16%	10%	23%	16%
Família V	24%	19%	26%	32%	14%	18%	22%	21%	39%	31%	34%	34%	17%	12%	12%	15%	14%	15%	16%	18%	12%	16%	97%

Fonte: autores (2018).

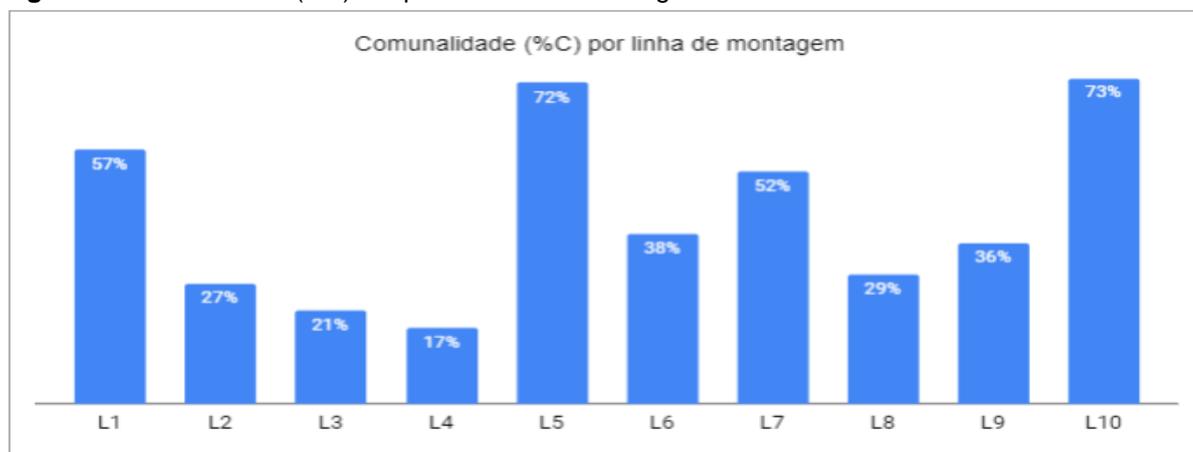
Para esse estudo, focou-se apenas na comunalidade de componente, ou seja, o I_c é 1 e para os demais 0. Os demais fatores de comunalidade poderão ser avaliadas em trabalhos futuros, quando o nível de comunalidade já estiver mais maduro na empresa.

Nesta matriz, conforme figura 12, foi possível observar a falta de comunalidade entre família de produtos e dentro das famílias de produtos. Essa matriz é um indicador importante para ser monitorado mensalmente e precisa ser discutido dentro do grupo multifuncional. Além disso, pode-se observar que a falta de comunalidade ocorre até mesmo entre as mesmas categorias de produtos.

Esta matriz deve ser utilizada para avaliar todos os novos produtos que estão sendo lançados, bem como o direcional de onde alocar as famílias de produtos atuais nas linhas de montagem. Ao utilizar esta análise de quão comum são os produtos alocados, proporciona a redução do tempo de *ramp up* dos operadores quando for necessário realizar qualquer mudança no *mix* de produção, ganhando desta forma produtividade e maior disponibilidade de produtos para vendas.

A figura 13, apresenta a mesma análise de comunalidade do %C, porém o grupo de SKUs avaliados são todos que passam em cada linha de montagem. Ou seja, quanto maior o número de famílias de produtos que passam em uma mesma linha, pior será o índice de comunalidade da mesma. Isto pode ser observado claramente na figura 13, por exemplo, a L10 tem o melhor índice de comunalidade, porém possui apenas 1 família de produtos com 7 SKUs.

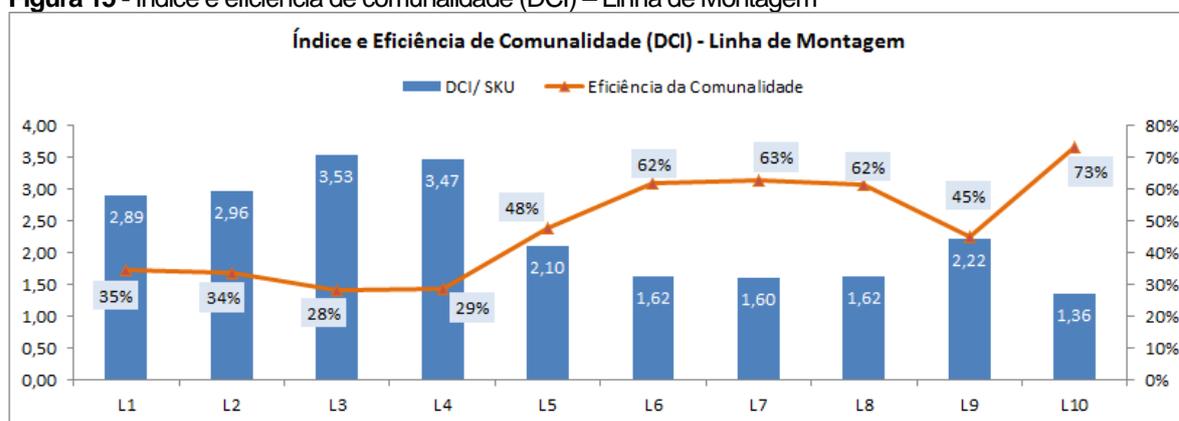
Figura 14 - Comunalidade (%C) comparando linha de montagem



Fonte: autores (2018).

Por sua vez, a figura 14, apresenta o índice de comunalidade proposta por Collier (1981), no entanto, diferente do %C o DCI, foca nos componentes que estão dispostos no bordo da linha de montagem, desconsiderando a cadeia produtiva predecessora. Outro fator que deve ser considerado ao analisar o DCI é avaliar a proporcionalidade relacionado a quantidade de SKUs que passam na linha de montagem, para que dessa forma seja possível comparar a eficiência entre as linhas. Com a análise do índice de comunalidade, pode-se comparar a evolução focando cada linha de montagem de forma isolada e a eficiência por sua vez, possibilita a comparação entre as linhas de montagem, ou seja, qual o percentual de itens comuns os SKUs compartilham.

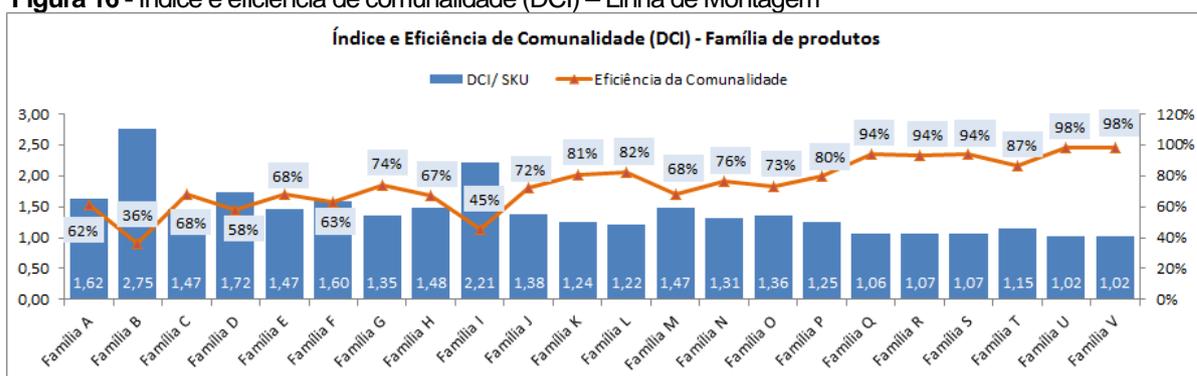
Figura 15 - Índice e eficiência de comunalidade (DCI) – Linha de Montagem



Fonte: autores (2018).

Da mesma forma, foi avaliado a comunalidade dentro da família de produto, conforme figura 15, levando em consideração a quantidade de SKUs e considerando no índice, apenas os itens da família de produtos que são consumidos diretamente na linha de montagem. Dessa forma, é possível visualizar a complexidade na ponta da cadeia produtiva, ou seja, diretamente nas linhas de montagem. Igualmente como avaliado o DCI para linha de montagem, o índice aplicado por família de produtos, só pode ser comparado olhando a evolução da família de produtos isoladamente, porém para comparar entre família de produtos pode-se utilizar a eficiência da comunalidade, que mostra o percentual de utilização dos componentes dentro das famílias de produtos. Com esta análise foi possível observar uma baixa comunalidade dentro das famílias de produtos, onde conceitualmente deveria ter a maior utilização dos componentes em comum.

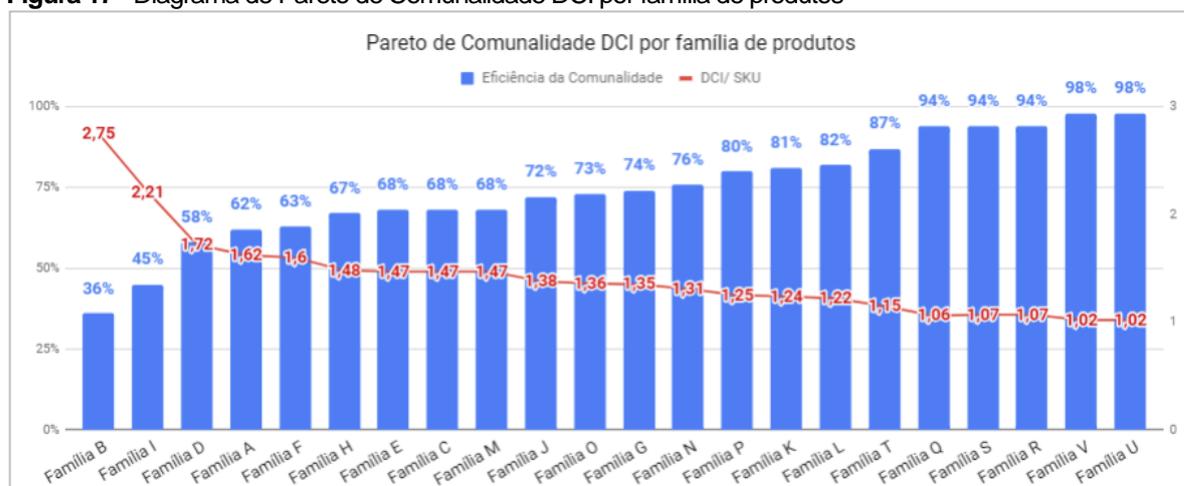
Figura 16 - Índice e eficiência de comunalidade (DCI) – Linha de Montagem



Fonte: autores (2018)

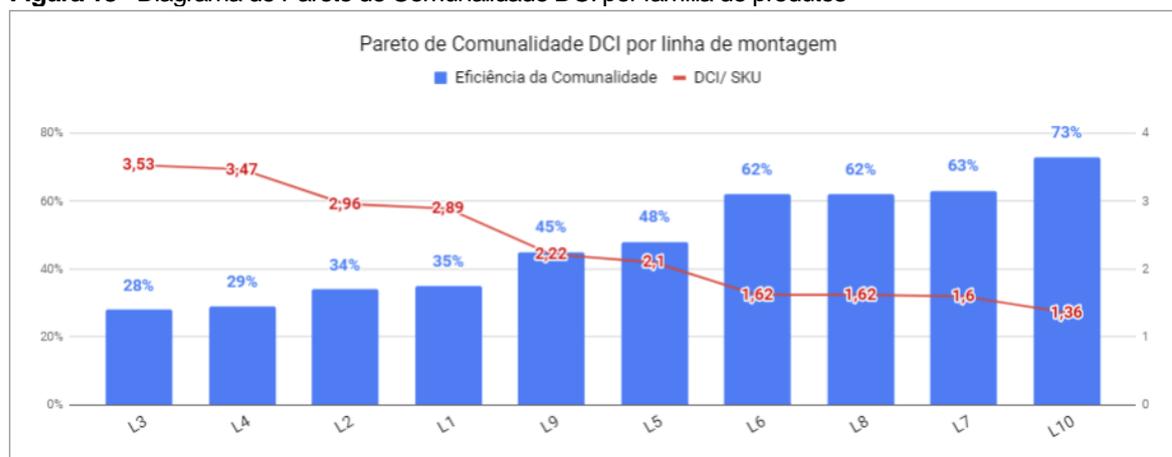
Transformando estes índices identificados do DCI é possível criar diagrama de Pareto dos índices de comunalidade, por linha de montagem e por família de produtos. A seguir as figuras 16 e 17, apresentam em forma de diagrama de Pareto a eficiência e o índice de comunalidade DCI por família de produtos e por linha de montagem, respectivamente.

Figura 17 - Diagrama de Pareto de Comunalidade DCI por família de produtos



Fonte: autores (2018).

Figura 18 - Diagrama de Pareto de Comunalidade DCI por família de produtos



Fonte: autores (2018)

Avaliando a comunalidade por família pode-se identificar que a família B é a que possui maior oportunidade de comunalização, já observando por linha de montagem, a linha L3 é a que possui maior oportunidade comunalização.

Sendo que as decisões do foco dos trabalhos de comunalidade devem sempre ser discutido pelo time multifuncional para identificar as oportunidades de forma mais assertiva e dessa forma chegar em soluções que convirjam para o benefício comum da companhia, através do aumento da produtividade e da margem de contribuição de cada produto.

Etapa 5 – Coletar os Dados de Custo e Roteiro de Fabricação

A quinta etapa da sistemática consiste na coleta de dados de custo e roteiros de fabricação dos componentes e SKUs. Para isso, tem-se como entrada: custo de conversão em R\$/SKU, demanda dos SKUs e dos componentes e plano de embalagem para cada componente. As saídas desta etapa são: o custo de conversão por SKU, diagrama de Pareto de custo por família de produtos, roteiro de fabricação por SKU, roteiro de fabricação por componente interno e a área de armazenagem por componente (m²).

Nesta etapa são coletados os dados relacionados ao custo dos componentes e que afetam diretamente o custo final do SKU, alguns custos são geralmente utilizados pelas empresas de manufatura, no entanto, o diferencial está em encontrar as relações de custos dentro da complexidade fabril, para dessa forma ser mais assertivo nas tomadas de decisão.

Para gerar os diagramas de Pareto de custo por linha de montagem e família de produtos avaliou-se 3 critérios:

- **Custo da área**

Para saber quanto custa o m² da área fabril, foi realizado um trabalho junto a controladoria para levantar toda a lista de ativos e comparar com o total de área disponível na manufatura. Neste trabalho não foi avaliado a área de estoque de produto acabado, apenas o estoque de componentes e o fluxo produtivo.

Foi gerado através do ERP a lista de 100% dos ativos ligados aos centros de custo da manufatura e avaliado quanto de residual possui para o ano corrente, sendo que estes valores precisam ser revisados anualmente. Sendo o valor residual, o valor a ser depreciado no ano corrente dos ativos da empresa. A figura 18 mostra um exemplo para cálculo do m² que foi utilizado por este trabalho.

Tabela 2 - Exemplo de cálculo do m²

Valor Residual 2018	EDIFÍCIOS	INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	TERRENOS
Conversão	R\$1.000.000,00	R\$2.500.000,00	R\$800.000,00

Área	m ²
Fabril	112.000
Almoxarifado	29.850
Total	141.850

Custo do m² Fabril	R\$30,31
--------------------------------------	-----------------

Fonte: autores (2018).

Feito isto, foi necessário gerar um banco de dados de todas as formas de armazenagem, embalagens e quantidade de peças por embalagem de todos os componentes, seja comprado ou fabricado, para com isto conseguir mensurar o custo de área de cada componente, família de produtos ou linha de montagem.

- **Custo do BOM**

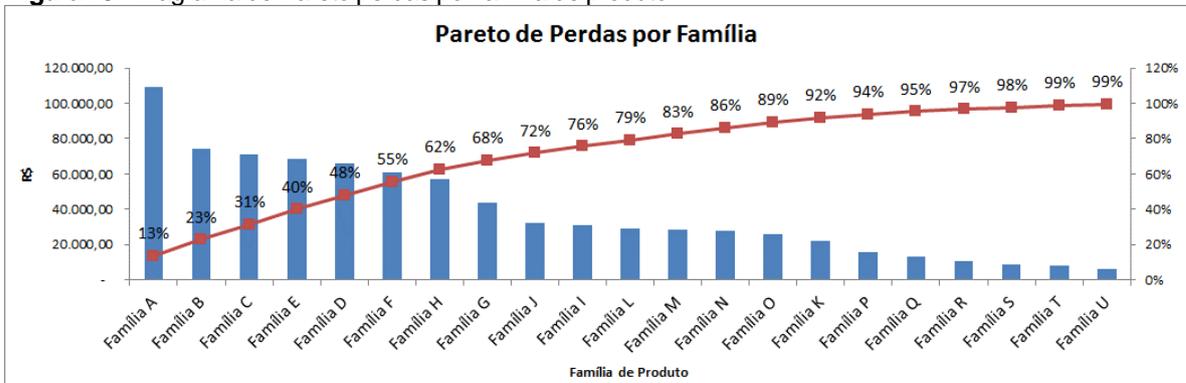
Neste caso, todos os itens comprados possuem este custo, estes dados foram coletados no ERP pelo time da controladoria, com base no fechamento financeiro dos últimos 3 meses. A somatória de todos os itens comprados compõe o custo do BOM do SKU.

- **Custo de Conversão**

O custo de conversão é de responsabilidade da engenharia industrial, por esta ser responsável pelo planejamento fabril, ou seja, todos os componentes fabricados sejam na linha de montagem ou nos processos paralelos são custeados e da mesma forma que o custo de BOM, a somatória de todos os itens fabricados compõe o custo de conversão do SKU. Desta forma, foi coletado com a engenharia industrial todos os tempos de todos os componentes, bem como os tempos de montagem de todos os SKUs, separando tanto os componentes como os SKUs por centro de trabalho e centro de custo. Feito isso, através do ERP, foi realizado a multiplicação dos tempos de processamento com a taxa de cada centro de custo (informação que veio do ERP disponibilizada pela controladoria), para desta forma ter o custo de conversão de forma mais assertiva.

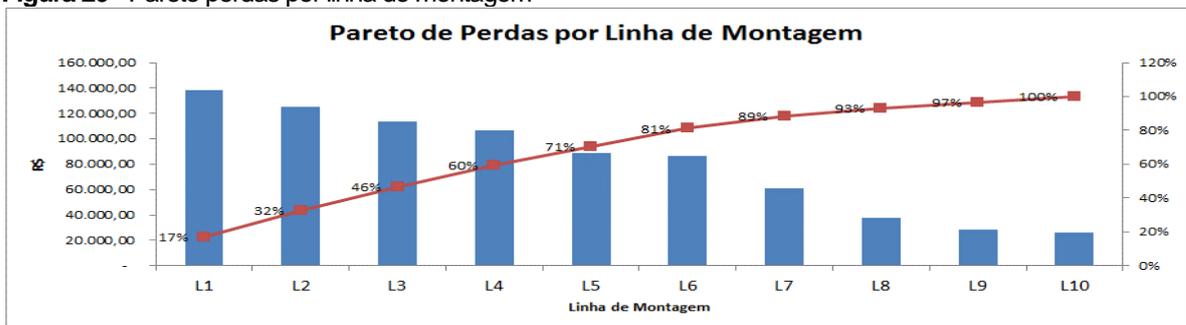
A figura 19 apresenta o diagrama de Pareto de perdas com priorização por família de produtos, relacionando os 3 custos: área, BOM e conversão. Da mesma forma, foi agrupado os custos por linha de montagem, conforme figura 20.

Figura 19 - Diagrama de Pareto perdas por família de produto



Fonte: autores (2018)

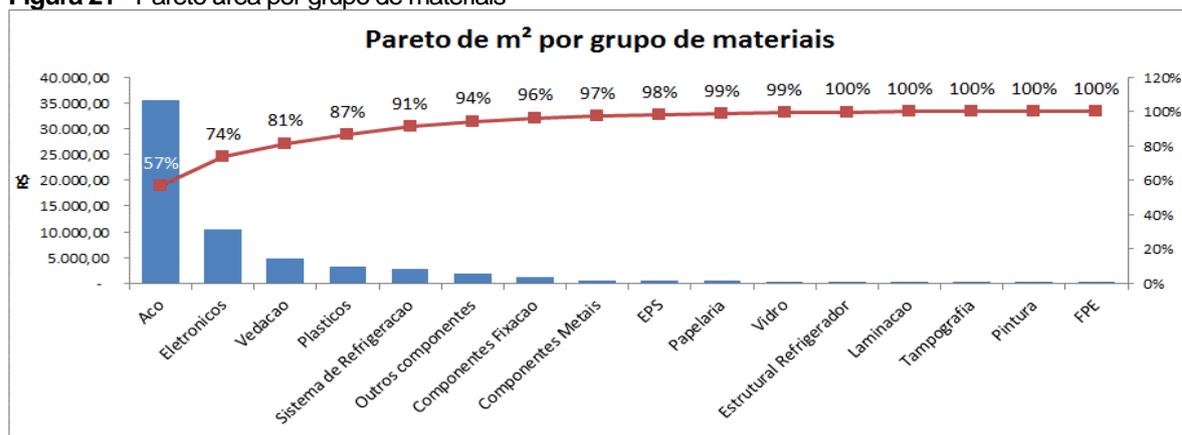
Figura 20 - Pareto perdas por linha de montagem



Fonte: autores (2018)

A figura 21 apresenta o Pareto com a distribuição de área por grupo de materiais, essa informação foi importante para direcionar os trabalhos de comunalidade, tendo em visto que área é um fator de suma importância, principalmente na estratégia para lançar novos produtos e realocação dos componentes envolvidos.

Figura 21 - Pareto área por grupo de materiais



Fonte: autores (2018)

Etapa 6 – Correlacionar Estatisticamente Comunalidade e Custo

Na sexta etapa tem-se como entrada: custo de conversão por SKU, lista de SKUs por família de produto, lista de componentes, demanda de SKUs e componentes, roteiro de fabricação por SKUs e componentes e área de estoque por componente. Após essa correlação, tem-se como saída: relação entre comunalidade e custo, comunalidade e área e comunalidade e roteiro de fabricação.

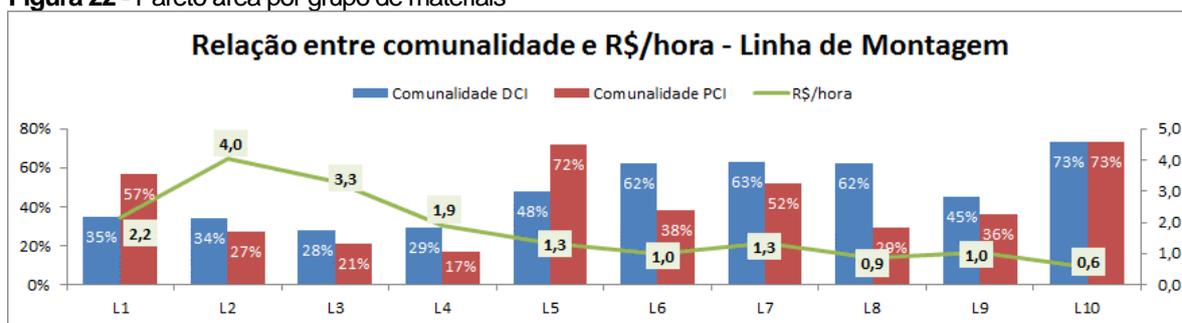
O custo de BOM representa cerca de 70% do custo do produto, com base nos dados avaliados e os demais 30% representam o custo da área e o custo de conversão. No entanto, os projetos de comunalidade interferem diretamente no custo de BOM, pois possibilitam ao time de suprimentos maior poder de negociação por lotes maiores, porém essa informação exige maior tempo de análise, pois necessita que o time de compras renegocie todos os componentes comunalizados.

Na figura 22, foi avaliado os dados de comunalidade medidos anteriormente e comparando taxa/hora de cada linha, sendo essa taxa o total de custo envolvendo a linha pela divisão do volume de produção mensal em horas. Com isso, pode-se observar que o custo é inversamente proporcional a comunalidade medida, seja pelo

DCI ou %C. Por isso, esta relação deve ser sempre monitorada pela companhia para garantir a gestão da complexidade do seu processo produtivo.

Sendo que toda a somatória de custo total por mês, envolve além dos custos de BOM, os custos de conversão, que abrangem a área e os roteiros de fabricação.

Figura 22 - Pareto área por grupo de materiais



Fonte: autores (2018).

Etapa 7 – Analisar Resultados

A sétima etapa da sistemática e consiste na análise de resultados. Como entrada desta etapa tem-se: índices de comunalidade por família de produto, índice de comunalidade por linha de montagem, relação de comunalidade com custo, área e roteiro de fabricação. Com isso, tem-se como saída desta etapa: indicadores de comunalidade, *checklist* de comunalidade, Pareto de comunalidade por família de produto, linha de montagem e grupo de materiais e por fim, o relatório gerencial.

Na etapa 7 é realizado a compilação das informações avaliadas na forma de relatório gerencial, que deve ser encaminhado mensalmente, com intuito de mobilizar todas as áreas envolvidas sobre a gestão desses indicadores, bem como monitorar a entrada no lançamento de novos produtos.

Este trabalho utilizou alguns indicadores para ser monitorado, que são:

- Comunalidade DCI por linha de montagem e família de produtos, comparando apenas os componentes que são utilizados diretamente nas linhas de montagem;
- Comunalidade PCI por linha de montagem e família de produtos, comparando todos os níveis de componentes contemplados na BOM, seja comprado ou fabricado;

- Com essas informações acima, gerar os gráficos de Pareto de Comunalidade e quantidade de número de componentes por família de produto, linha de montagem e grupo de materiais;
- Monitorar dentro desse relatório gerencial, o número de códigos de componentes;
- Para os novos produtos, garantir que para cada novo componente criado outro seja descontinuado, ou seja, o lançamento de um novo projeto tem que ser melhor do que o produto atual;
- Monitorar nesse relatório, o número de componentes exclusivos por SKU e exclusivos por família de produto, para garantir que esse número seja mitigado com o passar do tempo; Comunalidade DCI por linha de montagem e família de produtos, comparando apenas os componentes que são utilizados diretamente nas linhas de montagem;

Muitas vezes a alta direção da companhia, não tem conhecimento da complexidade que está sendo criada no seu fluxo de desenvolvimento até o fluxo produtivo, por isso dá importância de ter um grupo multidisciplinar que trabalhe a questão da comunalidade de forma estratégica.

Etapa 8 – Levantar Oportunidades de Comunalização

A oitava etapa da sistemática que consiste em levantar as oportunidades através das análises obtidas. Para isso, tem-se como entrada desta etapa: indicadores de comunalidade, análise de Pareto apresentada em forma de diagrama da comunalidade, demanda de SKUs e componentes, recursos necessários e o grupo de trabalho multidisciplinar. E como saída desta etapa tem-se: a lista de oportunidades de comunalização e a criação do grupo multidisciplinar.

Nesta etapa o grupo multidisciplinar avalia os gráficos de Pareto e juntos buscam alternativas de padronização, com intuito de reduzir os itens exclusivos e avaliar se o componente que está sendo adicionado, realmente é um diferencial para o cliente. No caso de itens plásticos, ocorre que a mesma peça é produzida com cores diferentes, isso impacta diretamente a posição e necessidade de área no bordo de linha e automaticamente no almoxarifado. Segue uma relação dos principais itens e seus números de componentes.

- Componentes plásticos – 1026 códigos ativos;
- Rede elétrica – 85 códigos ativos;
- Parafusos – 60 códigos ativos;
- Manual de instrução – 33 códigos ativos;
- Emblemas e etiquetas – 263 códigos ativos;
- Granulados/Polímeros para peças plásticas – 103 códigos ativos;
- Compressor – 50 códigos ativos;
- Vedações/ fitas/ espumas – 86 códigos ativos.

Se comparar-se a quantidade de itens ativos destes componentes, com 263 SKUs ativos entre 22 famílias de produtos, além de que um SKU possui em média cerca de 265 componentes, pode-se perceber que a falta de padronização ocorre mesmo dentro das famílias de produtos.

Como por exemplo o porta lata, os quatro componentes são produzidos pelo mesmo molde de injeção, no entanto com a necessidade de quatro de *setups* de cor. Além disso estes porta latas, possuem cores diferentes por parte deles ser para o mercado de produtos exportados, sem que a demanda de SKUs exportação, representam menos que 10% da demanda. Outro exemplo é o porta-ovos, que cada novo projeto que é desenvolvido, novos componentes são acrescentados e nenhum descontinuado. Além disso, existem os componentes que possuem tampografia, como por exemplo o recipiente de gelo e a tampa folhosos, que também são impactados pelo mercado exportação, por terem tampografias diferentes devido ao idioma.

Etapas 9 e 10 – Direcionar os Recursos e Medir Comunalidade após os Projetos

As etapas 9 e 10 consiste em direcionar os recursos e medir a comunalidade após a implantação dos projetos.

Nessa etapa são alocados os recursos, com intuito de colocar os pontos de acordo com a ótica de cada de cada área, para que o produto tenha sua peculiaridade de acordo com o que o mercado solicita e focando em padronizações que o cliente não enxerga valor e/ou não está disposto a pagar. Nesta primeira rodada do time de comunalidade, foram identificados 32 projetos factíveis de serem realizados a curto e médio prazo, sendo que esses projetos estão em andamento e com período de implantação para os próximos meses. Um exemplo dos projetos identificados, foram

os 60 parafusos, que estão sendo avaliados, com oportunidade de redução de 50%. Outro exemplo, foram os manuais de instrução, que atualmente possuem mais de 30 componentes, com oportunidade de padronização para 1 componente por segmento, compilando em um mesmo manual as informações de produtos similares.

Outro ponto importante é revisitar sempre a comunalidade após as melhorias de projetos implantadas, avaliar se os benefícios impactaram nos indicadores já mencionados. Lembrando que nessa análise da comunalidade pós projetos, precisa ser avaliada levando em consideração a variação de volume devido as sazonalidades da demanda, para que dessa forma o comparativo seja sustentável ao longo do tempo.

5 CONSIDERAÇÕES

A aplicação da comunalidade como indicador, analisado isoladamente, não deixa claro quais ações devem ser tomadas para melhorá-lo e gerencia-lo. Desta forma, a sistemática proporcionou uma visão além dos indicadores, com intuito de direcionar projetos e obter resultados sólidos sobre o tema. Um dos diferenciais deste trabalho, está em correlacionar os custos da manufatura e do BOM dos produtos com a comunalidade, ou seja, deixar claro onde o dinheiro da empresa está sendo alocado. A visão da sistemática direcionada por meio de gráficos de pareto e atrelados a metodologia do WCM, possibilitou focar onde estão os maiores custos. Ou seja, fez-se desta ferramenta um diferencial na gestão da complexidade fabril e no claro entendimento dos custos.

Por outro lado, encontrou-se muita dificuldade na coleta de dados, principalmente relacionado a acuracidade do BOM e do plano de embalagem de cada peça, pois existem nas empresas muita dificuldade em se manter todos os documentos atualizados dinamicamente, seja pela alta rotatividade de projetos e alterações dos produtos ou pela falta de padronização. Desta forma, umas das atividades que mais despenderam tempo neste trabalho, foi-se na etapa de coleta de dados, com isso, fez-se necessário realizar eventos internos de atualização dos dados e padronização das informações.

Após organizar todas as informações e alocar os recursos, essa sistemática foi adicionada como entrega dentro dos novos projetos e principalmente na gestão do desdobrando de custos na cadência gerencial do WCM. Com isso, criou-se muitos

projetos de padronização para os produtos atuais, bem como indicadores e gestão correta da comunalidade para os projetos de produto futuro.

REFERÊNCIAS

- ASHAYERI, J.; SELEN, W. An application of a unified capacity planning system. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 9, p. 917-937, 2005. <https://doi.org/10.1108/01443570510613965>
- CAMERON, B. G.; CRAWLEY, E. F. Incentivizing Commonality: An Evaluation of the Benefit and Cost Impact of Platforming Strategies. **IEEE**, v. 2, p. 1-8, 2010. <https://doi.org/10.1109/AERO.2011.5747631>
- COLLIER, D. A. The measurement and operating benefits of component part commonality. **Decision Sciences**, v. 12, n. 1, p. 85-96, 1981. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1981.tb00063.x>
- CSILLAG, J., M. World class manufacturing the lessons of simplicity applied. **Revista de Administração de Empresas**, v. 28, n. 1, pp. 55-58, 1988. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901988000100009>.
- DE FELICE, F.; PETRILLO, A. Optimization of Manufacturing System through World Class Manufacturing. **International Federation of Automatic Control**, v. 48, n. 3, p. 741-746, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.171>
- EYNAN, A. The impact of demands correlation on the effectiveness of componente commonality. **International Journal of Production Research**, v. 34, n. 6, p. 1581-1602, 1996. <https://doi.org/10.1080/00207549608904985>
- FIXSON, S. K. Modularity and Commonality Research: Past Developments and Future Opportunities. **Sage Publications**, v.15, n.2, p. 85-111, 2007. <https://doi.org/10.1177/1063293X07078935>
- HU, S. J.; KO, J.; WEYAND, L.; ELMARAGHY, H. A.; LIEN, T. K.; KOREN, Y.; BLEY, H.; CHRYSOLOURIS, G.; NASR, N.; SHPITALNI, M. Assembly system design and operations for product variety. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 60, n. 2, p. 715-733, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.05.004>
- HUMAIR, S.; WILLEMS, S. P. Optimizing strategic safety stock placement in supply chains with clusters of commonality. **Operations Research**, v. 54, n. 4, p. 725-742, 2006. <https://doi.org/10.1287/opre.1060.0313>
- JIAO, J.; TSENG, M. M. Understanding product family for mass customization by developing commonality indices. **Journal of Engineering Design**, v. 11, n. 3, p. 225-243, 2000. <https://doi.org/10.1080/095448200750021003>
- JONNALAGEDDA, S.; SARANGA, H. Commonality decisions when designing for multiple markets. **European Journal of Operational Research**, v. 258, n. 3, p. 902-911, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.059>

KOTA, S.; SETHURAMAN, K.; MILLER, R. A metric for evaluating design commonality in product families. **ASME - Journal of mechanical design**, v.122, n. 4, p.403-410, 2000. <https://doi.org/10.1115/1.1320820>

MA, S.; WANG, W.; LIU, L. Commonality and postponement in multistage assembly systems. **European Journal of Operational Research**, v. 142, n. 3, p. 523-538, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00314-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00314-9)

MARTIN, M. V.; ISHII, K. Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures. **Research in Engineering Design**, v. 13, n. 4, p. 213-235, 2002. <https://doi.org/10.1007/s00163-002-0020-2>

MASKELL, B. **Performance measurement for world class manufacturing: a model for American companies**. 1 ed. Portland: Productivity Press, 1991. ISBN 0-915299-99-2.

MENDES, R. C.; MATTOS, M. C. Knowledge Management and World Class Manufacturing: an initial approach based on a literature review. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 22, n. 2, p. 244-264, 2017. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/3103>

MEYER, M. H.; LEHNERD, A. P. **The Power of Product Platforms: Building Value and Cost Leadership**. 1 ed., Simon and Schuster, 1997, ISBN 978-1-4516-5530-8.

MIRCHANDANI, P.; MISHRA, A. K. Component commonality: models with product-specific service constraints. **Production and Operations Management**, v. 11, n. 2, p. 199-215, 2002. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2002.tb00491.x>

PARK, J.; SIMPSON, T. Development of a production cost estimation framework to support product family design. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 4, p. 731-772, fev. 2005. <https://doi.org/10.1080/00207540512331311903>

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. 1 ed. UnicenP, 2007.

REDDY, S. B.; SIDDIQUE, Z. Formulation and Search of Assembly Sequence Design Spaces for Efficient Use of Assembly Plant Resources for New Products. **Concurrent Engineering: Research and Applications**, v. 18, n. 2, p. 129-140, 2010. <https://doi.org/10.1177/1063293X10370798>

SARMAH, S. P.; MOHARANA, U. C. Multi-criteria classification of spare parts inventories – a web based approach. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 21, n. 4, p. 456-477, 2015. <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2012-0017>

SCHONBERGER, R. J. **World Class Manufacturing**. The lesson of simplicity applied. 1 ed. New York: Free Press, 1986.

SIDDIQUE, Z.; ROSEN, D. W.; WANG, N. On the applicability of product variety design concepts to automotive platform commonality. **ASME Design Engineering**

Technical Conferences – Design Theory and Methodology, set. 1998.
<https://doi.org/10.1115/DETC98/DTM-5661>

SWAN, W. A. Proposes Standardization of Car Sizes. **The Automobile**. v.31, p. 76-77, 1914.

THEVENOT, H. J.; SIMPSON, T. W. Guidelines to minimize variation when estimating product line commonality through product family dissection. **Elsevier**, v.28, n.2, p. 175-194, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2006.07.004>

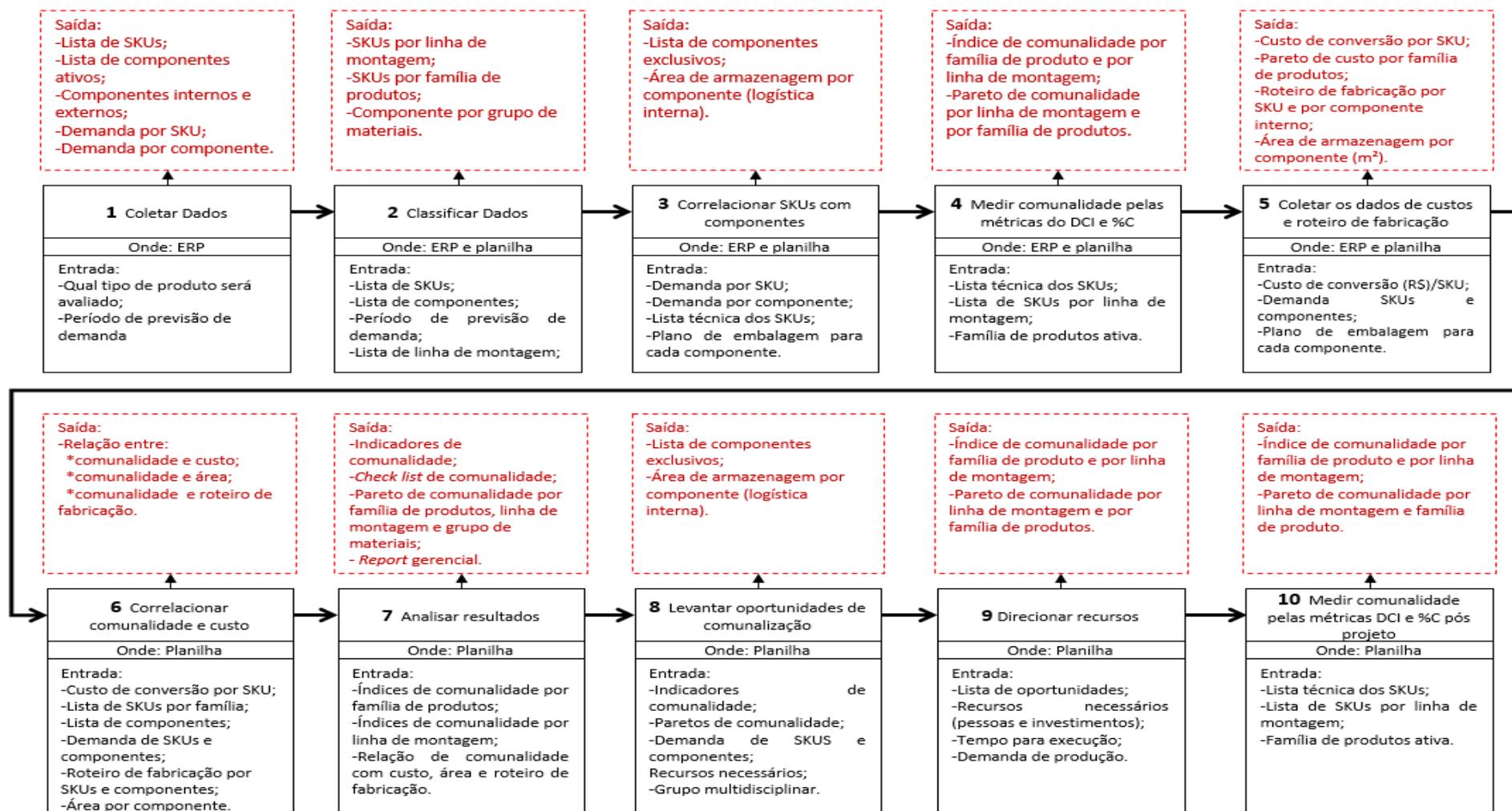
WACKER, J. G.; TREVELEN, M. Component part standardization: an analysis of commonality sources and indices. **Journal of Operations Management**, v. 6, n. 2, p. 219-244, 1986. [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(86\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0272-6963(86)90026-4)

WAZED, A.; AHMED, S.; NUKMAN, Y. Commonality in manufacturing resources planning – issues and models: a review. **European J. Industrial Engineering**, v.4, n.2, p.167-188, 2010. <https://doi.org/10.1504/EJIE.2010.031076>



Artigo recebido em: 15/06/2021 e aceito para publicação em: 07/01/2022
DOI: <http://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i4.4383>

APÊNDICE 1



Fonte: autores (201