

FELIPE SALOMÃO BANCI

**MUDANÇA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA
DE ELETRODOMÉSTICOS: DE LINHA DE MONTAGEM PARA
CÉLULA DE MANUFATURA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma
de Engenheiro de Produção.

São Paulo
2005

FELIPE SALOMÃO BANCI

**MUDANÇA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO EM UMA FÁBRICA
DE ELETRODOMÉSTICOS: DE LINHA DE MONTAGEM PARA
CÉLULA DE MANUFATURA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma
de Engenheiro de Produção.

Orientador:

Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo
2005

À minha família e aos meus amigos

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado a todas as pessoas que direta ou indiretamente me auxiliaram não só na sua elaboração como àqueles que estiveram comigo nestes cinco anos de graduação.

Gostaria de agradecer primeiramente ao Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake pela ajuda e disponibilidade que teve nas reuniões que realizamos durante todo o ano. Agradeço ainda a todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção.

Agradeço também a todos os colegas de trabalho da Multibrás: Renato Sanctis pela oportunidade de estágio e pelo auxílio dado na execução deste trabalho; Cláudio, Walmir, Clodoaldo, Manoel, Ronaldo e Douglas por terem me acompanhado e auxiliado por mais de um ano de estágio.

Não poderia deixar de lado minha família com quem pude contar nestes anos de faculdade: meu pai, Darcy e minha irmã, Erika.

Estive ainda em contato diário com amigos e colegas a quem também dedico este trabalho: Ana Maria, Elver, Alex, Ronaldo com quem tive a oportunidade de fazer diversos trabalhos durante os anos de graduação; David, Stephanie, Giuliana, André, Bruno, Gustavo, Ângela, Fábio, César e Ana Paula os quais conheci nos três últimos anos e que se tornaram grandes amigos.

RESUMO

Este trabalho apresenta o modo pelo qual a mudança entre dois sistemas de produção foi feita: de uma linha de montagem para uma célula de manufatura. O trabalho começa com uma descrição geral da empresa na qual o trabalho foi feito. A forma atual de montagem usada na fábrica estudada é detalhada para que uma comparação com a célula de manufatura possa ser feita posteriormente. A situação em linhas de montagem é seguida pelo projeto para implementar a célula, que inclui o levantamento de tempos de operações, balanceamento de operações e estudo de *layout*. Um capítulo é dedicado para descrever como a implementação do projeto foi feita, incluindo como a própria célula foi construída, quem foram as pessoas e áreas envolvidas, como foi a formação de grupo responsável pela a célula e como eles foram treinados no novo sistema de produção. Esta parte também inclui as dificuldades encontradas durante o processo de construção da célula. Já com a célula em operação foram levantados dados para fazer uma comparação entre a célula de manufatura e a linha de montagem. Esta comparação inclui utilização de tempo pelo operador da célula, produtividade, qualidade e flexibilidade. Foram feitas algumas entrevistas com o grupo que trabalha na célula para que eles pudessem dar a sua visão sobre o sistema de produção novo. No último capítulo uma conclusão e recomendações são feitas.

ABSTRACT

This paper presents the way through which the change between two production systems was made: from an assembly line to a cell manufacturing system. The paper begins with a general description of the company in which it was made. The current form of assembling used in the studied factory is detailed so a comparison with the manufacturing cell can be made latter on. The situation in assembly line is followed by the project to implement the cell, which includes operations' time taking, operations balancing and layout study. One chapter is dedicated to describe how the implementation part of the project was, including how the cell itself was built, who were the people and areas involved, how was the formation of group responsible for the cell and how they were trained in the new operation system. This part also includes the difficulties found during the process of building the cell. With the cell already operating, several data were taken to make a comparison between the cell and the assembly line. This comparison includes time utilization by the operator of the cell, productivity, quality and flexibility. Some interviews were made with the group working in the cell so that they could give their view about the new production system. In the last chapter a conclusion and recommendations were made.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIASÕES

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 A EMPRESA	2
1.2 AS UNIDADES	3
1.3 OS PRODUTOS	5
1.4 O ESTÁGIO	6
1.5 O TRABALHO DE FORMATURA	7
1.5.1 OBJETIVO	7
1.5.2 DEFINIÇÃO DO TEMA	8
1.5.3 OBJETIVO DO PROJETO	9
1.5.4 RESTRIÇÕES	9
2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	11
2.1 O SURGIMENTO E DECLÍNIO DA PRODUÇÃO EM MASSA	11
2.2 A PRODUÇÃO ENXUTA	15
2.3 A CÉLULA DE MANUFATURA	18
2.4 ALGUMAS DAS VANTAGENS DA CÉLULA DE MANUFATURA	26
3. LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS PROCESSOS NA FÁBRICA	30
3.1 O PROCESSO DE FABRICAÇÃO	30
3.2 A MONTAGEM	30
3.3 MEDIDA DE EFICIÊNCIA	32
3.3.1 LINHA	33
3.3.2 SUBMONTAGEM	34
3.3.3 PROCESSO DE MONTAGEM (LINHA E SUBMONTAGEM)	34
3.4 ESQUEMAS DAS SUBMONTAGENS	35
3.5 LEVANTAMENTO DE DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	39
4. PROJETO DE UMA CÉLULA DE MONTAGEM	43
4.1 CONHECENDO O PRODUTO	43
4.2 AS RESTRIÇÕES DA CÉLULA DE MONTAGEM	44
4.3 OPERAÇÕES DE MONTAGEM E SUBMONTAGEM DO PRODUTO	45
4.4 O LAYOUT	50
5. IMPLEMENTAÇÃO DA CÉLULA PROJETADA	55

5.1	A CONSTRUÇÃO DA CÉLULA	55
5.2	A FORMAÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO	56
5.3	O INÍCIO DAS OPERAÇÕES	57
5.4	MELHORIAS NO ABASTECIMENTO	58
5.5	A MOVIMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	60
6.	<u>ANÁLISE DE RESULTADOS</u>	62
6.1	UTILIZAÇÃO DO TEMPO POR PARTE DO OPERADOR	62
6.2	A FLEXIBILIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DE OPERAÇÕES	66
6.3	A PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA	70
6.4	QUALIDADE	73
6.5	ERGONOMIA	76
6.6	O ESTOQUE EM PROCESSO E ESPAÇOS PERCORRIDOS	78
6.7	PADRONIZAÇÃO DE TAREFAS	80
6.8	A OCUPAÇÃO DO ESPAÇO	81
6.9	A VISÃO DOS OPERADORES DA CÉLULA	81
7.	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	87
7.1	CONCLUSÕES	87
7.2	RECOMENDAÇÕES	88
<u>ANEXO A – PRIMEIRO LAYOUT DA CÉLULA</u>		91
<u>ANEXO B – LAYOUT DA CÉLULA APÓS AS MELHORIAS DO ABASTECIMENTO</u>		91
<u>ANEXO B – LAYOUT DA CÉLULA APÓS AS MELHORIAS DO ABASTECIMENTO</u>		92
<u>ANEXO C – ROTEIRO PARA ENTREVISTA COM OS OPERADORES</u>		93
<u>ANEXO D – QUESTÕES RESPONDIDAS PELOS OPERADORES</u>		94
<u>ANEXO E – MODELO DE FOLHA DE TRABALHO-PADRÃO</u>		95
<u>LISTA DE REFERÊNCIAS</u>		97

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Unidades da Multibrás.....</i>	3
<i>Figura 1.2 Produtos da Multibrás.....</i>	5
<i>Figura 2.1 Linha de montagem de Ford.....</i>	13
<i>Figura 2.2 Célula com o processo distribuído dentro do time.....</i>	19
<i>Figura 2.3 Célula com um único operador realizando todo o processo</i>	20
<i>Figura 2.4 Célula onde cada membro do time realiza todo o processo.....</i>	20
<i>Figura 2.5 GBO antes das melhorias.....</i>	23
<i>Figura 2.6 GBO com melhorias.....</i>	24
<i>Figura 2.7 Funcionamento da PDU (HARRIS; HARRIS; WILSON, 2002).....</i>	26
<i>Figura 3.1 Fluxo da produção em linha.....</i>	32
<i>Figura 3.2 GBO da montagem principal na linha.....</i>	33
<i>Figura 3.3 GBO dos subconjuntos da linha de montagem.....</i>	34
<i>Figura 3.4 Legenda dos esquemas da submontagem.....</i>	35
<i>Figura 3.5 Montagem do subconjunto 1</i>	35
<i>Figura 3.6 Montagem do subconjunto 2</i>	36
<i>Figura 3.7 Montagem do subconjunto 3</i>	36
<i>Figura 3.8 Montagem do subconjunto 4</i>	37
<i>Figura 3.9 Montagem do subconjunto 5</i>	37
<i>Figura 3.10 Montagem do subconjunto 6</i>	38
<i>Figura 3.11 Montagem do subconjunto 7</i>	38
<i>Figura 3.12 Montagem do subconjunto 8</i>	39
<i>Figura 3.13 Gráfico de Pareto distâncias percorridas pelos subconjuntos.....</i>	40
<i>Figura 4.1 Produto desmontado.....</i>	44
<i>Figura 4.2 GBO da montagem principal na célula.....</i>	48
<i>Figura 4.3 GBO da submontagem da célula.....</i>	50
<i>Figura 4.4 Imagem dos carrinhos transportadores</i>	51
<i>Figura 5.1 Esquema de abastecimento da célula</i>	59
<i>Figura 5.2 PDU aplicada à célula.....</i>	59
<i>Figura 5.3 Foto da célula de montagem.....</i>	60
<i>Figura 6.1 Utilização do tempo por parte do operador.....</i>	64
<i>Figura 6.2 Eficiência na distribuição das operações com restrições.....</i>	68
<i>Figura 6.3 Eficiência na distribuição das operações sem restrições.....</i>	69
<i>Figura 6.4 Curva de aprendizado e defeitos.....</i>	75
<i>Figura 6.5 Gráfico comparando o tempo de ciclo.....</i>	77
<i>Figura 6.6 Comparaçao das distâncias percorridas.....</i>	80
<i>Figura 6.7 Quadro de produção.....</i>	83

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 Levantamento da situação atual.....</i>	40
<i>Tabela 4.1 Tempos das operações na montagem principal na célula.....</i>	47
<i>Tabela 4.2 Tempos das operações das submontagens na célula.....</i>	49
<i>Tabela 4.3 Comparação do número de pessoas e bancadas na linha de montagem e na célula.....</i>	51
<i>Tabela 6.1 Comparação de produtividade considerando toda mão-de-obra.....</i>	71
<i>Tabela 6.2 Tempos das operações do subconjunto 5.....</i>	71
<i>Tabela 6.3 Razão de tempo do subconjunto 5 e a montagem principal na célula.....</i>	72
<i>Tabela 6.4 Comparação de produtividade considerando apenas a mão-de-obra na montagem principal.....</i>	72
<i>Tabela 6.5 Comparação do controle de qualidade.....</i>	74
<i>Tabela 6.6 Comparação de estoques.....</i>	78
<i>Tabela 6.7 Comparação das distâncias percorridas.....</i>	79

LISTA DE ABREVIAÇÕES

OEE Overall Equipment Efficiency

UGB Unidade Gerencial Básica

GBO Gráfico de Balanceamento de Operações

TO Tempo de Operação

TC Tempo de Ciclo

SC Subconjunto

FIT Folha de Instrução de Trabalho

STP Sistema Toyota de Produção

WPS Whirpool Production System

USP Unidade São Paulo

INTRODUÇÃO



1. Introdução

1.1 A Empresa

A Multibrás é uma empresa cuja fundação data de 1994, através da fusão de três marcas: Brastemp, Consul e Semer. Enquanto as duas primeiras marcas citadas ainda são fabricadas, a terceira deixou de ser produzida pela companhia. Hoje, a Multibrás é a maior empresa e a maior indústria de linha branca da América Latina.

A Multibrás faz parte do grupo Brasmotor, responsável pela criação, em 1954, da marca Brastemp, e que, 22 anos depois, compraria as marcas Consul e Embraco (Empresa Brasileira de Compressores).

Na década de 60, o Grupo Brasmotor iniciou a produção de fogões e condicionadores de ar. Data dessa época a parceria com a Whirlpool Corporation e a Sears Roebuck, para assistência técnica.

Em 1998, a Multibrás assume as operações da Philips no Chile, constituindo a Whirlpool Chile. Parte de sua produção nacional também é destinada ao mercado chileno.

O maior passo dado pela Whirlpool Corporation em aquisição de ações da Multibrás S.A. Eletrodomésticos e da Brasmotor S.A. foi dado em 2000, quando em um leilão público na Bolsa de Valores de São Paulo, passou a deter 95% do capital das duas empresas. Como consequência dessa aquisição, a Multibrás S.A. Eletrodomésticos é hoje uma subsidiária da Whirlpool Corporation, a maior fabricante de Eletrodomésticos no mundo, cujos produtos são comercializados em mais de 170 países.

A empresa emprega, atualmente, cerca de 6 mil pessoas e, como apresenta a Figura 1.1 opera unidades localizadas em São Paulo; Rio Claro, interior de São Paulo; Joinville, no estado de Santa Catarina; Manaus, no estado do Amazonas; La Tablada, na Argentina; e Santiago, no Chile.

1.2 As Unidades

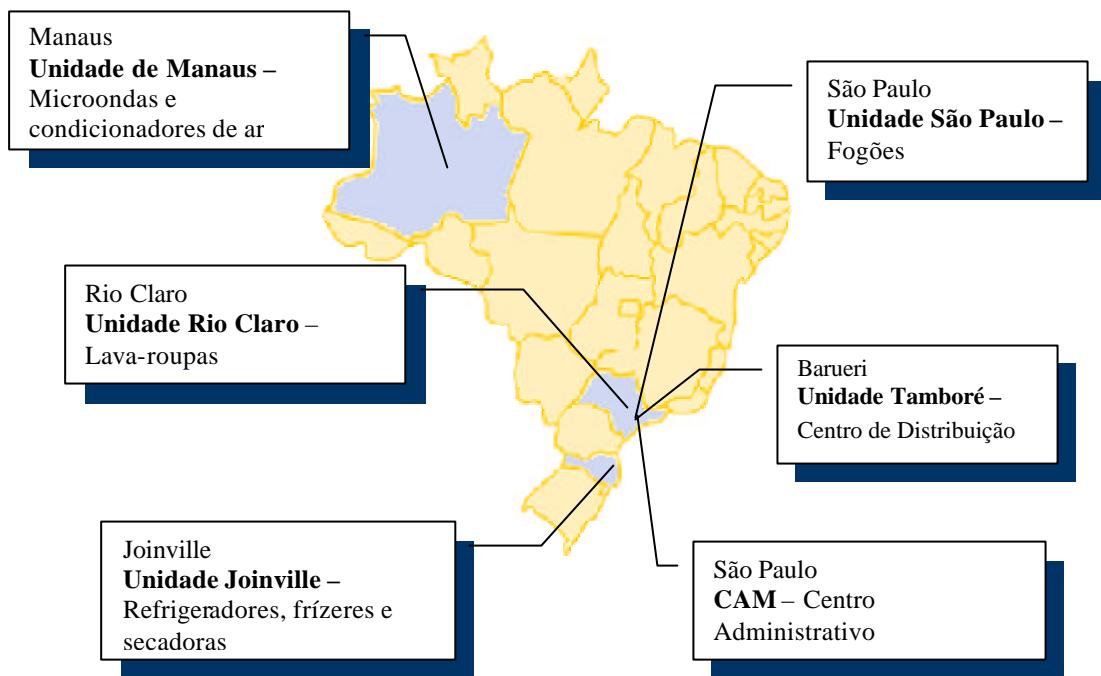


Figura 1.1 Unidades da Multibrás

O **Centro Administrativo Multibrás (CAM)** está localizado na cidade de São Paulo. É responsável por todas atividades administrativas da empresa, não só das unidades instaladas em território nacional como também das unidades argentinas e chilenas. Além de atividades administrativas, reúne também todas as atividades de informática, vendas e marketing das marcas Brastemp e Consul.

A **Unidade de Joinville** iniciou suas operações em 1950 em um galpão de 680 metros quadrados, que hoje é conhecido como Fábrica I. Em 1993 foi inaugurada uma nova planta, a Fábrica III.

Hoje, Joinville é a maior fábrica nacional da Multibrás, sendo responsável pela produção do segmento de refrigeração da linha branca. É a maior fábrica de produtos de refrigeração do mundo, produzindo 60% dos produtos da Multibrás. Os produtos fabricados nesta unidade são: refrigeradores, *freezers* (horizontais e verticais) e secadoras. Os produtos dessa unidade levam a marca Brastemp, Consul, Whirlpool e Eslabon de Lujo.

Estão instalados nesta unidade os Centros de Tecnologia de Refrigeração e Coccção, além de uma parte do Centro de Tecnologia de Condicionadores de Ar. Algumas áreas que estão fisicamente localizadas na Unidade São Paulo, respondem ao Centro de Tecnologia de Coccção, localizado na planta de Joinville.

A **Unidade de Manaus**, também conhecida como Brastemp da Amazônia, é uma das bases da Whirlpool para a produção de microondas e condicionadores de ar. É uma grande exportadora desses produtos. Foi inaugurada em 1992 produzindo apenas forno de microondas, passando a produzir condicionadores de ar em 1994. Possui três linhas de montagem, sendo uma dedicada à fabricação de microondas e duas flexíveis para produção de microondas e condicionadores de ar. Em 2002 foi inaugurada uma nova linha para a produção de condicionadores de ar, direcionadas para a exportação ao mercado norte-americano.

A **Unidade Rio Claro** é responsável pela produção de lavadoras e de lava-louças com as marcas Brastemp, Consul e Whirlpool. Além de suprir o mercado nacional, os produtos também são exportados para o México, China e Índia. Foi inaugurada em 1992, através de uma parceria com a Whirlpool. A unidade passou por diversos ciclos de expansão ganhando uma nova linha de montagem para a criação de lavadoras Consul em 1999.

A **Unidade São Paulo (USP)**, onde este trabalho foi desenvolvido, se localiza na cidade de São Paulo. É responsável pela produção de fogões das marcas Brastemp, Consul e Whirlpool. Parte de sua produção é destinada ao mercado externo. Possui área construída de 50 mil metros quadrados. Esta fábrica era responsável pela produção dos fogões da antiga marca Semer.

Para finalizar a descrição das unidades da Multibrás, cita-se a **Unidade de Tamboré**, localizada em Barueri, no Estado de São Paulo. Tal unidade é responsável pelo sistema de distribuição, concentrando todas as atividades de logística de armazenamento e de controle de distribuição, além de alguns setores administrativos da empresa. Apesar de cada unidade ter seu próprio depósito de produtos acabados, a Unidade de Tamboré serve como um centro de coordenação, ou seja, um depósito central.

A fundação desse centro de distribuição data de 1984. Tal centro seria, mais tarde, transferido para Capuava e Sertãozinho, localizados no interior de São Paulo. Em 1999, Tamboré voltou a abrigar as atividades de armazenamento e distribuição de produtos da Multibrás.

1.3 Os produtos



Figura 1.2 Produtos da Multibrás

As marcas Brastemp e Consul, juntas, fazem com que a Multibrás S.A. Eletrodomésticos seja a única empresa nacional a fabricar todos os produtos da linha branca. Seus produtos compreendem: refrigeradores, *freezers* horizontais e verticais, fogões, lavadoras de roupa, secadoras, lava-louças, fornos de microondas, condicionadores e depuradores de ar. A marca Brastemp oferece a linha de produtos eletroportáteis: batedeiras, cafeteiras, liquidificadores e multiprocessadores. Alguns dos principais produtos da Multibrás são apresentados na Figura 1.2.

No ano de 2004 a Brastemp lançou um novo conceito para a venda de eletrodomésticos, conceito este que já havia sido utilizado no setor automotivo: o de personalização dos produtos. O Brastemp *You*, como este conceito ficou conhecido na Multibrás, foi iniciado na linha de refrigeradores. Entre as possibilidades de personalização estão as cores para porta, *freezer* e gabinete do refrigerador, além do

comprador poder escolher tipos de porta latas e prateleiras, controle eletrônico externo, compartimento para porta laticínios.

1.4 O Estágio

O estágio do autor do presente trabalho foi desenvolvido na Unidade São Paulo, tendo sido iniciado em meados de agosto de 2004 como uma continuação do estágio desenvolvido na Unidade de Joinville no mês de julho do mesmo ano.

Até janeiro de 2005, desenvolveram-se trabalhos na área de Engenharia de Manufatura, projetos estes que estavam voltados para WPS – Whirlpool Production System, responsável pela disseminação dos conceitos de manufatura enxuta pela fábrica.

Dentre as atividades realizadas, estão:

- ↳ Kaizens: foram executados alguns *workshops* para a implementação de atividades 5S, *cell design*, racionalização no sistema de abastecimento de linha, *lean office* em alguns setores administrativos tal como a própria área de engenharia de manufatura e o almoxarifado, dentre outras.
- ↳ Cálculo da produtividade: a partir dos dados de horas disponíveis e horas produtivas, calcula-se para todo fechamento de mês a produtividade de cada área assim como a produtividade geral da Unidade São Paulo.
- ↳ Cálculo do carga-máquina e dimensionamento de mão-de-obra: é o cálculo da capacidade de produção de cada setor da Unidade São Paulo que geralmente é feito trimestralmente ou por solicitação extraordinária. É calculado a partir do tempo que se leva para produzir um determinado modelo e a quantidade que deverá ser produzida para os próximos meses. A partir desse cálculo de capacidade, verifica-se qual será a mão-de-obra necessária.
- ↳ Cálculo do OEE: deve ser calculado mensalmente para cada área da USP assim como para a unidade em geral. Apesar de cada área ter sua

especificidade para a obtenção dos dados, o número final é obtido pela divisão das horas de peças boas produzidas pelo total de horas disponíveis para a fabricação.

- ↳ Cálculo da produção equivalente: deve ser fechado no primeiro dia útil do mês. Cada modelo tem o seu fator de equivalência que é a razão entre o tempo gasto para a produção de um determinado modelo e o tempo gasto para a fabricação do modelo mais simples. Dessa forma, a produção equivalente é obtida multiplicando-se total produzido de um determinado modelo em um mês pelo seu respectivo fator de equivalência.
- ↳ Treinamentos de Poka-Yoke: alguns treinamentos de *poka-yoke* são ministrados para o pessoal da linha para que eles se familiarizem com o conceito de prevenção de falhas por *poka-yoke* e assim possam aplicá-lo no dia-a-dia de suas tarefas.

A partir de fevereiro de 2005 o estágio passou a ser desenvolvido na Unidade Gerencial Básica (UGB) Montagem, realizando as atividades anteriormente descritas, mantendo um maior contato com o pessoal diretamente relacionado com a produção.

1.5 O trabalho de Formatura

1.5.1 Objetivo

Este trabalho tem por objetivo contribuir no desenvolvimento da solução para um problema real identificado na empresa onde o estágio se desenvolveu assim como a obtenção do diploma de Engenheiro de Produção pela escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

As etapas de solução do problema compreendem a descrição do problema para que o mesmo seja bem definido, a escolha de uma metodologia que possa ser aplicada na avaliação do problema e a elaboração de uma solução para a empresa.

1.5.2 Definição do tema

Alta eficiência nos processos operacionais foi sempre algo buscado pelas empresas. As maneiras pelas quais tal eficiência é atingida, porém, variaram no decorrer do tempo.

A linha de montagem fordista é um dos paradigmas de sistema de produção que se tornaram célebres pela obsessão à busca da alta eficiência. Dentre as características principais desse tipo de processo estão: a velocidade ditada pela linha (o operador não segue seu ritmo e sim o ritmo da linha); as tarefas são divididas até seus elementos mais elementares; utilização para a produção de itens com alta demanda e bastante padronizado.

Com as novas necessidades de mercado, os produtos mudam cada vez mais rapidamente, ou seja, há uma diminuição do seu ciclo de vida. Além disso, há uma competição cada vez maior por custos entre as empresas. Dessa forma, há uma busca cada vez maior por agilidade, flexibilidade e qualidade na concepção e fabricação de produtos.

Neste contexto, as empresas estão sendo forçadas a tornar seus processos mais enxutos, e assim ter a capacidade de reagir mais flexivelmente e eficientemente às mudanças de demanda.

Em face desses desafios, surgiram novas formas de se organizar o *layout* fabril diferentes da linha de produção tradicional: as células de manufatura.

Trabalhando hoje, em linhas de montagem, a Unidade São Paulo busca também novas formas de produção alterando, para alguns produtos, o *layout* de seus dispositivos e pessoas, reduzindo seus *lead-times* e melhorando a eficiência na utilização de seus recursos.

Uma das questões que atualmente é importante para a empresa seria elucidar os reais ganhos que se poderia obter pela mudança de um *layout* tradicional em linha para o arranjo em torno de uma célula de manufatura ou agrupamento de células. Busca-se, assim, uma comparação entre o sistema atual de produção baseado em linhas de montagem e o sistema alternativo de aplicação do conceito de manufatura celular.

1.5.3 Objetivo do projeto

Os objetivos principais do projeto desenvolvido para fins deste trabalho são:

1. Desenvolver um estudo para o planejamento do processo de mudança do sistema de produção da linha de montagem para células de manufatura na Unidade São Paulo da Multibrás.
2. Avaliar comparativamente os dois sistemas de produção com base em marcadores como: *lead-time*, qualidade, ocupação de espaço, produtividade, ergonomia, flexibilidade, estoque, etc.

Dessa forma, os dados da situação atual da empresa deverão ser levantados para comparação com o desempenho que se deseja alcançar no estado futuro.

1.5.4 Restrições

A Multibrás, através da Unidade São Paulo, produz uma grande variedade de fogões, tornando inviável a abrangência do processo de produção de todos. Dessa forma, o estudo será restrito para um tipo de produto que é montado em uma das linhas da fábrica.

Dentro da fábrica, o produto passa por três grandes setores até ser enviado à expedição: estamparia, esmaltação e montagem. O escopo do projeto está restrito ao setor de montagem da fábrica. Dessa forma, não serão levados em consideração os processos, *layouts* ou outras informações dos setores de estamparia e esmaltação.

Tanto os modelos, os processos e os nomes dos componentes serão codificados por motivos de sigilo.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO



2. Levantamento Bibliográfico

Neste trabalho é apresentada uma comparação entre dois tipos de sistema de produção que foram desenvolvidos no século vinte: a produção em massa e a produção enxuta. A primeira é tipicamente associada à produção em linhas de produção com tempos de ciclo curtos e tarefas altamente repetitivas. Já a segunda apregoa entre novas práticas como a produção em células de manufatura com operadores mais flexíveis

Com o intuito de se fazer uma comparação mais aprofundada entre estes dois tipos de sistemas produtivos, faz-se necessária a apresentação de um breve histórico desses dois paradigmas, não somente para explicitar quais aspectos serão comparados como também para salientar as características contingenciais que beneficiaram o surgimento de cada um.

Neste capítulo discute-se o advento de cada paradigma: a emergência da produção em massa em contraposição aos modos artesanais de fabricação e o desenvolvimento da produção enxuta no Japão.

2.1 O surgimento e declínio da produção em massa

Até a última década do século dezenove e o início do século vinte a produção era dominada pelo artesanato. A mão-de-obra era composta por “uma força de trabalho altamente qualificada em projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento”.(WOMACK, 1992)

Isso significava que grande parte do tempo despendido para a fabricação de um produto era em reoperação.

Os artesãos eram capazes apenas de fabricar “um volume de produção baixíssimo (...) conforme o mesmo projeto”.(WOMACK, 1992)

A fabricação dos produtos era altamente personalizada, pelo que poucas pessoas na época estavam dispostas a pagar.

Womack (1992) aponta algumas das desvantagens que se pode notar na produção artesanal. “Os custos de produção eram elevados e não diminuíam com o volume, significando que apenas alguns poucos ricos podiam se dar ao luxo de adquirir carros. Além disso, porque cada carro produzido era, na verdade, um protótipo, a consistência e a confiabilidade eram ilusórios (...). Também fatal foi para a época a incapacidade de as pequenas oficinas independentes – onde se dava a maior parte do trabalho de produção – desenvolverem novas tecnologias. Os artesãos individuais simplesmente careciam de recursos para perseguirem inovações fundamentais: avanços tecnológicos genuínos necessitariam de pesquisa sistemática, e não apenas de tentativas isoladas.”

Após a Primeira Guerra Mundial houve o aparecimento da produção em massa na indústria automobilística. Tal sistema de produção surgiu como uma forma de se diminuir ou eliminar as limitações da produção artesanal.

É comum associar o nome de Henry Ford à organização da produção em linha de montagem. Esta, porém, surgiu apenas quase uma década depois que ele começou a fabricar seus carros. Várias etapas foram antes necessárias para que Ford introduzisse, em 1913, o conceito de linha de montagem.

Segundo Womack (1992), um dos primeiros passos necessários foi assegurar a intercambialidade de peças. Como estas, anteriormente, eram feitas artesanalmente, era praticamente impossível fazer duas peças iguais na mesma medida. Para se fabricar carros mais padronizados era necessário que houvesse maior facilidade na montagem de peças. A fim de possibilitar um melhor controle dimensional na produção de peças que deveriam se ajustar entre si, foi necessária a padronização também do sistema de medida ao longo de todo o processo de fabricação.

Ford começou a montagem de seus carros em 1903. Nesta época, os carros eram montados inteiramente sobre uma plataforma. Neste período, que antecederam a introdução do Ford Modelo T, o tempo de ciclo de um montador era de 514 minutos (WOMACK, 1992), significativamente maior que o tempo de ciclo de um operador que anos depois viria a trabalhar na linha de montagem.

A busca por um processo mais eficiente levou Ford a trazer as peças necessárias à montagem de seus veículos mais próximo de onde eram utilizadas, ou seja, próximo aos montadores que ficavam juntos às plataformas. Isso diminuía significativamente o tempo necessário para o transporte de peças e aumentava o aproveitamento do montador em operações de agregação de valor. (WOMACK, 1992)

Uma mudança no processo de montagem dos carros ocorreu em 1908 quando Ford diminuía as tarefas de cada operador, fazendo com que eles se movimentassem de carro a carro ao longo do processo de montagem. Devido a essa alteração de processo, o tempo de ciclo do operador caiu drasticamente de 514 para 2,3 minutos. (WOMACK, 1992)

Todas essas mudanças acarretaram um aumento significativo da produtividade por vários motivos, entre eles:

- ↳ como as peças eram facilmente intercambiáveis, o tempo despendido com ajuste pós-montagem (o que ocorria com freqüência quando o processo era artesanal) foi reduzido;
- ↳ os tempos de movimentação de pessoas buscando peças e equipamentos foram reduzidos já que estes foram trazidos para próximo dos operadores;
- ↳ O aprendizado com tarefas de tempo de ciclo mais curto era muito mais rápido. “A completa familiaridade com uma só tarefa permitia ao trabalhador executá-la mais rapidamente”. (WOMACK, 1992)



Figura 2.1 Linha de montagem de Ford

Apesar de todas as melhorias implantadas para solucionar a produtividade, um problema ainda ficava nítido na montagem dos veículos: a movimentação dos montadores em direção aos veículos. Com o intuito de evitar tal desperdício de esforço, Ford cria, em 1913, na fábrica de Highland Park, a linha de montagem, em que, ao invés do montador se movimentar de veículo em veículo, este se movimentava em direção ao operário (WOMACK, 1992), tal como apresenta a Figura 2.1.

A introdução do sistema de produção em linhas de montagem possibilitou a busca de economias de escala que reduzem os custos unitários de produção quanto mais veículos se produzem, visto que os custos indiretos se diluem pelos diversos carros produzidos.

O paradigma de produção criado por Ford foi responsável por um grande aumento de produtividade. A produção em massa perdurou por mais de meio século como a forma mais eficiente de montagem.

Quanto mais Ford produzia, mais os custos de seus produtos caiam. Desta forma, para poder-se justificar um investimento, era necessário o desenvolvimento de ferramentas que fabricassem em altos volumes e cujos custos com *setups* fossem baixos. Tais características das ferramentas tiveram impacto direto no gerenciamento de estoques. Como as ferramentas são utilizadas para grandes volumes, acabam criando estoques enormes, muitas vezes escondendo defeitos entre as peças produzidas (WOMACK, 1992).

Alguns problemas, porém, apareceram junto à linha de montagem. Talvez o que tenha ficado mais evidente, e que mais tarde motivou pressões sociais por outras formas alternativas de produção, foi a alienação à qual os operadores foram submetidos. Visto que as operações realizadas pelos operadores foram reduzidas aos menores elementos possíveis, eles não tinham conhecimento da influência de suas operações no produto final.

Além desta alienação, outro fator desconfortante era o ritmo das operações dos montadores. Enquanto que na produção artesanal o trabalhador seguia o seu

próprio ritmo, nas linhas de montagem de Ford, os trabalhadores seguiam o ritmo ditado pela própria linha.

Outro fator negativo para a produção em massa foi a falta de flexibilidade da linha. “O Modelo T, primeiro produto de Ford produzido em massa, vinha em nove versões, incluindo um conversível para duas pessoas, um carro de passeio aberto para quatro pessoas, um *sedan* coberto para quatro pessoas e um caminhão com compartimento de carga atrás. No entanto, todos rodavam sobre o mesmo chassis, contendo todos os componentes mecânicos. Em 1923, pico da produção do Modelo T, Ford produziu 2,1 milhões de chassis para esse modelo, cifra que se revelou um marco da produção em massa padronizada.” (WOMACK, 1992)

Com o passar dos anos, o mercado passou a exigir produtos mais variados, que pudessem atender desejos específicos de cada cliente, mesmo tendo este que pagar um valor adicional para obtê-lo. Tal variabilidade foi algo buscada anos mais tarde pela produção enxuta.

Explorando a estratégia de produção em massa, “as companhias automobilísticas norte-americanas dominaram a indústria automobilística mundial, e o mercado norte-americano representou a maior porcentagem das vendas de automóveis do mundo”. (WOMACK, 1992)

Em 1955, porém, inicia-se a queda da produção em massa, no mesmo ano que foi considerado o apogeu deste tipo de produção. A indústria norte-americana havia começado a sofrer os impactos das importações. “A antiga perfeição da produção em massa já não podia manter tais companhias norte-americanas em posição de liderança”. (WOMACK, 1992)

2.2 A Produção Enxuta

Vários fatores contingenciais levaram o Japão a adotar a manufatura enxuta como sistema de produção. Tais características fizeram com que a Toyota buscassem um esquema de fabricação de carros que eliminasse ao máximo os desperdícios. Womack (1992) aponta diversos fatores que motivaram o surgimento da produção enxuta.

Um destes fatores foi a limitação do mercado interno japonês, tornando necessária a fabricação de uma grande variedade de veículos. As várias camadas sociais existentes no Japão demandavam diferentes tipos de veículos que atendessem às suas necessidades. (WOMACK, 1992)

Fica evidente aqui que não era mais possível, como no caso da produção em massa americana, a fabricação de algumas poucas variações de um único modelo.

Outro fator importante foi a força de trabalho japonesa que não estava mais disposta a suportar certas condições em seu ambiente de trabalho. “Ela não estava propensa a ser tratada como custo variável ou peça intercambiável”. (WOMACK, 1992)

Ainda quanto à mão-de-obra inexistiam os chamados “trabalhadores-hóspedes – imigrantes temporários dispostos a enfrentar condições precárias de trabalho, em troca de remuneração compensadora – ou minorias com opções ocupacionais limitadas”. (WOMACK, 1992)

É sob este cenário que surge no Japão o sistema de produção enxuta ou Sistema Toyota de Produção (STP). Taiichi Ohno, um dos engenheiros industriais da Toyota e um dos maiores responsáveis pela implantação de tal sistema de produção nas fábricas da Toyota, verificou que o sistema de produção em massa adotado por Ford apresentava diversos tipos de *muda* (termo japonês que se refere a desperdícios). Segundo Womack (1992), os desperdícios eram:

1. Defeitos: tempo que se era gasto com retrabalho, inspeção ou utilização de máquinas que produziam peças não-conformes. Além disso, nas fábricas de Ford o produto só era inspecionado no final da linha, assim se um defeito fosse produzido no começo da linha, havia perda de capacidade de produção com os tempos perdido de mão-de-obra e equipamento gastos no processamento deste produto ao longo da linha.
 2. Espera: como nas fábricas de Ford a produção era feita em grandes lotes, visto que só assim o investimento era rentável, havia a espera para que tal lote ficasse pronto.
-

3. Processo: desperdícios causados pela execução de processos incorretos ou desnecessários, ou seja, a execução de processos que não agregam valor ao produto na ótica do cliente.
4. Excesso de produção: fabricar peças em grandes lotes mesmo que as mesmas não sejam necessárias. Além de se desperdiçar tempo, quando se produz em grandes quantidades, as peças com defeitos ficam mascaradas.
5. Movimentação: pessoas que devem se deslocar para alcançar uma determinada peça, por exemplo.
6. Estoques: excesso de matéria-prima, estoque em processo (WIP) ou de produtos acabados, o que mais uma vez mascara não-conformidades.
7. Transporte: movimentação de peças, material em processo ou produtos acabados pela fábrica.
8. Criatividade dos operadores: eles não eram ouvidos para dar sugestões sobre melhorias no processo, sendo tratados como peça intercambiável no sistema de produção. “Ohno julgava os trabalhadores da montagem provavelmente capazes de executar a maioria das funções dos especialistas, e bem melhor, pela familiaridade com as condições da linha”. (WOMACK, 1992)

Destes oito tipos de desperdícios, os sete primeiros foram originalmente definidos por Ohno. O primeiro passo tomado por Ohno para eliminar tais desperdícios foi montar equipes de trabalhadores, que ficaram responsáveis por um conjunto de etapas da montagem, trabalhando em grupos. Diferentemente da linha no sistema de produção em massa de Ford em que a qualidade com a qual os operadores realizam suas tarefas não é importante, visto que os defeitos são constatados apenas no final da linha, é exigido dos trabalhadores das linhas da Toyota que realizem suas operações da melhor maneira possível.

O segundo passo adotado por Ohno foi a alocação de tarefas que antes eram feitas por pessoal especializado à mão-de-obra direta da linha. Dentre tais tarefas estavam: limpeza da área, pequenos reparos de equipamentos e ferramentas e algum tipo de controle de qualidade. (WOMACK, 1992)

Em seu último passo na implementação da manufatura enxuta em suas fábricas, Ohno “reservou um horário para a equipe sugerir periodicamente um conjunto de medidas para melhorar o processo. Esse processo de aperfeiçoamento contínuo e gradual – em japonês, *kaizen* – dava-se em colaboração com os engenheiros industriais, que ainda existiam, mas em números bem menores”. (WOMACK, 1992)

Pode-se perceber por tais etapas que o que Ohno realmente queria era atribuir mais responsabilidades aos trabalhadores que estavam em contato mais direto com a produção. Segundo Womack (1992), ele chegou ao ponto de instalar em cima de cada operador uma corda que, quando puxada, pararia a linha. Tal tarefa era inconcebível quando se leva em consideração o sistema de produção em massa adotado por Ford, onde a linha só poderia ser parada pelo coordenador de linha e, mesmo assim, apenas quando fosse extremamente necessário.

Um dos fatores que alavancaram a disseminação do STP em detrimento do sistema de produção em massa foi o crescimento das famílias, que “passaram a exigir algo além do carro ou da caminhonete tradicionais. O mercado, assim, começou a se fragmentar em vários segmentos de produtos”. (WOMACK, 1992)

“Além disso, o sistema de produção flexível da Toyota e sua habilidade em reduzir custos em engenharia de produção permitiram à companhia suprir a variedade de produtos exigida pelos compradores sem custos elevados”. (WOMACK, 1992)

Ainda segundo Womack (1992), “hoje a Toyota é vista, pela maioria dos observadores da indústria, como a mais eficiente e a que produz os veículos motorizados de melhor qualidade em todo o mundo”.

2.3 A célula de manufatura

Suri (1998) define célula de manufatura como sendo “um conjunto de máquinas (geralmente distintas), próximas umas às outras, dispostas de acordo com o processo do produto para minimizar movimentação de peças (geralmente um *layout* em formato de U é utilizado para minimizar a movimentação de operadores). Uma

célula pode ser operada por um conjunto de trabalhadores multi-tarefa que são treinados para realizarem várias operações dentro da célula, e que têm total responsabilidade pelo desempenho em qualidade e entrega. A célula é dedicada para fabricar uma família de produtos que necessitam de operações similares, as quais devem preferencialmente ser completadas dentro da célula. Isto requer que todos os recursos necessários para completar as operações desta família estejam disponíveis dentro da célula”.

Desta definição, Suri (1998) sugere seis pontos-chave:

- ↳ O objetivo da célula é de iniciar com a matéria-prima e terminar com o produto acabado;
- ↳ As máquinas são para processo de natureza distinta, o que é o oposto do que ocorre num *layout* funcional;
- ↳ Todos os recursos são dispostos próximos uns aos outros;
- ↳ Existem trabalhadores multi-tarefas que realizam diversas operações;
- ↳ É dada responsabilidade aos operadores quanto ao desempenho da célula;
- ↳ A célula é dedicada a um conjunto de produtos, ou família.

Quanto ao *layout* da célula, ele é geralmente feito em formato de U, trazendo o início e o fim do processo próximos, o que diminui o tempo de movimentação do operador pela célula. Como ressaltado anteriormente, as estações de trabalho são aproximadas o máximo possível na seqüência das etapas do processo.

Existem basicamente três formas através das quais o trabalho pode ser organizado dentro da célula: o processo distribuído dentro do time, um operador único realiza todo o processo, ou cada membro do time realiza o processo completo.

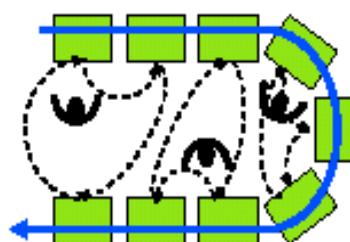


Figura 2.2 Célula com o processo distribuído dentro do time

No primeiro caso, indicado na Figura 2.2, o processo inteiro é dividido entre os operadores. Como principais vantagens estão a possibilidade de ajuda mútua dentro da célula e a maior facilidade de treinamento, visto que uma variedade menor de operações é delegada a cada operador. Entre as desvantagens está o fato de que se torna difícil o balanceamento das operações e mantê-las balanceadas.

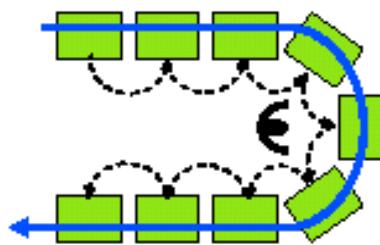


Figura 2.3 Célula com um único operador realizando todo o processo

Uma segunda forma seria um único operador realizar todo o processo (Figura 2.3), passando por todos os postos. Isso faz com que o *lead-time* diminua, assim como a variabilidade de qualidade, há uma maior facilidade de controle, além do operador se sentir mais motivado visto que ele monta o produto completo. Uma desvantagem, porém, é o tempo de aprendizado mais longo quando comparado ao primeiro caso.

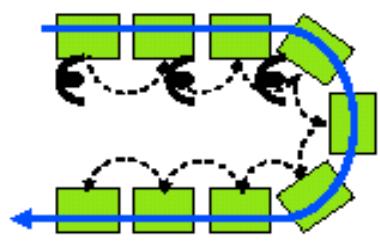


Figura 2.4 Célula onde cada membro do time realiza todo o processo

A Figura 2.4 indica que uma terceira forma de se organizar uma célula seria com cada membro do time realizando o processo completo, com dois ou mais operadores passando por todos os postos. Tal forma de organização proporciona uma

maior facilidade para se ajustar a capacidade da produção. Uma desvantagem trazida porém é que o tempo de ciclo é ditado pelo operador mais lento.

Este último caso é conhecido também pelo conceito de *rabbit chase*, ou caça ao coelho, onde “as máquinas são colocadas bem próximas e as operações são conduzidas através de uma peça por vez através de todo o processo sem acumulação de estoques intermediários entre os processos” (SUZAKI, 1987). Neste caso, um operador é visto como a caça de outro.

Todos os tipos de organização anteriormente citados devem levar em consideração uma premissa: “o simples fato de se mudar o arranjo das máquinas no fluxo de processos significa que os operadores talvez deverão aprender como operar diferentes tipos de equipamentos para executarem o processo” (SUZAKI, 1987), o que é também conhecido como operador multifuncional. “Quando o operador é treinado em diversas máquinas ou em diversas operações, ele é qualificado para responder às mudanças de necessidade de produção, mudando de posição quando for necessário”.(SUZAKI, 1987)

Segundo Montebello (1994), “o trabalho em equipe está aumentando, e parece razoável projetar que o número e tipos de companhias que utilizam equipes como forma padrão de processos continuará crescendo. As empresas que querem repensar formas antigas e aplicar as lições aprendidas pelas empresas que estão na frente estão descobrindo que o retorno sobre o investimento de tempo e esforço é válido”.

Com o intuito de se montar uma célula de manufatura, deve-se também ter em mente como as operações deverão ser divididas entre os operadores. Para isso, lança-se mão de uma ferramenta conhecida como Gráfico de Balanceamento de Operações, ou GBO. Essa ferramenta facilita a visualização não somente das operações de cada operador mas também do modo como o tempo de cada um deles está distribuído entre operações que agregam valor, do modo como um componente é montado em um produto, das operações que não agregam valor mas que são, no momento, necessárias, do modo como testes são feitos no produto, ou das operações que simplesmente não agregam valor (ex. retirada de uma peça de um contentor).

Para se fazer tal gráfico, deve-se primeiramente levantar a situação atual do processo. Uma pessoa deve avaliar primeiramente cada operação de um determinado operador e avaliar como tais operações serão divididas. Deve-se levar em consideração que cada operação não pode ser nem muito rápida, o que dificultaria a cronometragem, nem muito longa, o que dificultaria futuramente a transferência de uma operação para outro operador.

No momento em que as operações são divididas, elas já podem ser classificadas no critério anteriormente proposto:

1. operação que agrupa valor;
2. operação que não agrupa valor mas que é necessária;
3. operações que não agregam valor.

A partir do momento em que as operações já estão claramente determinadas, pode-se dar início ao processo de cronometragem. As operações devem ser cronometradas continuamente (sem pausas) na seqüência em que elas realmente ocorrem (o que foi determinado na etapa de avaliação das operações). Eventos aleatórios que alteram em muitas unidades o resultado final devem ser anotados.

Este procedimento de avaliação de operações e posterior cronometragem deve ser feito para cada operador que executa as tarefas no sistema em estudo. No gráfico, todos os operadores são representados ao longo do eixo das abscissas em que as barras verticais representam o tempo total de suas operações.

Para facilitar a redistribuição das operações pelos operadores, pode-se primeiramente fazer o gráfico à mão, dividindo-se a barra de tempo de cada operador em suas respectivas operações. As operações de cada operador podem ser inicialmente colocadas no gráfico na forma de pedaços de papel colados sobre o mesmo para posterior redistribuição de operações.

Na Figura 2.5 é apresentada uma ilustração do Gráfico de Balanceamento de Operações.

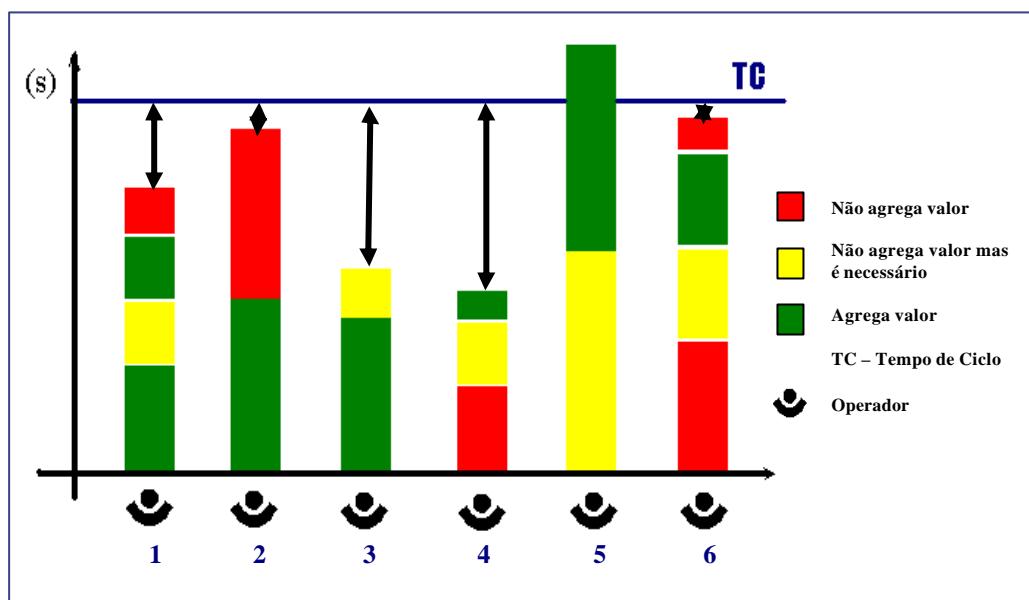


Figura 2.5 GBO antes das melhorias

O Gráfico de Balanceamento de Operações torna mais fácil a visualização dos desperdícios com operadores mal aproveitados, como nos casos dos operadores um, três e quatro na Figura 2.5 (considerando que o tempo total de suas operações está bem abaixo do tempo de ciclo), bem como a posição do operador gargalo, que no caso é o operador cinco; além do modo como o tempo dos operadores está sendo aproveitado em cada estação.

Cabe aqui diferenciar o tempo de ciclo (TC) do *takt-time* (TT). Enquanto o tempo de ciclo se refere à capacidade de produzir, ou seja, o intervalo de tempo com que se consegue entregar um produto, o TT se refere ao tempo que se deveria produzir um produto para atender à demanda do cliente final.

Na Multibrás a variação da velocidade dos processos produtivos devido à flutuação da demanda não é controlada pelo TT. Mantém-se o tempo de ciclo (TC) para um determinado produto e varia-se o tempo disponível para a produção de um determinado modelo.

Para se construir um gráfico de balanceamento de operações que fique mais próximo do ideal deve-se, primeiramente, tentar eliminar as operações que não agregam valor, representadas no gráfico da Figura 2.5 pela cor vermelha.

Feita esta etapa, caso não seja possível eliminar totalmente as etapas que não agregam valor mas que sejam necessárias, deve-se tentar diminuir o tempo para executá-las. O tempo necessário para uma etapa de teste, por exemplo, pode ser diminuído através da utilização de equipamentos que façam os testes em menor tempo ou de pessoas melhor treinadas.

Depois que as operações foram enxugadas ao máximo, inicia-se o processo de realocação de operações. Esta etapa desse ser feita de forma que a soma dos tempos de operação de cada operador chegue o mais próximo possível do tempo de ciclo sem, porém, ultrapassá-lo. É nesta etapa que se torna importante a divisão correta das operações, visto que com uma divisão mal feita, não se pode realocar corretamente as operações para outros operadores.

Na Figura 2.6, está indicado como ficaria o GBO anterior com as alterações propostas e mais próximo do ideal.

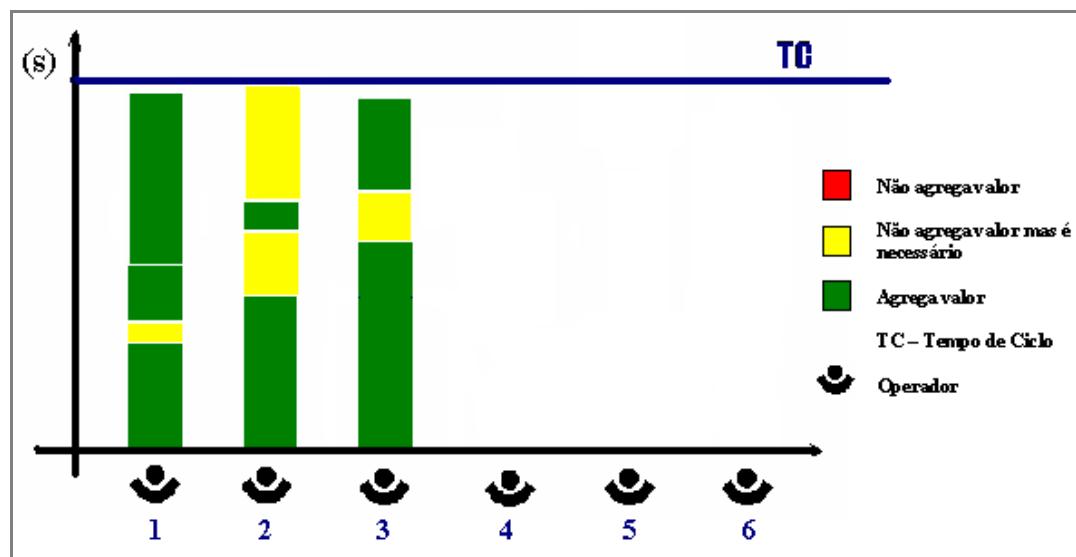


Figura 2.6 GBO com melhorias

No gráfico da Figura 2.6, como pode-se notar, eliminaram-se todas as operações que não agregam valor e, dentre as operações que não agregam valor mas que são necessárias, diminuíram-se os tempos necessários para cada operação.

Quando se faz a redistribuição de operações, existem basicamente duas formas de se atacar o problema de balanceamento. A primeira é da forma que está

feita no gráfico da Figura 2.6, através da diminuição de necessidade de mão-de-obra. Neste caso os operadores podem ser alocados na realização de *kaizens*. Outra forma seria manter o total da mão-de-obra, reduzindo-se, porém, o tempo de ciclo.

O ideal para um GBO seria fazer com que todos os operadores tivessem o somatório dos seus tempos de operações igual ao tempo de ciclo do processo. Isso, porém, é muito difícil de ser alcançado visto que há muitas operações que não podem ser subdivididas entre dois operadores ou porque uma dada operação precede obrigatoriamente outra.

Como foi visto no GBO da Figura 2.6, as operações que não agregam valor, representadas pela cor vermelha, foram eliminadas. Grande parte das operações que não agregam valor referem-se à movimentação de pessoas para buscar peças. A eliminação desses desperdícios pode ser obtida através de uma correta política de abastecimento da montagem.

Quando se cria uma célula deve-se colocar os materiais em pontos estratégicos para que os operadores possam pegar as peças necessárias para as suas operações sem que os mesmos tenham que se deslocar muito. Em uma situação ideal, os operadores devem ser capazes de pegar suas peças sem sair do lugar.

Pode-se, como solução, utilizar as prateleiras de ponto-de-uso (PDU) para as peças e subconjuntos. Tais prateleiras geralmente utilizam a força gravitacional para a movimentação das peças. “Estes dispositivos para as peças entregam os materiais em escorredores gravitacionais, de fora das células diretamente às mãos dos operadores criadores de valor dentro da célula”. (HARRIS; HARRIS; WILSON, 2002)

Harris, Harris e Wilson (2002) destacam que “as prateleiras PDU (...) foram projetadas cuidadosamente para que o operador da rota de entrega pudesse entregar material de fora da célula ao ponto-de-uso e apanhar as embalagens vazias de entregas anteriores no mesmo lugar. O operador da rota de entrega (...) não entra na célula e perturba o operador da linha. Igualmente importante, nas células, os associados da produção (...) nunca precisam deixar sua posição de trabalho para pegar peças ou desfazer-se de embalagens vazias”.

A Figura 2.7 mostra como a PDU funciona.

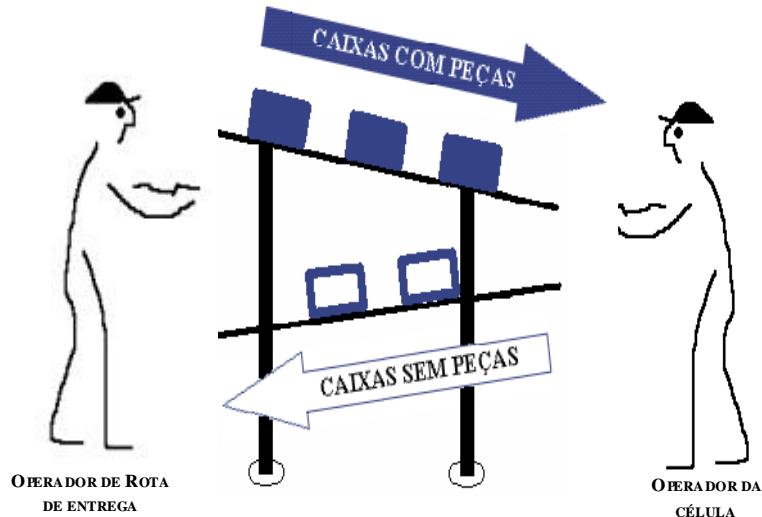


Figura 2.7 Funcionamento da PDU (HARRIS; HARRIS; WILSON, 2002)

Vale ressaltar que, caso não seja necessário o transporte de peças através de caixinhas, as PDU podem ser feitas com apenas uma via, ou seja, não é necessária a utilização de uma via para o retorno das caixas.

2.4 Algumas das vantagens da célula de manufatura

Suri (1998) resume alguns dos benefícios que se pode obter com a célula de manufatura:

- ↳ O fluxo do produto é simples e claro, levando a uma melhor visibilidade de tarefas e a um controle mais simples;
- ↳ Redução no manuseio de materiais, o que não apenas diminui custos e tempos, como também reduz defeitos causados por movimentação e manuseio freqüentes;
- ↳ Enriquecimento de tarefas, levando ao aumento da satisfação dos trabalhadores;

- ↳ O treinamento e a freqüente comunicação que levam à melhoria contínua (pela redução das atividades que não agregam valor ao produto como *setups* e paradas, e melhoria da qualidade dentro do processo);
- ↳ Melhor qualidade e redução de retrabalho;
- ↳ Descentralização da programação e controle, levando à adoção de sistemas centrais mais simples que têm maiores chances de sucesso;
- ↳ Habilidade de produzir em lotes menores, que, combinado com a proximidade dos operadores e do lote de transferência, resultam em *lead-time* e estoque em processo menores.

Segundo Engström, Johansson, Jonsson e Medbo (1995) uma das razões pelas quais ocorrem melhorias na qualidade dos produtos com a implementação de células de manufatura é a de que os operadores ao serem organizados em grupos de trabalho passam a ter mais possibilidades de ajustar componentes que os operadores em linha de montagem. Segundo Engström, Jonsson e Medbo (2004), é relativamente mais fácil para o grupo de trabalho analisar o correto funcionamento dos produtos quando os tempos de ciclo são maiores, especialmente quando métodos de abastecimento avançados são utilizados e medidas específicas para aumentar o aprendizado são adotadas.

Sekine (1992) levanta outro motivo para o aumento da qualidade. Para ele, “com o *one-piece-flow*, os lotes não mais existem. Isto significa que não se pode pensar mais em controle de qualidade em termos de inspeção por amostragem de um lote ou outro método estatístico de controle de qualidade baseado em lotes. Em particular, não se pode mais pensar em um risco calculado de defeitos para o montador ou consumidor. O único método que se pode considerar é uma inspeção através de todo o processo que diminua o risco de defeitos para o consumidor a zero”.

Um ganho levantado por Engström, Jonsson e Medbo (2004) que Suri (1998) não salientou foram os ganhos com ergonomia. Segundo estes autores (2004), o trabalho em célula é menos repetitivo devido ao aumento do tempo de ciclo e a possibilidade de se variar o ritmo do trabalho.

Tais autores ainda levantam outros ganhos que podem ser obtidos com a introdução da manufatura baseada em célula. Engström, Jonsson e Medbo (1999) afirmam que o tempo necessário desde o desenvolvimento de um novo produto até a sua introdução no mercado pode ser também reduzido, em comparação ao tempo necessário até o lançamento do mesmo produto mantendo o sistema de produção em linha de montagem.

LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS PROCESSO NA FÁBRICA



3. Levantamento da situação atual dos processos na fábrica

Neste capítulo é apresentada a situação atual da empresa em relação às informações necessárias para a realização do presente projeto, não somente para que se possa definir o problema objetivo do estudo com uma maior clareza como também para se fazer uma comparação entre o estado atual e o que se deseja alcançar.

3.1 O processo de fabricação

Como ressaltado na seção de 1.5.4, o processo de fabricação de fogões na Unidade São Paulo é composto por três estágios ou setores principais (em ordem):

- ↳ Estamparia
- ↳ Esmaltação
- ↳ Montagem

A matéria-prima que chega na área de estamparia (ou metais, como a área também é conhecida) é transformada em diversas peças que serão utilizadas em etapas posteriores. Algumas peças que são estampadas nessa área vão para a área seguinte, a esmaltação. O manuseio de grande parte das peças que são transportadas entre estas duas áreas é controlado através do sistema de *kanban*.

Outras peças não necessitam de processo de esmaltação e são dirigidas à área da montagem, que recebe não só estas peças como também as peças esmaltadas e as que não são fabricadas internamente, que são, na verdade, componentes necessários para a montagem do produto. São componentes plásticos ou elétricos adquiridos prontos de fornecedores.

3.2 A montagem

A área de montagem é composta por três linhas onde os produtos são distribuídos conforme a semelhança dos componentes utilizados e/ou de processos. Em cada uma das linhas, existe uma esteira rolante onde a montagem principal do produto é feita. Dispositivos e pessoas no entorno dessa linha principal são dispostos para a montagem prévia de subconjuntos.

Esses subconjuntos nada mais são que partes do produto que devem passar por processos de submontagem antes de serem montados no produto propriamente dito na esteira principal. Tais submontagens, como poderá ser visto na seção 3.4, funcionam como se fossem células, sendo que os subconjuntos são transportados de mão em mão até chegar na linha de montagem.

Na linha principal é bem visível que o ritmo de trabalho das operações é ditado pela esteira, apesar do operador ter a possibilidade de pará-la quando um problema grave ocorre. O que não é tão visível é que, mesmo não realizando suas operações em cima da linha de montagem, os operadores que são periféricos a esta linha, ou seja, aqueles que montam os subconjuntos, têm seus ritmos também ditados pela velocidade daquela visto que, os subconjuntos por eles entregues são consumidos na mesma velocidade de produção da linha.

Existe um tipo linha, porém, em que os processos podem ser feitos com o produto parado: a linha *stop-and-go*.

Por questões de concepção de produtos e de processos, existem pontos específicos onde os subconjuntos devem ser “entregues” na linha. Existe, assim, uma seqüência para a montagem desses subconjuntos na linha.

Na Figura 3.1 está representado um fluxograma do processo de montagem de fogões. Por questões de sigilo, os nomes dos subconjuntos serão codificados como SC#.

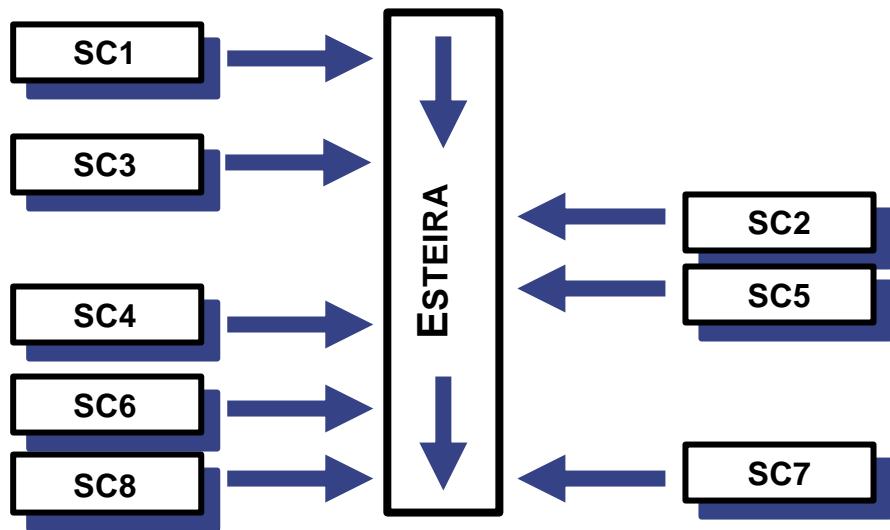


Figura 3.1 Fluxo da produção em linha

3.3 Medida de Eficiência

A eficiência na distribuição das operações da linha principal e de cada subconjunto deve ser calculada levando em consideração o tempo de ciclo do produto base para este projeto e os tempos das operações de cada operador. Tais tempos são levantados, na Unidade São Paulo, pelos grupos conhecidos como grupos de GBO (Gráficos de Balanceamento de Operações). Tais grupos são formados por aproximadamente quatro pessoas, ficando cada grupo responsável por uma das linhas.

A fórmula (1) a seguir é utilizada para o cálculo de eficiência da distribuição das operações da montagem principal e das submontagens:

A red 'X' mark inside a small square box, indicating an incorrect answer.

Onde

→ E = eficiência

- ↳ n = número de operadores
- ↳ TO_n = tempo de operação do operador n
- ↳ TC = tempo de ciclo

O tempo de ciclo para o produto considerado no presente trabalho é de 22 (vinte e dois) segundos. A eficiência será calculada para a linha, para os subconjuntos e para a montagem como um todo. Um gráfico com os tempos de cada operador será apresentado para que fique mais fácil a visualização. Nos gráficos que seguem, a diferença representa o tempo não aproveitado em cada posto de trabalho pelo fato do tempo de operação que o ciclo da linha.

3.3.1 Linha

Quarenta e duas pessoas trabalham diretamente na linha de montagem considerada. Um gráfico de balanceamento de suas operações é apresentado na Figura 3.2.

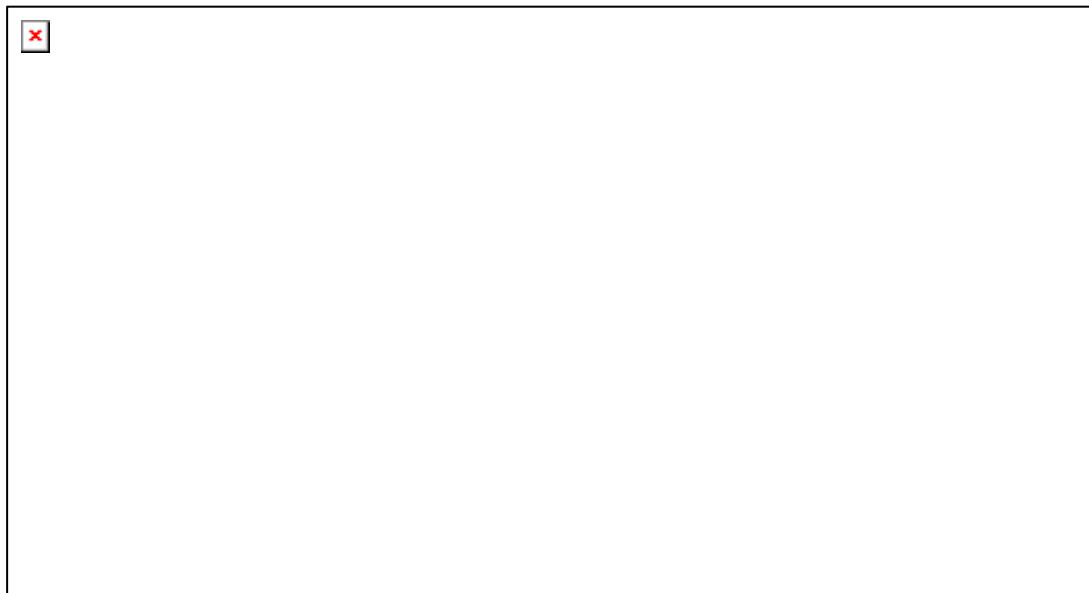


Figura 3.2 GBO da montagem principal na linha

Utilizando a fórmula anteriormente citada, a eficiência desta linha é de 71%, ou seja, do gráfico anterior, 71% corresponde a tempo de operação e 29%

corresponde ao que falta para o tempo de operação chegar ao tempo de ciclo (diferença).

3.3.2 Submontagem

As operações de submontagem para este produto são executadas por 26 (vinte e seis) pessoas, levando em consideração todos os subconjuntos. A Figura 3.3 apresenta o GBO da submontagem:



Figura 3.3 GBO dos subconjuntos da linha de montagem

Utilizando a fórmula (1), a eficiência nas operações de submontagem é de 78%, ou seja, na figura 2.3, 78% corresponde a tempo de operação e 22% corresponde ao que falta para o tempo de operação chegar ao tempo de ciclo (diferença).

3.3.3 Processo de montagem (linha e submontagem)

Considerando tanto as operações realizadas na linha como as operações realizadas na submontagem, a eficiência é de 74%. Ou seja, em média, um operador fica 74% do seu tempo fazendo operações de montagem do produto final.

3.4 Esquemas das submontagens

Nesta seção será dada atenção especial aos processos de submontagem. Um esquema do *layouts* onde cada subconjunto é montado é apresentado para uma melhor percepção da movimentação de peças e para levantamento de dispositivos para cada subconjunto. Os esquemas foram levantados pelo autor na própria linha.

Primeiramente é mostrada na Figura 3.4 uma legenda dos símbolos que serão utilizados nos *layouts* esquematizados.

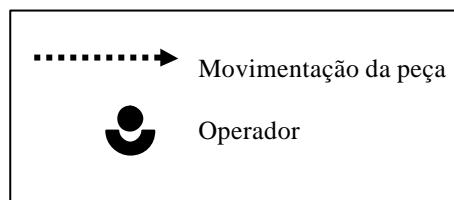


Figura 3.4 Legenda dos esquemas da submontagem

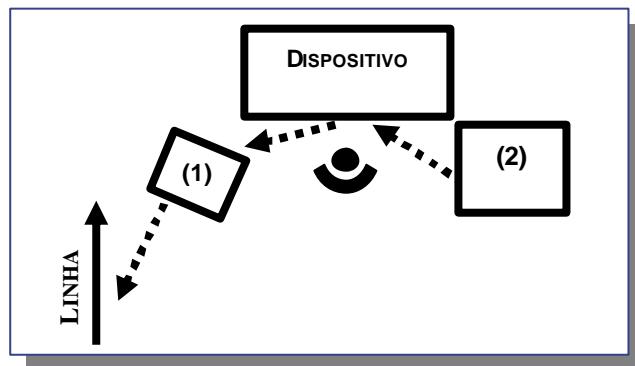


Figura 3.5 Montagem do subconjunto 1

A Figura 3.5 representa a montagem do subconjunto 1. Percebe-se que é, na verdade, uma célula com apenas um operador. Ele obtém o componente principal disponível no contentor (2), agrupa alguns componentes ao subconjunto através do dispositivo e coloca o subconjunto terminado na bancada (1). As setas pontilhadas, neste caso, indicam o percurso da peça principal, sendo que o operador fica parado neste posto.

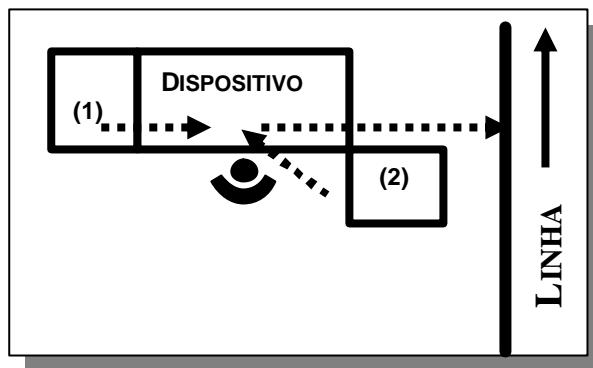


Figura 3.6 Montagem do subconjunto 2

O caso do subconjunto 2, retratado na Figura 3.6, é parecido com o subconjunto 1. O operador neste caso, porém, obtém dois componentes nos contentores (1) e (2), faz a montagem dos mesmos juntamente com alguns outros componentes e libera o subconjunto final à linha de montagem.

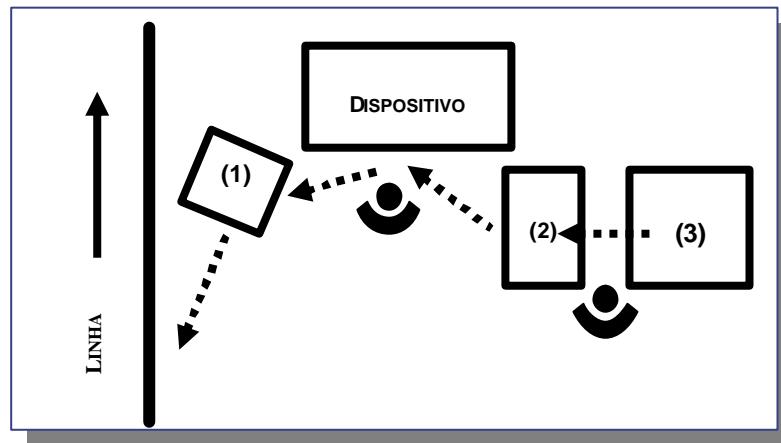


Figura 3.7 Montagem do subconjunto 3

Dois operadores são responsáveis pela montagem do subconjunto 3, como pode ser percebido na Figura 3.7. O primeiro operador obtém a peça principal do subconjunto no local (3) realiza uma operação e coloca o subconjunto semi-acabado no estoque (2). O segundo operador então alcança o subconjunto neste local e agrupa outros componentes com a utilização de um dispositivo. Terminadas suas operações

ele então coloca o subconjunto acabado no local (1) onde algum operador da linha principal o colado no produto.

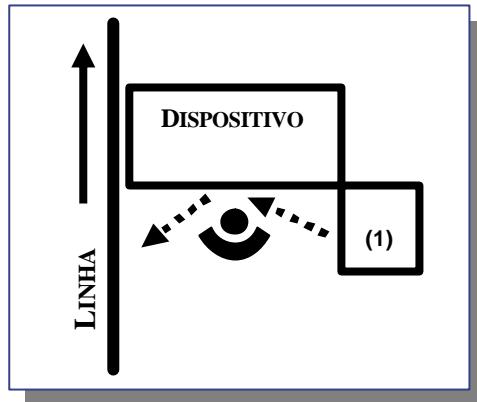


Figura 3.8 Montagem do subconjunto 4

No caso do subconjunto 4, conforme representado na Figura 3.8, o operador pega o componente principal no local (1), realiza as operações no dispositivo e já o posiciona no produto que está em cima da linha. Neste caso, ele já consegue colocar o subconjunto dentro do produto, sem porém montá-lo. Nos outros casos, faz-se necessária a utilização de uma bancada para a colocação do subconjunto terminado.

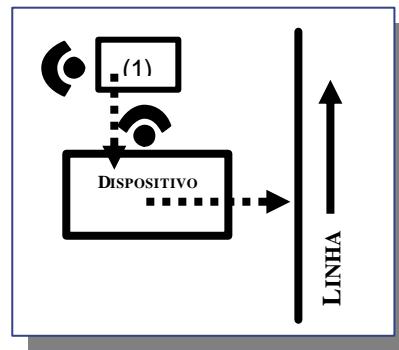


Figura 3.9 Montagem do subconjunto 5

O caso do subconjunto 5, representado na Figura 3.9, é parecido ao do subconjunto 3, em que dois operadores realizam a montagem. Algo que difere estes subconjuntos, porém, é que, no subconjunto 5, não há estoque intermediário entre os dois operadores, o que torna mais importante o balanceamento das operações entre os dois para que um não se torne um gargalo.

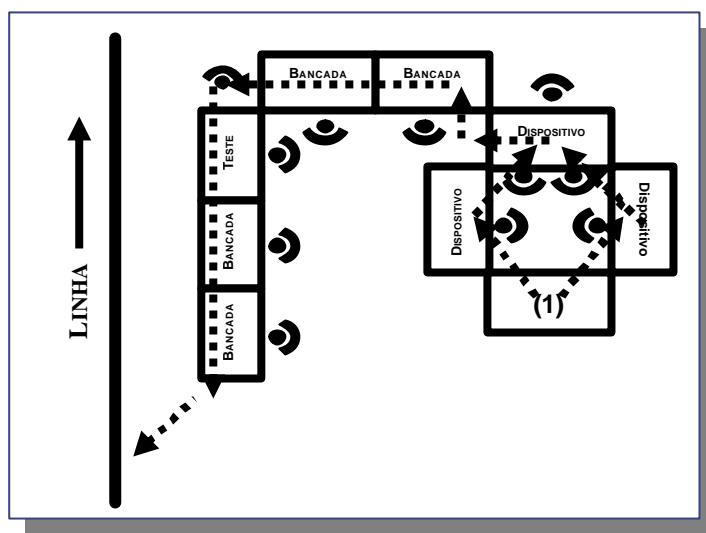


Figura 3.10 Montagem do subconjunto 6

O subconjunto 6, indicado na Figura 3.10, é o que tem a maior quantidade de operações e, por isso, é o que necessita de mais mão-de-obra entre as submontagens. Percebe-se, neste caso, que há uma célula em formato de U, em que o início e o final do processo são trazidos um próximo do outro. Os dois primeiros operadores realizam as mesmas operações, retirando a peça principal do contentor indicado pelo número (1), sendo que o subconjunto vai então passando de mão em mão até chegar no operador final que o coloca próximo à linha para que um outro operador o monte no produto que percorre sobre a esteira.

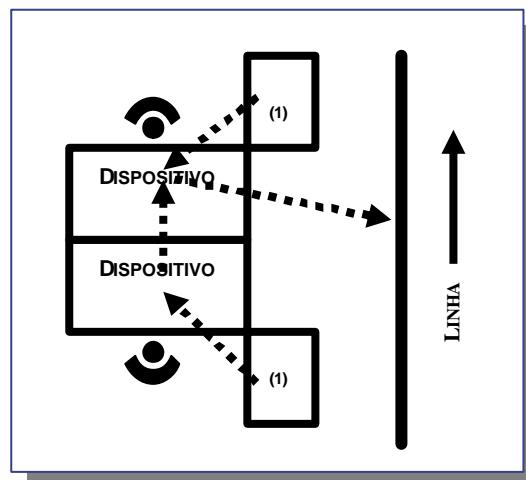


Figura 3.11 Montagem do subconjunto 7

No subconjunto 7, indicado na Figura 3.11, os operadores trabalham um de frente para o outro, cada um em um dispositivo, sendo que a principal peça do subconjunto fica no local indicado pelo número (1). O primeiro operador faz suas operações e passa para a outra pessoa que está na sua frente para que esta então termine a montagem do subconjunto e abasteça a linha de montagem principal.

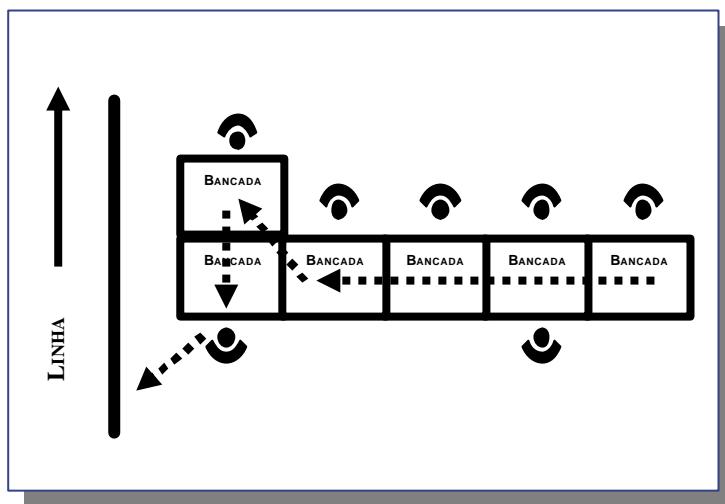


Figura 3.12 Montagem do subconjunto 8

Na montagem do último subconjunto, conforme a Figura 3.12, os operadores realizam suas operações de tal modo que o subconjunto semi-acabado é passado de um operador ao seguinte até chegar no último operador, o qual abastece a linha de montagem com o subconjunto terminado.

3.5 Levantamento de distâncias percorridas

Nesta seção serão apresentadas as distâncias percorridas pela peça principal de cada subconjunto. Tais peças serão as consideradas porque elas são utilizadas em todas as etapas da submontagem e são as que percorrem o maior caminho desde que são retiradas do contentor pelo operador até o momento em que são colocadas na linha de montagem.

Este levantamento se faz necessário para se saber qual o espaço que se utiliza para a movimentação de peças além de ser útil para se comparar o atual sistema de produção com o estado futuro que se deseja estabelecer na montagem do produto.

Além das distâncias percorridas, foi também levantada a quantidade em estoque na linha quando um novo contentor com peças chega.

A Tabela 3.1 mostra as distâncias percorridas e os estoques.

Tabela 3.1 Levantamento da situação atual

Subconjunto	Distância (m)	Estoque
SC1	3,7	60
SC2	3,0	100
SC3	3,1	100
SC4	1,9	110
SC5	3,0	210
SC6	9,3	68
SC7	3,8	102
SC8	9,1	94

Na Figura 3.13, é apresentado um Gráfico de Pareto para uma melhor visualização dos 8 subconjuntos (percurso da peça principal) em ordem decrescente. Este gráfico sugere para quais subconjuntos há maior movimentação desnecessária.

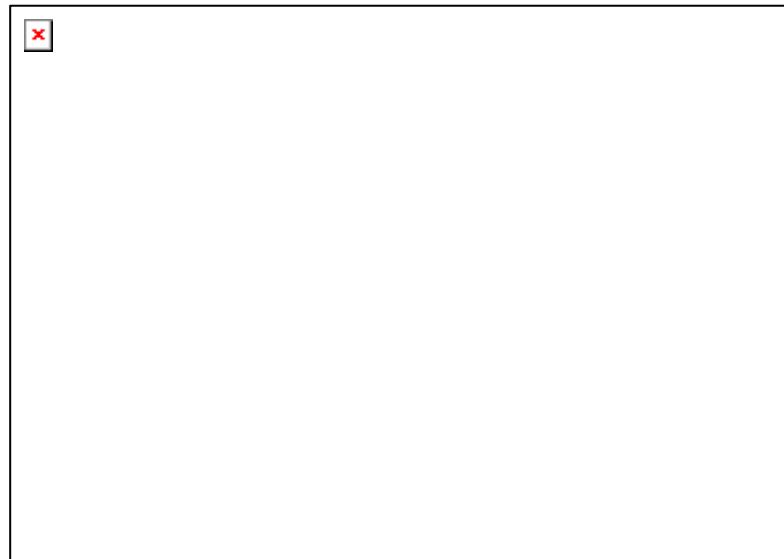


Figura 3.13 Gráfico de Pareto distâncias percorridas pelos subconjuntos

Pode-se perceber que os subconjuntos em que a movimentação de materiais é maior são o SC6 e o SC8. O processo de montagem de tais subconjuntos deve ser avaliado em maior detalhe para que, no sistema de produção baseado em célula de montagem, sejam evitadas movimentações desnecessárias.

PROJETO DE UMA CÉLULA DE MONTAGEM



4. Projeto de uma célula de montagem

Este capítulo tem por objetivo apresentar o estudo que foi feito para a implementação de uma célula de montagem a ser utilizada para a montagem de um produto que anteriormente era produzido em uma linha de montagem equipada com esteira rolante. O capítulo inclui o estudo dos tempos das operações e o *layout* dos dispositivos e pessoas.

4.1 Conhecendo o produto

Com o intuito de se implementar uma célula de produção, faz-se primeiramente necessário o conhecimento mais detalhado do produto que será nela montado. O produto deve ser analisado não somente em termos das peças que o compõem como também pela perspectiva das etapas do processo para a sua montagem.

Dessa forma, foi montada uma equipe para, inicialmente, desmontar o produto e analisar seus componentes e depois, observando a seqüência utilizada na linha de montagem, novamente montá-lo para que o processo pudesse ser avaliado.

Nesta equipe havia integrantes da linha de montagem por se tratar de pessoas que possuem um maior conhecimento do processo e das operações que são executadas na etapa de montagem e por saberem quais os principais problemas que ocorrem no processo.

O produto que serviu para este estudo foi retirado no final da linha de montagem e levado para uma área onde pudesse ser desmontado. Com o auxílio de pessoas que trabalham nesta linha, o produto foi sendo desmontado na ordem inversa em que é montado e suas peças foram dispostas no chão em formato de “U” para que se pudesse ter uma melhor visualização de um esquema inicial para o arranjo físico da célula. Teve-se o cuidado de anotar em cada etapa de desmontagem as peças que eram retiradas para que mais tarde o produto pudesse ser montado na seqüência correta.

Depois que o produto foi inteiramente desmontado, iniciou-se novamente o processo de montagem, o que foi feito em cima de um carrinho onde o produto podia ser transportado sem a necessidade de esteira. O carrinho foi transportado fazendo o caminho que foi percorrido quando as peças foram deixadas no chão. A cada etapa, o processo foi cronometrado para se ter uma idéia de quantos produtos poderiam ser fabricados em uma célula, levando em consideração o número de operadores que fossem alocados e a duração do turno.

Vale ressaltar que o produto desmontado foi um produto semelhante ao que se deseja montar na célula. Foi um produto cujas características serviram como uma boa base para o produto que realmente seria montado na célula.

A Figura 4.1 mostra o produto totalmente desmontado com suas peças dispostas em forma de “U” no chão da fábrica.



Figura 4.1 Produto desmontado

4.2 As restrições da célula de montagem

Visando direcionar o projeto e a implementação da célula de montagem em questão, a gerência estabeleceu as seguintes restrições:

- ↳ Na célula deverão trabalhar um total de 11 pessoas, incluindo as pessoas que trabalharão na submontagem e na montagem propriamente dita;
- ↳ A célula deverá ter um abastecedor responsável por levar os *kits* de peças a serem montadas a todos os pontos necessários da célula;
- ↳ Nenhuma restrição de espaço inicial foi dada. Espera-se, porém, que o espaço ocupado pela célula seja o menor possível.

4.3 Operações de montagem e submontagem do produto

Como ressaltado anteriormente, a montagem do produto foi analisada para se fazer um levantamento dos tempos das operações e para se analisar como seria a montagem do produto em célula.

No momento da cronometragem foram levantadas apenas as operações que agregam valor e as que não agregam valor mas que são necessárias. Como forma de se estimar o tempo para as operações que não agregam valor, foi acrescido 15% ao tempo levantado para as operações cronometradas. Essa porcentagem pode ser justificada da seguinte forma:

1. Durante o turno de trabalho que é de aproximadamente 480 minutos, 20 minutos são destinados às pausas. Dessa forma deve se prever a concessão de uma tolerância de 4,2% do tempo de turno para estes descansos.
2. Para se estimar a porcentagem do tempo que um operador realiza tarefas que não agregam valor, escolheu-se um posto de trabalho da célula em projeto, levantando-se o tempo total de ciclo e o tempo em que o operador realiza tarefas que não agregam valor. As operações que não agregam valor somaram 20 segundos e o tempo de ciclo para este posto de trabalho somou 178 segundos. Dessa forma, verificou-se que as operações que não agregam valor representam 11,2% do tempo.

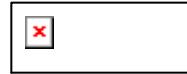
Somando estas duas porcentagens, tem-se aproximadamente os 15% do tempo que foi acrescido ao tempo cronometrado, admitindo-se que a porcentagem do

tempo em que não há agregação de valor é semelhante nos demais postos de trabalho da célula em projeto.

As operações já estão subdivididas para os onze operadores que serão responsáveis pela célula. Essa divisão foi feita somando-se todos os tempos da montagem e submontagem e dividindo-se tal soma pelo número total de operadores. A seqüência utilizada na divisão de operações da célula foi a mesma utilizada na linha de montagem.

Vale ainda ressaltar que os tempos que estão na Tabela 4.1 não são exatamente os tempos verificados na linha de montagem visto que, quando os tempos foram levantados, todas as peças e dispositivos estavam na mão de quem estava montando, o que geralmente não ocorre na linha de montagem.

Por questão de sigilo, as operações foram codificadas da seguinte forma:



onde xx diz respeito ao número do operador, que vai de 1 a 11 e yy é o índice relacionado ao número da operação que varia de acordo com cada operador.

O termo “estação” foi utilizado ao invés de operador porque os operadores da montagem principal poderão trabalhar de duas formas: ou trabalhando fixo em uma estação de trabalho, passando o produto semi-acabado para o próximo operador, ou cada operador passando por todas as estações da montagem principal, montando o produto inteiro.

Na Tabela 4.1 estão indicadas as operações necessárias para a montagem do produto, já dispostos de forma balanceadas para sete estações de trabalho da célula.

Tabela 4.1 Tempos das operações na montagem principal na célula

X

O tempo que foi utilizado como tempo de ciclo para o cálculo da eficiência da distribuição das operações tanto da montagem como da submontagem foi o tempo máximo obtido da soma dos tempos de operação de cada estação de trabalho.

Enquanto que na linha de montagem o tempo de ciclo é ditado pelo ritmo da esteira, na célula de montagem o tempo de ciclo será comandado pela estação mais lenta, ou seja, por aquela cujas operações levam mais tempo para serem executadas.

Na Figura 4.2 está representado o gráfico de balanceamento de operações para as operações anteriormente citadas.

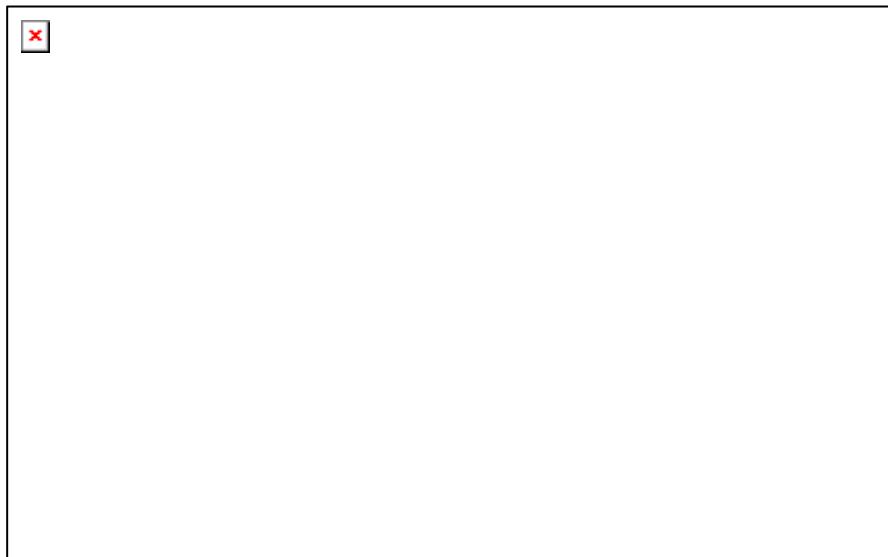


Figura 4.2 GBO da montagem principal na célula

Considerando a fórmula utilizada para o cálculo de eficiência mostrada na seção 3.3, a eficiência esperada para a montagem na célula é de 95%.

No caso das submontagens da célula, como a quantidade de operadores (4) é menor que a de subconjuntos (7), existe a necessidade de um operador montar diferentes subconjuntos. A divisão de operações foi feita seguindo-se a seqüência levantada durante o processo de montagem do produto. Outra restrição que deve ser observada nesta etapa é a de não dividir as operações de um subconjunto entre dois operadores. O único caso em que esta restrição não pôde ser cumprida ocorreu no subconjunto 6, visto que, como pode ser visto na Tabela 4.2, a soma de todos os tempos despendidos nas operações desse subconjunto são maiores que o tempo de ciclo.

Esta última restrição está relacionada ao fato de que, se as operações de um mesmo subconjunto são divididas entre duas pessoas, além de incorrer em movimentação desnecessária de peças, pode haver a necessidade de duplicação de dispositivos e/ou equipamentos para a montagem desses subconjuntos.

A Tabela 4.2 mostra como será a divisão de operações para a montagem de subconjuntos da célula. Esta tabela indica para os sete subconjuntos do produto e quais operadores irão executar as operações de sua montagem.

Tabela 4.2 Tempos das operações das submontagens na célula

O gráfico de balanceamento de operações para as submontagens da célula está indicado na Figura 4.3.



Figura 4.3 GBO da submontagem da célula

Considerando a fórmula utilizada para o cálculo de eficiência mostrada no item 3.3, a eficiência esperada para a submontagem na célula é de 91%.

4.4 O layout

O *layout* é uma das características mais distintas que a célula tem em relação à montagem tradicional em linha. Primeiramente, na célula, não é utilizada a esteira rolante que pode ser considerada o elemento principal de uma linha de montagem.

Ao invés de serem utilizadas esteiras para o transporte do produto, um carrinho será utilizado. Este carrinho transportador será movimentado pelo próprio operador através da célula. Tal mudança afeta radicalmente o ritmo das operações. Enquanto na linha de montagem o ritmo de todos os operadores é ditado pela esteira, na célula de montagem pode haver alguma variação no ritmo de trabalho dos operadores.

Os carrinhos transportadores, mostrados na Figura 4.4, serão utilizados somente na montagem principal da célula enquanto que na submontagem os subconjuntos serão transportados manualmente de bancada em bancada até ser entregue na montagem principal.



Figura 4.4 Imagem dos carrinhos transportadores

Como na célula o número total de pessoas utilizadas para montar o produto é menor do que na linha de montagem, é de se esperar que o número de bancadas que ficarão na submontagem da célula também seja reduzido. Na Tabela 4.3 é apresentada uma comparação entre o total de bancadas e de pessoas que são necessárias para a submontagem de cada subconjunto na linha de montagem atual e na célula de montagem em projeto.

Tabela 4.3 Comparação do número de pessoas e bancadas na linha de montagem e na célula

Subconjunto	Linha de montagem		Célula de montagem	
	Bancada	Pessoas	Bancada	Pessoas
SC1	1	1	1	1
SC2	1	1	1	
SC3	2	1	1	
SC4	1	1	1	
SC5	2	1	1	Incorporado na montagem principal
SC6	8	10	2	2
SC7	2	2	1	1
SC8	6	7	1	
Total	23	24	9	4

Vale ressaltar que a comparação entre número de pessoas na linha e na célula não permite verificar o impacto na produtividade, porque apesar do número de pessoas na submontagem ser reduzido, a capacidade da célula será também menor que a capacidade da linha.

A diminuição do número de bancadas é crucial para a diminuição do espaço necessário para a montagem da célula. Vale ressaltar que só é possível tal diminuição para os subconjuntos 6 e 7 através da utilização de novos dispositivos que permitem a realização de todas as operações necessárias, operações estas que na linha estão distribuídas pelas várias bancadas. No caso do subconjunto 5, as operações que na linha de montagem eram realizadas na submontagem passam a ser executadas na montagem principal da célula.

O formato de célula que será utilizado é o formato em U, ou seja, o início da célula e o seu fim serão aproximados. Três vantagens podem ser apontadas para a adoção deste formato:

- ↳ A célula torna-se mais compacta, requerendo menos espaço;
- ↳ A movimentação que o carrinho faz depois do final da montagem até o início da célula será bem menor do que no caso da montagem ser feita em linha reta;
- ↳ O processo de comunicação entre os operadores da célula é facilitado. Se um defeito, por exemplo, é detectado no final da célula e foi produzido no início, ele pode ser rapidamente identificado e corrigido.

Enquanto os operadores da montagem principal fazem o percurso em U levando consigo o produto sobre um carrinho, os operadores de submontagem ficarão estacionários (caso só operem em uma bancada) ou moverão de uma bancada a outra (colocadas ao redor do percurso em U).

Vale ressaltar que as submontagens devem ser colocadas em uma seqüência tal que facilite a seqüência de montagem principal, ou seja, a seqüência em que os

subconjuntos são requisitados pela montagem é a seqüência utilizada na disposição das bancadas.

As utilidades necessárias para a montagem do fogão são energia elétrica, ar comprimido e GLP (gás) para testes. O ar comprimido é necessário em todas as bancadas para ser utilizado nas rebitadeiras e nas parafusadeiras. Já o gás será utilizado apenas no posto de testes. Com o intuito de se ter um *layout* flexível, com possibilidade de mudança de bancadas a qualquer momento, é necessário instalar um sistema de distribuição dessas utilidades também flexível. Para tanto, são utilizados canos de borracha ao invés do tradicional encanamento de ferro existente hoje nas linhas. É utilizado apenas um ponto acima da célula de onde sairão todas as utilidades. Deste ponto elas serão distribuídas para todas as posições da célula em que sejam necessárias.

IMPLEMENTAÇÃO DA CÉLULA PROJETADA



5. Implementação da célula projetada

Com o estudo para a implementação da célula em mãos, é possível dar início à fase de implementação do projeto propriamente dito. Nesta etapa, porém, como poderá ser constatado neste capítulo, várias mudanças foram feitas no projeto inicial com o intuito de adequá-lo melhor à realidade e devido às melhorias que só foram possíveis depois durante o período de montagem da célula.

5.1 A construção da célula

A partir do momento em que foi decidido onde a célula seria instalada no chão da fábrica, iniciou-se o processo de colocação de dispositivos, peças e outros equipamentos necessários para a montagem do produto final.

Foi necessária a participação de outros setores da fábrica entre eles o almoxarifado e a manutenção para que esta etapa fosse bem realizada.

O almoxarifado ficou incumbido da tarefa de trazer para próximo da célula todas as peças que seriam necessárias para a montagem do fogão, tanto as peças que são de fornecedores externos quanto as peças que passam pelas áreas de esmaltação e estamparia dentro da fábrica. Devido à grande quantidade de peças que compõem o fogão, foi necessária a visualização de uma lista técnica do produto, onde estavam indicados todos os componentes assim como seus respectivos códigos, que auxiliaram na locação de tais peças pela fábrica.

Além das peças, foram trazidas as bancadas e dispositivos, sendo estes já organizados na forma do *layout* projetado (ANEXO A). Dessa forma, as peças puderam ser colocadas próximas aos locais de uso.

Grande parte do espaço na célula é utilizada para a armazenagem de peças. Em um primeiro momento, decidiu-se por deixar os contentores, mesmo que grandes, dentro da célula, com os operadores retirando as peças diretamente deles. Mais adiante, será mostrado como tal problema foi resolvido.

Com todas as peças e dispositivos dispostos no formato do *layout* projetado, foi solicitado a um operador que montasse o fogão pelo percurso da célula. Ele realizou apenas operações da montagem principal, sendo que, os subconjuntos montados na submontagem já estavam prontos.

O objetivo desta atividade não era, obviamente, verificar a velocidade com que o operador montava o produto. Como a célula estava em um estágio muito inicial, tal operador foi chamado para que pudesse levantar as necessidades da célula, fossem elas de peças que não haviam sido trazidas ou de rebitadeiras e parafusadeiras.

Além desse levantamento de necessidades foi possível dar início a alguns ajustes no posicionamento dos contentores, sugestões estas feitas pelo próprio operador que montava o fogão devido ao seu maior conhecimento do processo.

5.2 A formação da equipe de trabalho

Para compor a equipe que trabalharia na célula foi pedido aos coordenadores das linhas de montagem que indicassem um grupo de operadores que já trabalhavam nas linhas de montagem. O fato das pessoas que trabalhariam na célula serem oriundas das linhas de montagem auxiliou o estudo no sentido de se fazer uma comparação entre a produção em célula e em linha quanto às condições de trabalho apresentadas pelas duas.

Com a equipe formada, foi possível passar para seus integrantes como seria o novo trabalho, o que era esperado deles, assim como as diferenças entre trabalhar em linha e trabalhar em célula de montagem. Vale ressaltar porém, que já haviam sido feitas algumas palestras com o pessoal que trabalha em linha de montagem, em que alguns conceitos de célula de manufatura foram passados.

As pessoas que iriam trabalhar na célula puderam nesta reunião tirar suas dúvidas. Tal questionamento foi importante para que se pudesse perceber as expectativas que eles tinham quanto à nova forma de sistema de trabalho que lhes estava sendo apresentada.

As perguntas principais foram em relação a quem seria responsável pela célula, mostrando que eles estavam acostumados a ter uma voz de comando externa ao grupo. Foi proposto que eles mesmos ficassem responsáveis pela produção, qualidade e demais aspectos produtivos.

5.3 O início das operações

Com alguns conhecimentos transmitidos, os operadores foram levados até a célula para que os mesmos pudessem dividir as tarefas entre si. Deixou-se que essa decisão fosse feita pelos próprios operadores para que eles pudessem se sentir mais confortáveis com as tarefas que realizariam.

Neste ponto, vale ressaltar que a célula não começou a produzir com todas as pessoas que seriam necessárias para a montagem principal. Enquanto que no projeto foi feito o estudo prevendo-se a alocação de quatro pessoas na submontagem e sete pessoas na montagem principal, apenas três pessoas na montagem principal puderam ser disponibilizadas. Assim, enquanto que a submontagem já contava com todas as pessoas previstas, na montagem principal havia menos da metade das pessoas.

Isso ocorreu porque apenas três carrinhos de transporte do produto estavam disponíveis na semana de início de operação da célula. Com a mão-de-obra na submontagem completa e apenas três pessoas na montagem principal, a mão-de-obra da submontagem acabou ficando ociosa. Os operadores da submontagem, porém, puderam dedicar o tempo que não estava sendo utilizado para produção à realização de melhorias dentro da célula.

Terminada a primeira semana de montagem na célula, algumas pessoas voltaram para a linha de montagem enquanto outras que estavam na linha durante esta semana inicial foram alocadas na célula de montagem para que pudessem também conhecer como funciona este novo sistema de produção adotado pela fábrica.

Neste ponto, os próprios operadores que haviam trabalhado na primeira semana na célula passaram os conhecimentos adquiridos para os novos operadores.

Depois da primeira semana, a célula teve que ser deslocada para outro lugar da fábrica. Tal fato mostrou como o arranjo em célula era flexível no sentido de mudança de espaço. A mudança demorou algumas horas e no dia seguinte de trabalho já estava operando normalmente.

5.4 Melhorias no abastecimento

Durante as primeiras semanas de operação da célula, percebeu-se que os operadores perdiam boa parte do seu tempo buscando peças. Isso acontecia principalmente porque estavam sendo utilizados contentores grandes o que dificultava o posicionamento das peças próximas ao local de uso.

Realizou-se então um *kaizen* de abastecimento da célula, que durou aproximadamente três dias. Através de tal *kaizen* buscou-se a aproximação das peças ao ponto em que elas são utilizadas. Dessa forma o operador perderia menos tempo deslocando-se em busca da peça e retornando à bancada ou estação.

Para que essa melhoria fosse possível, utilizou-se o conceito de PDU (ponto-de-uso), apresentado no capítulo 2. Através do uso de prateleiras menores, foi possível trazer as diferentes peças mais próximas das outras, o que antes não era possível visto que os contentores de onde as peças são retiradas são grandes.

Buscou-se, dessa forma, deixar os contentores maiores na periferia da célula onde seria mais fácil o abastecimento externo e trazer para próximo da célula pontos de abastecimento menores onde apenas algumas poucas peças seriam colocadas pelo abastecedor interno da célula. Com essa mudança conseguiu-se ainda que a quantidade total de peças em estoque próximo à célula fosse reduzida.

Na Figura 5.1 é apresentado um esquema de como o novo abastecimento funciona.

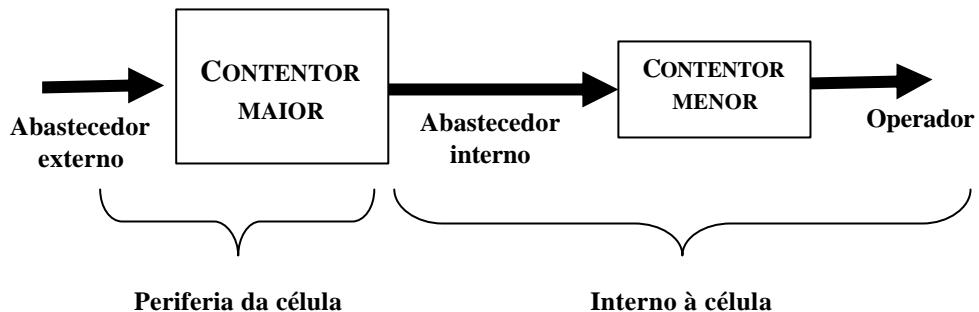


Figura 5.1 Esquema de abastecimento da célula

A presença do abastecedor interno é indispensável visto que o operador da montagem não pode utilizar seu tempo transportando peças do contentor maior para o contentor menor. Ele deve utilizar seu tempo com a realização de operações que realmente agregam valor ao produto. Para isso, é necessário que todas as peças por ele utilizadas em cada estação estejam à mão.

A Figura 5.2 exemplifica como o conceito de PDU foi aplicado na célula.



Figura 5.2 PDU aplicada à célula

Neste contentor, por exemplo, são colocados oito tipos diferentes de peças que antes eram colocadas em contentores separados de onde os operadores de montagem tiravam as peças diretamente. Com a utilização desse contentor, o abastecedor interno alimenta as peças pela parte traseira do contentor (parte mais alta) donde deslizam até a frente do contentor (parte mais baixa), sendo retiradas e utilizadas pelos operadores da montagem principal.

Vale ressaltar que esses contentores foram construídos com investimento mínimo, aproveitando materiais que estavam disponíveis na fábrica, o que facilitou sua implementação.

5.5 A movimentação de equipamentos

Um dos problemas encontrados nos primeiros dias de implementação da célula foi o da utilização de equipamentos, entre eles rebitadeiras e parafusadeiras.

Muitas vezes tais equipamentos estavam longe das operações em que são requisitados, ou o mesmo equipamento era utilizado em dois pontos de uso sucessivos, obrigando o operador a carregar o equipamento até outro ponto ou a deixá-lo em um determinado lugar e voltar para buscá-lo e utilizá-lo na próxima operação.

Além disso, a movimentação desses equipamentos trazia problemas ergonômicos, visto que alguns desses equipamentos são pesados.

Para solucionar tais problemas, foram instalados por toda a célula suportes onde os equipamentos são pendurados. Tais suportes podem ser rotacionados para que possam ser usados em postos sucessivos ou para permitir que equipamentos que são utilizados tanto na montagem quanto na submontagem sejam pendurados.

A Figura 5.3 representa uma foto da célula de montagem depois que o *kaizen* do abastecimento foi realizado. O ANEXO B apresenta o layout com as melhorias.



Figura 5.3 Foto da célula de montagem

ANÁLISE DOS RESULTADOS



6. Análise de resultados

Este capítulo traz uma comparação entre os resultados obtidos com a célula de manufatura com o que se tinha com a linha de montagem. Dentre as características que serão avaliadas estão a utilização do tempo por parte do operador, a flexibilidade de distribuição das operações, qualidade e ergonomia. Foram também realizadas entrevistas com os operadores para avaliar os impactos provocados pela mudança do sistema de produção na visão deles.

6.1 Utilização do tempo por parte do operador

Faz-se necessária na avaliação dos resultados da célula de montagem a verificação de como o tempo disponível dos operadores está sendo utilizado. Seguindo o princípio de racionalização no uso dos recursos, procurou-se neste projeto uma melhor eficiência, de modo que os operadores passem grande parte do seu tempo agregando valor ao produto, ou seja, executando operações de montagem propriamente dita.

Sabe-se, porém, que existem partes do processo em que os operadores não aproveitam todo seu tempo agregando valor ao produto. Entre tais etapas estão o tempo em que o produto é movimentado, o tempo em que o operador busca peças e equipamentos que muitas vezes estão distantes de onde são utilizados na montagem e os tempos que os operadores esperam até que o operador que está na sua frente termine sua operação. Além destas etapas que não agregam valor ao produto, há ainda algumas etapas como os testes que não agregam valor mas que são necessárias para que o produto final atenda as expectativas no quesito qualidade.

Com o intuito de verificar a eficiência na utilização do tempo de mão-de-obra, foram cronometrados na célula de montagem os tempos das operações executadas por um operador da montagem principal. As operações foram divididas da seguinte maneira, conforme a sua natureza:

- ↳ Montagem: operações que agregam valor no produto, ou seja, montagem de peças que são percebidas ou pelos consumidores ou que são necessárias para se manter as características técnicas do produto;
- ↳ Movimentação do produto: tempo utilizado pelo operador quando está deslocando o produto para a próxima estação de trabalho ou quando ele o vira para alcançar os outros lados do mesmo.
- ↳ Pegar peça ou máquina: intervalo para o operador ir buscar uma peça no local onde a mesma é armazenada ou alcançar um dispositivo. Vale ressaltar que a cronometragem foi feita depois que as melhorias de abastecimento já haviam sido feitas.
- ↳ Espera por peça e equipamento: tempo em que o operador espera pela chegada de uma peça no local de abastecimento ou quando não há um subconjunto pronto quando um operador chega no local onde é montado no produto.
- ↳ Espera para a próxima operação: tempo aguardado pelo operador quando um outro que está à sua frente ainda não terminou a operação.
- ↳ Testes: tempo utilizado para realizar inspeções visuais ou outros tipos de testes. São os únicos tipos de operações que não agregam valor mas que são necessárias.

A cronometragem foi feita de forma contínua com o objetivo de se observar realmente como o processo estava sendo executado. Dessa forma, foi possível verificar não somente como o tempo estava sendo utilizado como também o *lead-time*, ou seja, o tempo necessário desde o momento em que o operador chega com o carrinho vazio no começo da célula até o instante em que embala o produto no final do processo. Tal tempo cronometrado foi de aproximadamente doze minutos.

Analizando o tempo total de trabalho do operador na montagem principal, pôde-se observar através da cronometragem que ele é utilizado conforme indica a Figura 6.1.

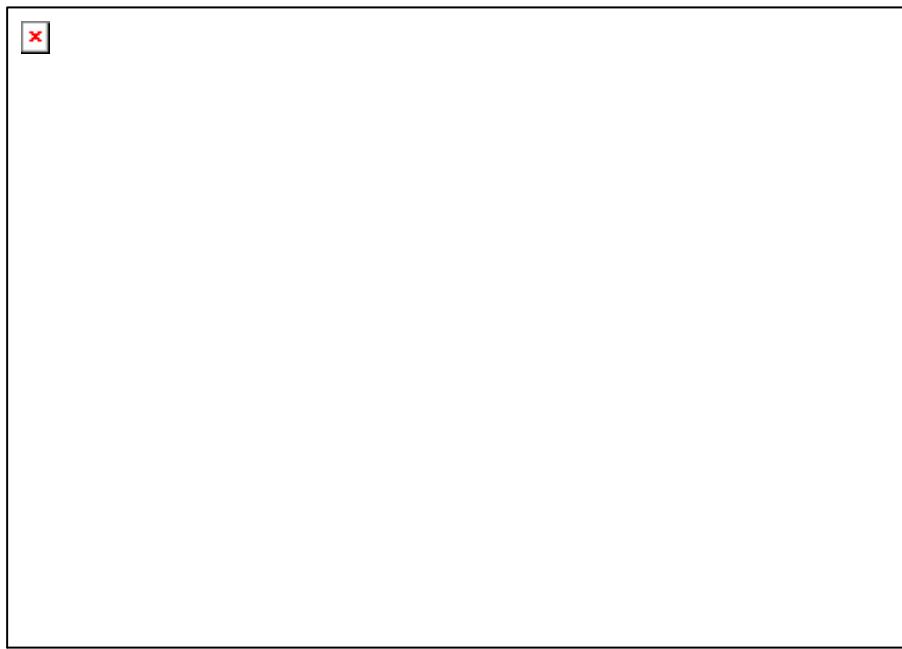


Figura 6.1 Utilização do tempo por parte do operador

Um primeiro aspecto que se pode constatar no gráfico da Figura 6.1 é que o operador utiliza aproximadamente 70% do seu tempo com operações que realmente agregam valor com o produto. Adicionando a este valor a porcentagem de tempo despendida com as operações que não agregam valor mas que são necessárias para o processo, tem-se aproximadamente 80% do tempo total de *lead-time*.

Se este resultado for comparado com a situação apresentada pelo GBO da linha de montagem discutida no capítulo 3, percebe-se uma melhora, visto que naquela situação, em média, 71% das operações são relativos à montagem e testes realizados. Isso demonstra que, com a produção em célula, o tempo está sendo melhor utilizado com operações que realmente agregam valor ou que, por questões de processo, não agregam valor mas são necessárias. Para que seja despendido menos tempo com tais operações, talvez seja necessária a compra de equipamentos de testes mais rápidos, visto que, com exceção da inspeção visual realizada no final da linha, todos os demais testes são realizados por equipamentos específicos.

A movimentação do produto corresponde a aproximadamente 10% do tempo total de trabalho do operador da célula. Tal porcentagem deve-se basicamente à necessidade de movimentação do produto pelas estações de trabalho da célula. Esta

porcentagem inclui o tempo para o operador virar o produto, mas isso só ocorre três vezes, e a operação que não leva mais que 2 segundos. Era de se esperar que a porcentagem do tempo despendido para a movimentação do produto correspondesse a um valor com tal ordem de grandeza visto que tal função que cabe à esteira transportadora numa linha de montagem foi acrescida à função do operador na produção em célula. Portanto, no caso da linha de montagem, a movimentação do produto que ocorre na célula corresponde à espera pela chegada do produto posicionado na esteira transportadora.

O tempo utilizado para pegar peças é pequeno (próximo a 10%) principalmente devido às melhorias conseguidas com o abastecimento. Tornando as peças prontamente disponíveis, pela sua localização próxima aos operadores e nos pontos onde são utilizadas, diminui-se a necessidade de movimentação dos operadores em busca das mesmas.

Já no caso das máquinas, nas quais estão incluídas rebitadeiras e parafusadeiras, percebeu-se nos primeiros dias em que a célula foi montada, que estavam dispostas muito longe de onde eram utilizadas, obrigando os operadores a se deslocarem uns poucos metros para poderem alcançá-las. Com a adoção de suportes fixados em bancadas (indicados na seção 5.5), foi possível aproximar tais máquinas dos operadores, reduzindo assim o tempo necessário para este deslocamento.

Já nos casos de espera por peça ou para dar início à próxima operação, não foi observado desperdício excessivo de tempo. Uma das razões que assegurou isso foi o bom balanceamento das operações que aproximou bastante os tempos de cada posto de trabalho do tempo ciclo. Um fator que pode ter influenciado nesta constatação foi que apenas três operadores estavam na montagem principal no momento da cronometragem. Contudo vale ressaltar que o operador observado foi o mais rápido e, durante a cronometragem, havia sempre um operador no próximo posto de trabalho mas que em nenhum momento chegou a atrapalhá-lo.

Dessa forma é apresentada a seguir uma síntese do aproveitamento do tempo total de trabalho do operador na montagem principal, constatada por meio da cronometragem:

- ↳ Operações que agregam valor: as montagens são responsáveis por 70% do tempo de trabalho total.
- ↳ Operações que não agregam valor ao produto mas que são necessárias: os testes são responsáveis por aproximadamente 10% do tempo total.
- ↳ Operações que não agregam valor: as operações de pegar peças e máquinas são responsáveis por 20% do tempo total.

6.2 A flexibilidade na distribuição de operações

É esperado que uma célula de produção seja mais flexível em relação ao volume de produção, de modo que, caso seja necessário variar a quantidade produzida, sua capacidade possa ser alterada mediante a ajuste no número de operadores. Quando uma célula é bastante flexível em relação à capacidade, esta pode ser ajustada proporcionalmente à quantidade de mão-de-obra nela alocada.

Neste caso, por exemplo, se uma célula com dez operadores consegue produzir dez produtos por hora, sendo necessário aumentar a produção para quinze produtos por hora, bastaria incluir na célula mais cinco operadores para atingir esse novo volume de produção.

Porém, na célula construída, existe uma restrição que a torna menos flexível que este ideal: a existência das submontagens. Quando se deseja aumentar o volume da célula, é necessário não somente aumentar o número de pessoas na montagem principal como também nas submontagens.

Um fator que torna as submontagens ainda menos flexíveis é o fato que algumas delas ficam distantesumas das outras, inviabilizando a distribuição das operações de tais submontagens para um mesmo operador. Dessa forma, no caso da submontagem, o aumento ou diminuição de mão-de-obra não é proporcional à variação de produção desejada.

Com o objetivo de se verificar como tal restrição afeta a flexibilidade da célula, construíram-se dois gráficos de eficiência na distribuição de operações, variando-se o número de operadores tanto na montagem como na submontagem.

O cálculo da eficiência foi feito a partir da mesma fórmula apresentada no item 3.3. Distribuíram-se as operações apresentadas no capítulo 4 para se verificar o tempo total que se teria para cada operador. Apenas consideraram-se os casos em que o número de operadores na montagem principal era maior ou igual ao número de operadores na submontagem visto que o tempo total de operações da montagem principal é aproximadamente o dobro do número de operações da submontagem.

Dessa forma, para determinado número de operadores na submontagem, que variou de um a nove, mudou-se o número de operadores na montagem principal, cujo menor valor considerado nesta análise foi igual ao número de operadores da submontagem.

As seguintes restrições referentes às operações das submontagens foram consideradas:

- ↳ quando possível, não se alocaram operações dos quatro primeiros subconjuntos, com as dos subconjuntos seis, sete e oito;
- ↳ quando possível, não se alocaram operações do subconjunto seis com as dos outros subconjuntos;
- ↳ quando possível, não se alocaram operações dos dois últimos subconjuntos com as dos outros;

Tais restrições são devidas às distâncias que separam os subconjuntos.

Na Figura 6.2 é apresentado um gráfico em que as restrições anteriores foram levadas em consideração no balanceamento de operações.

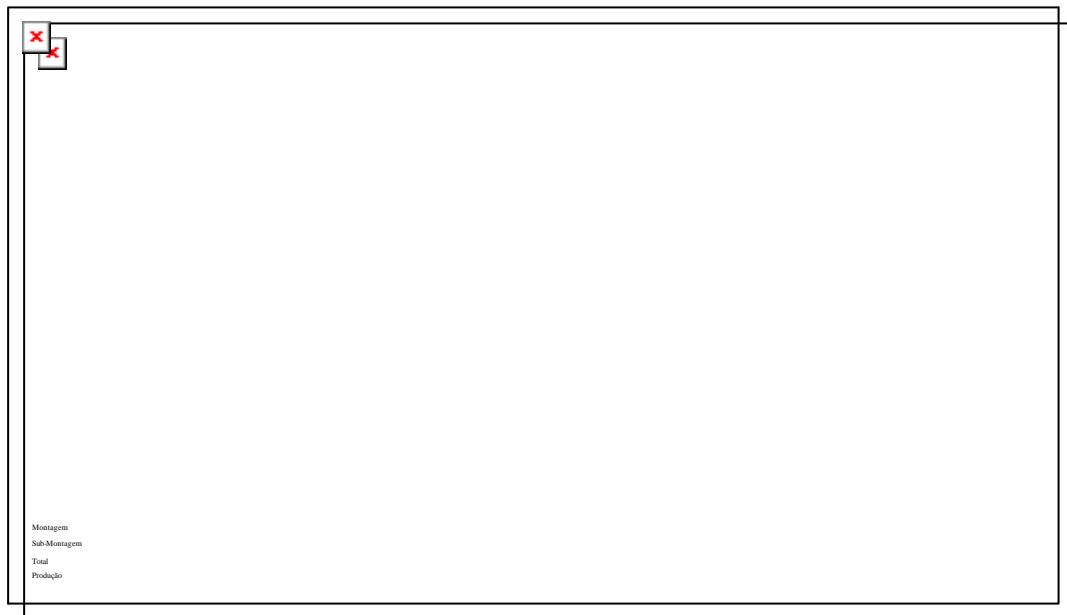


Figura 6.2 Eficiência na distribuição das operações com restrições

O primeiro fato que se pode observar é que existe, para cada quantidade de operadores da submontagem, um número de operadores para a montagem principal que otimiza a eficiência na distribuição de operações.

No caso, por exemplo de se ter quatro operadores na submontagem, o valor otimizado para alocar operadores na montagem principal é de sete. Para esta alternativa de distribuição a eficiência seria de 93,7%. Neste caso, mesmo colocando mais uma pessoa na montagem principal, totalizando assim oito, a quantidade de produtos montados por hora continuaria sendo a mesma e a eficiência declinaria para 85,9%.

Aumentando de unidade em unidade o número de pessoas na montagem principal, vai se conseguindo uma melhor distribuição de operações entre os operadores, o que faz com quem a eficiência desta distribuição aumente, ou seja, que os tempos não utilizados dos operadores diminuam.

Esse acréscimo de pessoas na montagem principal aumenta tal eficiência até atingir uma configuração em que ela deixa de ser gargalo e a submontagem passa de subutilizada para gargalo. É neste ponto em que a submontagem passa a ser gargalo que a eficiência na distribuição de operações começa a decair não justificando mais o aumento de mão-de-obra na montagem principal.

Outro aspecto que pode ser visualizado no gráfico da Figura 6.2 é que a eficiência máxima na distribuição de operadores é obtida quando se coloca sete operadores na montagem principal e quatro operadores na submontagem. Esta é a condição de mão-de-obra que foi considerada pra a implementação da célula em projeto.

É válido agora avaliar qual seria o impacto na eficiência de balanceamento de operações se as restrições para distribuição de operações na submontagem não fossem levadas em consideração. O gráfico da Figura 6.3 mostra esse caso.

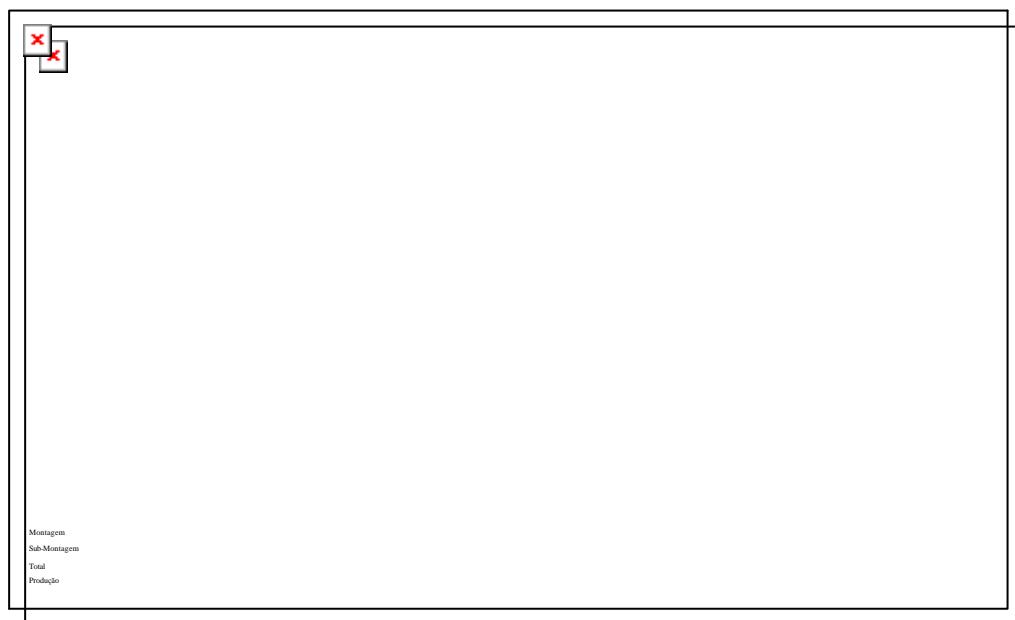


Figura 6.3 Eficiência na distribuição das operações sem restrições

Pode-se observar no gráfico da Figura 6.3 que a eficiência na distribuição de operações é maior que no caso da Figura 6.2. Isso ocorre porque, ao não considerar as restrições quanto à distribuição das operações da submontagem, as atividades podem ser melhor distribuídas entre os operadores. Mas o ganho de eficiência não alteraria o ganho de produtividade de forma significativa.

Uma outra conclusão que pode ser tirada da Figura 6.2 e da Figura 6.3 é que, se continuasse aumentando a quantidade de operadores, tanto na montagem principal quanto na submontagem, a eficiência na distribuição de operações tenderia a

diminuir. Isso ocorre porque, como o tempo de ciclo vai diminuindo com o acréscimo de operadores, vai se tornando cada vez mais difícil encaixar de forma bem balanceada as atividades elementares para cada um. Tal evidência mostra que, quanto mais as tarefas vão sendo divididas a um número crescente de operadores, menos eficiente fica a distribuição de tais operações.

Uma última conclusão que pode ser tirada é que se, por exemplo, fosse necessário duplicar a produção de uma determinada célula, considerando somente a eficiência da distribuição de operações, seria melhor criar outra célula do que aumentar o número de operadores em uma mesma célula. Por outro lado, tal duplicação implica em desvantagens como a necessidade de investimentos adicionais para a montagem do produto e necessidade de mais espaço.

A análise apresentada mostra que a célula projetada não é plenamente flexível quanto ao volume de produção e que a necessidade de crescer ou reduzir de acordo com a variação do volume de produção requer um exame cuidadoso do impacto resultante sobre a eficiência na distribuição das operações.

6.3 A produtividade da mão-de-obra

Nesta seção, a produtividade da mão-de-obra é considerada pela quantidade de produtos montados por um operador em uma hora. Tal indicador é necessário para a comparação de produtividade na célula de montagem projetada e na linha de montagem baseada em esteira transportadora.

Na linha de montagem, tem-se o padrão de cento e vinte e cinco produtos por hora, produtos estes que são montados por um total de sessenta e oito pessoas, as quais se dividem em quarenta e duas pessoas na montagem principal e vinte e seis pessoas nas submontagens. A produtividade da linha de montagem seria, dessa forma, de aproximadamente 1,84 produtos/hora.homem.

Na célula de montagem, tomando-se o máximo de produção conseguida até o momento da coleta dos dados, tem-se uma quantidade de doze produtos por hora. Considerando que este máximo foi atingido com a utilização de nove pessoas, obtém-se uma produtividade de 1,33 produtos/hora.homem.

A Tabela 6.1 apresenta os valores desta comparação.

Tabela 6.1 Comparação de produtividade considerando toda mão-de-obra



Contudo, esta simples comparação é imprecisa. Isso se deve ao fato de que, quando houve a implementação da célula de montagem, embora todas as pessoas necessárias à submontagem (quatro) tenham sido alocadas, a montagem principal iniciou operando com apenas com três pessoas. Isso fazia com os operadores da submontagem ficassem ociosos que grande parte do tempo.

Dessa forma, faz-se necessária a avaliação de uma outra forma que retrate melhor a realidade. A forma encontrada foi a comparação da produção por hora considerando apenas a mão-de-obra que atua na montagem principal.

É fundamental considerar ainda o fato de que as tarefas do subconjunto cinco foram transferidas da submontagem para a montagem principal e deverá, portanto, entrar na contabilidade da produtividade da célula.

Utilizando-se o mesmo código apresentado na seção 4.3, a Tabela 6.2 indica as operações acrescentadas à montagem principal relativas ao subconjunto 5.

Tabela 6.2 Tempos das operações do subconjunto 5



Considerando um tempo total de 953,57 segundos para a montagem principal, obtém-se a porcentagem de tempo gasta com as operações do subconjunto 5. Na Tabela 6.3 é fornecida a porcentagem de tempo que foi acrescida à montagem principal com a incorporação da montagem do subconjunto 5.

Tabela 6.3 Razão de tempo do subconjunto 5 e a montagem principal na célula



Dessa forma será acrescido, para o sistema de produção em célula, 5,1% do valor da produtividade da montagem principal para fins de comparação com a linha de montagem.

No caso da linha de montagem, continua-se com cento e vinte e cinco produtos por hora, mas agora considera-se apenas a mão-de-obra da montagem principal, representada por quarenta e duas pessoas.

Na célula serão consideradas as quatro pessoas que estavam alocadas na montagem principal no momento da tomada de dados, que atingiram uma produção de doze produtos por hora.

O Tabela 6.4 resume a comparação ajustada da produtividade da linha de montagem com a da célula de manufatura.

Tabela 6.4 Comparação de produtividade considerando apenas a mão-de-obra na montagem principal



Vale ressaltar que ainda há a curva de aprendizado para a montagem do produto, ou seja, na medida em que os operadores alocados à nova célula ficarem mais familiarizados com o processo e o produto, o número de produtos produzidos por hora tenderá a aumentar.

Busca-se, nesta nova célula, uma meta de produtividade de quatro produtos produzidos por hora, o que alguns operadores já conseguem, enquanto outros não. Com este valor de produtividade, a produtividade ajustada considerando os 5,1% do SC5 equivaleria a 4,2 produtos/hora.homem.

6.4 Qualidade

É esperado que, com a nova célula, os índices de qualidade melhorem devido ao maior comprometimento do operador com o processo de montagem do produto assim e conhecimento mais abrangente do produto em si.

Vale ressaltar, porém, que antes de começar a decair, os índices de retrabalho tendem a aumentar visto que deve haver um período de adaptação por parte do operador que tem de dominar mais operações do processo. Tal tendência pode ser apresentada na curva de aprendizado em que, nos primeiros dias de produção de um determinado modelo, a quantidade de produtos montados é pequena, crescendo à medida que o operador conhece melhor o novo processo.

Neste sentido, enquanto o número de produtos produzidos por dia aumenta devido ao aprendizado, o número de produtos não-conformes diminui pela mesma razão.

Neste momento é importante definir o que seria retrabalho. Durante a montagem do produto, os operadores podem verificar a existência de alguma não-conformidade de produto, por exemplo, alguma peça riscada. Na linha de montagem, esta tarefa é delegada aos inspetores da linha. Já na célula de montagem, tal inspeção fica a cargo de todos os que estão trabalhando. O retrabalho é então qualquer operação de recuperação de um produto, operação esta que não está inclusa nas operações previstas e que, portanto, acarretam perda de tempo e consequentemente de capacidade produtiva. Pode-se distinguir, assim, duas atividades: a verificação da não-conformidade e o seu retrabalho.

Na linha de montagem a verificação fica a cargo dos inspetores da linha. Existem postos na linha de montagem onde tais especialistas são posicionados para avaliar as não-conformidades. Para isso, recebem treinamento especial e diferenciado dos outros operadores. Quando um produto com algum defeito é observado pelo inspetor e tal não-conformidade não pode ser consertada na própria da linha, o produto é retirado da esteira transportadora e uma pessoa fora da linha retrabalha o produto. A tarefa de retrabalho é especialmente delegada a esta pessoa.

Cabe aqui a crítica de que, os operadores que realmente montam o produto muitas vezes não ficam sabendo que estão executando uma operação incorretamente, visto que não é o próprio operador que monta o produto que conserta o defeito.

Já numa célula de montagem, busca-se dar maiores responsabilidades aos montadores sobre a qualidade do produto. Dessa forma, fica a cargo de todos os operadores fazer inspeções visuais no produto durante todo seu processo de montagem e, caso uma não conformidade seja observada, fica a cargo do próprio operador que monta o produto fazer os reparos necessários.

É necessário, porém, que todos os operadores que trabalham na célula sejam bem treinados para que possam discernir o que realmente é um defeito e qual a gravidade do defeito observado.

Uma outra desvantagem que o retrabalho na célula de montagem traz é a subutilização da capacidade de produção quando um dado defeito é verificado. Na linha de montagem o retrabalho é realizado por uma pessoa fora da linha, o que não afeta a produção. Na célula, por outro lado, como o retrabalho é feito pelo próprio pessoal que monta o produto, a produtividade de montagem é diminuída quando o retrabalho é necessário.

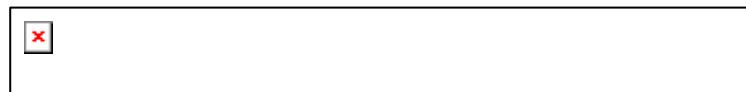
Na Tabela 6.5 são apresentadas as vantagens e as desvantagens da forma como a inspeção e retrabalho são realizados na linha e na célula de montagem.

Tabela 6.5 Comparação do controle de qualidade

	<i>Linha</i>	<i>Célula</i>
<i>Vantagens</i>	<ul style="list-style-type: none"> ↳ a produção não é afetada quando há retrabalho 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Quem cria o defeito o conserta, o que impede que ele cometa o mesmo erro futuramente ↳ Devido ao encurtamento de distâncias, a comunicação entre os operadores é facilitada, o que facilita a solução de defeitos ↳ Os operadores ficam mais comprometidos com a qualidade do produto ↳ A possibilidade de se detectar o erro onde ele foi criado é maior ↳ Com o aprendizado sobre os defeitos que podem ocorrer e do como solucioná-los, os mesmos vão decaíndo com o tempo.

Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ↳ o defeito pode ser verificado apenas alguns postos à frente de onde foi criado ↳ o operador que monta o produto muitas vezes não tem conhecimento do defeito que está criando ↳ perda de tempo realizando operações em um produto que deverá ser retrabalhado 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ O treinamento dos operadores é mais demorado visto que todos devem ser melhor treinados e conhecer o processo todo ↳ Subutilização da capacidade de produção quando ocorre um retrabalho
---------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A Figura 6.4 apresenta o gráfico de evolução onde um fator foi calculado para retratar o aprendizado do grupo de operadores na célula.. Este fator foi calculado da seguinte forma:



O tempo utilizado foi medido em minutos. Esse cálculo foi feito diariamente durante aproximadamente duas semanas, a partir do dia em que um novo modelo passou a ser montado na célula. Além disso, esta figura inclui a porcentagem de produtos que foram retrabalhados.



Figura 6.4 Curva de aprendizado e defeitos

Pode-se notar no gráfico Figura 6.4 que o fator calculado oscilou ciclicamente devido ao treinamento de pessoas. Quando novas pessoas são incluídas no grupo, há

um período de adaptação e aprendizado que se reflete na queda de produção, sendo o nível de produtividade retomado aproximadamente dois dias depois.

Já a curva de defeitos, que nos quatro primeiros dias estava alta chegou a zero durante vários dias consecutivos. Um dos fatores que pode justificar o fato da curva de defeitos não ser cíclico assim como a do aprendizado é que apesar da necessidade de treinar novos operadores em cada grupo, um grupo base de operadores foi mantido na célula ajudando os novos a tratar dos defeitos que poderiam ocorrer no produto. Ou seja, apesar de não se poder fazer com que o trabalhador novo na célula monte mais rápido, é possível evitar que ele cometa erros, visto que no grupo já há operadores com maior experiência e aptos a ajudá-lo.

É possível então verificar que, apesar do índice de retrabalho poder ser alto no início da produção de um produto na célula, deve-se levar em consideração a curva de aprendizado e analisar como tal índice se comporta com o passar dos dias, pois se espera que tal índice tenha uma tendência declinante.

6.5 Ergonomia

Uma das diferenças mais marcantes que se pode notar quando o trabalho em uma linha de montagem é comparado ao de uma célula de manufatura, são os aspectos ergonômicos. Enquanto em uma linha de montagem se busca a divisão das tarefas em elementos de trabalho cada vez menores, em uma célula de montagem procura-se agregar mais tarefas à função dos operadores com o intuito de dar-lhes mais responsabilidades e deixá-los mais comprometidos com o resultado final.

Este processo de enriquecimento de tarefas tem impacto especial no tempo de ciclo dos operadores. Quanto mais tarefas são agregadas a um dado operador, a freqüência com que ele realiza determinada operação diminui, resultando na diminuição da fadiga. Isso faz com que, por exemplo, apesar de algumas vezes o operador tenha de ficar em posições não muito confortáveis na montagem principal, ele só vai voltar àquela posição alguns minutos depois, enquanto que numa linha de montagem ele ficaria naquela posição a cada poucos segundos.

Um levantamento dos tempos de ciclo dos operadores da linha de montagem e da célula foi feito, calculando assim uma média para os dois casos para efeito de comparação. Obteve-se também o tempo mínimo de ciclo nos dois casos. Tais valores são indicados no gráfico da Figura 6.5.



Figura 6.5 Gráfico comparando o tempo de ciclo

O tempo de ciclo médio foi obtido através da média dos tempos de ciclo de cada um dos operadores. Como no caso da montagem principal da célula todos os operadores fazem as mesmas operações, os tempos de ciclo médio e mínimo são iguais. Optou-se por separar a célula em montagem principal e submontagem porque os tempos de ciclo nos dois casos são muito diferentes visto que no caso da montagem principal na célula os operadores realizam todas as operações.

Observa-se no gráfico da Figura 6.5 que tanto o tempo de ciclo da montagem principal da célula quanto o da submontagem são muito maiores que a média do tempo de ciclo da linha. Quando se compara a montagem principal da célula e da linha, vê-se que o tempo de ciclo da primeira aumentou em quase sessenta vezes em relação à segunda. Esse aumento é de aproximadamente oito vezes quando se compara a submontagem na célula e a na linha de montagem.

Como conclusão final destes tempos de ciclo, o tempo de ciclo na montagem principal na célula não diminuiria caso houvesse o aumento da produção. Isso porque caso fosse necessário tal aumento, mais pessoas seriam colocadas na célula e as pessoas da montagem continuariam realizando todas as operações de montagem principal.

6.6 O estoque em processo e espaços percorridos

No capítulo 3 foram apresentados os estoques em processo das principais peças da submontagem assim como dos fogões na montagem principal. Nesta seção serão comparados tais estoques com a quantidade de peças que são colocadas próximas aos locais onde são utilizadas, ou seja, contaram-se as peças que o abastecedor da célula deixa nos pontos de abastecimento nos locais especificados no *kaizen* de abastecimento.

Além disso, foram levantadas as distâncias percorridas por estas peças até chegarem no ponto da montagem principal onde são utilizadas. (Tabela 6.6)

Como foi salientado do capítulo 3, os maiores problemas de movimentação estavam com os subconjuntos seis e oito, devido, principalmente, à quantidade de pessoas que são necessárias para montá-los em linha.

Tabela 6.6 Comparação de estoques



Nos casos dos subconjuntos dois e quatro, como não há local de armazenamento específico para suas peças depois das melhorias de abastecimento, o

mesmo contentor que era colocado na linha é utilizado como ponto de armazenagem das peças na célula, não alterando assim a quantidade armazenada.

Dessa forma, houve uma redução de 70% dos estoques de peças próximo ao local onde são utilizadas.

Vale ressaltar que seria importante a redução da quantidade de peças que chega dos fornecedores, visto que, na célula projetada, a velocidade de consumo das peças é menor.

Outra redução alcançada foi com a movimentação de peças (Tabela 6.7). Novamente, foram levantadas as distâncias percorridas da peça principal de cada subconjunto, ou seja, aquela que percorre a maior distância. Foram comparadas também as distâncias percorridas pelos produtos semi-acabados na esteira (linha de montagem) e nos carrinhos transportadores (célula).

Tabela 6.7 Comparação das distâncias percorridas



Colocando em um Gráfico de Pareto de distâncias percorridas como no capítulo 3, pode-se visualizar as seguintes reduções de movimentação de peças na Figura 6.6.

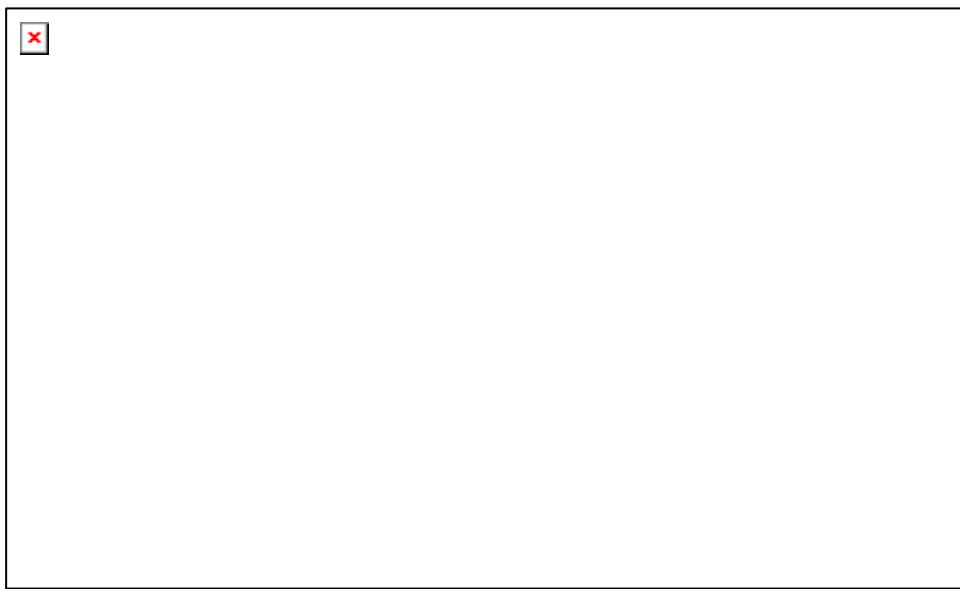


Figura 6.6 Comparação das distâncias percorridas

Percebe-se que as maiores reduções conseguidas foram com os subconjuntos seis e oito que eram os mais críticos quanto à movimentação de materiais.

6.7 Padronização de tarefas

Com o aumento do número de atividades executadas por um mesmo operador dentro da célula, é crucial que se tenha alguma forma de comunicação para que ele saiba quais são as operações necessárias para a montagem de um determinado produto.

Na linha de montagem, atualmente, tal comunicação é feita através de duas vias principais: através das Folhas de Instrução de Trabalho (FIT), e a folha de operações-padrão (ANEXO E). Enquanto a FIT está apenas localizada em alguns postos da linha de montagem considerados críticos, as folhas de operação-padrão estão localizadas em alguns pontos periféricos à linha onde os operadores podem verificar, para cada modelo, quais são as operações necessárias.

Uma dificuldade apresentada na linha para esta comunicação é que existem diversos posto de trabalho na linha (considerando cada pessoa um posto de trabalho), o que inviabiliza a colocação de uma folha de instrução de trabalho para cada pessoa.

Na célula de manufatura tal problema pode ser contornado. Como o número de pessoas é menor, é possível colocar em cada estação de trabalho uma folha de operação-padrão onde os operadores podem verificar suas tarefas. Nesta folha de operação-padrão estão contidos o modelo, as operações de uma determinada estação de trabalho, o tempo estimado para a realização de tal operação, se tal operação agrupa valor, não agrupa valor mas é necessária ou que simplesmente não agrupa valor.

Como tal folha se encontra na própria estação de trabalho, a visualização pelos operadores é facilitada, ao contrário do que ocorre na linha de montagem, em que, estando tal folha em um ponto distante, sua verificação é dificultada.

6.8 A ocupação do espaço

Quando se compara o espaço ocupado no chão de fábrica pela linha de montagem e a célula, percebe-se que a área da primeira é o triplo da segunda

Essa diminuição de espaço ocorreu principalmente por dois motivos:

- ↳ Conseguiu-se compactar a célula trazendo o início e o fim do processo mais próximos em formato de U.
- ↳ Com o aumento do tempo médio, diminui-se o número de pessoas e consequentemente o espaço necessário para alocá-las.

Deve-se atentar ao fato de que, apesar da célula ocupar apenas um terço do espaço ocupado por uma linha de montagem a capacidade de produção esperada também é de aproximadamente um terço em relação à linha de montagem.

Uma vantagem porém é que, se forem colocadas mais duas células no local ocupado por uma linha, seria possível produzir no mesmo espaço ocupado por uma linha três modelos de produtos diferentes ao mesmo tempo, o que facilitaria o nivelamento da produção.

6.9 A visão dos operadores da célula

Com o intuito de avaliar os impactos que a mudança do sistema de produção teve sobre os operadores que mudaram de postos, foram realizadas entrevistas com dois operadores. Como os entrevistados eram operadores que já haviam trabalhado na linha de montagem, as entrevistas serviram como um comparativo entre as duas formas de produção.

O roteiro de entrevista com os operadores está no ANEXO C e as perguntas respondidas por cada operador entrevistado no ANEXO D.

Antes das entrevistas serem realizadas, porém, foi perguntado aos operadores que estavam trabalhando na célula há apenas uma semana se eles prefeririam voltar a trabalhar na linha ou se queriam continuar trabalhando na célula que havia começado suas operações naquela semana. A resposta foi a de que eles queriam continuar trabalhando na célula.

Dessa forma, realizaram-se as entrevistas para que se pudesse conhecer também os reais motivos pelos quais eles queriam continuar trabalhando segundo o sistema de produção implantado.

A primeira questão levantada por um dos entrevistados foi a melhoria que se obteve com o aumento do tempo de ciclo de operações. Enquanto na linha de montagem os ciclos de repetição giram em torno de 30 segundos, na célula de montagem, este ciclo sobe para aproximadamente 12 minutos para um operador da montagem principal. Isso faz com que algumas posições de montagem que poderiam ser mais incômodas não sejam percebidas pelo operador.

Prova disto está nos primeiros postos da montagem principal. Nestas estações, os operadores realizam algumas tarefas que exigem que eles se curvem. Quando foi perguntado a um operador se tal postura o incomodava, a resposta foi que apesar de ele ficar em uma posição desconfortável, ele só teria que voltar àquela posição novamente minutos depois. Já na linha de montagem, quando um operador fica em uma posição desfavorável, ele permanece nesta posição em uma freqüência muito maior visto que o tempo de ciclo de suas operações, quando comparado à célula de montagem, é visivelmente menor.

Outra questão levantada por um dos operadores foi o comprometimento que ele tinha com a montagem do produto. Na célula foi colocado um quadro com o nome de cada operador da montagem principal, onde ele assinala a entrega de um produto no intervalo de tempo correspondente. (Figura 6.7)



Figura 6.7 Quadro de produção

Esse quadro faz com que os operadores da montagem principal tenham uma maior responsabilidade com a produção e a qualidade do produto visto que nenhum quer ficar atrás do desempenho do outro. Eles ficam comprometidos com a qualidade do produto visto que, se uma não-conformidade é verificada no produto, ele não só deixa de colocar no quadro que ele produziu o produto como também perde seu tempo retrabalhando o mesmo. Isso faz com que o operador prefira consertar um determinado defeito no local onde foi criado a perder tempo montando um produto que terá de ser retrabalhado depois.

É o oposto do que acontece na linha, em que muitas vezes o operador deixa passar um determinado defeito já que ele sabe que será retrabalhado por uma outra pessoa mais adiante na linha.

Um dos operadores levantou o aspecto da facilidade de comunicação que a célula permite. Enquanto na linha de montagem a comunicação é difícil devido ao

próprio *layout*, a configuração de estações de trabalho e máquinas permite uma maior interação entre os operadores, facilitando o trabalho em equipe. Foi dito que é possível não apenas verificar a qualidade do produto que ele próprio está montando como a dos operadores vizinhos. Dessa forma, pode-se constatar que o quadro de produção da Figura 6.7 não se tornou um meio de competição entre os operadores da montagem principal, mas sim uma forma de se trabalhar em equipe, em que o resultado do grupo é o que deve predominar em relação à produção individual.

Outro fator importante para os operadores foi o enriquecimento de tarefas. Muitos trabalhavam há anos na empresa e só sabiam, por exemplo, usar uma rebitadeira. Outros só sabiam usar uma parafusadeira. A maioria nunca havia feito teste nos produtos, como o teste de estanqueidade e o teste de chama que são realizados por pessoal especializado na linha. Apesar do treinamento durar mais tempo, os entrevistados aprovaram tal aumento na quantidade de operações por eles realizadas.

O treinamento dos novos operadores foi outro ponto levantado. Quando um operador que trabalhava na linha de montagem é realocado para a célula de montagem, ele deve passar por um treinamento não só da montagem do produto em si, como também de como uma célula de montagem funciona e quais são as diferenças entre esse novo modo de montar o produto e a maneira pela qual o produto era montado anteriormente.

Quando o operador chega à célula ele é acompanhado por duas ou três horas por um operador que já está há mais tempo. Este veterano o acompanha algumas vezes por todo o processo de montagem do produto até que o novato na célula consiga montar o produto sem a sua ajuda. Foi ressaltado que o período de adaptação de um novo operador da célula varia de uma a duas semanas.

Outro ponto positivo levantado foi a limpeza e a organização da célula. Enquanto na linha o espaço é ocupado por muitas pessoas, não ficando uma pessoa específica responsável pela limpeza, na célula os operadores trabalham em uma área maior, o que o torna responsável pela manutenção da limpeza e da organização do seu posto de trabalho. Um dos entrevistados até mesmo afirmou que a limpeza do seu

posto de trabalho deve ser igual à de sua casa, visto que ele permanece no trabalho a mesma quantidade de tempo que no local onde mora.

Uma das dificuldades levantadas foi a diferença de desempenho existente entre os operadores da célula. Um dos entrevistados levantou que, enquanto um operador da montagem principal ficava em uma das estações por oitenta segundos aproximadamente, outro operador levava mais que cem segundos. Tal fato pode não ser problema enquanto há menos operadores na montagem que o projetado. Caso seja necessário aumentar o número de pessoas na montagem devido ao volume de produção, pode-se criar uma espera dos operadores mais rápidos. Tal problema pode ser contornado através da alocação de operadores com performances semelhantes, evitando assim esperas.

Um outro ponto negativo foi o fato de muitas vezes eles esquecerem de realizar alguma das tarefas. Como o número de tarefas executadas por cada operador aumentou, fica mais difícil lembrar-se de todas as operações necessárias, sendo necessárias folhas onde as etapas de montagem e a ordem de execução são indicadas.

A variação de ritmo também foi algo notado pelos operadores. Enquanto na linha de montagem eles deveriam seguir o ritmo da esteira, na célula, o montador segue seu próprio ritmo. Um dos entrevistados percebeu que nas segundas e sextas-feiras o ritmo de trabalho é maior que na quinta-feira. Depois do almoço, segundo o mesmo entrevistado, o ritmo é menor.

De uma maneira geral, os operadores que foram alocados na célula gostaram da mudança apesar da apreensão inicial. Alguns no começo duvidam que a célula de manufatura seja uma maneira melhor de se montar o produto talvez por estarem acostumados a trabalhar de uma maneira diferente ou talvez devido ao desconhecimento do novo sistema. Outros operadores que ainda trabalham em linha de montagem perguntam quando começariam também a trabalhar em células de montagem.

Pelo que se pode perceber, quanto maior o conhecimento do operador sobre como trabalhar em célula de montagem, maior a sua vontade de iniciar a montagem do produto através do novo sistema de produção.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



7. Conclusões e recomendações

Nesta parte final do trabalho serão apresentadas algumas conclusões acerca da implantação da célula de manufatura e algumas recomendações para que, caso outras sejam implementadas na fábrica, os projetos possam ser bem sucedidos.

7.1 Conclusões

O objetivo da Multibrás na implementação da célula de manufatura piloto foi de fazer uma melhoria no seu sistema de montagem final de produtos, através da utilização de um sistema de produção mais eficiente e com aspectos positivos quando comparados ao sistema em linhas de montagem atualmente utilizado em suas fábricas.

Um dos motivos pelos quais o projeto foi bem sucedido foi o comprometimento da gerência com a mudança. Ela foi a idealizadora e a patrocinadora da célula piloto, o que facilitou a concretização do projeto.

Apesar da presença da gerência facilitar o projeto, é difícil pensar em uma mudança deste porte sem algum tipo de resistência. As resistências ocorreram de início, tal como em qualquer processo de mudança. Tais resistências porém vão diminuindo a partir do momento que as pessoas são informadas sobre como o projeto será implementado e quando começam a perceber que ele será realmente implementado.

A célula piloto serviu como uma experiência não somente para as pessoas que estiveram diretamente ligadas ao seu projeto e implementação como também para as pessoas que começaram a trabalhar na célula depois que ela havia sido construída.

O grupo formado para o projeto e sua posterior implementação pôde fazer uma comparação entre os dois sistemas de produção para avaliar a viabilidade de implementação de outras células. As pessoas que começaram a trabalhar na célula vindas da linha de montagem puderam avaliar em qual dos dois tipos de sistema de produção elas se sentiam mais confortáveis trabalhando e conhecer outro tipo de

sistema de produção que não a linha de montagem, com a qual já estavam acostumados.

A implementação da célula serviu também como uma forma de fortalecer os conceitos de manufatura enxuta dentro da fábrica. A célula implantada foi, na verdade, uma forma de comunicação indireta de que tais conceitos estavam fortes dentro da empresa, fazendo de fato parte da sua cultura.

Por fim, vale ressaltar que as mudanças realizadas foram também bem recebidas pela diretoria da empresa e por funcionários de outras unidades da Multibrás que foram visitar a célula piloto implantada na Unidade São Paulo.

7.2 Recomendações

Esta parte tem como objetivo documentar algumas boas práticas que foram adotadas na célula piloto e que podem ser utilizadas para novas células que possam ser implementadas.

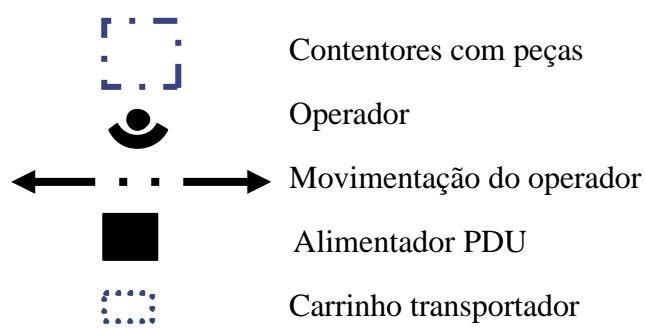
A primeira delas é a comunicação. Um fator crítico de sucesso para a célula piloto foi passar aos operadores da linha que iriam trabalhar na célula como seria o novo trabalho. Sempre que se inclui um novo colaborador numa célula, deve haver um diálogo sobre como o trabalho deve ser feito e o que é esperado do mesmo. Não se pode apenas delegar as tarefas e mostrar-lhes como montar um determinado produto na célula. Deve-se antes ensinar sobre o conceito de produção em célula para que eles se familiarizarem com ele.

Apesar dos ganhos que puderam ser percebidos ao longo dos primeiros dias de operação da célula deve-se atentar ao fato de que tais ganhos foram graduais e que não se pode esperar ganhos repentinos. Deve-se esperar até que as pessoas se acostumem com o novo estilo e ritmo de trabalho. Existe uma curva de aprendizagem por parte dos operadores que foi, no caso da célula piloto, mais longo do que se teria em uma linha de montagem.

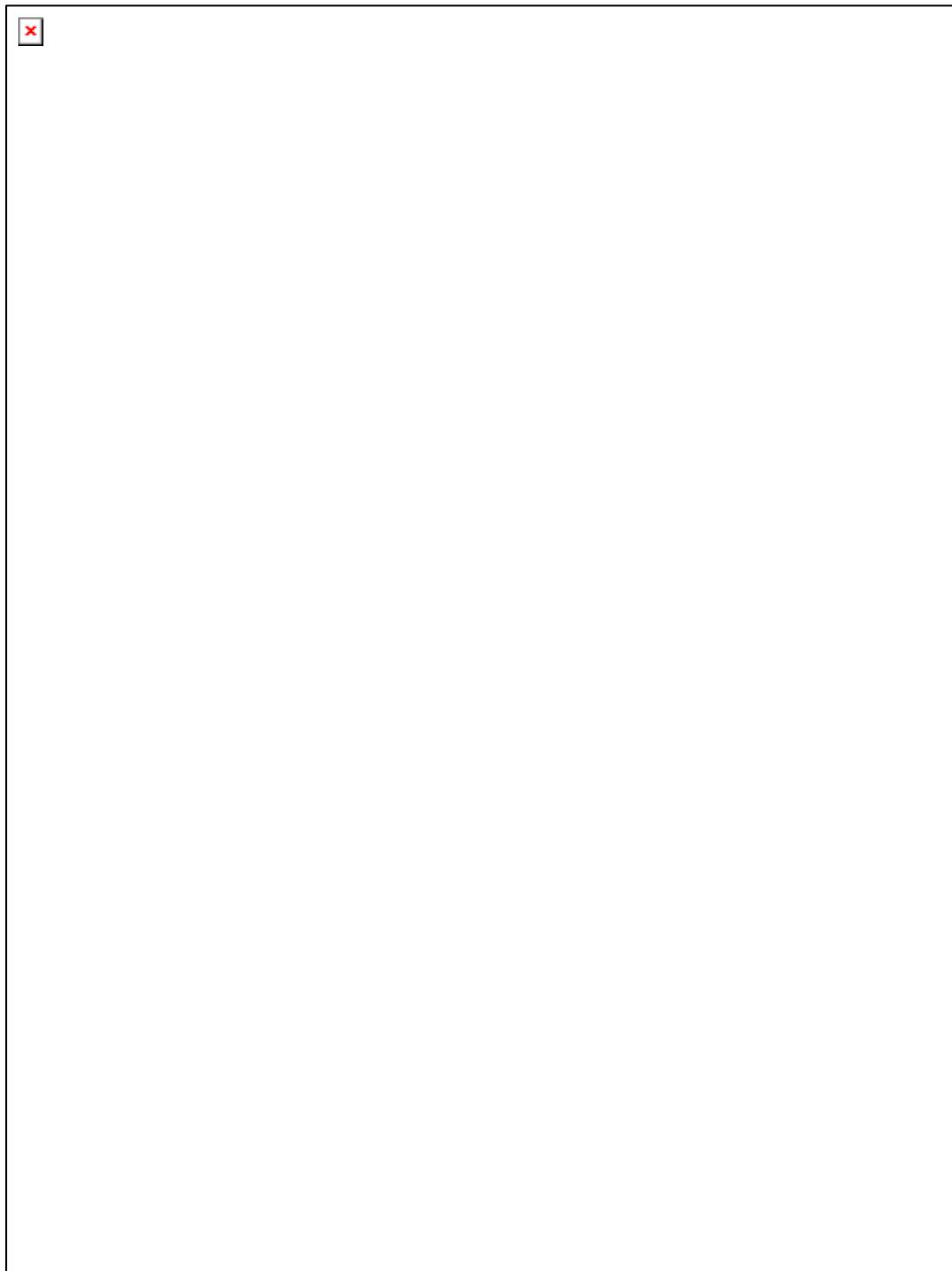
Outro fator de extrema importância foi a participação em maior ou menor grau de todas as partes que seriam afetadas pelas mudanças pelas quais o setor de montagem da fábrica passaria. Os setores envolvidos foram a UGB Montagem, a Engenharia de Manufatura, a Engenharia de Instalações, o Planejamento e Controle da Produção, o Laboratório de Aprovação de Produtos, o Almoxarifado e Segurança do Trabalho. Todos esses setores foram de alguma forma responsáveis pelo sucesso do projeto de implementação da célula piloto.

ANEXOS



ANEXO A – Primeiro *layout* da célula

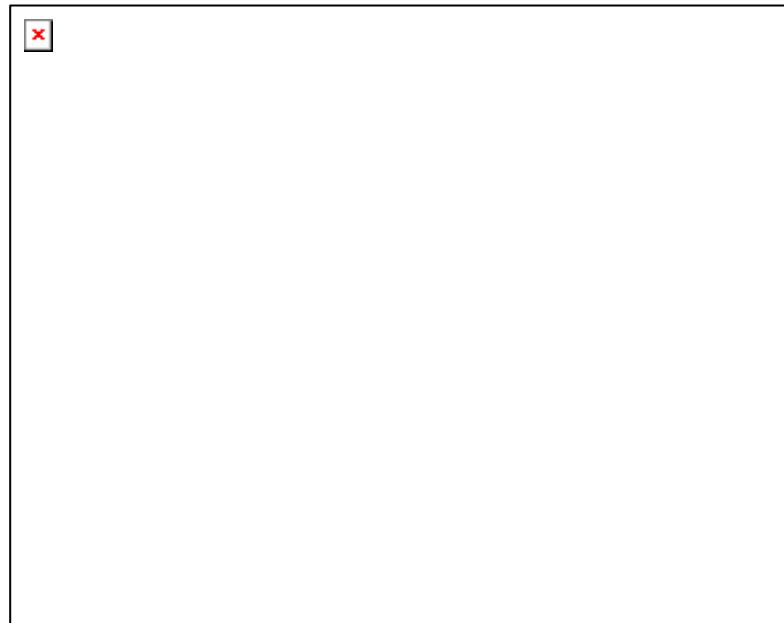
ANEXO B – *Layout* da célula após as melhorias do abastecimento



ANEXO C – Roteiro para entrevista com os operadores

- 1) Como foi a sua transição da linha de montagem para a célula de manufatura?
- 2) Quais foram as dificuldades encontradas e como essa transição foi facilitada?
- 3) Por que tipo de treinamento você passou antes de começar a trabalhar na célula?
- 4) Quais foram as dificuldades pelas quais você passou nos primeiros dias em que você trabalhou na célula?
- 5) Como você superou tais dificuldades? Alguma pessoa, seja ela interna ou externa à célula, o auxiliou no processo de adaptação?
- 6) Você se sente responsável pela qualidade do produto que entrega?
- 7) Como se dá o *feed-back* da não conformidade?
- 8) Como é a comunicação sua com as outras pessoas que trabalham na célula?
- 9) Como você compara o ritmo de trabalho na linha de montagem e na célula?
- 10) Você considera a célula ergonomicamente melhor que a linha de montagem?
- 11) Você já recebeu ajuda de algum colega de trabalho para montar um produto na célula?
- 12) Essa ajuda seria possível na linha de montagem?
- 13) Quais as desvantagens de se trabalhar em célula?
- 14) As vantagens compensam tais desvantagens?

ANEXO D – Questões respondidas pelos operadores



ANEXO E – Modelo de folha de trabalho-padrão

MODELO:			
PARADA 01		NVA	
#	Elemento de Trabalho	Valor	Tempo
1		NVAn	
2		NVAn	
3		VA	
4		VA	
5		NVAn	

LISTA DE REFERÊNCIAS



LISTA DE REFERÊNCIAS

WOMACK, James P. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro, 4. ed, 1992.

SURI, Rajan. Quick response manufacturing: a companywide approach to reducing lead times. Productivity Press, Portland, 1998.

SUZAKI, Kiyoshi. The new manufacturing challenge: techniques for continuous improvement. The Free Press, New York, 1987.

MONTEBELLO, Anthony R. Work teams that work: skills for managing across organization. Minneapolis, 1994.

SEKINE, K. One-Piece Flow. Productivity Press, Portaland, 1992. Apud.

MILTENBURG, John. U-shaped production lines: A review of theory and practice. *International journal of production economics*, Amsterdam, v.70, n.3, p.201-214,2001.

ENGSTRÖM, Tomas; JONSSON, Dan; MEDBO, Lars. Perspectives on changes in the swedish model for life development. *Twelfth Gerpisa International Colloquium*, Paris, 2004.

ENGSTRÖM, Tomas; JOHANSSON, J A; JONSON, Dan; MEDBO, Lars. Empirical Evaluation of the Reformed Assembly Work at the Volvo Uddevalla Plant – Psychological Effects and Performance Aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 16, n. 4-6, p. 293-308, 1995. Apud. ENGSTRÖM, Tomas; JONSSON, Dan; MEDBO, Lars. Perspectives on changes in the swedish model for life development. *Twelfth Gerpisa International Colloquium*, Paris, 2004.

ENGSTRÖM, Tomas; JONSSON, Dan; MEDBO, Lars. Developments in Assembly System Design: The Volvo Experience. Coping with Variety: Flexible Production Systems for Product Variety in Automobile Industry, p. 192-223, 1999. Apud.

ENGSTRÖM, Tomas; JONSSON, Dan; MEDBO, Lars. Perspectives on changes in

the swedish model for life development. Twelfth Gerpisa International Colloquium, Paris, 2004.

HARRIS, Rick; HARRIS, Chris; EARL, Wilson. Fazendo fluir os materiais: um guia de movimentação de materiais para profissionais de operações, controle de produção e engenharia. The Lean Enterprise Institute, Brookline, v.1.1, 2002.