

## **Aplicação da metodologia de arranjo físico e layout para o projeto de fábrica de painéis elétricos**

William Douglas Paes Coelho (FHO - UNIARARAS) [william@uniararas.br](mailto:william@uniararas.br)

Ivana Salvagni Rotta (FHO - UNIARARAS) [ivanasr@uniararas.br](mailto:ivanasr@uniararas.br)

### **Resumo:**

Este artigo apresenta um projeto de uma fábrica de painéis, que tem como seu principal objetivo melhorar o processo de manufatura dos painéis fabricados por ela, visando elevar sua capacidade produtiva, reduzir desperdícios e aperfeiçoar o espaço alocado pela fábrica. O presente trabalho foi elaborado através de uma pesquisa quantitativa e exploratória, resultando em alterações no método de trabalho e no arranjo físico da planta, utilizando-se de estudos preliminares de tempos e métodos e do planejamento de layout. O resultado obtido é um layout detalhado da nova fábrica preparado para trabalhar de acordo com o novo método desenvolvido, aumentando a eficiência do processo e na movimentação dos recursos transformadores, garantindo dessa forma, uma vantagem competitiva

**Palavras chave:** Projeto de fábrica; Arranjo físico; Painéis elétricos.

## **A physical arrangement and layout methodology application for a electrical panels factory design.**

### **Abstract**

This paper presents a design of a panel plant, which has as its main objective to improve the manufacturing process of the panels manufactured by it as to raise its production capacity, reduce waste and improve the space allocated by the factory. The present work using a quantitative and exploratory resulted in changes to working methods and the physical arrangement of the plant, using the preliminary study of time and methods of planning and layout. The result is a detailed layout of the new plant ready to work under the new method developed by increasing process efficiency and drive resources of transformers. There by ensuring a competitive advantage.

**Key-words:** Factory design, Physical arrangement, Electrical panels.

### **1. Introdução**

O projeto de fábrica torna-se cada dia mais indispensável para as indústrias, sejam elas de qualquer segmento ou porte.

No passado, essas empresas cresciam de modo desordenado e desorganizado, ocasionando a alocação dos recursos de forma aleatória e o método de fabricação era sempre o mais conveniente ao colaborador.

Nos dias atuais há grande preocupação com o processo produtivo e como ele é afetado pelo arranjo físico e pelo método de fabricação, geram a necessidade de um planejamento para que a empresa se torne sustentável e competitiva no mercado.

Este trabalho apresenta uma proposta de projeto de uma fábrica de painéis, para uma indústria de médio porte localizada no interior do estado de São Paulo, que tem como atividade principal a fabricação de equipamentos de elevação, como pontes rolantes, pórticos e semi-pórticos.

Esta fábrica terá como produto principal painéis elétricos, empregados na montagem da ponte rolante (PR), de complexidade e tamanhos variados, tendo como função controlar todos os equipamentos eletro-eletrônicos da PR, como motores, freios entre outros.

A justificativa para a construção de uma fábrica de painéis baseia-se em dados da própria empresa, indicando que os mesmos agregam um valor que pode chegar até 20% do valor total da fabricação de uma PR. Além disso, as montagens de painéis hoje são feitas em um ambiente desorganizado, de forma improvisada em um espaço reservado de um dos galpões da indústria, gerando assim uma grande dificuldade no controle dos produtos, materiais e mão de obra, ocasionando uma redução acentuada da eficiência da produção.

Desta forma, com a construção da fábrica, de acordo com o projeto proposto, espera-se obter uma melhora significativa na produtividade, quando comparada com a produção atual. É importante destacar alguns fatores chave para se alcançar esse objetivo, tais como, uma localização estratégica da fábrica próxima aos setores que mais se co-relacionam, reduzindo o tempo de movimentação da matéria prima. Além disso, um layout adequado do interior da fábrica, garantindo que o fluxo de materiais, ferramentas e produtos acabados tenham um melhor escoamento, com menores cruzamentos e menor espera, e por fim, um controle mais simplificado dos produtos, evitando desperdícios e facilitando a localização de peças.

## 2. Revisão da Literatura:

Definir um arranjo físico de uma fábrica ou de um setor é determinar o posicionamento físico dos recursos de transformação, é tomar a decisão de onde serão instaladas as máquinas, onde serão alocados os equipamentos e a mão de obra. Segundo Moreira (1993), quando se altera a localização dos recursos transformadores também se altera o fluxo do processo e essas mudanças podem acarretar variações nos custos e na eficácia da produção, por isso é importante atentar-se ao definir onde alocar os recursos.

Os arranjos físicos podem ser divididos basicamente em quatro tipos que são diretamente relacionados com a relação volume-variedade: arranjo físico posicional, por processo, celular e por produtos (SLACK et al., 2009). A Figura 1 retrata a relação existente entre volume-variedade e o tipo de arranjo físico básico.

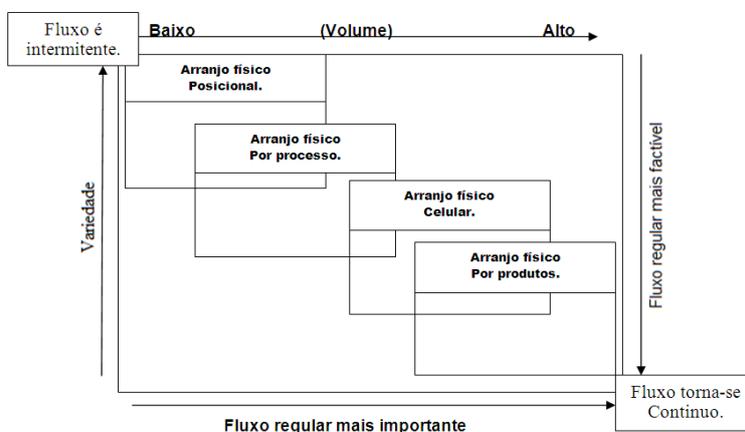


Figura 1- Relação ente volume-variedade e o tipo de arranjo físico. Adaptado de SLACK et al.(2009)

Segundo Slack et al. (2009), o arranjo físico posicional ou arranjo físico de posição fixa, é utilizado quando os recursos transformadores se movem em relação aos recursos transformados isso se deve geralmente pela dificuldade de movimentação do produto devido ao seu tamanho elevado ou fragilidade. Nesse tipo de arranjo físico o que se movem são os maquinários, equipamentos e pessoas, conforme necessário. Exemplos: construção de rodovias (muito grande para ser movido), cirurgia de coração (muito delicado para se movimentar o paciente). Este será o arranjo adotado para a fabricação e montagem de painéis elétricos no novo arranjo físico, devido às especificidades do processo.

O planejamento de Layout através do sistema SLP é um método composto por seis etapas, onde são levados em considerações diversos fatores, como as atividades envolvidas no processo, as relações entre elas, as áreas ocupadas entre outros. Visando sempre obter à melhor alocação das atividades no espaço disponível de acordo com o que é mais importante para o processo, criando assim um layout realmente funcional, e não meramente intuitivo (MUTHER; WHEELER, 2008).

O melhor método a ser aplicado em algum processo, deve seguir uma ordem de seis passos que facilitam o entendimento e a coleta dos dados realmente vitais para o estudo, que são: (1) selecionar o trabalho a ser estudado, (2) analisar o método atual e registrar todos os fatos relevantes, (3) seguir a seqüência e examinar os fatos criticamente, (4) com base nos dados, desenvolver o método mais efetivo, prático e que gere a maior economia, (5) implantar o novo método, (6) manter o método novo em constante uso com sua checagem periódica (SLACK et al., 2009).

O procedimento do estudo de tempos e movimentos está se tornando cada vez mais comum em ações que visam à melhoria no desempenho de processos em empresas de diferentes seguimentos, e um dos fatores que ajudam a garantir o sucesso desse método é a facilidade que se tem de implantá-lo tanto em processos curtos como longos (BITENCOURT; CATEN, 2006). A análise dos movimentos é utilizada para rastrear os problemas relacionados à parte de movimentação do operador e de suas operações durante a realização da tarefa, são analisados itens como ergonomia, movimentos desnecessários de buscar ferramentas e peças que estão demasiadamente longes do local de trabalho, layout da célula produtiva desarranjado. (TUJÍ et al., 2002).

Assim, de acordo com Barnes (1977), com a determinação do melhor método para se fazer um determinado processo, este método deve ser adotado como padrão. Deve se descrever detalhadamente cada operação ou trabalho em que é dividida a tarefa, especificar itens como a dimensão, forma e qualidade do material, os movimentos realizados pelo operador, ferramentas, gabaritos e dispositivos utilizados.

Os diagramas de fluxo de processo são comumente usados e tem por finalidade facilitar o entendimento do processo produtivo permitindo uma melhor avaliação e maior detalhamento do projeto, como pode ser observado na Figura 2.

				
Uma <b>operação</b> tarefa ou atividade de trabalho.	Um <b>movimento</b> de materiais, informações ou pessoas de um lugar para outro.	Uma <b>inspeção</b> uma verificação ou exame de materiais informações ou pessoas.	Uma <b>espera</b> ou uma pausa no processo.	Uma <b>estocagem</b> , um estoque de materiais ou arquivo de informações ou fila de pessoas

Figura 2- Símbolos para diagrama de fluxo de processo. Adaptado de SLACK et al.(2009, p.152)

Segundo Trein; Amaral (2002), o avanço tecnológico de uma empresa não depende impreterivelmente de investimentos em equipamentos com maior nível de automação e tecnologia, acarretando uma menor necessidade de mão de obra, este avanço pode ser a nível estrutural da indústria, como por exemplo, uma mudança no arranjo físico do sistema produtivo ou então uma alteração no processo. Dessa forma, através do estudo de tempos e movimentos é possível definir o melhor arranjo físico, partindo da premissa de maior eficiência no processo produtivo e maior eficácia na qualidade final do painel.

### 3. Metodologia.

Segundo Jung (2011), para a realização deste projeto são apresentadas pesquisas com aspectos como a análise, o raciocínio lógico e dedutivo, a busca por generalidades e a preocupação com a quantidade. Este trabalho tem como maior enfoque a pesquisa quantitativa. Quanto ao objetivo, o trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa exploratória, de acordo com Jung (2011), visa ao aperfeiçoamento teórico-prático de sistemas e processos, ou seja, a inovação pela proposição de um novo modelo de arranjo físico. A síntese da metodologia de trabalho proposta pode ser observada na Figura 3.

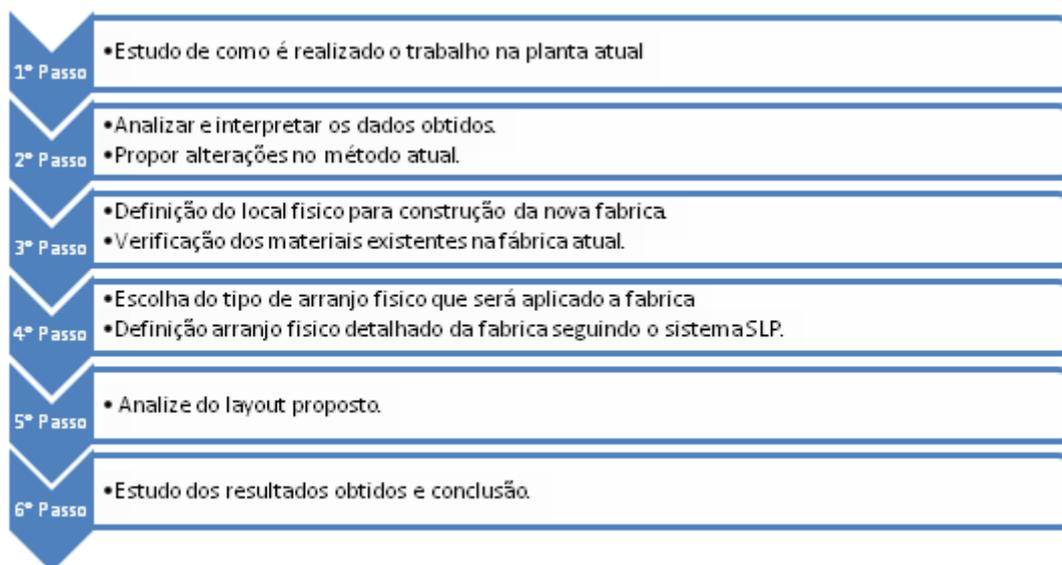


Figura 3- Síntese da Metodologia do trabalho.

O primeiro passo do projeto é analisar como ocorre a fabricação dos painéis na planta atual, ou seja, descrever as etapas da montagem dos painéis, tarefa por tarefa, para que possa ser feita a análise preliminar de tempos e métodos do processo atual.

No segundo passo, foram analisados os dados obtidos no passo anterior visando encontrar gargalos no processo produtivo, como desperdícios de tempos e movimentações desnecessárias de materiais e mão de obra, elaborando-se um novo método.

No terceiro passo do projeto foi definido o espaço para a construção da fábrica. Neste passo fez-se uma análise dos locais disponíveis fisicamente e a escolha do mais conveniente de acordo com parâmetros como: área, acesso a recursos com ar comprimido, água, eletricidade, entre outros. Os fatores organizacionais também foram levados em consideração, como a facilidade do escoamento de materiais e produtos acabados e movimentação dos funcionários. Foram também considerados os materiais e equipamentos que serão reutilizados na nova planta, desde máquinas e equipamentos até as estruturas já existentes, poupando investimentos desnecessários que podem ser remanejados para investimentos prioritários.

O quarto passo consiste no projeto do arranjo físico. Nesse passo foi escolhido o tipo de arranjo físico básico utilizado pela nova fábrica, levando em consideração o volume e a variedade dos produtos fabricados e os aspectos do processo. Posteriormente, foi realizado o detalhamento desse arranjo, sendo definido onde cada equipamento, material e mão de obra seriam alocados considerando fatores como, o fluxo de informações, pessoas e materiais. Essas decisões foram tomadas utilizando o sistema SPL (Systematic Layout Planning) de forma simplificada proposto por MUTHER; WHEELER (2008), que consiste nas seis etapas para se definir o melhor arranjo físico a ser utilizado, descritas detalhadamente abaixo.

A primeira etapa da Utilização do SLP simplificado é a construção de um diagrama de relações entre as atividades realizadas na fábrica e qual é a proximidade desejável que elas tenham entre si, através de letras que representam essa proximidade que são: A (absolutamente necessário), E (especialmente importante), I (importante), O (proximidade normal), U (sem importância) e X (não desejável). Também são associados números a esses valores para que seja possível quantificar as importâncias de proximidade.

Na segunda etapa do sistema SLP define-se a área alocada por cada atividade e os tipos de instalações, para evitar problemas na construção do novo arranjo físico, deve-se dispor as máquinas e equipamentos onde haja acesso aos recursos para o trabalho, como energia, ar e outros.

A terceira etapa consiste em distribuir as atividades em uma folha de forma que as atividades que possuem maior número de relações do tipo “A” fiquem ao centro e conforme as relações vão tendendo as do tipo “X” elas se localizem mais próximas a periferia do arranjo físico. As letras são ligadas por linhas, utiliza-se 4 linhas para relações do tipo “A”, 3 para as do tipo “E” e assim sucessivamente. Este passo dará uma melhor visualização de como será o arranjo.

Na quarta etapa criam-se os diagramas de blocos, alocados conforme a definição criada no passo 3, que tem seu tamanho relativo à área ocupada pela atividade, podendo ser construídos de diversas formas para atingirem os objetivos prioritários, porém os diagramas mais adequados são os que tem as maiores pontuações de acordo com os valores adotados no primeiro passo, isso garante as proximidades indicadas no primeiro passo, assim indicando quais os diagramas de bloco são realmente válidos.

Na quinta etapa acontece a avaliação do melhor diagrama a ser empregado, isso é feito dando-se valores entre 0 a 10 aos critérios de escolha, sendo que 0 significa menor importância e 10 a maior importância. Os critérios são escolhidos de acordo com as características desejáveis do arranjo como facilidade de controle e supervisão, flexibilidade e maior aproveitamento dos recursos existentes entre outros.

Na última etapa é realizado o detalhamento do arranjo físico dentro do espaço real existente, ajustando-se as condições não previstas antes, como colunas, paredes, acessos, entre outros fatores. O arranjo deve se aproximar ao máximo do diagrama de blocos escolhido, dessa forma mais próximo do ideal.

Por fim, são considerados os fatores para se finalizar o layout detalhado da nova fábrica, a segurança do ambiente de trabalho, o conforto da mão de obra, a facilidade da supervisão gerencial, entre outros aspectos.

Foi realizada uma análise do novo layout elaborado. Fez-se também um estudo dos resultados obtidos comparados com o layout anterior, averiguando se realmente é vantajosa a aplicação do novo arranjo físico e seus ganhos qualitativos.

#### **4. Estudo de caso.**

##### **4.1. Descrição da empresa.**

A fábrica de painéis projetada neste trabalho estará situada no interior de uma indústria de médio porte, localizada em uma cidade no interior de São Paulo, e que tem como sua atividade principal, a fabricação de equipamentos de elevação como pontes rolantes, pórticos e semi-pórticos.

A produtividade média dessa indústria é de 2,5 equipamentos por mês, porém essa demanda vem crescendo ao longo dos anos criando boas perspectivas de crescimento, gerando assim a necessidade da otimização de praticamente todos os setores envolvidos.

Os principais concorrentes da indústria em questão estão localizados no estado de São Paulo e Minas Gerais, além é claro dos concorrentes estrangeiros como a França e China que estão ganhando mercado no setor nacional.

O layout atual da fábrica é fruto das expansões sem planejamento ao longo dos anos. Com uma análise simples pode-se notar que existe uma grande movimentação dos colaboradores e um cruzamento elevado de fluxo. A Figura 4 mostra de forma simplificada os fluxos de um único operador. Para facilitar a visualização e evitar erros na interpretação deve ser levado em consideração que todos os operadores fazem caminhos muito semelhantes, das suas respectivas bancadas até os armários de ferramentas, armazém de materiais entre outros.

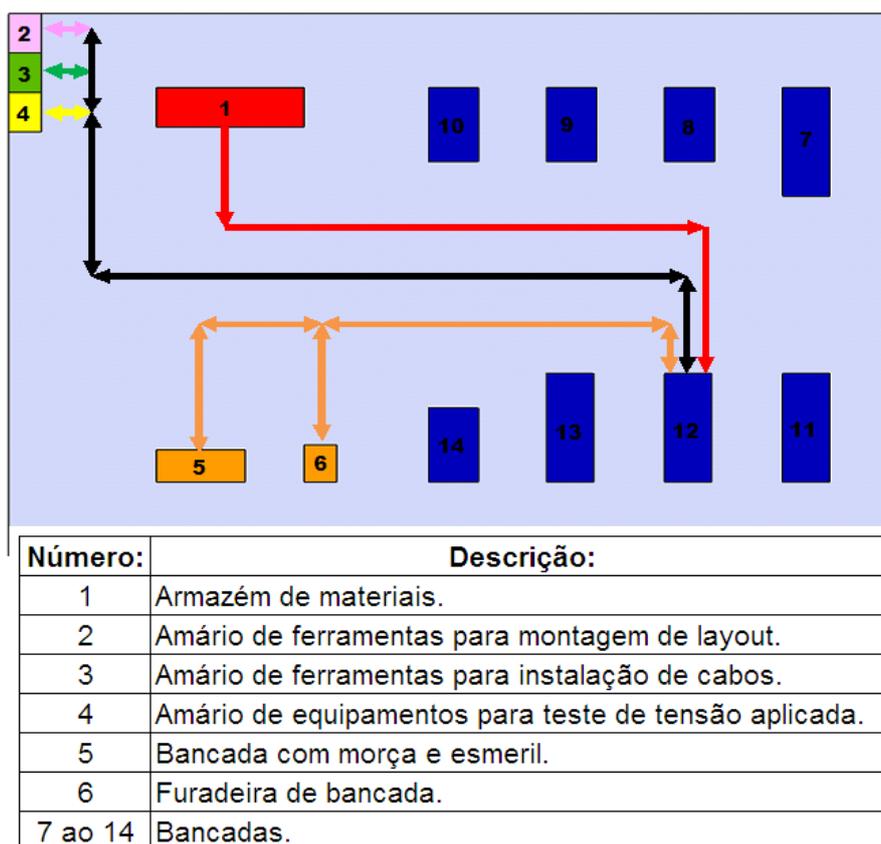


Figura 4- Layout atual e caminhos percorridos pelo colaborador.

#### 4.2. Resultados e Discussão.

Ao realizar um acompanhamento no processo produtivo do setor de montagem de painéis, onde o observador estava inserido no ambiente de manufatura, foi possível obter dados suficientes para que se pudesse descrever de forma detalha o processo de montagem. A Figura 5 ilustra este processo de forma sistêmica e geral onde também é apresentada a simbologia associada a cada etapa do processo atual.

Cada produto produzido pela indústria é singular, devido a sua aplicação específica, a quantidade e os tipos de painéis também são diferentes. De acordo com dados da empresa as pontes têm em sua maioria painéis com as seguintes aplicações: painel da elevação, painel da translação da ponte, painel da translação do carro, painel do CLP e painel de entrada e distribuição.

Para que se possa ter uma perspectiva de quanto tempo é demandado para fabricar estes painéis durante o processo, calculou-se o tempo médio gasto durante a produção de um único painel que é de aproximadamente 58 horas.

OPERAÇÕES	SIMBOLOGIA
Transporte dos componentes do almoxarifado até o setor de fabricação de painéis.	
Conferencia dos componentes e inspeção para averiguar se estão conforme o plano de produção.	
Armazenamento dos componentes conferidos em uma caixa dentro do setor.	
Movimentação dos componentes do painel que irá ser montado até a bancada.	
Material ao lado da bancada aguardando ser utilizado na montagem.	
Montagem do painel	
Testes de tensão aplicada no painel.	
Painel aguardando ser montado na ponte rolante.	

Figura 5- Processo geral da empresa.

O processo também foi descrito de uma forma mais detalhada e dividido em três conjuntos de operações, facilitando o estudo do mesmo. Embora essa divisão teórica tenha sido realizada para facilitar a interpretação, as operações ocorrem de forma ininterrupta durante a manufatura atual do painel. O conjunto de operações um, nomeado de “montagem do layout do painel”, consiste em operações que exigem um trabalho mais “grosseiro” se comparado ao conjunto de operações dois, podendo, portanto ser realizado por colaboradores do setor que não possuam um conhecimento tão apurado em eletroeletrônica.

O segundo conjunto de operações, que recebeu o nome de “instalação de cabos”, é um trabalho que exige mais atenção e um conhecimento maior na área eletroeletrônica, principalmente em leitura de desenhos técnicos, do colaborador que irá realizá-lo. Essa tarefa consiste basicamente em fabricar cada cabo e conectá-lo em seu lugar específico, qualquer erro durante essa etapa pode ocasionar diversos problemas.

O conjunto de operações três são os testes e conferência do painel já pronto. Estes testes servem para verificar a segurança do painel quanto à isolação elétrica dos cabos e componentes e se os pontos de ligação estão corretos. Notou-se que esse conjunto consiste na menor parcela de tempo demandado durante o processo, pelo uso de equipamentos eletrônicos que facilitam esse processo. Para que sejam confiáveis os testes eles devem ser realizados por operadores com alto nível de conhecimento na área.

Após esses três conjuntos de operações o painel está pronto para sua próxima etapa, que é sua

instalação na sala elétrica que fica em outro galpão da empresa.

De acordo com a análise da maneira como ocorre a produção atualmente, tomou-se a decisão de se dividir o processo de montagem dos painéis em dois postos de trabalho, uma para primeira etapa de montagem e outro para a segunda, além da criação de uma bancada móvel para testes. Essa divisão facilita o desenvolvimento de locais para armazenagem de ferramentas, próximas aos postos de trabalho, sem ocasionar acúmulo. Tornando assim desnecessário que cada montador tenha que conhecer todo o processo produtivo, uma vez que cada um dos postos realiza trabalhos diferentes.

Como essa modificação implicaria na necessidade do aumento de movimentação do painel dentro da fábrica, foi inserido um equipamento para facilitar essa movimentação, que tem um valor consideravelmente baixo, conhecido vulgarmente como “girafa” visando à ergonomia no trabalho.

Também migrará para a nova fábrica, o mercado Kanban, de miscelâneas como parafusos e outros componentes de custo irrisório, empregado na fabricação de painéis que atualmente se encontra no almoxarifado, para que possa ser facilitado o processo de retirada de peças faltantes durante o processo de montagem. A matéria prima dos conjuntos de painéis, que é entregue em uma única vez para a fábrica, no novo método será entregue na forma de pallets contendo “kits” com apenas o material de um único painel, evitando extravios e trocas de componentes.

No novo arranjo também será incluso um laboratório de testes elétricos, para que caso haja a necessidade de algum teste de funcionamento do painel ele possa ser realizado de maneira correta e segura, antes de ir para campo.

De acordo com estudos no processo produtivo, de acordo com a literatura, o melhor tipo básico de arranjo físico a ser aplicado nesse processo produtivo é o de arranjo físico de posição fixa. A decisão foi baseada em algumas características e fatores como: peso médio dos painéis ser geralmente em torno de 80 Kg, um peso elevado para ocorrer elevadas movimentações durante o processo; os componentes eletrônicos dos painéis com custo elevado e extremamente sensíveis a intempéries, ou seja, muito delicados; a maioria das ferramentas empregadas na fabricação destes painéis são de pequeno porte como, furadeiras manuais, alicates, chaves de fenda entre outros.

Após definido o novo processo e que tipo de arranjo físico básico é o mais adequado, foi adotado o melhor local para alocar a nova fábrica, que foi um galpão desocupado ao lado de onde futuramente será instalado o novo almoxarifado da fábrica. Essa escolha estratégica objetivou a redução da movimentação do material, e também pelo reaproveitamento da estrutura já existente desse galpão, necessitando apenas de pequenas modificações para a implantação.

Outra decisão fundamental para a redução dos custos desse novo projeto foi à reutilização de praticamente todos os equipamentos existentes na planta atual, como furadeira de bancada, bancadas, ferramentas manuais e outros.

No primeiro passo da utilização do SLP simplificado, construiu-se um diagrama de relações entre as atividades realizadas na manufatura dos painéis, levando em consideração praticamente todas envolvidas no processo, mesmo aquelas que não agregam valor ao produto final, para que posteriormente fossem consideradas no arranjo físico. Foram também adotados valores numéricos de forma coerente aos índices de proximidade. O resultado foi a obtenção do diagrama de relações da Figura 6.

Valor	Proximidade	Nº de classificação:																
A	Absolutamente necessário	10																
E	Especialmente importante	7																
I	Importante	5																
O	Proximidade normal	2,5																
U	Sem importancia	0																
X	Não desejavel	-2																
Bancada para montagem de layout																		
Bancada para instalação de cabos																		
Laboratorio																		
Furadeira de bancada																		
Bancada com morça e esmeril																		
Lavatorio																		
Mesa para café																		
Sala de coordenação																		
Mercado Kan-Ban																		
Palett com componentes para montagem de layout																		
Bancada de ferramentas de montagem de layout																		
Bancada de ferramentas de instalação de cabos																		

Figura 6- Diagrama de relações entre os setores da nova fábrica. Adaptado de Lissoni (2011).

Com esse diagrama se torna mais visível a necessidade da proximidade entre as diversas atividades, o que facilita a resolução de outros passos subsequentes a este.

No segundo passo, foram mensurados os valores reais das áreas utilizadas nas atividades de cada processo, na planta atual e das que futuramente serão instaladas, averiguando as instalações especiais requeridas para cada uma delas, energia, água e ar comprimido. A flexibilidade se refere a facilidade de alteração de cada atividade, por exemplo, as salas possuem baixa flexibilidade, porque para realizar alterações como mudá-las de local existe uma grande dificuldade, o que já não ocorre com as bancadas. Com esses dados coletados gerou-se a tabela 5.

Nome:	Área Individual (m²)	QTD.	Sub Total (m²)	Carga no Piso	Pé Direito	Instalação Especial	Flexibilidade
Bancada para montagem de layout	1,3	6	7,8	leve	4m	não	Alta
Bancada para instalação de cabos	1,8	6	10,8	leve	4m	não	Alta
Laboratorio	20	1	20	leve	4m	Energia elétrica 220v/127v	Baixa
Furadeira de bancada	0,4	1	0,4	leve	4m	Energia elétrica 220v/127v e ar comprimido	Média
Bancada com morça e esmeril	1,5	1	1,5	leve	4m	Energia elétrica 220v/127v e ar comprimido	Média
Lavatorio	0,4	1	0,4	leve	4m	Água e esgoto	Baixa
Mesa para café	0,8	1	0,8	leve	4m	Energia elétrica 220v/127v	alta
Sala de coordenação	20	1	20	leve	4m	Energia elétrica 127v	Baixa
Mercado Kan-Ban	1	2	2	leve	4m	não	alta
Palett com componentes para montagem de layout	0,6	6	3,6	leve	4m	não	alta
Bancada de ferramentas de montagem de layout	0,5	3	1,5	leve	4m	Energia elétrica 220v/127v	alta
Bancada de ferramentas de instalação de cabos	0,5	3	1,5	leve	4m	Energia elétrica 220v/127v	alta
<b>Total:</b>			<b>70,3</b>				

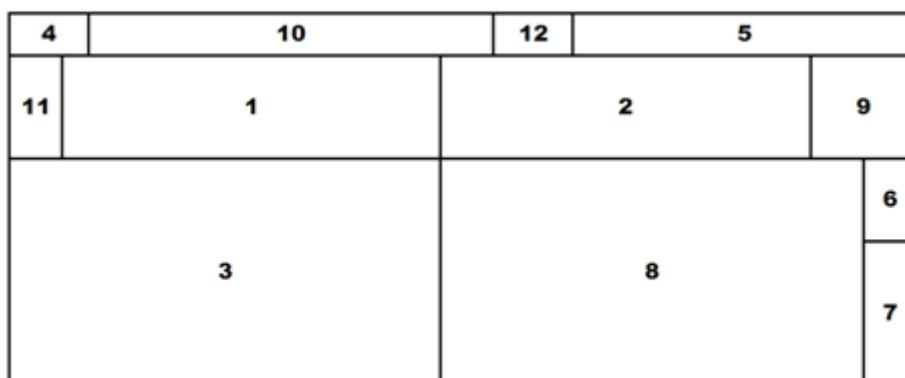
Tabela 1- Áreas características das atividades da nova fábrica.

Com a utilização dessa tabela torna-se mais prático o processo de disposição dos recursos, espaço, energia, água entre outros, como também a área que deverá ser reservada para cada atividade baseada no novo layout.

O terceiro passo foi elaborado com a utilização dos valores obtidos com o passo um, para se obter uma primeira perspectiva de como seria o arranjo físico de uma forma bem genérica e quais setores deveriam estar ao centro do layout e quais estariam mais afastados dele.

No quarto passo foram obtidos vários diagramas de blocos, uma vez que os recursos podem ser alocados de maneiras diferentes gerando praticamente os mesmos benefícios, baseados no passo três e com o auxílio do software “Layout Design System”, desenvolvido pela University of Houston (1986), que levou em consideração a maior pontuação das notas do passo um e as áreas do passo dois. Foi possível então se obter uma perspectiva apurada de como estariam alocados os recursos.

No quinto passo foi avaliado qual seria o melhor diagrama de blocos a ser adotado. A escolha levou em consideração os critérios que tiveram maior importância para o projeto. Neste caso, especificamente, os critérios mais relevantes foram: a facilidade de escoamento de matérias, melhor reaproveitamento de recursos existentes e possibilidade de expansão da produção. O diagrama de bloco que obteve a maior pontuação é ilustrado pela figura 7.



Número:	Descrição:
1	Mesas para montagem de Layout.
2	Mesas para instalação de cabos.
3	Laboratório de testes elétricos.
4	Furadeira de bancada.
5	Mesa com esmeril e morça.
6	Lavatorio
7	Mesa para café.
8	Sala da coordenação.
9	Mercado Kan-Ban.
10	Palett com componentes para montagem de layout.
11	Bancada de ferramentas de montagem de layout.
12	Bancada de ferramentas de instalação de cabos.

Figura 7- Diagrama de blocos do arranjo físico com maior pontuação.

No último passo, embasado em todos os passos anteriores e com o local definido para a inserção do novo arranjo físico, obteve-se o layout de forma detalhada levando em consideração todas as características físicas dos equipamentos, materiais e do galpão. O layout detalhado e o mapofluxograma do processo são mostrados na Figura 8 e a descrição dos números mostrados é dada pela tabela 7. O mapofluxograma tem as cores com as seguintes relações: roxo para matéria prima básica, vermelho para atividades relacionadas a montagem de layout, amarelo para o painel no processo de transição entre montagem de

layout e instalação de cabos, verde para atividades relacionadas a instalação de cabos, azul para atividades relacionados a testes e branco para o painel acabado. Este layout é o que mais se aproximou do que foi definido pelo diagrama de blocos com maior pontuação, e, portanto o se aproximando do ideal dentro das limitações físicas existentes.

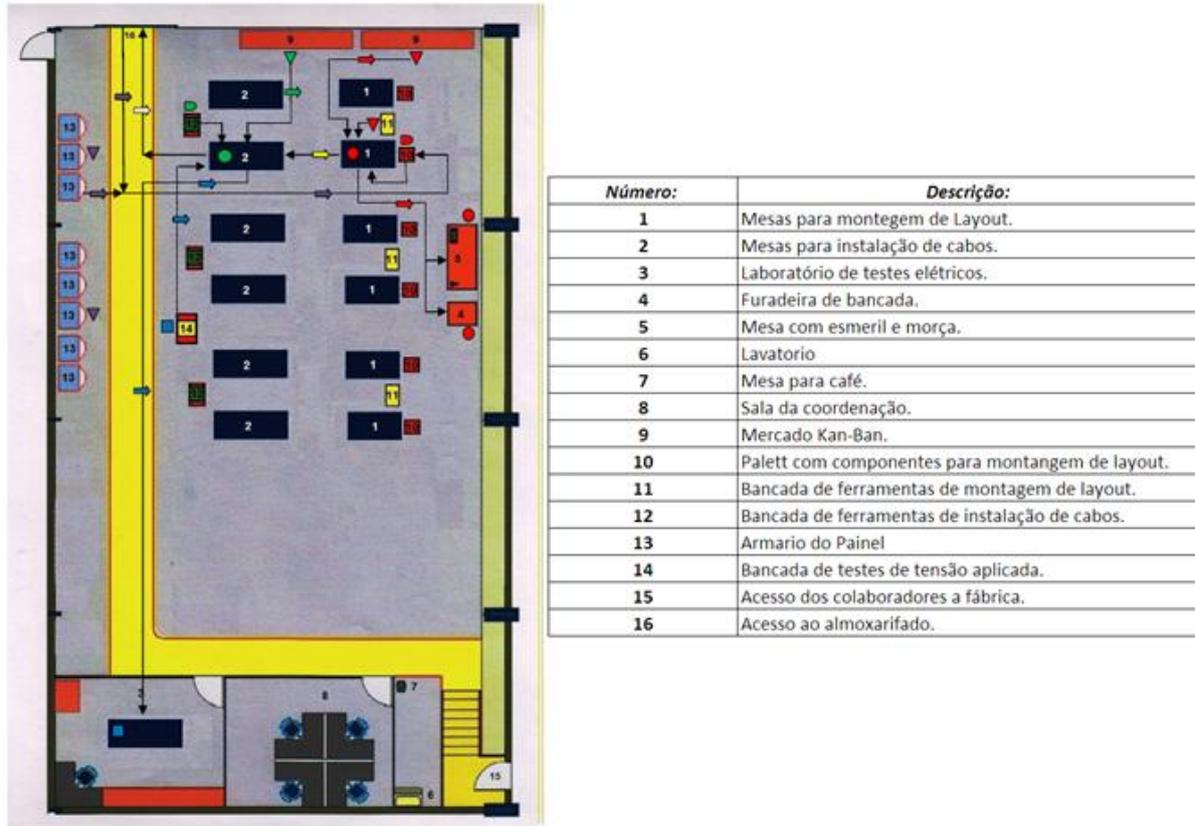


Figura 8- Layout final e mapofluxograma da nova fábrica

O resultado final de todo processo foi à obtenção de duas alterações que em conjunto formam a nova fábrica. A primeira alteração foi a criação de um novo método de trabalho que visou a redução de movimentações do operador, pois o mesmo tem praticamente todos os equipamentos que precisa para realizar sua tarefa ao alcance de suas mãos.

O novo método também eleva a qualidade do produto final, pois com a divisão de cargos, as tarefas são feitas por pessoas que tem o preparo necessário para cada operação, propiciando ao colaborador mais experiência na tarefa que a ele se designa. Facilita a organização da fábrica, pois com a separação dos materiais em pallets, feitas no almoxarifado, não ocorre mais o risco de extravio ou troca dos componentes.

Também é apresentado um projeto detalhado da nova planta da fábrica de painéis, contendo o estudo do novo arranjo físico embasado no sistema SLP. Com esse novo arranjo é possível uma redução do fluxo de todos os equipamentos, materiais e mão de obra, levando em consideração a ergonomia e a segurança dos operadores, melhorando bastante a qualidade de vida do trabalhador.

## 5. Conclusão:

O trabalho apresentado mostra que o projeto da fábrica de painéis foi desafiador, envolvendo diversas variáveis a serem levadas em consideração para se obter um resultado satisfatório. Foram realizadas duas modificações principais. A primeira modificação, relativamente

pequena porém crucial, foi a alteração no processo, que proporcionou uma melhoria significativa no método empregado na fabricação, o que foi possível através de um estudo preliminar dos tempos e movimentos envolvidos no processo produtivo da fábrica. Houve também a separação dos trabalhos em dois postos e a criação de bancas de ferramentas e de materiais próximas aos postos, gerando uma redução na movimentação com melhor aproveitamento do operador em atividades que agregam valor ao produto final.

A segunda alteração se refere ao arranjo físico, que foi realizado com base em uma metodologia cientificamente comprovada e mundialmente aplicada, que é o método SLP, neste caso auxiliado por um método computacional para que não houvesse uma conceituação meramente intuitiva e errônea. Permitindo-se assim obter o arranjo físico detalhado da nova fábrica de painéis que mais se aproximou dos critérios previamente estabelecidos, onde foram levados em consideração diversos fatores que influenciam na eficiência do processo. Portanto de acordo com a premissa de que com a redução dos espaços percorridos pelos operadores resulta um ganho de tempo, o novo arranjo e o novo método de fabricação têm uma eficiência maior do que a atual, validando assim o projeto.

Por fim pode-se dizer que este trabalho contribuiu tanto academicamente, com a aplicação de métodos para a configuração de um novo arranjo físico, como para empresa onde o estudo foi realizado, viabilizando um projeto que atende as suas necessidades, gerando assim uma importante vantagem competitiva no mercado.

Um trabalho que poderá ser viabilizado futuramente é um novo estudo de tempos e métodos na nova fábrica, caso realmente seja implantado, para que seja constatado o aumento de eficiência percentual obtida com esse novo processo, propondo novas alterações neste método, bem como realizar simulações da movimentação de materiais e mão de obra com auxílio de softwares específicos como, por exemplo, o Arena da Rockwell Software Inc.

### Referências

- BARNES, Ralph Mosser. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.
- BITENCOURT, C.E.P; CATEN, C.T. Estudo de tempos e métodos na montagem de painéis elétricos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, 2006, Fortaleza, Anais, Fortaleza. p. 1-4.
- JUNG, Carlos F. Elaboração de projetos de pesquisa aplicados a engenharia de produção. Taquara: FACCAT, 2010. Disponível em: <<http://www.metodologia.net.br>> Acesso em: 15/09/2011.
- LISSONI, Rogério. Proposta de projeto de uma fábrica de painéis elétricos: Centro Universitário Hermínio Ometto - UNIARARAS, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Eng. Mecânica).
- MOREIRA, Daniel Augusto, Administração da produção e operações. 1 ed. São Paulo: Pioneira, 1993.
- MUTHER, Richard; WHELLER, John D., Planejamento simplificado de layout. 2 ed. São Paulo: Imam, 2008.
- OLIVEIRA, Solon Pereira, Aplicação do método MTM em linha de montagem de trocadores de calor veicular, Campinas; Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005.131p. Trabalho Final de Mestrado Profissional. p. 19-23.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. et. al. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2009.
- TUJÍ, Adamor Jr.et al. Realização de estudo de tempos e movimentos numa indústria de colchões. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba, Anais, Curitiba. p. 1-5.
- TREIN, F.A; AMARAL, F.G. A aplicação de técnicas sistemáticas para a análise e melhoria de layout de processo na indústria de beneficiamento de couro. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba, Anais, Curitiba. p. 1-3.