

ANÁLISE DE ARRANJO FÍSICO E FLUXO EM UMA INDÚSTRIA FABRICANTE DE EQUIPAMENTOS PARA AVICULTURA

Alexsandro Santos da Silva

PUCPR – Campus Toledo, Curso de Engenharia de Produção
Avenida da União, 500 – Jd Coopagro, Toledo-PR
alexsandro_santosedasilva@yahoo.com.br

Heloisa Caroline Wachholtz

PUCPR – Campus Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas
Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho, Curitiba-PR
heloisa.wachholtz@gmail.com

Paulo Alípio Alves de Oliveira

PUCPR – Campus Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas
Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho, Curitiba-PR
paulo_alipio@hotmail.com

Maria Teresinha Arns Steiner

PUCPR – Campus Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas
Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prado Velho, Curitiba-PR
maria.steiner@pucpr.br

Franco Manfroi

PUCPR – Campus Toledo, Curso de Engenharia de Produção
Avenida da União, 500 – Jd Coopagro, Toledo-PR
f.manfroi@pucpr.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso de uma fábrica de equipamentos avícolas com a proposta de analisar o arranjo físico para identificar os fatores que influenciam o desempenho do processo produtivo. O objetivo deste trabalho é reduzir o excesso de movimentação e, conseqüentemente, reduzir os tempos de produção, custos e risco de acidentes. O estudo consiste na análise do fluxo produtivo atual dos produtos que possuem maior custo de produção, através da Classificação ABC. Em seguida foi elaborada uma matriz de relacionamento entre as máquinas para analisar as distâncias entre elas. A partir da análise da Classificação ABC e da matriz de relacionamentos, foi proposto um novo layout. O resultado obtido pelo estudo foi satisfatório, com redução média de 59,58% na distância total percorrida, além de aproximação de setores com um relacionamento único no processo.

PALAVRAS-CHAVE: Arranjo Físico; Classificação ABC; Fluxo Produtivo.

ABSTRACT

This paper presents a case study of a poultry equipment manufacturing with proposed a layout analysis to identify factors that influence the performance of the production process. The goal of this paper is to reduce the excess movement of people and raw materials and, else, in costs and production times and risks of accidents. The study analyzed the production flow of current products that have higher cost of production by the ABC classification. Then was developed a relationship matrix between the machines to analyze the distances between them. From the analysis of the ABC classification and the matrix of relationships, we propose anew layout. The result obtained by the study was satisfactory, with an average reduction of 59.58% in the total distance traveled, and approximation of sectors with a unique relationship in the process.

Key-words: ABC Classification. Layout. Production Flow.

1. Introdução

O grande valor de se ter uma estrutura coerente com o grau de produção e a natureza dos produtos, está no fato de que muitos desperdícios podem ser evitados. O excesso de locomoção de pessoas e de movimentação de matérias-primas elevam os custos e os tempos de produção, além de aumentar os riscos de acidentes dentro de uma fábrica quando o arranjo e fluxo são confusos.

O arranjo físico define a disposição dos recursos transformadores (máquinas) necessários para a transformação dos materiais, buscando a melhor eficiência e eficácia do processo e para um maior entendimento do processo se faz necessário um estudo específico de cada etapa. O melhor arranjo físico para um processo produtivo é influenciado pelos fatores volume x variedade.

Em um sistema de produção *Job Shop* ou por encomenda, onde o volume é baixo, a variedade é alta e o maquinário flexível, a disposição do arranjo físico é determinante para eficiência do processo, pois a produção é dividida em lotes e o processo é relativamente manual (SLACK, CHAMBERS, JOHSTON, 2009).

Segundo Conner *apud* Silva, (2009), 95% das atividades realizadas na empresa não agregam valor, ou seja, apenas 5% do tempo total são gastos em atividades que agregam valor. O desperdício de movimentação de pessoas, peças e informações dentro de uma empresa, gera perda de tempo, de energia e de recursos de capital. Na maioria das empresas, não há uma preocupação de como os recursos transformadores estão agrupados sendo que, em muitos casos, são agrupados por semelhanças e de maneira irregular.

O objetivo geral deste trabalho é analisar os fatores relacionados ao arranjo físico que possam influenciar no desempenho de produção de uma indústria fabricante de equipamentos avícolas. Para tanto, o trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 está a descrição do problema abordado; na seção 3 encontra-se uma breve revisão da literatura sobre o assunto aqui abordado. Os resultados e discussão são apresentados na seção 4 e, finalmente, na seção 5 são apresentadas as conclusões.

2. Descrição do Problema

A empresa escolhida para a realização deste trabalho opera no ramo de equipamentos para avicultura, é de pequeno porte e tem um faturamento anual de 12 milhões por ano. Na ocasião da pesquisa contava com 40 colaboradores, sendo 30 na área fabril e 10 entre administrativo e comercial. A empresa foi criada a partir da necessidade que a região tinha de fornecedores de produtos como grades de restrição alimentar para comedouro de aves e calha para matrizes de aves de corte. Nos anos de 1990 a 1993, a empresa passou a representar marcas de equipamentos para avicultura, aumentando sua opção de venda. Em 1994 começou a industrializar equipamentos manuais para granjas de frango de corte, como: comedouro tubular, bebedouro pendular e ventiladores. No ano de 1999 foi iniciada a produção de sistemas de alimentação automática, como o comedouro calha para matrizes. Nessa época foi lançada a marca a nível estadual e nacional.

Em 2004, a empresa adquiriu máquinas para produção de silos e exaustores em uma estrutura que contava com 53 mil m² de área e 10 mil m² de área construída. Sua capacidade produtiva é mensurada através de quantidade de aviários/mês, sendo que a empresa trabalha em duas linhas de mercados: a de equipamentos para aviário de frango de corte e aviário de matrizes para frango de corte. No primeiro segmento de produtos sua capacidade é de 15 aviários/mês, no segundo 10 aviário/mês.

Dentro do segmento de frango de corte, são produzidos os seguintes produtos: silo armazenador de ração, exaustores, ventiladores, comedouros manuais e automáticos, bebedouro *Nipple*, sistema de cortinado e forração, sistema de ventilação *Pad Cooling*. Já no segmento de matrizes a empresa produz: comedouro automático de corrente, sistema de transporte de ovos, ventiladores, sistema de controle de luminosidade *Light Trapp*, grades de restrição alimentar, comedouro para galos. No total a empresa produz 187 produtos, contabilizando os produtos principais e suas variações.

O processo produtivo da empresa trabalha com a política de produção puxada para os produtos com alto valor agregado, ou seja, só há produção com a implantação de um pedido sem formação de estoques. Já os produtos com menor valor agregado são produzidos em períodos com baixa produtividade.

O setor de planejamento e controle da produção (PCP) recebe os pedidos do setor de vendas e verifica o prazo de entrega do produto e a disponibilidade de matéria-prima. Caso não tenha a matéria-prima necessária faz-se o pedido ao setor de compras e verifica o prazo de entrega. Disponível a matéria-prima e de posse das informações do pedido, o PCP emite a ordem de produção (OP) que é identificada pelo lote de produção. Na OP são informadas as quantidades de peças a serem produzidas; a sua data de emissão e de entrega do material; a matéria-prima a ser utilizada e as etapas de processamento do produto. Ao ser repassada para a produção a OP também serve para a coleta de informações como o tempo de *setup* de máquinas e tempo de processamento em cada etapa, além da quantidade de peças descartadas ao final de cada etapa.

A cada etapa de produção é realizada a inspeção das peças com a conferência das medidas das peças processadas com o projeto da mesma. Ao final do processo, o lote é liberado para o setor de estoque juntamente como a OP. Os dados que ali constam são utilizados para acompanhar o desempenho do processo produtivo.

Na empresa existem dois grandes setores, setor de chaparia e setor de grades. No setor de chaparia, a estrutura de *layout* é por processo, pois ele é subdividido em cinco processos: setor de corte, dobra, calandra, estampa e solda. Já o setor de grades possui um arranjo celular, pois a produção começa e termina dentro do setor. O processo da empresa no setor de chaparia pode ser classificado como *Job Shop*, que é caracterizado pela alta variedade de produtos produzidos por máquinas flexíveis e baixa quantidade de peças por lote. Neste tipo de sistema produtivo, as máquinas são agrupadas pela função que exercem e as peças podem tomar *n* roteiros de produção, caminhando pelo processo conforme suas necessidades. Dessa forma as rotas de produção se cruzam e formam um roteiro um tanto quanto confuso ao ser mapeado. A Figura 1 abaixo apresenta o fluxograma de processo produtivo da empresa em estudo.

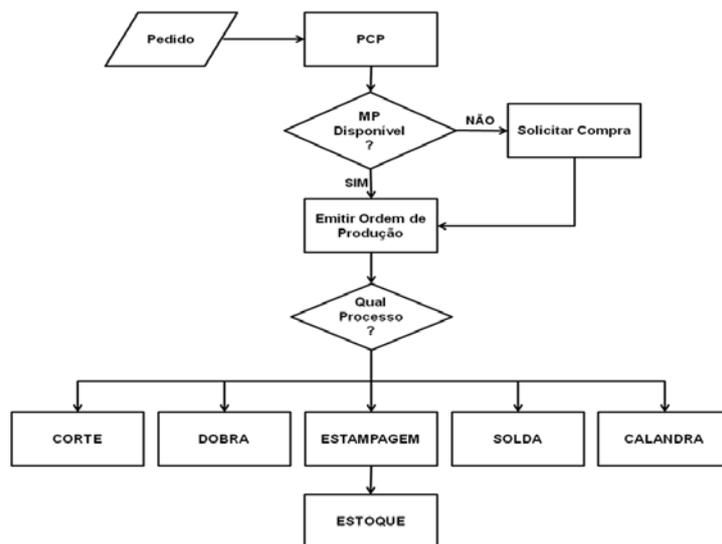


Figura 1. Fluxograma do processo produtivo
Fonte: SILVA, 2011.

Há a necessidade de estudar o arranjo físico da empresa para que o processo produtivo torne-se mais eficiente considerando as características do sistema *Job Shop*. O estudo do arranjo físico consiste nas seguintes etapas: a) Levantamento dos produtos fabricados na empresa classificando-os através da curva ABC, sendo que os produtos de classe A serão prioridades para a elaboração no novo arranjo físico; b) Identificação das máquinas do processo; c) Análise da sequência dos processos de produção e identificação de produtos que estão em outras classes (B e

C) que possuam sequências similares aos produtos de classe A; d) Análise do arranjo físico atual das instalações e seu fluxo de processo, através da matriz de distância entre máquinas.

3. Revisão da Literatura

O arranjo físico ou *layout* representa as interações que envolvem equipamentos, pessoas, matérias, com objetivo de maximizar a eficiência. Para Slack, Chambers, Johnston (2009), “é a manifestação física de um tipo de processo”. Para se determinar um projeto de arranjo físico são necessários critérios e parâmetros a serem seguidos, segundo Gaither e Frazier (2002), sendo que as instalações são diretamente afetadas pelos tipos de materiais empregados na fábrica. Para Peinado e Graeml (2007), o *layout* define como o produto vai ser produzido dentro da empresa.

Para Ballester-Alvarez (2000), o fluxo é o detalhamento diagramado do subsistema não podendo existir dúvidas ou incertezas quanto ao procedimento. Um fluxo pode também ser considerado entradas, processamento e saídas de um sistema.

3.1. Tipos de Arranjos Físicos

Existem, basicamente, quatro tipos básicos de arranjos para instalações de manufatura: arranjo físico posicional, por processo, celular e por produto.

No arranjo físico posicional ou arranjo físico de posição fixa, o material permanece fixo e os recursos transformadores se deslocam até o material. Recomendado para produto único ou pequena quantidade quando o produto é muito grande e difícil de movimentá-lo. Para Slack, Chambers, Johnston (2009), “a eficácia deste tipo de arranjo está ligada à programação de acesso ao canteiro e à confiabilidade das entregas”. São exemplos, a construção civil, atividades de agropecuária, construção de estradas, construção de navios. Segundo Ritzman e Krajewski (2004), este tipo de arranjo minimiza o número de vezes que o produto se movimenta durante a sua construção.

O arranjo físico por processo ou *layout* funcional, trata-se de um processo intermitente em que os recursos a serem transformados são organizados em torno do processo, pois neste tipo de *layout* os recursos transformadores semelhantes são agrupados em postos de trabalho. Amplamente utilizado quando existem muitos produtos distintos e a demanda não é estável. Gaither e Frazier (2002) comentam que os trabalhadores deste tipo de *layout* têm que ser polivalentes, adaptando-se rapidamente ao grande número de operações a serem executadas em cada lote de produtos em particular que é produzido. Uma das maiores limitações deste arranjo físico é a necessidade de movimentação dos materiais, o que aumenta consideravelmente os custos de produção; além disso, não é incomum encontrar equipamentos com eficiência abaixo de 50% por aumentar a complexidade do setor de planejamento e controle de produção (STEVENSON, 2001).

Já o arranjo físico celular ou arranjo de tecnologia de grupo, aloca máquinas não-similares com exigências em produtos de fabricação similares. Os materiais se deslocam dentro da célula com flexibilidade buscando os processos necessários (MARTINS e LAUGENI, 2005). Para Gaither e Frazier (2002), “o layout celular pode assumir muitas formas, o fluxo tende ser mais similar a um *layout* por produto do que a uma *job shop*”. Para Slack, Chambers, Johnston (2009), a célula pode ser arranjada por processo ou por produto.

O arranjo físico por produto corresponde ao sistema de produção em linha ou contínuo. Envolve localizar os recursos produtivos transformadores baseando na melhor maneira de produzir os recursos transformados (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2009). Para Gaither e Frazier (2002), este tipo de arranjo é idealizado somente para alguns poucos projetos de produto. Neste tipo de *layout*, os maquinários são altamente dedicados, isto é são construídos para um tipo de produto específico. Para Ritzman e Krajewski (2004), o arranjo físico por produto possui a rapidez de trabalho baseada na tarefa mais lenta, isto é, se a operação mais lenta demora 45 segundos, a produção mais rápida será de 45 segundos. Stevenson (2001) relata que este tipo de arranjo consegue atingir um alto grau de utilização tanto da mão-de-obra, quanto dos recursos

transformadores, pelo fato dos produtos serem movidos rapidamente. Porém é altamente vulnerável por problemas de manutenção e absenteísmo.

3.2 Elaboração de Um Arranjo Físico

Para Martins e Laugeni (2005), a elaboração de um *layout* é considerada uma atividade multidisciplinar, necessitando que pessoas que têm experiência participem deste estudo. Já para Gurgel (2000), para a elaboração do *layout* é importante colher informações do produto. Segundo Slack, Chambers, Johnston (2009), para fazer um bom arranjo físico, precisa-se definir os objetivos dessa atividade, que buscam satisfazer a segurança, o fluxo com clareza, conforto da mão-de-obra, acesso, facilidade para coordenação e flexibilidade em longo prazo.

Uma técnica bastante conhecida é a “Técnica de Diagrama de Fluxo”, também conhecida como cartas “de-para”. Esta técnica registra os carregamentos entre departamentos, sendo que estas informações podem ser coletadas através do roteiro de produção; em algumas situações, há diferenças significativas no custo para movimentar materiais de um setor para o outro. O objetivo maior deste tipo de diagrama é de contribuir na melhoria do arranjo físico funcional, minimizando os custos através da redução das distâncias percorrida na fabricação do produto como mostra a Figura 2 a seguir (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2009).

Carregamentos/Dia					
Para De	A	B	C	D	E
A		17	-	30	10
B	13		-	-	20
C	-	10		-	70
D	30	-	-		30
E	10	10	10	10	

Figura 2. Exemplo de coleta “de-para” para carregamentos.
Fonte: adaptado de SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON (2009).

3.3 Curva ABC

O sistema de classificação ABC de materiais consiste em atribuir uma importância relativa resumindo ao valor financeiro para gerenciamento do custo de capital, dividindo-se em três categorias. Os itens mais importantes na categoria A, os de importância moderadas na categoria B e os itens menos importante como C (PEINADO, GRAEML, 2007).

De acordo com Tubino (2009), quando se tem uma grande variedade de itens, alguns serão mais importantes que outros. A partir desta constatação, a lógica dentro da programação da produção consiste em não se gastar muito com controles complexos para gerenciar itens que darão um retorno pequeno, ou, por outro lado, investir em modelos de controles mais confiáveis é importante para manter em níveis baixos os estoques dos itens que representam 80% da demanda.

A classificação ABC pode ser aplicada para listagem de qualquer tipo, não apenas para estoques. Independente da aplicação ambiente em que será introduzido seu resultado será sempre o de classificar de maneira objetiva os produtos de maior relevância, permitindo o tratamento adequado quanto a sua importância relativa. A regra oitenta – vinte (diagrama de Pareto) é chamada assim porque se observa nas empresas que cerca de 20% das quantidades produzidas equivalem 80% das vendas, (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2009). Os itens devem seguir critérios de priorização da seguinte forma: Itens de classe A (são itens de alto valor, geralmente 80% da quantidade das vendas, representando 20% do total produzido); Itens de classe B (são itens de valor médio, geralmente 30% da quantidade, representando 10% do valor total); Itens de classe C (são itens que representa 50% da quantidade, representado apenas 10 % do valor total).

4. Aplicação da Metodologia, Resultados e Discussão

A metodologia para a análise e melhoria do arranjo físico atual ficou composta das etapas apresentadas nas seções a seguir (de 4.1 a 4.5).

4.1 Análise da Curva ABC

A Análise da Curva ABC neste trabalho tem como objetivo classificar os produtos da empresa em faixas de custos, sendo os produtos com maior custo de produção pertencentes à Classe A representando 23% dos produtos e 80,23% dos custos de produção. Como Classe B ficaram 13,90% dos produtos representando 9,67% dos custos de produção e na Classe C ficaram 63,10% dos produtos representando apenas 10,10% dos custos de produção.

A análise da sequência de produção será feita, primeiramente, a partir dos produtos da Classe A por seu alto custo de produção e a influência deste grupo no Arranjo Físico.

Tabela 1. Classificação de produtos através do método da curva ABC

Classe	Quantidade de Produtos	% Custo Produção
A	43	80,23
B	26	9,67
C	118	10,10
Total	187	100

Fonte: SILVA (2011).

4.2 Identificação das Máquinas

Em seguida foi realizada a identificação das máquinas, assim como dos processos nos quais elas estão inseridas, para facilitar na análise do arranjo físico. No setor de estoque são armazenados materiais como chapas, arames e tubos que são identificados pela espessura do material, pela proteção de superfície e o tipo de metal. O processo produtivo se inicia neste setor com a separação do material necessário para cada OP. O setor de prensagem é composto por cinco prensas com diferentes capacidades de prensagem e todas as matrizes para a conformação do material, assim cada produto que passa por este setor possui uma matriz diferente.

No setor de dobras há três máquinas em operação, uma com comprimento máximo de quatro metros e duas com comprimento de dois metros. As dobradeiras são utilizadas para perfilar/dobrar as peças. O setor de corte é composto de três máquinas: a guilhotina que produz cortes lineares em chapas de quatro metros de comprimento e espessura máxima de seis milímetros, uma guilhotina manual de 1 metro de comprimento para cortes lineares de chapas finas para os comedores tubulares e a puncionadeira que utiliza comando CNC com programação em CAD que proporciona velocidade e flexibilidade no processo de corte com múltiplos formatos na geração de contornos.

O setor de calandra tem à disposição seis máquinas, sendo que cinco delas são dedicadas a produtos específicos da empresa e uma considerada como calandra universal utilizada para perfis de chapas diversas. O setor de solda trabalha, basicamente, com dois tipos de processo de soldagem MIG/MAG (metal inerte gás/ metal ativo gás) e TIG (tungstênio inerte gás). A solda MIG/MAG é utilizada na empresa para soldar metais de aço carbono e o processo TIG para soldar metais de inox e alumínio. O setor de embalagem é responsável pelo acondicionamento e conferência de todos os produtos da fábrica, assim todos os produtos fabricados na empresa passam por este setor antes de serem liberados para o estoque de peças acabadas. A Tabela 2 mostra os nomes das máquinas, suas codificações, e os processos nos quais estão inseridos.

4.3 Análise do Sequenciamento de Produção

A análise do fluxo produtivo é a primeira etapa do processo de análise de um arranjo físico. Ao analisar o fluxo produtivo dos 187 produtos fabricados na empresa, foram encontrados 46 fluxos produtivos diferentes. Esta análise se iniciou pelos produtos da Classe A e posteriormente foram analisados produtos com o mesmo fluxo nas Classes B e C. A Tabela 3 mostra os dados citados acima.

Equipamento/Processo	Código	Setor	Equipamento/Processo	Código	Setor
Matéria Prima	MP	Estoque	Prensa Mecânica 85T	C1	
Prensa Viradeira	C7		Prensa Mecânica 40T	C2	
Prensa Viradeira 20T	C8	Dobra	Prensa Mecânica 12T	C3	Prensagem
Prensa Viradeira 20T	C9		Prensa Mecânica 6T	C4	
Calandra Silo 1200mm	C14		Prensa Hidráulica 40T	C5	
Calandra 3000mm	C18		Puncionadeira	C16	
Calandra Boca do Silo	C19		Guilhotina Hidráulica	C11	Corte
Calandra Corrugadeira	C13	Calandra	Guilhotina Manual	C20	
Calandra do Aro	C15		Máquina Solda MIG/MAG	S1	
Calandra Tubo Comedouro	C12		Máquina Solda MIG/MAG	S2	Solda
Frisadeira do Silo	C17		Máquina Solda MIG/MAG	S3	
Furadeira de Bancada 01	C6		Policorte	S4	
Furadeira de Bancada 02	C10	Furação	Embalagem	E1	Embalagem

Tabela 2. Identificação de Máquina/Setor
Fonte: SILVA (2011).

Entre todos os processos produtivos identificados anteriormente existem alguns que são obrigatórios para todos os produtos, são estes: recebimento da matéria-prima (REC), do estoque das matérias-primas (MP), de embalagem (EMB) e de expedição (EXP). Também pode ser observado que 51 produtos seguem a sequência de produção: recebimento (REC), matérias-primas (MP), guilhotina hidráulica (C11), puncionadeira (C16), prensa viradeira (C7), embalagem (EMB) e expedição (EXP).

A sequência anteriormente citada representa 27,27% dos produtos produzidos pela empresa, já considerando apenas os produtos da Classe A esta sequência representa 18,60% dos produtos da classe.

Nº	SEQUÊNCIA DE PROCESSO									CLASSES			TOTAL SEQ./CLASS
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5	ETAPA 6	ETAPA 7	ETAPA 8	ETAPA 9	A	B	C	
1	REC	MP	C11	C16	C7	EMB	EXP			8	5	38	51
2	REC	MP	C11	C7	EMB	EXP				2	1	16	19
3	REC	MP	C11	C16	C8	EMB	EXP			2	1	7	10
4	REC	MP	C16	C13	C14	EMB	EXP			4	0	4	8
5	REC	MP	C16	C7	EMB	EXP				0	6	2	8
6	REC	MP	C11	C1	C8	EMB	EXP			3	1	3	7
7	REC	MP	C11	C16	EMB	EXP				0	0	7	7
8	REC	MP	S1	EMB	EXP					2	1	3	6
9	REC	MP	C11	C1	EMB	EXP				1	3	2	6
10	REC	MP	C16	C18	C7	C17	EMB	EXP		2	0	3	5
11	REC	MP	C11	C1	C7	EMB	EXP			1	2	2	5
12	REC	MP	C11	C8	EMB	EXP				0	0	4	4
13	REC	MP	S4	EMB	EXP					0	0	4	4
14	REC	MP	C11	C16	C1	C7	EMB	EXP		2	0	1	3
15	REC	MP	C11	C2	C5	EMB	EXP			1	1	1	3
16	REC	MP	C11	C16	C5	EMB	EXP			0	1	2	3
17	REC	MP	C11	C7	S1	EMB	EXP			0	0	3	3
18	REC	MP	C11	C16	C7	C5	EMB	EXP		2	0	0	2
19	REC	MP	C11	C5	EMB	EXP				2	0	0	2
20	REC	MP	C11	C16	C7	S1	EMB	EXP		1	0	1	2
21	REC	MP	C11	C16	C7	C19	S1	EMB	EXP	0	0	2	2
22	REC	MP	S4	C6	EMB	EXP				0	0	2	2
23	REC	MP	S4	S1	EMB	EXP				0	1	1	2
24	REC	MP	C11	C16	C1	C8	EMB	EXP		1	0	0	1

25	REC	MP	C11	C2	C5	S1	EMB	EXP		1	0	0	1
26	REC	MP	C11	C3	C7	EMB	EXP			1	0	0	1
27	REC	MP	C11	C3	C8	C3	EMB	EXP		1	0	0	1
28	REC	MP	C11	C7	S2	EMB	EXP			1	0	0	1
29	REC	MP	C16	C8	EMB	EXP				1	0	0	1
30	REC	MP	C16	S2	EMB	EXP				1	0	0	1
31	REC	MP	C2	S1	EMB	EXP				1	0	0	1
32	REC	MP	C2	C6	EMB	EXP				1	0	0	1
33	REC	MP	C20	C5	C9	C12	EMB	EXP		1	0	0	1
34	REC	MP	C11	C1	C7	S1	EMB	EXP		0	0	1	1
35	REC	MP	C11	C16	C7	C17	EMB	EXP		0	1	0	1
36	REC	MP	C11	C16	C8	C5	EMB	EXP		0	0	1	1
37	REC	MP	C11	C16	S1	EMB	EXP			0	0	1	1
38	REC	MP	C11	C18	EMB	EXP				0	0	1	1
39	REC	MP	C11	C2	C15	EMB	EXP			0	1	0	1
40	REC	MP	C11	C2	C7	C9	EMB	EXP		0	0	1	1
41	REC	MP	C11	C3	EMB	EXP				0	0	1	1
42	REC	MP	C16	C18	C8	C17	EMB	EXP		0	0	1	1
43	REC	MP	C16	C6	C18	C17	EMB	EXP		0	0	1	1
44	REC	MP	C16	C7	C5	EMB	EXP			0	0	1	1
45	REC	MP	C3	EMB	EXP					0	1	0	1
46	REC	MP	C7	EMB	EXP					0	0	1	1
TOTAL PEÇAS										43	26	118	187

Tabela 3. Fluxo de processo e desdobramento da classificação ABC.
Fonte: SILVA (2011).

4.4 Análise do Arranjo Físico Atual

O arranjo físico atual é apresentado a seguir na Figura 3. Em uma análise preliminar percebe-se que os recursos produtivos estão dispostos de forma aleatória, irregular. Na análise da área livre para circulação da empilhadeira e dos materiais pode ser constatado que há o atendimento da necessidade do processo, já que há espaço suficiente para a circulação das matérias-primas que podem alcançar comprimento máximo de 6 metros, além de alguns produtos acabados que possuem comprimento de 4 metros. Assim esta característica do processo deveria ser preservada ao se propor um novo Arranjo Físico.

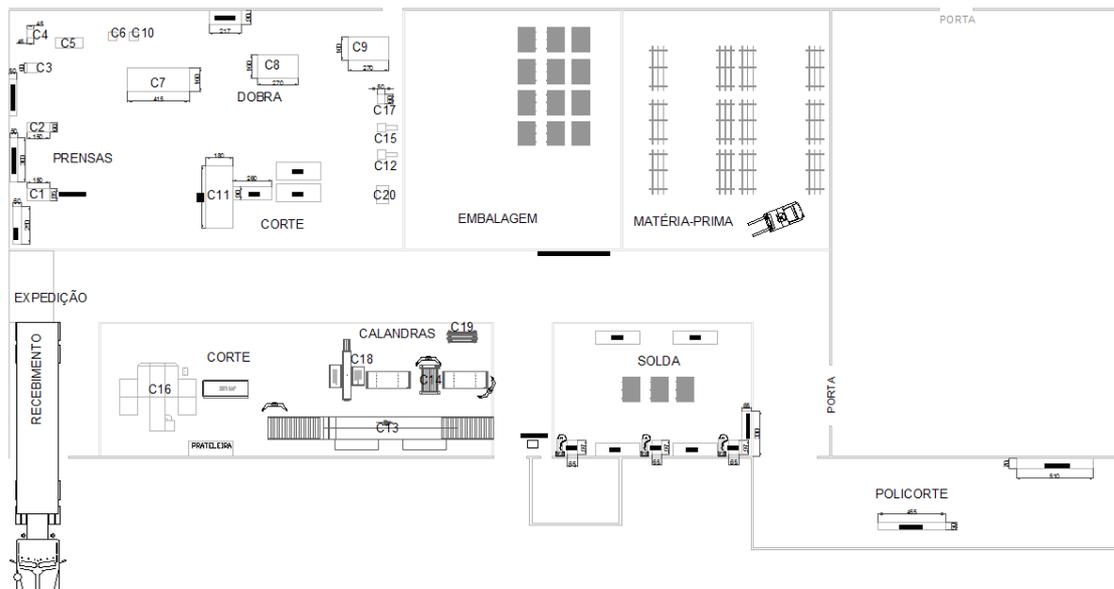


Figura 3. Arranjo Físico Atual
Fonte: SILVA (2011).

Para analisar a distância total percorrida por um produto durante sua fabricação foi elaborado o diagrama de fluxo de processo ou matriz de relacionamento entre máquinas. Ela permite a análise da distância total percorrida pelo produto e em conjunto com a análise do

arranjo físico atual auxilia na análise dos fluxos produtivos. A matriz de relacionamento entre máquinas servirá como parâmetro para as alterações propostas para a obtenção do novo arranjo físico. A Figura 4 apresenta a matriz de relacionamentos entre máquinas com as distâncias referentes ao arranjo físico atual.

Ao observar o caminho que deve ser percorrido entre o recebimento armazenamento/estoque da matéria-prima e o relacionamento único e direto demonstrado na matriz de distâncias e relacionamento (Figura 4), pode-se dizer que estes setores poderiam ser mais próximos.

Outra observação em relação à área é o setor de prensas que não está adequado à dimensão dos materiais que processa, já que as máquinas não estão muito distantes entre elas e estão em linha reta, o que dificulta o manuseio do material que pode chegar até seis metros. O correto seria que as máquinas estivessem dispostas em ângulo de 45°, o que facilitaria o manuseio do material sem alterar a distância entre essas máquinas.

	REC	MP	C5	C3	C2	C4	C1	C7	C8	C9	C11	C20	C16	C14	C18	C19	C13	C15	C12	C17	S1	S2	S3	S4	C6	C10	E1	EXP
REC		57																										
MP			65	66	64	68	60	64	71	77	45	37	47	39	30	27	37	43	42	44	26	26	26	30	66	66	35	
C5				2,5	5,5	1,6	10	12	21	28	31	41	25	49	42	41	46	25	25	25	64	64	64	85	2	3	58	
C3					4	2	8,5	8,5	18	24	23	25	25	48	36	40	50	24	25	24	59	59	59	80	5	6	54	
C2						6	4,5	7,5	16	22	20	25	22	35	35	35	38	23	23	23	49	49	49	74	7	8	46	
C4							11	11	20	26	20	25	27	41	40	39	43	25	26	25	55	55	55	79	7	8	52	
C1								10	17	23	12	24	18	29	24	28	32	23	23	23	44	44	44	70	11	12	41	
C7									9	14	10	18	22	33	26	31	36	15	16	15	46	46	46	67	7	7	50	
C8										6	7	10	25	23	21	21	25	7,5	8,5	7	38	38	38	60	17	18	33	
C9											12	9	24	24	21	22	24	5	6	3	31	31	31	56	24	25	30	
C11												9	12	17	13	16	19	9	9	10	33	33	33	55	16	17	17	
C20													15	12	11	10	14	5	3	7	33	33	33	48	23	24	12	
C16														16	7	14	10	19	17	21	31	31	31	54	25	26	29	
C14															5	3	3	17	16	19	21	21	21	46	37	38	22	
C18																7	4	16	15	18	30	30	30	52	30	31	23	
C19																6	16	15	18	20	20	20	43	34	35	18		
C13																	19	18	21	28	28	28	50	37	38	24		
C15																			1	2	31	31	31	54	23	24	10	
C12																				4	31	31	31	53	23	24	10	
C17																					34	34	34	55	22	23	10	
S1																						3	3	21	52	53	23	
S2																								3	21	52	53	22
S3																								21	52	53	22	
S4																									78	79	44	
C6																										1	48	
C10																											48	
E1																												45
EXP																												

Figura 4. Matriz de relacionamento com as distâncias entre máquinas.
Fonte: SILVA (2011).

4.5 Proposta Do Novo Arranjo Físico

O desenvolvimento do novo arranjo físico foi realizado através da análise do arranjo físico atual (Figura 3) e da matriz de relacionamento do fluxo de produção (Figura 4). A proposta está baseada na aproximação dos setores de recebimento de matérias-primas e estoque de matérias-primas, além da aproximação dos setores de corte e dobra devido ao seu relacionamento direto na sequência de produção mais freqüente encontrada na análise de fluxo de processo. O novo arranjo físico é apresentado na Figura 5 a seguir.

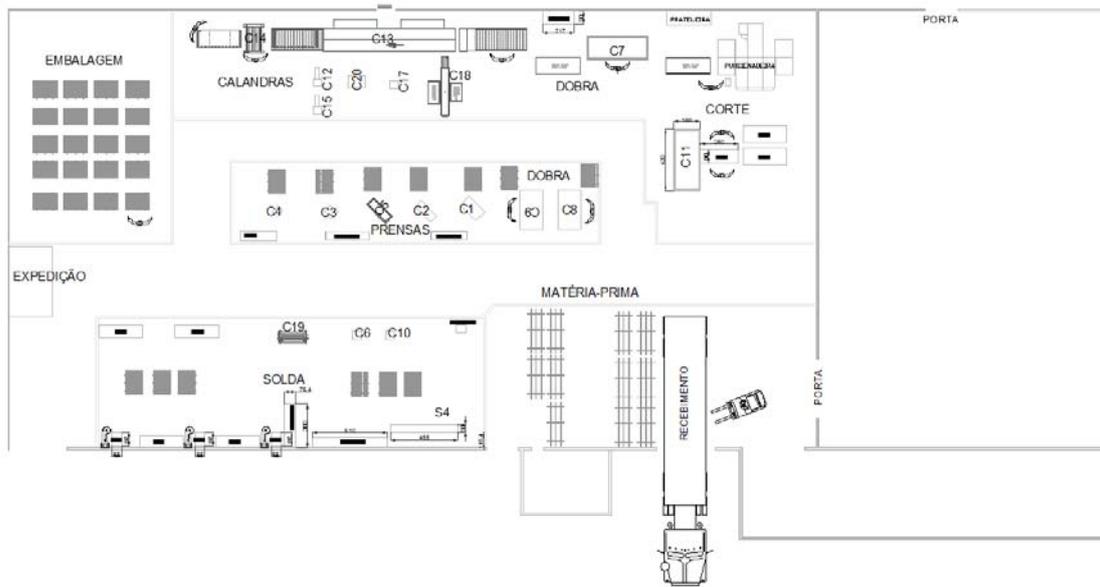


Figura 5. Arranjo físico proposto.
Fonte: SILVA (2011).

Pode-se observar na Figura 5 que os setores de recebimento de matérias-primas e estoque foram alocados lado a lado reduzindo consideravelmente a distância entre eles; o mesmo ocorreu com os setores de corte e dobra. A nova proposta de arranjo físico permite elaborar uma nova matriz de relacionamento entre máquinas e assim comparar as distâncias entre as máquinas antes e depois das mudanças propostas. Essa nova matriz apresenta-se na Figura 6 a seguir.

	REC	MP	C5	C3	C2	C4	C1	C7	C8	C9	C11	C20	C16	C14	C18	C19	C13	C15	C12	C17	S1	S2	S3	S4	C6	C10	E1	EXP
REC	6																											
MP		26	32	24	32	19	22	12	16	18	39	24	46	30	27	27	38	39	34	35	35	35	25	21	19	40		
C5			3	2	7	5	18	20	14	27	8	23	17	8	13	16	9	10	8	22	22	22	17	8	9	24		
C3				6	4	10	24	25	17	25	8	28	12	10	11	19	7	8	9	19	19	19	22	15	16	18		
C2					10	3.5	20	18	10	17	9	21	19	6	15	11	11	12	8	23	23	23	20	10	11	26		
C4						14	26	27	20	28	10	30	10	12	9	21	6	8	11	15	15	15	20	12	14	10		
C1							13	12	2	14	13	17	22	7	18	10	15	15	11	27	27	27	21	11	10	30		
C7								10	15	6	19	5	28	11	34	8	21	22	17	40	40	40	38	27	25	38		
C8									6	22	11	31	15	23	14	24	25	20	29	29	29	27	16	15	35			
C9										12	13	16	22	8	17	11	16	16	12	22	22	22	21	10	9	41		
C11											22	6	30	15	29	14	23	24	19	33	33	33	32	22	20	27		
C20												23	11	4	26	14	2	2	2	30	30	30	40	33	38	21		
C16													33	15	36	14	26	27	22	42	42	42	39	28	26	42		
C14														15	26	2	5	4	14	25	25	25	35	29	30	17		
C18															29	3	12	7	2	46	46	46	33	33	30	27		
C19																39	21	22	27	6	6	6	12	7	9	13		
C13																	15	16	11	46	46	46	41	31	29	30		
C15																		2	6	25	25	25	35	28	30	15		
C12																			6	26	26	26	35	30	30	15		
C17																				31	31	31	42	36	36	21		
S1																					5	10	11	12	14	16		
S2																						5	11	12	14	16		
S3																							11	12	14	16		
S4																								6	6	24		
C6																									1	20		
C10																											22	
E1																												10
EXP																												

Figura 6. Matriz de Relacionamento e distâncias entre máquinas – Arranjo Físico Proposto
Fonte: SILVA (2011)

Ao analisar as novas distâncias entre os setores de recebimento e estoque de matéria-prima tem-se uma redução de 51 metros, resultado significativo considerando que o setor de recebimento só se relaciona com o setor de estoque e de MP, além de que esta sequência está presente em todos os processos de todos os produtos. Também houve considerável redução entre os setores de corte e dobra, sendo que a redução foi de 17 metros entre as máquinas C16 e C7 e de 4 metros entre a C11 e C7. Até entre as máquinas de um mesmo setor houve redução de distâncias, caso da relação entre as máquinas C11 e C16, respectivamente guilhotina hidráulica e puncionadeira, cuja redução foi de 12 para 6 metros.

Na comparação total entre o arranjo físico atual e o proposto a redução média de movimentação foi de 59,58%, sendo que a sequência de produção com maior quantidade de produtos teve redução de 64,07%. Estes e outros valores comparativos podem ser observados na Tabela 4 abaixo.

Nº	FLUXO DO PROCESSO									DISTÂNCIA TOTAL			
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5	ETAPA 6	ETAPA 7	ETAPA 8	ETAPA 9	ATUAL	PROPOSTA	DIFERENÇA	REDUÇÃO %
1	REC	MP	C11	C16	C7	EMB	EXP			231	83	148	64,07%
2	REC	MP	C16	C13	C14	EMB	EXP			184	73	111	60,33%
3	REC	MP	C11	C1	C8	EMB	EXP			209	95	114	54,55%
4	REC	MP	C11	C7	EMB	EXP				207	78	129	62,32%
5	REC	MP	C11	C16	C8	EMB	EXP			217	86	131	60,37%
6	REC	MP	S1	EMB	EXP					151	67	84	55,63%
7	REC	MP	C16	C18	C7	C17	EMB	EXP		207	104	103	49,76%
8	REC	MP	C11	C16	C1	C7	EMB	EXP		237	108	129	54,43%
9	REC	MP	C11	C16	C7	C5	EMB	EXP		251	87	164	65,34%
10	REC	MP	C11	C5	EMB	EXP				236	85	151	63,98%
11	REC	MP	C11	C1	EMB	EXP				200	78	122	61,00%
12	REC	MP	C11	C1	C7	EMB	EXP			219	99	120	54,79%
13	REC	MP	C11	C2	C5	EMB	EXP			230,5	77	153,5	66,59%
14	REC	MP	C11	C16	C7	S1	EMB	EXP		250	101	149	59,60%
15	REC	MP	C11	C16	C1	C8	EMB	EXP		227	104	123	54,19%
16	REC	MP	C11	C2	C5	S1	EMB	EXP		259,5	91	168,5	64,93%
17	REC	MP	C11	C3	C7	EMB	EXP			228,5	121	107,5	47,05%
18	REC	MP	C11	C3	C8	C3	EMB	EXP		260	127	133	51,15%
19	REC	MP	C11	C7	S2	EMB	EXP			225	66	159	70,67%
20	REC	MP	C16	C8	EMB	EXP				207	86	121	58,45%
21	REC	MP	C16	S2	EMB	EXP				209	98	111	53,11%
22	REC	MP	C2	S1	EMB	EXP				238	79	159	66,81%
23	REC	MP	C2	C6	EMB	EXP				231	70	161	69,70%
24	REC	MP	C20	C5	C9	C12	EMB	EXP		224	108	116	51,79%
25	REC	MP	C16	C7	EMB	EXP				221	84	137	61,99%
26	REC	MP	C11	C16	EMB	EXP				188	82	106	56,38%
27	REC	MP	C11	C8	EMB	EXP				187	75	112	59,89%
28	REC	MP	S4	EMB	EXP					176	65	111	63,07%
29	REC	MP	C11	C16	C5	EMB	EXP			242	87	155	64,05%
30	REC	MP	C11	C7	S1	EMB	EXP			226	96	130	57,52%
31	REC	MP	C11	C16	C7	C19	S1	EMB	EXP	255	101	154	60,39%
32	REC	MP	S4	C6	EMB	EXP				268	67	201	75,00%
33	REC	MP	S4	S1	EMB	EXP				176	68	108	61,36%
34	REC	MP	C11	C1	C7	S1	EMB	EXP		238	117	121	50,84%
35	REC	MP	C11	C16	C7	C17	EMB	EXP		206	88	118	57,28%
36	REC	MP	C11	C16	C8	C5	EMB	EXP		263	95	168	63,88%
37	REC	MP	C11	C16	S1	EMB	EXP			213	98	115	53,99%
38	REC	MP	C11	C18	EMB	EXP				183	76	107	58,47%
39	REC	MP	C11	C2	C15	EMB	EXP			200	77	123	61,50%
40	REC	MP	C11	C2	C7	C9	EMB	EXP		218,5	86	132,5	60,64%
41	REC	MP	C11	C3	EMB	EXP				224	77	147	65,63%
42	REC	MP	C16	C18	C8	C17	EMB	EXP		194	111	83	42,78%
43	REC	MP	C16	C6	C18	C17	EMB	EXP		233	124	109	46,78%
44	REC	MP	C16	C7	C5	EMB	EXP			241	88	153	63,49%
45	REC	MP	C3	EMB	EXP					222	66	156	70,27%
46	REC	MP	C7	EMB	EXP					216	76	140	64,81%
TOTAL										10129	4075	6054	59,58%

Tabela 4. Distâncias Totais: Comparativo entre o Arranjo Físico Atual e o Proposto.

Fonte: SILVA (2011).

O novo arranjo físico proposto apresenta vários benefícios, dentre os quais destacam-se os seguintes: a) Linearidade do fluxo, ou seja, definição clara da entrada de materiais até a saída do produto acabado, com mínimos cruzamentos de fluxos; b) Redução de movimentação de materiais e pessoas, sendo que esta redução foi obtida devido à aproximação dos setores de recebimento e estoque de matéria-prima; redução de distância entre os setores de corte e dobra e aproximação do setor de embalagem até a expedição; c) No setor de prensas observou-se que, ao fabricar produtos que necessitam processamento de materiais em barras de seis metros, o comprimento do material prejudicava o trabalho das máquinas vizinhas. Para solucionar este problema, as máquinas foram inclinadas em aproximadamente 45 graus, comparadas ao arranjo anterior.

Como desvantagem pode-se destacar aumento em algumas distâncias individuais entre algumas máquinas, como se pode observado no comparativo das duas matrizes de relacionamento (Figuras 4 e 6); no entanto, a maioria desses maquinários que foram afastados não possuíam ou não possuem relação entre eles.

5. Conclusões

Este trabalho apresenta uma metodologia para a análise e melhoria do arranjo físico e fluxo do processo em um problema real, uma fábrica de produtos avícolas. Utilizou-se, para isso, o método de coleta de dados através da classificação ABC de produtos e a análise do fluxo do processo através da matriz de relacionamentos e distância entre máquinas, assim um novo arranjo físico foi proposto. Com a proposta do novo arranjo físico foi elaborada uma nova matriz de relacionamento e através dela pôde-se comparar a movimentação na planta atual com a projetada observando uma redução média na movimentação de 59,58% e com alguns fluxos de processos de classe A, chegando a aproximadamente 65%.

A redução de distâncias entre maquinários e, conseqüentemente, da movimentação de materiais está baseada na idéia da eliminação de tarefas que não agregam valor ao processo produtivo. Neste caso a redução das distâncias elimina a necessidade da movimentação excessiva do operador e de material e o tempo que estaria sendo gasto nesta tarefa poderia ser convertido em atividades do processo em si e como consequência poderia aumentar a eficiência do processo.

Como sugestão para estudos futuros tem-se que outros métodos de alocação poderiam ser utilizados para propor o novo arranjo físico como, por exemplo, os métodos meta-heurísticos Algoritmo Genético, *Simulated Annealing* e Busca Tabu.

REFERÊNCIAS

- BALLESTERO-ALVAREZ, M.E.. **Manual de Organização Sistemas Métodos**. 3a. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- GAITHER, N; FRAZIER G. **Administração da Produção e Operações**. 8a. ed. São Paulo: Thomson, 2002.
- GURGEL, F. do A. **Logística Industrial**. São Paulo: Atlas, 2000.
- MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 1998.
- PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da Produção: Operações industriais e de Serviços**. Curitiba: UNICENP 2007.
- RITZMAN, L. P; KRAJEWSKI, L. J. (2004) - Administração da produção e operações. Prentice Hall. São Paulo.
- SILVA, A.L. **Desenvolvimento de um Modelo de Análise e Projeto de Layout Industrial, em Ambientes de Alta Variedade de Peças, Orientada para Produção Enxuta**. Dissertação de Doutorado a Escola de Engenharia de São Carlos, USFCAR, São Paulo, 2009.
- SILVA, A.S. da. **Análise de Arranjo Físico e Fluxo em uma Indústria Fabricante de Equipamentos para Avicultura**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção, PUCPR, Toledo, 2011.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3a. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.
- TUBINO, D.F.; **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.