



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

MELHORIA DE DESEMPENHO NO PROCESSO DE CROMAGEM DE PEÇAS AEROESPACIAIS COM APLICAÇÃO DO SLP

PERFORMANCE IMPROVEMENT IN AEROSPACE PARTS CHROME PLATING PROCESS

WITH SLP APPLICATION

Evandro Alves¹, Macáliston Gonçalves Da Silva^{2*}, Victor Urach Bianchini³ & Rafael Maciel Da Silva^{4*}

^{1 2 3 4} Universidade Luterana do Brasil – ULBRA.

¹ evandro.alves01@rede.ulbra.br ^{2*} macaliston@ulbra.edu.br ³ victor.bianchini@rede.ulbra.br ⁴ rafamaciel@rede.ulbra.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 23.08.2019

Aprovado em: 06.09.2019

Disponibilizado em: 20.09.2019

PALAVRAS-CHAVE:

Planejamento sistemático de layout (SLP); melhoria de desempenho; projeto de layout de instalação.

KEYWORDS:

Systematic layout planning (SLP); performance improvement; facility layout design.

*Autor Correspondente: Da Silva, M.G.

RESUMO

Este estudo apresenta o caso do departamento aeroespacial de uma grande empresa brasileira. O trabalho busca melhorar o desempenho do processo de cromagem por meio de readequação do layout. O conjunto de ações é desenvolvido com aplicação do Planejamento Sistemático de Layout (SLP). A nova proposta de arranjo físico gerado pelo estudo impactou significativamente a empresa pesquisada a partir da redução de 87,52% na distância percorrida pela operação, redução de 25,14% no tempo de atravessamento, redução de 34,61% no número de etapas no processo produtivo e redução de 57,73% na área ocupada. Os resultados implicam na possibilidade de atendimento de novas demandas previstas e na implementação de um novo setor produtivo compartilhando a mesma área construída.

ABSTRACT

This study presents the case of the aerospace department of a large Brazilian company. It seeks to improve the performance of the chroming process by readjusting the layout. The set of actions is developed with the application of Systematic Layout Planning (SLP). The new proposal of facility arrangement generated by the study affected significantly the researched company with the reduction of 87.52% of the distance traveled by the operation, reduction of 25.14% in the lead time, reduction of 34.61% in the number of phases in the production process and 57.73% reduction in the working area. The results imply in the possibility of meeting expected new demands and the implementation of a new productive sector sharing the same built area.



1. INTRODUÇÃO

O ambiente fabril é dinâmico, frente aos diversos fatores que influenciam o desempenho de uma organização (Da Cas, et al., 2015; Neuhaus, et al., 2014; Simões, et al. 2015). Para que uma empresa com atuação global se mantenha competitiva a nível internacional, dentro de um mercado de competição agressiva, identificar o melhor arranjo físico possível, buscando setores alinhados com seus recursos e de forma estratégica, é um caminho promissor para obtenção de resultados sustentáveis no negócio. Em uma instalação com diversas variáveis influenciando o desempenho produtivo é necessário implementar ações de melhorias objetivando o aumento da fluidez do processo como um todo (Corrêa & Corrêa, 2017).

Para Tompkins et al. (2010), o *layout* está diretamente ligado com o sucesso de um empreendimento, entendendo que os arranjos físicos das instalações influenciam o sistema produtivo como um todo e impactam os indicadores de produtividade e lucratividade da empresa. Entre os ganhos que podem ser obtidos através do desenvolvimento de um projeto de *layout* destacam-se o aproveitamento do espaço físico (Lin & Wang, 2019; Shewale, et al., 2012), a redução do *lead time* (Suhardi, et al., 2019), a redução de distâncias percorridas (Liu, et al., 2018) e a redução de custos (Ali Naqvi, et al., 2016).

Mas projetos de *layout* ainda desafiam a capacidade de decisão dos planejadores, envolvendo elementos qualitativos ou quantitativos nas soluções. Neste ponto, as abordagens processuais são utilizadas como alternativas para o desenvolvimento de *layout* de instalações (Ali Naqvi et al., 2016; Shahin & Poormostafa, 2011), em especial com apoio do Planejamento Sistemático de Layout (*Systematic Layout Planning - SLP*) (Benitez, et al., 2018; Lin & Wang, 2019; Mardberg, et al., 2018; Suhardi, et al., 2019).

Este trabalho aborda o caso do departamento aeroespacial de uma grande empresa brasileira com rendimento operacional insatisfatório na área de cromagem, segundo sua Direção. A este fato, soma-se o aumento da demanda identificado pela empresa objeto de estudo implicando na necessidade de mudanças físicas no local de operação e seus resultados. Tal problema levanta a seguinte questão de pesquisa: como aumentar o rendimento operacional de um setor produtivo e simultaneamente melhorar o aproveitamento da área instalada? Com esta orientação, o estudo visa melhoria de desempenho no processo de cromagem por meio de readequação do *layout*. O projeto das ações é desenvolvido com aplicação do SLP. A proposta de novo arranjo físico tem como objetivos principais o aumento da produtividade e a redução do espaço ocupado. O artigo apresenta rápidas bases teóricas para ampliação do entendimento conceitual e fundamentação de decisões. Na sequência, tem-se os aspectos metodológicos adotados. Depois, descrição e implicações do estudo de caso. Por fim, as conclusões da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

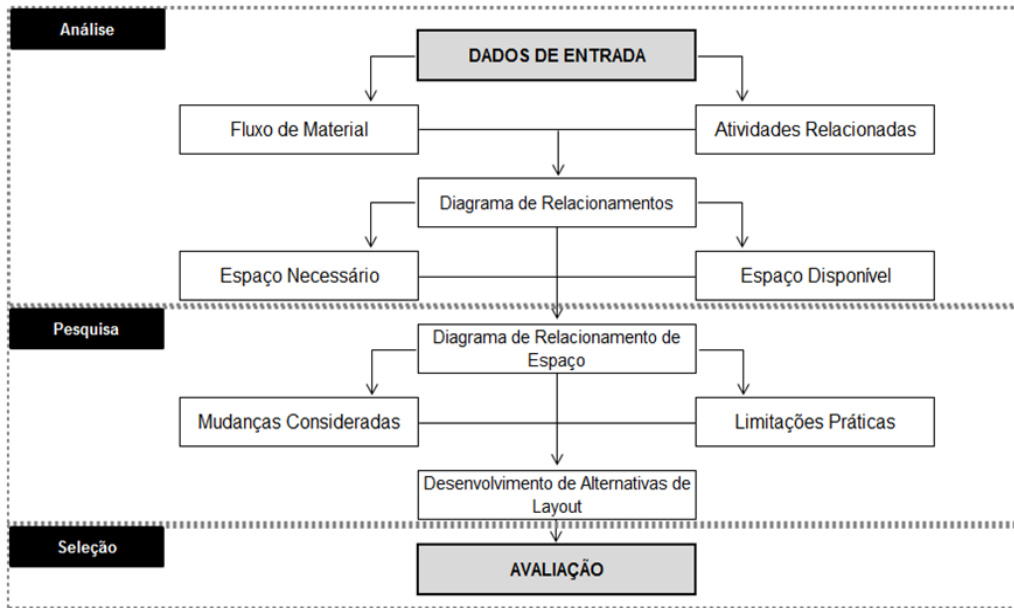
O SLP é uma metodologia elaborada para a execução de estudos em *layouts* (Britto, et al., 2015). Porém, muito além do que propor mudanças de arranjo físico, o SLP considera a análise de atividades conexas, envolvendo questões de transporte e movimentação de peças (Muther, 1978). Sendo uma abordagem processual amplamente aplicada em projetos de



layout, há uso do SLP tanto em sistemas produtivos manufatureiros (Ojaghi, et al., 2015) como em operações de serviços (Benitez, et al., 2018).

Muther (1978) descreve o método SLP estruturado em fases, seguindo modelos de procedimentos para identificação, classificação de atividades, inter-relações e escolha de alternativas inseridas em contexto de arranjo físico. Tompkins et al. (2010) argumentam que os procedimentos do SLP podem ser divididos em três grandes etapas, denominadas de (i) análise, (ii) pesquisa e (iii) seleção. A Figura 1 ilustra os desdobramentos propostos.

Figura 1. Etapas do SLP



Fonte - Adaptado de Tompkins et al. (2010).

Para definição do macro layout (Liu et al., 2018), o primeiro passo consiste no levantamento dos dados de entrada. Para Muther (1978) são informações referentes à sigla PQRST, que significam: produto (P); quantidade ou volume de produção (Q); roteiro ou sequência do processo de produção (R); serviços de suporte (S); tempos envolvidos na produção (T). Nesta fase de análise, parte-se com a avaliação do fluxo produtivo e análise das atividades relacionadas. Estas informações alimentam o diagrama de relacionamentos. Incluindo a análise dos espaços necessário e disponível, delimita-se a área de espaço para trabalho e levanta-se as propriedades do projeto (Tortorella & Fogliatto, 2008).

O resultado da etapa anterior alimenta a fase de pesquisa. O diagrama de relacionamento de espaço é central para as ações. Nesta fase trabalha-se com a transição de um arranjo físico ideal de espaços para o desenho de propostas plausíveis, conforme as restrições e particularidades vigentes. Após o desenvolvimento das alternativas de layout, inicia-se a fase de seleção. Os projetos então são avaliados quanto à viabilidade de execução e atendimento dos objetivos estratégicos definidos para a instalação (Tompkins, et al., 2010; Tortorella & Fogliatto, 2008).

O SLP é uma das principais metodologias para análise e melhoria de arranjos físicos. O método é explorado em diversas pesquisas, sendo descrito sua aplicação e apontado resultados



práticos (e.g. Petry, 2015; Shewale, et al., 2012; Tak & Yadav, 2012; Wiyaratn, et al., 2013; Xiao, et al., 2012; Yang, et al., 2000). Tak & Yadav (2012) utilizaram o SLP para analisar o *layout* atual de uma empresa de manufatura de componentes automotivos. Propuseram três alternativas de rearranjos. Já Ali Naqvi, et al. (2016) desenvolveram propostas de *layout* com o SLP em uma empresa de médio porte que manufatura componentes para o setor elétrico, reduzindo cerca de 39% o *lead time*, aumentando a produtividade em 64% e reduzindo o custo de transporte em 62%.

Wiyaratn, et al. (2013) aplicaram o SLP em uma fábrica de peixes enlatados. A proposta de mudança foi aprovada e o novo *layout* alcançou redução significativa na distância percorrida por materiais com movimentações, o que impactou em aumento da produtividade na produção. Suhardi, et al. (2019) apoiado pelo SLP e *software* de simulação na produção de roupas reduziu o custo de manuseio de material em aproximadamente 22% e o *lead time* em 34%. Xiao et al. (2012) fizeram uso do SLP em uma montadora de motocicletas, composta por 13 processos. Neste estudo, o *layout* desenvolvido além de contribuir para a melhoria do fluxo dos processos produtivos, potencializou a redução na emissão de resíduos poluentes.

Mardberg, et al. (2018) otimizaram uma área industrial de um fabricante de autopeças com o suporte do SLP. Low & Wong (2017) com o SLP reduziram a distância total percorrida entre departamentos em um fabricante de gabaritos e acessórios em mais de 55% com aumento de produtividade de aproximadamente 34%. Yang, et al. (2000) executaram o SLP para melhoria do *layout* em uma fábrica de semicondutores. O projeto envolveu o uso combinado do SLP com o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para auxiliar na tomada de decisão da melhor alternativa.

Liu, et al. (2018) também utilizou o SLP de forma combinada no planejamento do *layout* de uma planta fabricante de módulos para indústria eletrônica. Neste caso, os resultados apontam em média melhorias de 18% no tempo de ciclo, 18% quanto ao estoque em processo e 55% na distância percorrida. Shewale, et al. (2012) desenvolveram um estudo de caso em um fabricante de compressores, onde aplicou o SLP para reduzir o fluxo de movimentação das peças. A distância entre os processos era de 320 m totais, após as mudanças a distância diminuiu para 143 m, ou seja, redução de 55%. De forma semelhante, Wiyaratn & Watanapa (2010) com o SLP em uma empresa do setor metalmeccânico, reduziu a distância com movimentações de peças em um armazém em 16,5%. Inicialmente o valor encontrado era 227,6 m, com o *relayout* passou para 190,1 m.

Como exemplo de utilização do método SLP em empresas brasileiras pode-se citar o trabalho de Silva & Moreira (2009), que estudaram o *layout* de uma microempresa do setor moveleiro. Em outra pesquisa, Petry (2015) apresentou um estudo aplicado do SLP em uma prestadora de serviços de comunicação visual, em sua área dedicada para a produção de estruturas metálicas. Resultou em duas alternativas de novo *layout*, uma com redução na distância percorrida de 8%, a segunda com redução de 20%.

A Tabela 1 complementa o levantamento executado sobre aplicações do SLP. Não visa espelhar ou esgotar a discussão de uma população, mas representar um extrato de trabalhos encontrados na literatura que exploram o SPL em casos de problemas de *layout*. Percebe-se



que o método SLP pode ser útil em diferentes setores empresariais, porém adequado e efetivo em ambientes produtivos configurados por *layout* funcional ou por processo, situação semelhante ao objeto de investigação desta pesquisa.

Tabela 1. Compilação de estudos levantados sobre aplicações do SLP

AUTOR	SETOR DE ATIVIDADE	TIPO DE LAYOUT
Tak & Yadav (2012)	Automotivo	Funcional
Ali Naqvi et al. (2016)	Eletromecânico	Funcional
Wiyaratn et al. (2013)	Alimentício	Funcional
Xiao et al. (2012)	Automotivo	Funcional
Yang et al. (2000)	Eletroeletrônico	Funcional
Mardberg et al. (2018)	Automotivo	Funcional
Shewale et al. (2012)	Compressores	Funcional
Low & Wong (2017)	Metalmecânico	Funcional
Wiyaratn & Watanapa (2010)	Metalmecânico	Funcional
Liu et al. (2018)	Eletrônico	Funcional
Silva & Moreira (2009)	Moveleiro	Funcional
Petry (2015)	Metalmecânico	Funcional

Fonte - Autores.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

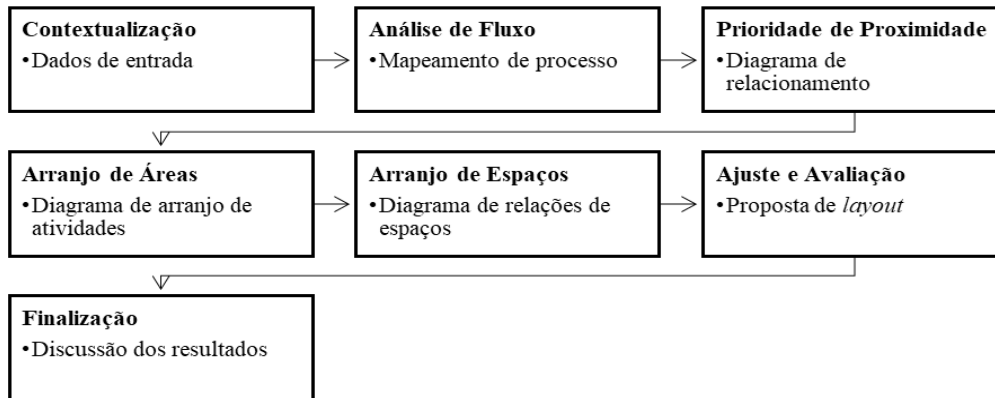
Este trabalho é classificado como uma pesquisa exploratória descritiva (De Massis & Kotlar, 2014). Para apoiar a investigação foi definido o estudo de caso como estratégia de pesquisa, seguindo caminhos já adotados por Da Silva (2016), Dos Santos, et al., (2016) e Camargo, et al., (2018).

3.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A fim de desenvolver uma proposta de novo *layout* para a empresa objeto de estudo, o planejamento e condução das ações foram estruturados pelo método SLP, com origem em Muther (1978). Os procedimentos de coleta e análise dos dados buscando um estado futuro para a instalação investigada são ilustrados na Figura 2, no método de trabalho da pesquisa.



Figura 2. Método de trabalho adotado na pesquisa



Fonte - Autores.

O estudo busca melhorar o desempenho do processo de cromagem em uma grande empresa brasileira por meio da readequação do *layout*. Para geração da proposta de novo arranjo físico o primeiro passo é contextualizar o caso. Além disso, alinhando o projeto de mudanças com a estratégia da empresa, define-se a orientação da pesquisa em função dos seguintes objetivos principais: o aumento da produtividade e a redução do espaço ocupado na unidade investigada. Estas informações iniciais, mais as características do produto, volumes, roteiro, suporte e tempos envolvidos no sistema de produção, permitem o avanço para a fase de análise do fluxo produtivo.

O mapeamento de processo é a ferramenta guia para o levantamento do estado original (atual) do processo de cromagem. Na sequência, tem a fase de avaliação de prioridade para proximidade entre unidades de trabalho. O diagrama de relacionamento é o instrumento de uso, inclusive para admitir fatores qualitativos na tomada de decisão. A quarta etapa é o arranjo de áreas ou unidades de trabalho, onde elabora-se um diagrama de arranjo de atividades sustentado pelos resultados dos passos anteriores. Evoluindo, tem-se o plano de arranjo de espaços, com a representação das unidades de trabalho e suas respectivas dimensões demandadas no diagrama de relações de espaços.

Baseado nas análises anteriores, considerando limitações e necessidades da instalação, ajustes na distribuição das unidades de trabalho e validações são executados para formulação e seleção da melhor proposta de *layout*. Por fim, a etapa de discussão dos resultados alcançados.

4. RESULTADOS

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A empresa objeto de estudo possui planta no sul do Brasil e ampla área de atuação, projetando e desenvolvendo soluções em *hardwares*, *softwares* e serviços. Seus produtos atendem clientes dentro e fora do país. Ao longo dos anos de operação, a empresa adquiriu competências que permitem a realização de serviços altamente especializados e com certificações internacionais, incluindo da indústria aeroespacial.

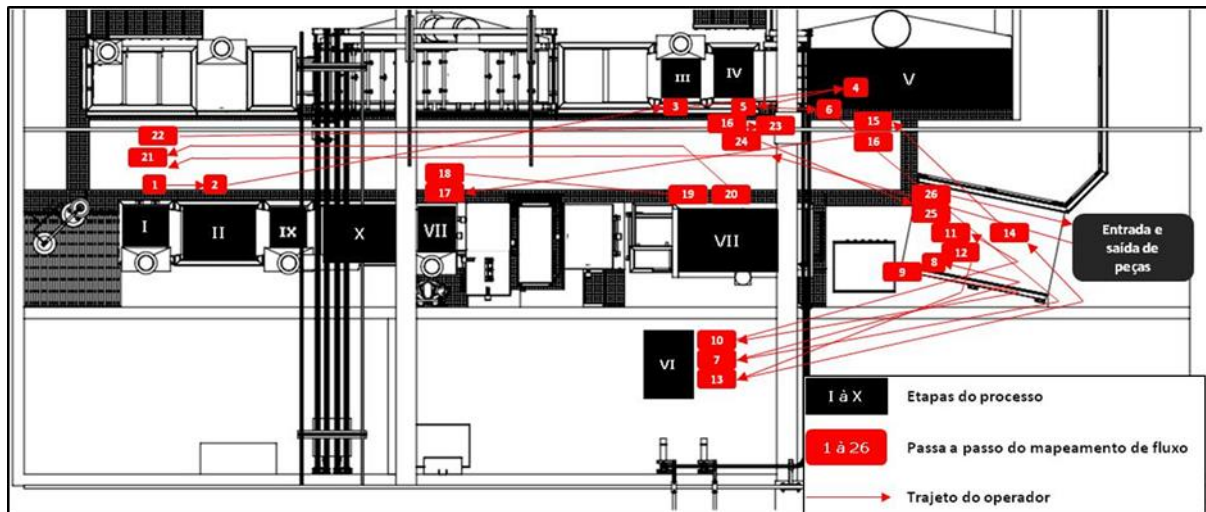


Dentro do departamento aeroespacial há diversos processos, tais como: usinagem; tratamento térmico; processos químicos; ensaios não destrutivos. Na categoria processos químicos está o processo de cromagem de peças, onde este estudo de caso foi realizado. Com o aumento de demanda de produção prevista, a área instalada para o processo de cromagem precisa ser rearranjada. Ademais, outro processo químico deve ser incluído no prédio, a passivação de aços. A Direção da empresa espera com o *layout* atender a previsão de aumento da demanda a partir de ganhos em produtividade e comportar o novo processo químico com a redução do atual espaço ocupado pelo processo de cromagem.

4.2 ANÁLISE DE FLUXO

As principais unidades de trabalho no processo de cromagem do caso pesquisado são: (I) desengraxe alcalino; (II) dupla lavagem; (III) ativação sulflorídrica; (IV) lavagem; (V) banho de cromo; (VI) sala de retificadores; (VII) remoção de isolamento; (VIII) lavagem ultrassom; (IX) decapagem; (X) lavagem de decapagem. A Figura 3 mostra o *layout* original com a distribuição das unidades de trabalho do processo de cromagem e a marcação das etapas do fluxo de processo seguida pela operação.

Figura 3. *Layout* original do processo de cromagem



Fonte - Autores.

A visão detalhada do processo de cromagem é mostrada na Figura 4. Com o mapeamento de processo foi possível separar individualmente as atividades do fluxo produtivo e classificá-las por diferentes tipos: operação; inspeção; espera; transporte; armazenamento. As distâncias percorridas no processo e os tempos aplicados foram medidos. Todo este levantamento é fundamental para especificar as atividades que agregam valor e as atividades que não agregam valor ao processo, além dos elementos do fluxo produtivo que foram quantificados. Em síntese, uma série de argumentos que potencializam a identificação de oportunidades de melhorias no processo e as decisões sobre a instalação investigada.



Figura 4. Mapeamento inicial do processo

Mapeamento de fluxo de processo								
Etapas	Descrição das atividades	Símbolos					Distância (m)	Tempo
		○	→	D	□	∇		
1	Levar peça para dupla lavagem tanque n° 3 e 4				□		9,70	0:00:32
2	Enxague tanque n° 3 e 4 com uso de Scott	○					0,00	0:17:50
3	Levar peça para dupla lavagem tanque n° 15				□		19,50	0:03:28
4	Montagem dos anódos				□		21,00	0:12:24
5	Pegar peça no de lavagem tanque n° 15				□		10,50	0:03:21
6	Levar peça para o banho de cromo				□		10,50	0:03:26
7	Ajustar corrente de ataque	○					11,20	0:01:40
8	Visualizar corrente aplicada no visor		→				130,00	0:01:40
9	Aplicar ataque no banho	○					0,00	0:01:00
10	Ajustar pico de corrente	○					19,50	0:00:29
11	Visualizar corrente aplicada no visor		→				19,50	0:01:29
12	Aplicar pico de corrente	○					0,00	0:02:00
13	Ajustar corrente de cromagem	○					13,00	0:00:15
14	Visualizar corrente aplicada no visor		→				13,00	0:01:15
15	Cromar	○					0,00	1:00:00
16	Inspeção dimensional		→				10,50	0:04:56
17	Levar pra banca				□		5,00	0:03:24
18	Remover isolamento e dispositivos	○					0,00	0:22:02
19	Levar peça para Ultrassom				□		3,00	0:02:11
20	Lavagem no ultrassom	○					0,00	0:15:14
21	Levar peça para dupla lavagem tanque n° 3				□		3,70	0:02:20
22	Enxague tanque n° 3 e 4 com uso de Scott	○					0,00	0:08:40
23	Levar para tanque de água quente				□		3,20	0:02:15
24	Enxague	○					0,00	0:00:55
25	Levar para secagem com ar				□		9,70	0:02:13
26	Secagem manual com ar	○					0,00	0:00:27
Total		12	4	0	10	0	312,50	2:55:27
Resumo								
Símbolo	Atividades	Distância (m)		Tempo	Etapas			
○	Operação	43,70		2:10:32	12			
→	Inspeção	173,00		0:09:20	4			
D	Espera	0		0	0			
□	Transporte	95,8		0:35:34	10			
∇	Armazenamento	0		0	0			
Total		312,5		2:55:27	26			

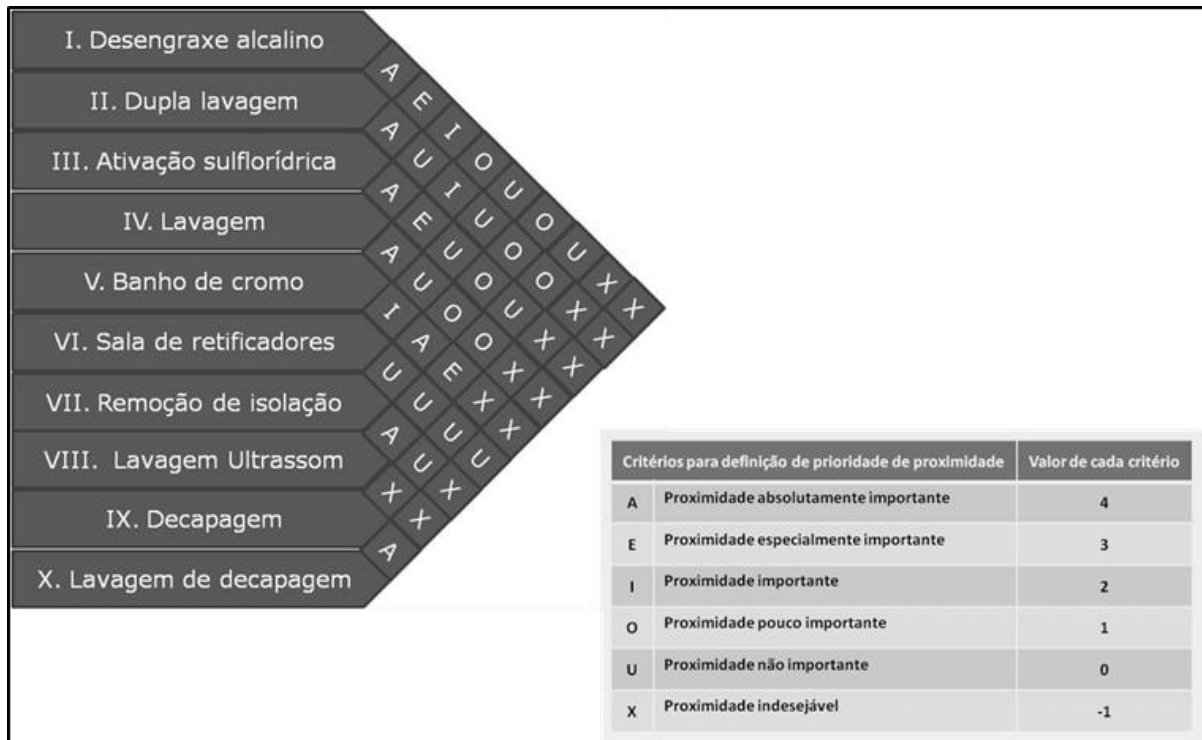
Fonte - Autores.

4.3 AVALIAÇÃO DE PRIORIDADE DE PROXIMIDADE

Nesta fase as unidades de trabalho são avaliadas par a par quanto a prioridade para proximidade física. Seguindo os critérios de Muther (1978), a proximidade entre as unidades de trabalho pode ser classificada como: (A) absolutamente importante; (E) especialmente importante; (I) importante; (O) pouco importante; (U) não importante; (X) indesejável. O diagrama de relacionamento retratando as avaliações realizadas no caso pode ser visto na Figura 5.



Figura 5. Diagrama de relacionamento

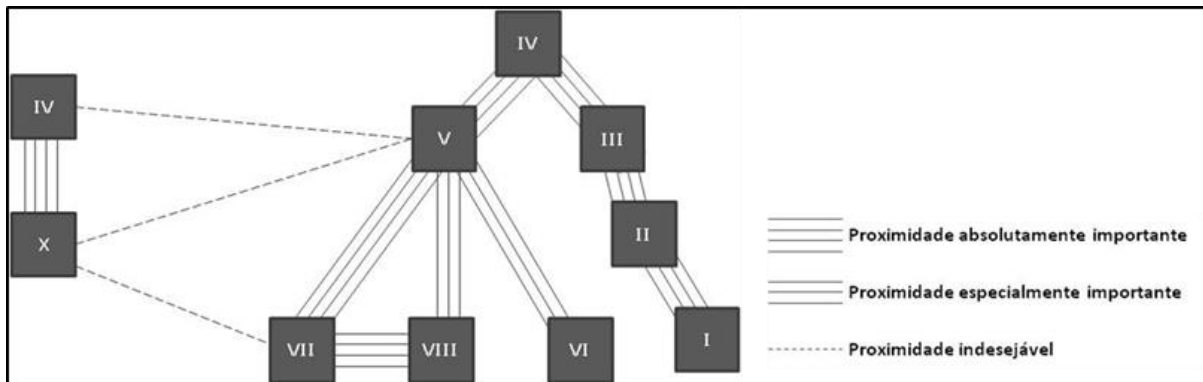


Fonte - Autores.

4.4 ARRANJO DAS ÁREAS DE TRABALHO

A partir dos resultados anteriores, as unidades de trabalho são dispostas atendendo as prioridades do diagrama de relacionamento. Cada critério de prioridade de proximidade está relacionado com um peso (Muther, 1978) e este valor equivale ao número de ligações (linhas) entre as unidades de trabalho. A representação gráfica das relações entre as unidades de trabalho é apresentada na Figura 6.

Figura 6. Diagrama de arranjo de unidades de trabalho



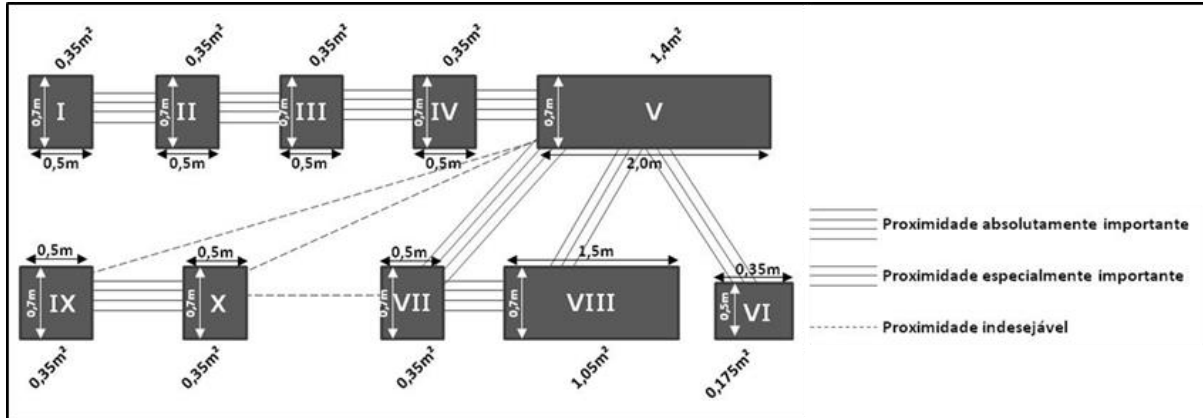
Fonte - Autores.



4.5 PLANO DE ARRANJO DE ESPAÇOS

A evolução do diagrama de arranjo contemplando as áreas físicas necessárias para cada unidade de trabalho já esboça uma distribuição ordenada para a instalação. Este movimento resulta no diagrama de relações de espaços. A Figura 7 representa tal diagrama desenvolvido para o caso.

Figura 7. Diagrama de relações de espaços

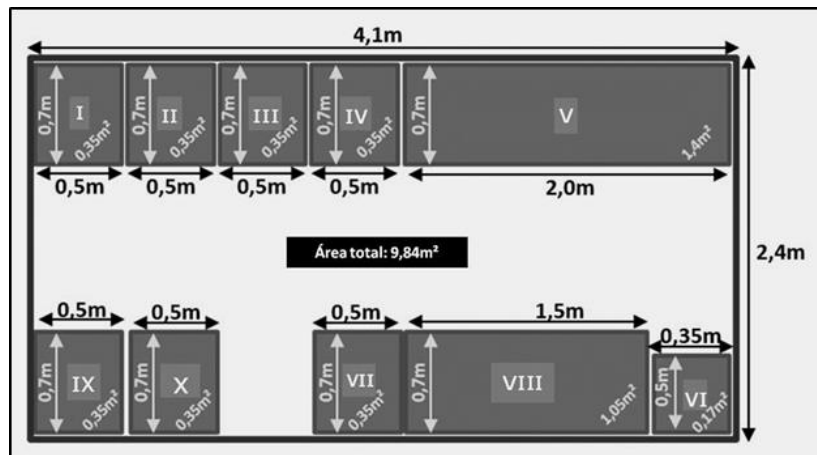


Fonte - Autores.

4.6 AJUSTE E AVALIAÇÃO DO ARRANJO DE ESPAÇO

Considerando os resultados de análises anteriores, mais restrições e necessidades do local de estudo, as unidades de trabalho são distribuídas em direção de uma proposta definitiva de *layout*. A combinação desses pontos é exposta na Figura 8.

Figura 8. Ajuste do arranjo de espaço

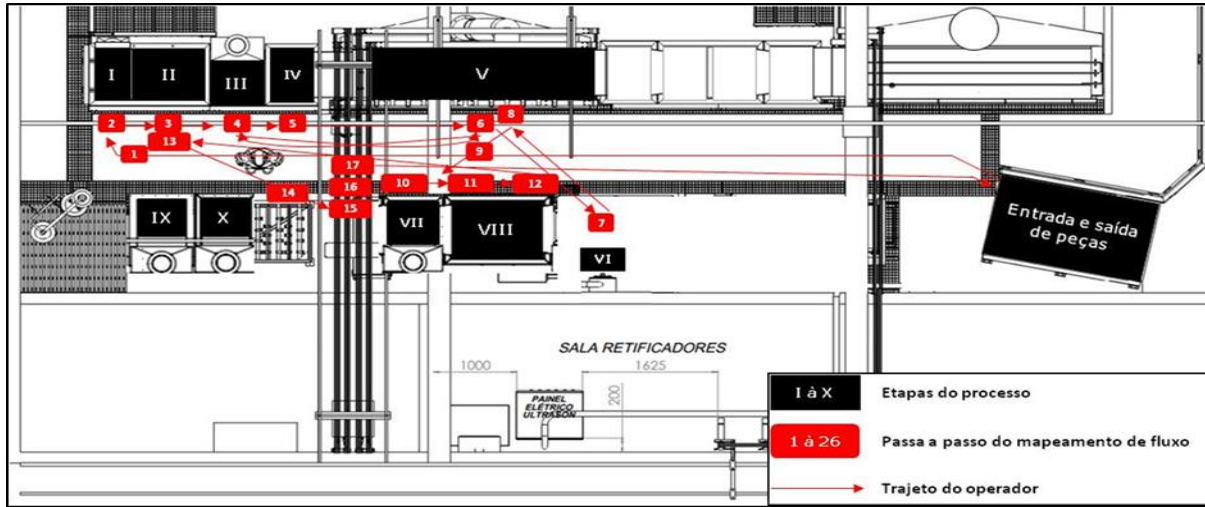


Fonte - Autores.

Já na Figura 9 é possível observar a proposta final desenvolvida para a empresa objeto de estudo, inserida na planta local.



Figura 9. Proposta de *layout* desenvolvida para o processo de cromagem



Fonte - Autores.

A fim de validar a proposta e auxiliar na tomada de decisão final para escolha do novo *layout*, minimizando possíveis efeitos negativos oriundos de decisões subjetivas potenciais com a abordagem processual (Ali Naqvi et al., 2016), foi realizado outro mapeamento de processo ponderando o fluxo produtivo futuro. A visualização antecipada dos elementos de composição do processo produtivo, seus relacionamentos e respectivos impactos colaborativos visam mitigar o risco na escolha de mudança antes da implementação efetiva do projeto de *layout* (Korde, Sahu, & Shahare, 2017; Suhardi et al., 2019). A visão detalhada do processo melhorado de cromagem é mostrada na Figura 10.

Figura 10. Mapeamento futuro do processo

Mapeamento de fluxo de processo								
Etapas	Descrição das atividades	Símbolos					Distância (m)	Tempo
		○	→	□	○	∇		
1	Levar peça para Desengraxe alcalino	○					9,70	0:03:32
2	Lavagem alcalina	○					0,00	0:05:00
3	Dupla lavagem tanque n° 3 e 4				□		1,00	0:03:00
4	Montagem dos anódos				□		7,00	0:05:27
5	Levar peça para o banho de cromo				□		3,50	0:01:42
6	Ajustar corrente de ataque	○					0,50	0:00:18
7	Cromar	○					0,00	1:00:00
8	Inspeção dimensional		→				10,50	0:04:56
9	Levar pra banca				□		1,50	0:02:32
10	Remover isolamento e dispositivos	○					0,00	0:22:02
11	Levar peça para Ultrassom				□		3,00	0:02:11
12	Lavagem no ultrassom	○					0,00	0:15:14
13	Levar peça para dupla lavagem tanque n° 3				□		1,80	0:00:38
14	Enxague tanque n° 3 e 4 com uso de Scott	○					0,00	0:03:00
15	Levar para tanque de água quente				□		0,50	0:00:08
16	Enxague	○					0,00	0:00:55
17	Secagem manual com ar	○					0,00	0:00:31
Total		8	1	0	8	0	39,00	2:11:06
Resumo								
Símbolo	Atividades	Distância (m)		Tempo	Etapas			
○	Operação	0,50		1:47:00	8			
→	Inspeção	10,50		0:04:56	1			
□	Espera	0		0	0			
□	Transporte	28,00		0:19:10	8			
∇	Armazenamento	0		0	0			
Total		39		2:11:06	17			

Fonte - Autores.



5. DISCUSSÃO

Os resultados alcançados têm origem no trabalho conjunto de vários especialistas, acadêmicos e profissionais da empresa objeto de estudo. O planejamento do projeto de *layout* sendo conduzido de forma multidisciplinar oportunizou maior gama de aspectos em análise e saídas mais robustas de decisão. Diferentes perspectivas eram consideradas pelo grupo de trabalho, fortalecendo o engajamento das partes. Mas cabe ressaltar a importância da capacidade e experiência dos planejadores envolvidos no caso para não comprometer a qualidade das decisões, acompanhando o exposto por Shahin & Poormostafa (2011) e Ali Naqvi, et al. (2016). Tais evidências encontradas corroboram com a relevância da gestão de pessoas em projetos de mudanças (Ferreira & Da Silva, 2018; Silva Junior & Da Silva, 2014), aqui contextualizada em planejamento de *layout*.

Ao longo do estudo foram considerados diferentes tópicos, basicamente abrangendo características do produto, volume de produção, sequência produtiva, atividades de suporte, tempos operacionais, espaços disponíveis e demandados (Lin & Wang, 2019). Porém, percebeu-se com o trabalho a influência e a necessidade de outros fatores de decisão pouco explícitos nas ferramentas propostas no SLP (Muther, 1978), como os relacionados a saúde e segurança ocupacional (Mardberg, et al., 2018; Suhardi, et al., 2019), a gestão de operações (Ali Naqvi, et al., 2016) ou a capacidade de rearranjo (Liu, et al., 2018). Neste sentido, o uso combinado do SLP com outros métodos e técnicas pode ser observado como caminho promissor, principalmente em situações mais complexas.

A forma estruturada de aplicação do SLP ajudou no entendimento das etapas de execução e aceitação de suas derivações. A abordagem processual faz uso de análises sequenciais (Ali Naqvi, et al., 2016; Shahin & Poormostafa, 2011; Tompkins, et al., 2010), o que facilitou o desenvolvimento do projeto e o resgate das decisões em situações conflitantes quanto ao posicionamento dos participantes ou o reforço do aprendizado com o histórico de ações.

A proposta de *layout* gerada indica avanços para o processo de cromagem, melhorando seu desempenho. Com as mudanças sugeridas a distância percorrida pela operação dentro da instalação diminuiu 87,52 %, passando de 312,5 m para 39 m. O *lead time* reduziu 25,14 %, de 2h55min passou para 2h11min. O número de etapas no processo produtivo reduziu de 26 para 17 eventos, melhoria de 34,61 %. Os benefícios também atingiram a área ocupada, reduzindo 57,73 % que representam 13,44 m², agora disponíveis para outro uso. A Tabela 2 resume os resultados alcançados.

Tabela 2. Desempenhos melhorados com o novo *layout*

CRITÉRIO DE DECISÃO	LAYOUT ORIGINAL	NOVO LAYOUT	DIFERENÇA
Distância Percorrida	312,5 m	39 m	87,52 %
<i>Lead Time</i>	2h55min	2h11min	25,14 %
Nº de Etapas	26	17	34,61 %
Área Ocupada	23,28 m ²	9,84 m ²	57,73 %

Fonte - Autores.



Os dados finais com o *relayout* implicam no atendimento dos principais objetivos da Direção da empresa, no caso: ganhos em produtividade e a redução do espaço ocupado pelo processo de cromagem. Os desempenhos melhorados convergem para os benefícios encontrados em outras pesquisas (e.g. Ali Naqvi, et al., 2016; Camargo, et al., 2018; Low & Wong, 2017; Petry, 2015; Shewale, et al., 2012; Suhardi, et al., 2019), reforçando a repercussão do arranjo físico sobre a *performance* da operação e sua condição estratégica para os negócios.

As soluções de planejamento de *layout* e respectivos resultados estimados foram significativos para a empresa pesquisada, inclusive contribuindo para o seu nível de competitividade (Corrêa & Corrêa, 2017; Tompkins, et al., 2010). Os achados indicam que reflexões e definições de *layout* em instalações devam configurar os passos gerenciais iniciais em novos empreendimentos ou em iniciativas de melhoria de processos. Até porque, as escolhas derivadas de projetos de *layout* afetam a estrutura das condições de trabalho, os fluxos de agregação de valor, a distribuição física dos recursos produtivos, o manuseio e movimentações internas, a integração entre agentes e recursos, além da flexibilidade no ambiente operacional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pesquisou um caso no departamento aeroespacial de uma grande empresa brasileira com expectativa de mudanças em seu negócio. O estudo alcançou melhorias de desempenho no processo de cromagem por meio de readequação do *layout*. As ações foram desenvolvidas com base na aplicação do Planejamento Sistemático de Layout (*Systematic Layout Planning* - SLP).

A proposta de novo arranjo físico impactou positivamente na empresa a partir da redução na distância percorrida em operação, redução do *lead time*, redução do número de etapas no processo produtivo e redução da área ocupada. Tais resultados implicam na possibilidade de o negócio atender novas demandas de produção previstas e alocar um novo processo químico compartilhando as atuais áreas construídas, objetivos destacados pela Direção no início do projeto.

Por mais que o estudo de caso restrinja a generalização dos achados de pesquisa, julga-se que a descrição do caso aplicado em processo de cromagem da indústria aeroespacial contribui para a literatura especializada, ampliando o conhecimento dos temas tratados, em especial sobre desenvolvimento de projetos de *layout* com o SLP.

O estudo desenvolveu e apresentou uma alternativa de arranjo físico, outras propostas poderiam ser criadas e validadas, superando esta limitação do trabalho. Ainda, mais um plano para pesquisas futuras é incrementar um método específico para a etapa de escolha da melhor proposta final, buscando robustez na tomada de decisão, tanto na forma de chegar na definição como nos critérios utilizados. Outros estudos podem explorar o uso de ferramentas computacionais para simulação de cenários ou a utilização de algoritmos de otimização para o desenvolvimento de soluções, principalmente em casos de ambiente produtivo nacional.



REFERÊNCIAS

Ali Naqvi, S. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., & Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1207296), 1–13.

doi: 10.1080/23311916.2016.1207296

Benitez, G.B., Fogliatto, F.S., Cardoso, R.B., Torres, F.S., Faccin, C.S. & Dora, J.M. (2018). Systematic layout planning of a radiology reporting area to optimize radiologists' performance. *Journal of Digital Imaging*, 31(2), 193–200.

doi: 10.1007/s10278-017-0036-9

Britto, G.L.de, Melo, I.F.G., Arcieri, A.M.A. & Barreto, F.R. (2015). Aplicação da metodologia SLP na melhoria do layout de uma linha de produção de chuveiros. *XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2015)*, 1–14. Fortaleza.

Camargo, A.O., Da Silva, M.G., & Simões, W.L. (2018). Contribuições de um evento kaizen para a produção de painéis eletrônicos automotivos: um estudo de caso. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(4), 24–43. Retrieved from

http://www.periodicos.ufes.br/BJPE/article/view/V04N04_02

Corrêa, H.L., & Corrêa, C.A. (2017). *Administração da produção e operações - manufatura e serviços: uma abordagem estratégica* (4^a). São Paulo: Atlas.

Da Cas, F., Da Silva, M.G., Luz, D.F. Da, & Pacheco, D.A.J. (2015). Implicações da redução de setup na produtividade da indústria farmacêutica. *Revista GEINTEC*, 5(1), 1764–1779.

doi: 10.7198/S2237-0722201500010014

Da Silva, M.G. (2016). Jidoka: Conceitos e aplicação da autonomia em uma empresa da indústria eletrônica. *Espacios*, 37(2), 17. Retrieved from

<http://www.revistaespacios.com/a16v37n02/16370218.html>

De Massis, A., & Kotlar, J. (2014). The case study method in family business research: Guidelines for qualitative scholarship. *Journal of Family Business Strategy*, 5(1), 15–29.

doi: 10.1016/j.jfbs.2014.01.007

Dos Santos, A. R., Da Silva, M. G., Teixeira, R., Pacheco, D. A. J., & Da Luz, D. F. (2016). Implicações da gestão de fornecedores no ambiente de desenvolvimento simultâneo tridimensional de suprimentos. *Espacios*, 37(15), 7. Retrieved from

<http://www.revistaespacios.com/a16v37n15/16371507.html>

Ferreira, R. S., & Da Silva, M. G. (2018). Lean office: uma aplicação no planejamento de ordens de manutenção. *Revista de Iniciação Científica da ULBRA*, (16), 187–203. Retrieved from

<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/ic/article/view/4682>

Korde, M. R., Sahu, A.R., & Shahare, A. (2017). Design and development of simulation



Citação (APA): Alves, E., Da Silva, M.G., Bianchini, V.U. & Da Silva, R.M. (2019). Melhoria de desempenho no processo de cromagem de peças aeroespaciais com aplicação do SLP. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4): 97-112.

model for plant layout. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 3(9), 446–449.

Lin, Q.-L., & Wang, D.-J. (2019). Facility layout planning with SHELL and Fuzzy AHP Method Based on human reliability for operating theatre. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019, 1–12.

doi: 10.1155/2019/8563528

Liu, Y.-S., Tang, L.-N., Ma, Y.-Z., & Yang, T. (2018). TFT-LCD module cell layout design using simulation and fuzzy multiple attribute group decision-making approach. *Applied Soft Computing*, 68, 873–888.

doi: 10.1016/j.asoc.2017.10.026

Low, X. F., & Wong, K. Y. (2017). Redesign and simulation of facility layout in a manufacturing company. *Jurnal Mekanikal*, 40(2), 53–60.

Mardberg, P., Fredby, J., Engström, K., Li, Y., Bohlin, R., Berglund, J., Vallhagen, J. (2018). A novel tool for optimization and verification of layout and human logistics in digital factories. *Procedia CIRP 72 - 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 545–550.

doi: 10.1016/j.procir.2018.03.158

Muther, R. (1978). *Planejamento do layout: sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blücher.

Neuhaus, C. A., Da Silva, M. G., & Pacheco, D. A. J. (2014). Implicações de manufacturing execution systems na gestão da qualidade industrial. *Revista GEINTEC*, 4(5), 1489–1500.

doi: 10.7198/s2237-0722201400050016

Ojaghi, Y., Khademi, A., Yusof, N.M., Renani, N.G., & Hassan, S.A.H. bin S. (2015). Production layout optimization for small and medium scale food industry. *Procedia CIRP - 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing*, 26, 247–251.

doi: 10.1016/j.procir.2014.07.050

Petry, C. (2015). *Proposta de arranjo físico através do método SLP em um ambiente operacional de uma empresa de comunicação visual*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Shahin, A., & Poormostafa, M. (2011). Facility layout simulation and optimization: An integration of advanced quality and decision making tools and techniques. *Modern Applied Science*, 5(4), 95–111.

doi: 10.5539/mas.v5n4p95

Shewale, P. P., Shete, M. S., & Sane, S. M. (2012). Improvement in plant layout using systematic layout planning (SLP) for increased productivity. *International Journal of Advance Engineering Research and Studies*, I(III), 259–261.

Silva, Monica Gomes da, & Moreira, B. B. (2009). Aplicação da metodologia SLP na reformulação do layout de uma microempresa no setor moveleiro. *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2009)*, 1–12. Salvador.



Citação (APA): Alves, E., Da Silva, M.G., Bianchini, V.U. & Da Silva, R.M. (2019). Melhoria de desempenho no processo de cromagem de peças aeroespaciais com aplicação do SLP. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4): 97-112.

Silva Junior, R. F., & Da Silva, M. G. (2014). Implicações a partir da implementação do erp em uma empresa do setor EPC (Engineering, Procurement and Construction). *Espacios*, 35(11), 19. Retrieved from

<http://www.revistaespacios.com/a14v35n11/14351119.html>

Simões, W. L., Dalla Vecchia, R., & Da Silva, M. G. (2015). Proposição de um modelo de otimização para programação da produção em Sistema Flexível de Manufatura (FMS) com tempos de setup dependentes da sequência: a combinação de esforços em sequenciamento e tempos de preparação na indústria eletrônica. *Produto & Produção*, 16(1), 81–99.

doi: 10.22456/1983-8026.50034

Suhardi, B., Juwita, E. & Astuti, R.D. (2019). Facility layout improvement in sewing department with Systematic Layout planning and ergonomics approach. *Cogent Engineering*, 6(1597412).

doi: 10.1080/23311916.2019.1597412

Tak, C.S., & Yadav, L. (2012). Improvement in layout design using SLP of a small size manufacturing unit: A case study. *IOSR Journal of Engineering*, 2(10), 1–7.

doi: 10.9790/3021-021030107

Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., & Tanchoco, J.M.A. (2010). *Facilities Planning* (4th ed.). United States of America: John Wiley & Sons.

Tortorella, G.L. & Fogliatto, F.S. (2008). Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. *Produção*, 18(3), 609–624.

doi: 10.1590/S0103-65132008000300015

Wiyaratn, W., & Watanapa, A. (2010). Improvement plant layout using systematic layout planning (SLP) for increased productivity. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 4(12), 1382–1386.

Wiyaratn, W., Watanapa, A. & Kajondecha, P. (2013). Improvement plant layout based on systematic layout planning. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(1), 76–79. <https://doi.org/10.7763/ijet.2013.v5.515>

Xiao, Y., Cheng, Y., & Jia, Q. (2012). Application of SLP in plant layout based on low carbon logistics. *Advanced Materials Research*, 424–425, 314–317.

doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.424-425.314

Yang, T., Su, C.-T. & Hsu, Y.-R. (2000). Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. *International Journal of Operations and Production Management*, 20(11), 1359–1371.

doi: 10.1108/01443570010348299

