

## Projeto De Automação Do Processo De Fabricação De Corantes: Um Estudo De Caso

Carolina de Padua Fernandes, José Tomadon Júnior, Luiz Francisco Sanches Buzachero

**Resumo:** Para elevar a presença de uma empresa no mercado de trabalho, atualmente, muitas delas estão procurando pela evolução de seus processos, e uma das principais maneiras é através da automação de seus processos, com estudo de maquinários e mapeamento de arranjo físico e tempo do processo. Uma indústria química da cidade de Franca-SP conta com um processo de fabricação totalmente manual e com a competitividade do mercado aumentando, almeja automatizar etapas de sua linha de produção para que ocorra melhora no seu tempo de processamento, aumento na produtividade e na visibilidade dentro do mercado. Para isso foi desenvolvido um projeto de automação das etapas que mais influenciaram no processo, detectadas através de pesquisas descritivas, estudo de caso e idas a campo. Foi estabelecida automação para duas etapas, peneiramento e aquecimento de água, utilizando maquinários e sistemas desenvolvidos pela pesquisadora. Além da sugestão de um novo arranjo físico e o mapeamento de um novo fluxo de valor para a linha produção após as mudanças. Como possibilidade para um estudo futuro sabe-se que o processo pode ficar ainda mais robusto com a interligação de todas as etapas, e a automação da etapa de pesagem.

**Palavras chave:** Automação, Tempo, Processamento, Produtividade, Mapeamento.

### Automation Project For The Dye Manufacturing Process: A Case Study

**Abstract:** To increase the presence of a company in the job market, many companies are currently looking for the evolution of their processes, and one of the main ways is through the automation of their processes, with study of machinery and mapping of physical arrangement and process time. A chemical industry in the city of Franca-SP has a fully manual manufacturing process and increasing market competitiveness, aiming to automate steps of its production line so that it can improve processing time, increase productivity and visibility within the market. For this it was developed an automation project of the steps that most influenced the process, detected through descriptive research, case study and field trips. The automation was established for two steps, screen and water heating, using machines and systems developed by the researcher. And was suggested a new physical arrangement and a new value stream map to the production line. As a possibility for future study it is known that the process can become even more robust with the interconnection of all stages and with the automation of the weighing stage.

**Key-words:** Automation, Time, Processing, Productivity, Mapping.

#### 1. Introdução

O processo evolutivo das indústrias brasileiras começou a se desenvolver junto ao fim da crise de 1929, porém só se efetivou com o início da industrialização no final da Segunda Guerra Mundial e perdura pela sociedade até o presente momento, onde os estudiosos consideram a era da automação industrial ou Terceira Revolução Industrial (DESCOMPLICA, 2017), que une processos mecânicos/manuais à tecnologia da informação.

Devido ao grande crescimento dessa revolução, diversas empresas – de todos os setores – estão, cada vez mais, buscando profissionais que os auxiliem na automação de seus processos, para que seus serviços não percam visibilidade e espaço no mercado.

Segundo Moraes; e Castrucci (2010, p. 12):

Entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços. Exemplos: automação da mineração, da manufatura metálica, dos grandes processos químicos contínuos.

O presente apresenta o desenvolvimento de um projeto de automação para uma indústria de pequeno porte, onde todos os processos são realizados de forma artesanal, suficientes para produzir uma quantidade reduzida de produtos, que satisfazem o fluxo do mercado atual da empresa, mas que não o serão caso o proprietário resolva expandir suas vendas. Em todos seus sub processos são encontrados riscos a segurança do funcionário e alto tempo para finalização dos processos, pela organização do ambiente de trabalho e do maquinário utilizado.

O objetivo é estudar as etapas do processo da empresa, levantar os requisitos necessários para realização da automação em pontos cruciais, propor um novo arranjo físico e por fim, disponibilizar ao proprietário um projeto contendo todas as mudanças e benefícios (produtividade, segurança) à sua Indústria.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Produção

Com o passar dos anos, estudos surgiram sobre o tema produção e produtividade, novas formas de organização e gerenciamento da produção apareceram. Em conjunto, começaram a surgir ideias e conceitos sobre como a automação está ligada a essa produção. O quanto se valoriza as melhorias para satisfazer o cliente, sejam através de tecnologias, ou um melhor arranjo do local de trabalho.

Relacionado diretamente a produção, o termo produtividade “é a procura incessante por melhores métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de se obter melhoria da produtividade com o menor custo possível” (MARTINS e LAUGENI - 2005, p.2). Hoje em dia, essa é uma definição em alta, as empresas buscam, cada vez mais, trazer qualidade aos seus produtos para satisfazerem seus clientes e conquistarem ainda mais mercado.

#### 2.1.1 Arranjo Físico

O modo como é feita a distribuição dos maquinários e processos dentro de uma fábrica tem muito a dizer sobre perdas e ganhos na produtividade. O arranjo físico, como é conhecido, se refere segundo CHIAVENATO em Gestão da Produção (2014, p. 113):

Ao planejamento da configuração do espaço físico a ser ocupado e representa a disposição de pessoas, máquinas e equipamentos necessários à produção dos produtos/serviços da empresa. O arranjo físico pode se referir também à localização física de diversos órgãos ligados direta ou indiretamente à produção para facilitar o relacionamento entre eles.

É importante, portanto, fazer a análise da movimentação de funcionários durante o ciclo produtivo para verificar quais movimentos poderiam ser evitados ou diminuídos. Com a execução de um Diagrama de *Spaghetti* – desenho do fluxo do processo, através do direcionamento de todos os movimentos de ida e volta - é possível obter esse dado e verificar como um novo arranjo deverá ser.

### 2.1.2 Lead Time

Com a aplicação da automação em processos muito se fala sobre a redução do tempo gasto durante a produção, ou melhoria contínua, que leva à otimização da linha fabril, para produzir mais em um menor espaço de tempo. Esse tempo é conhecido por *lead time*, “uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados” (TUBINO, 2000).

Uma das melhores maneiras de se obter o *lead time* é utilizando o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), uma vez que esse promove a visualização de todo o processo produtivo, demonstrando o fluxo de materiais e informações (ABDULMALEK; RAJPGOPAL, 2007). Ou seja, o MFV é “o simples processo de observação direta do fluxo de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com melhor desempenho” (JONES; WOMACK, 2004).

Assim é possível analisar onde pode haver desperdícios na linha de produção, e comparar como o maior uso de tecnologias em troca da mão de obra humana pode melhorar a entrega de resultados.

### 2.1.3 Classificação dos Sistemas Produtivos

Toda linha de produção possui uma organização sistêmica, que visa auxiliar no entendimento das peculiaridades que cada sistema e suas atividades, possuem. Os principais tipos de sistemas produtivos são quatro: contínuos; discretos - em massa, em lotes e sob encomenda. (TUBINO, 2017)

Destaca-se o sistema de produção em lotes, que é caracterizado pela fabricação de determinado produto em lotes, em que cada lote segue uma série de operações dependentes entre si (TUBINO, 2017).

## 2.2 Automação

A automação apareceu na humanidade a muito tempo, sem a definição propriamente dita do conceito, mas com a sua execução prática. Um exemplo clássico é a invenção da roda, que ocorreu por volta de 3500 a.C. (antes de Cristo) (BBC News, 2017) e é possível inferir conceitos de automação, já que através dela o meio de transporte dos povos foi melhorado, tornando-se mais rápido e menos desgastante ao homem. Outros grandes exemplos são encontrados até chegar-se a automação nos dias de hoje, que visa melhorar os processos de uma indústria, um investimento, um sistema.

A automação visa de um modo geral, fazer com que os diferentes níveis de uma empresa sejam modificados para favorecer, ao mesmo tempo, o trabalhador – com a otimização de atividades repetitivas - e a produtividade da empresa. Independente de seu porte – micro, pequeno, médio ou grande - é um processo importante para todos e em todas as áreas, pois traz competitividade e vitalidade às empresas (MORAES e CASTRUCCI, 2010).

Para otimizar as atividades repetitivas, algumas operações serão realizadas por um equipamento, e para que obtenha-se o funcionamento desejado são utilizadas técnicas que controlem a produção (sistema) da melhor maneira – sistemas de controle.

## 3. Metodologia

O presente trabalho foi conduzido com características de uma pesquisa descritiva, uma vez que se analisou o ambiente de trabalho da Indústria, e observaram-se seus problemas; e

pesquisa explicativa, já que além da análise, houve uma identificação das causas raízes dos problemas.

A estratégia para obtenção do estudo completo da automação na empresa Courotec está demonstrada na Figura 1.

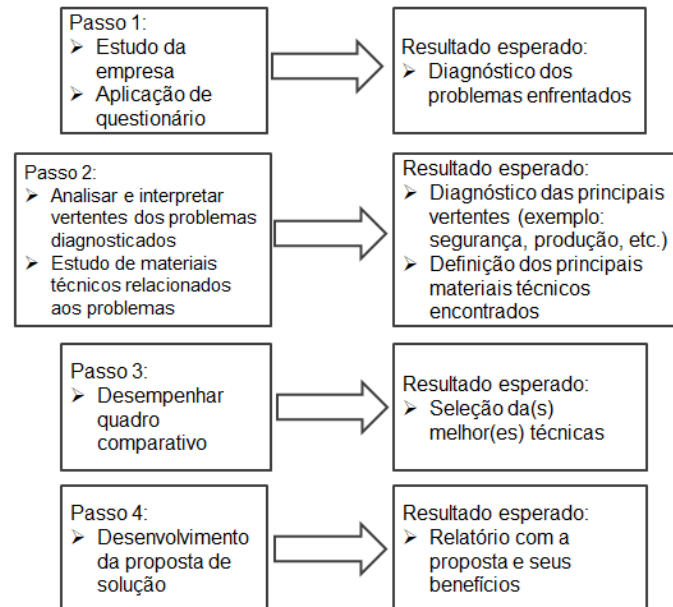


Figura 1 - Etapas do trabalho

Fonte: Autoria própria

#### 4. A Empresa

A empresa Courotec, sediada na cidade de Franca, interior de São Paulo trabalha na preparação de corantes, com a matéria prima - ácidos azoicos - importados da Índia, e o sal - NaCl micronizado - comprado em território nacional. A fabricação dos corantes tem como base principal o corante azóico, ou como são conhecidos na indústria química, azocorantes, definidos como “compostos coloridos insolúveis em água, que são realmente sintetizados sobre a fibra durante o processo de tingimento” (FORGIARINI, 2006).

A partir da matéria prima, é possível fabricar dois diferentes tipos de corantes: líquidos e pó. Esse sistema produtivo segue a classificação em lote, já que para iniciar a mistura é preciso que todos os materiais estejam peneirados/aquecidos, e pesados (caso contrário, o processo fica parado); e após o início da mistura é preciso esperar para que se inicie outra ordem, uma vez que os processos possuem peculiaridades e precisam ser inspecionados de tempo em tempo, até que se realize os testes de qualidade.

#### 5. Resultados

##### 5.1 Estudo Aprofundado da Empresa

A partir da avaliação dos processos, percebeu-se que os principais problemas ocorrem quanto:

a) À ergonomia, em que o funcionário precisa segurar uma elevada carga até a balança e depois retirá-la. E, além do peso elevado, acaba estacionando em posições curvadas, prejudiciais a sua coluna;

b) A imprecisão humana, pois os funcionários quem controlam o momento no qual a balança atinge o valor desejado. E, foi possível observar que ao manusear as embalagens, mesmo depois de pesadas, os funcionários não tinham cuidado com o conteúdo, e uma quantidade não aferida de material acabava desperdiçada, e não descontada no final das medições;

c) Também foi notado que quanto maior a quantidade de corante a ser fabricado, maior será a quantidade de sal peneirada e maior o tempo que o funcionário levará para executar a ação; acarretando em aumento no tempo final de fabricação. Fato esse que pode fazer com que a fabricação dure uma manhã toda, ou uma tarde toda, e assim, prejudique um ritmo de produção acelerado e aumento de lucros;

Usualmente, infere-se que a origem principal para o encontro desses problemas se dá devido ao fato da empresa ser de pequeno porte, e ter o pensamento centralizado na ideia de que com essa escala de produção consegue atender seus principais clientes; mas, se houver expansão de mercado, a produção não aguentará. Além, da cultura dos próprios funcionários, que relatou estar acostumado com a dificuldade e a quantidade de movimentos repetitivos que precisa executar.

### 5.1.1 Mapeamento do Arranjo Físico

Com a análise da movimentação dos funcionários durante a preparação de uma receita de corante líquido foi possível diagramar o seguinte (Figura 2) mapa:

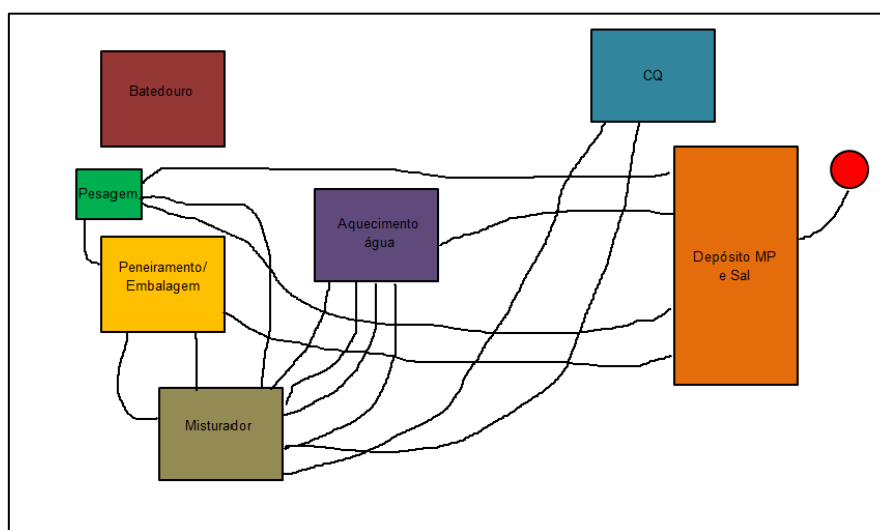


Figura 2 - Diagrama de Spaghetti

Fonte: Autoria própria

É possível observar logo de início que a distribuição do processo no espaço físico da empresa afeta a movimentação dos funcionários durante a produção, ocasionando em uma metragem de aproximadamente 93 metros. A matéria prima que é utilizada em mais de um momento no processo e possui um peso elevado fica distante do restante do processo, gerando possíveis desperdícios. Assim como a não padronização na localização de cada etapa conforme elas acontecem no ciclo produtivo.

### 5.1.2 Medição do tempo de processo

Durante a realização das visitas e observação de como o processo de produção dos corantes ocorria houve a medição do tempo gasto para realizar a produção de um pedido padrão, 300

kg de corante. Com essa informação e a análise do fluxo de informação foi possível desenhar o mapa de fluxo de valor do cenário atual da indústria, apresentado na Figura 3.

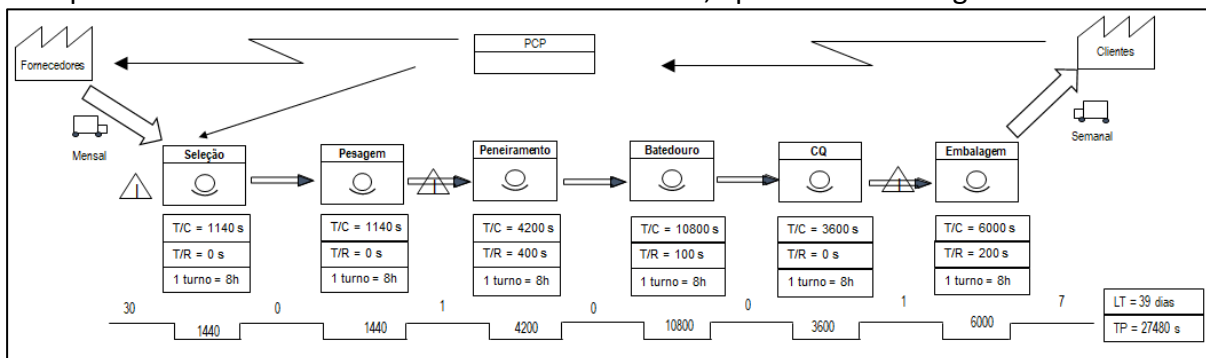


Figura 3 - Mapeamento do cenário atual fabricação corante pó

Fonte: Autoria própria

Obteve-se que o tempo de ciclo (TP) da fabricação do corante em pó é 27480 segundos, aproximadamente, 7 horas e meia. Com tempo de setup, para ajuste do processo de 11 minutos.

Já o cenário (Figura 4) obtido para a fabricação do corante líquido foi:

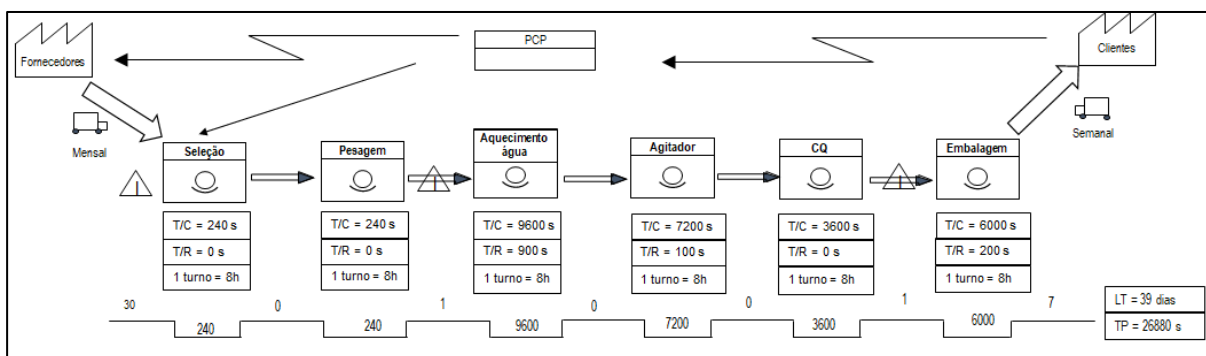


Figura 4 - Mapeamento cenário atual fabricação corante líquido

Fonte: Autoria própria

Em que o tempo de ciclo é 26880 segundos, aproximadamente, 7 horas e 20 minutos. Com tempo de setup, para ajuste do processo de 20 minutos.

É possível perceber que os principais pontos de estoque são de matéria prima e produto acabado, devido à produção ser em lote (como citado na Seção 4) e uma etapa depender da outra, seguindo contínuas pelas características de cada ordem solicitada. Já o prazo para entrega do fornecedor é alto pois, algumas matérias são importadas e isso causa insegurança nos prazos, gerando excesso ou falta do material.

### 5.1.3 Estudo de técnicas e maquinários

A partir de todos os resultados obtidos com as ações da Seção 3 obteve-se informações suficientes para então se estudar os sistemas de controle e maquinários que pudessem otimizar o tempo das etapas: aquecimento de água e peneiramento do sal, para aumento da produtividade, melhoria do processo e da qualidade de vida do funcionário.

Houve um intensivo foco em prol do encontro de um circuito/sistema que atingisse os objetivos de modo preciso, muitas pesquisas online e bibliográficas foram realizadas; além do contato com profissionais especializados.



## 5.2 Proposta e seus benefícios

### 5.2.1 Arranjo Físico

No intuito de minimizar a movimentação do operador e os retrabalhos sugere-se levar o misturador (utilizado no processo líquido) para próximo ao novo sistema de aquecimento de água (Seção 5.2.2). Bem como, dividir o estoque principal de matérias primas em dois, disponibilizando no galpão de produção, materiais em forma de *Kanban*, para que o operador não precise caminhar a cada nova ordem até o galpão principal, e com o uso do *Kanban* (quantidades máximas e mínimas), modelo exemplificado na Figura 5, saiba o momento de reabastecer o estoque secundário sem o risco de o material acabar no meio de uma produção.

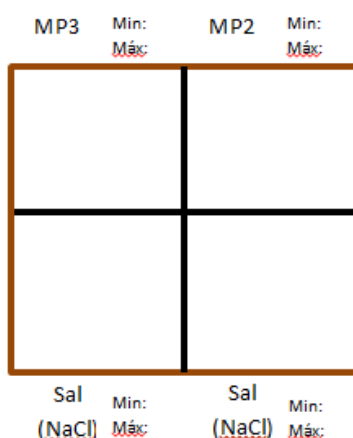


Figura 5 – Organização Pallets

Fonte: Autoria própria

A ideia é que o pallet de armazenamento de material seja dividido em quatro, e diferentes sacarias, identificadas por etiquetas no chão, sejam colocadas lado a lado, otimizando o espaço e o trabalho do operador. Devido ao grande uso de NaCl ele ocupará dois espaços no pallet.

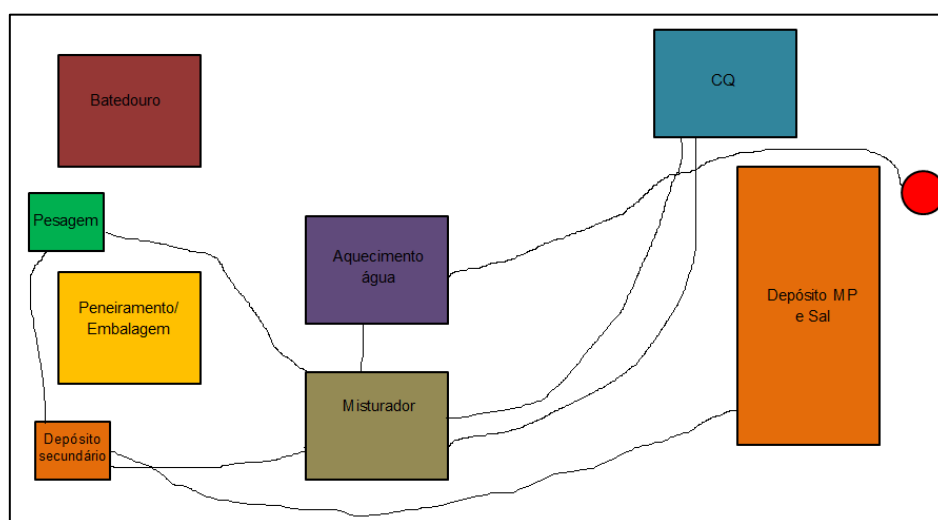


Figura 6 - Sugestão de Novo Layout

Fonte: Autoria própria

Com o novo layout (Figura 6) a movimentação do operador diminuirá significativamente, passando de 93 metros percorridos em uma produção para 57 metros, e ainda passará a executar os passos em fluxo contínuo – misturador – depósito secundário – pesagem - misturador (durante a produção). Ainda haverá a necessidade da movimentação mais longa no momento dos testes de qualidade, devido ao fato de que o laboratório de CQ (Controle de Qualidade) não pode ficar exposto e possui acesso restrito.

### 5.2.2 Automação

A partir do estudo foi decidido que para a otimização do aquecimento de água será utilizada uma resistência elétrica tipo sobre borda em conjunto com o sistema de controle de nível desenvolvido pela pesquisadora (Figura 7).

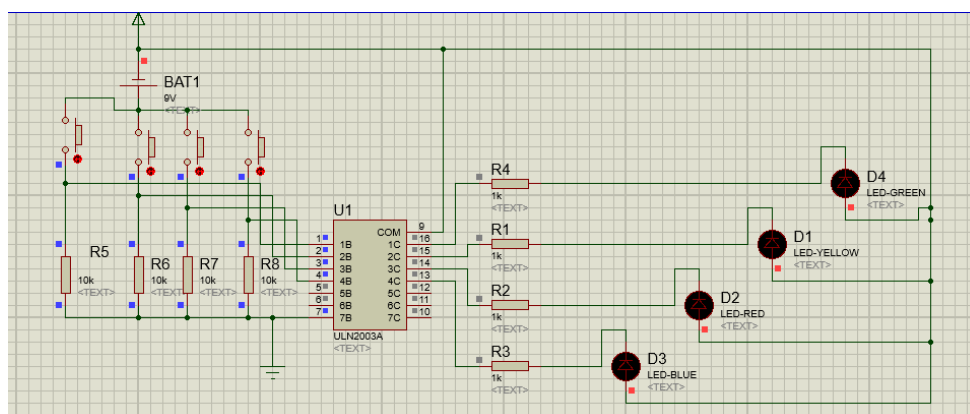


Figura 7 - Desenho esquemático controle de nível

Fonte: Autoria própria

Pela necessidade do processo, de aquecer apenas o fluido água, foi detectado que o uso de uma resistência já acelera o tempo da etapa e beneficia o operador, sem necessidade de instalação de equipamentos mais robustos que possam trazer um aumento significativo (sem necessidade) no gasto de energia da fábrica.

Assim, o novo processo de aquecimento de água contará com: instalação de um tanque dimensões  $1m \times 0,5m \times 0,5m$ , mangueira de borracha enfaixada (para que a água aquecida seja depositada diretamente no misturador), torneira, resistência elétrica tipo sobre borda e o sistema visual de controle de nível.

Já a otimização do sistema de peneiramento será realizada com a implantação do sistema Peneira Elétrica Fácil (Figura 8).





Figura 8 – Peneira Elétrica Fácil  
Fonte: Verde Equipamentos

A opção foi escolhida pela sua praticidade na movimentação para diferentes locais e na adaptabilidade, já que podem ser utilizados diferentes formatos de peneira em seu suporte.

### 5.2.3 Tempo de processo

Para encontrar a melhoria no tempo do processo devido à automação na etapa de aquecimento de água foi preciso calcular qual seria o novo tempo de aquecimento para cada litro de água.

Uma vez que o novo processo usará uma resistência, a troca de calor se dará pelo mecanismo de transferência de calor, condução (HALLIDAY, 2009), onde pode-se encontrar o tempo que essa transferência levará através da fórmula:

$$Q = P \cdot t, \text{ onde } Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Sabe-se que  $P$  é 5000 W,  $t$  é o tempo gasto,  $Q$  a quantidade de calor,  $c$  o calor específico (cal/g°C),  $m$  a massa da quantidade a ser aquecida, em gramas, e  $\Delta T$  a variação de temperatura.

Portanto:

$$Q = 1 \cdot (2,3 \times 10^6) \cdot 25 = 5,75 \times 10^6 \text{ cal} = 24,07 \times 10^6 \text{ J}$$

Assim, o novo tempo gasto para aquecer a água será:

$$t = \frac{24,07 \times 10^6}{5000} = 4813,9 \text{ segundos} = 80 \text{ minutos}$$

Sabendo que para o enchimento do tanque o tempo médio será de 23 minutos, contando que a vazão média da mangueira seja 10l/min. O tempo total da etapa de captura/aquecimento de água será 103 minutos, melhorando o tempo da etapa em um total de 57 minutos, 35%.

Já o ganho no processo devido à automação da etapa de peneiramento pode ser mensurado através das notações contidas no manual da Peneira Elétrica Fácil, onde se informa que é possível peneirar até 3m<sup>3</sup> de material por hora. Considerando que a média de material peneirado por ordem é  $m = 300\text{kg}$ , e que (HALLIDAY, 2009):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Onde  $d$  é a massa específica,  $kg/m^3$ ,  $m$  a massa,  $kg$  e  $V$  o volume,  $m^3$  (valor que se quer encontrar). Pela literatura (HALLIDAY, 2009) a densidade da água a 25°C é:

$$\rho = 998 \frac{kg}{m^3}$$

Portanto:

$$V = \frac{300}{998} = 0,3m^3$$

Ou seja,

$$3m^3 = 1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos}$$

$$0,3m^3 = 0,1 \text{ hora} = 6 \text{ minutos}$$

Tendo em vista que o tempo de peneiramento era 70 minutos, espera-se que o tempo de processo após a automação decresça em 64 minutos, 91%.

A partir de todas as mudanças sugeridas, juntamente com as melhorias no tempo de processo que as mesmas trarão, o novo cenário do fluxo de produção para a fabricação do corante em pó será:

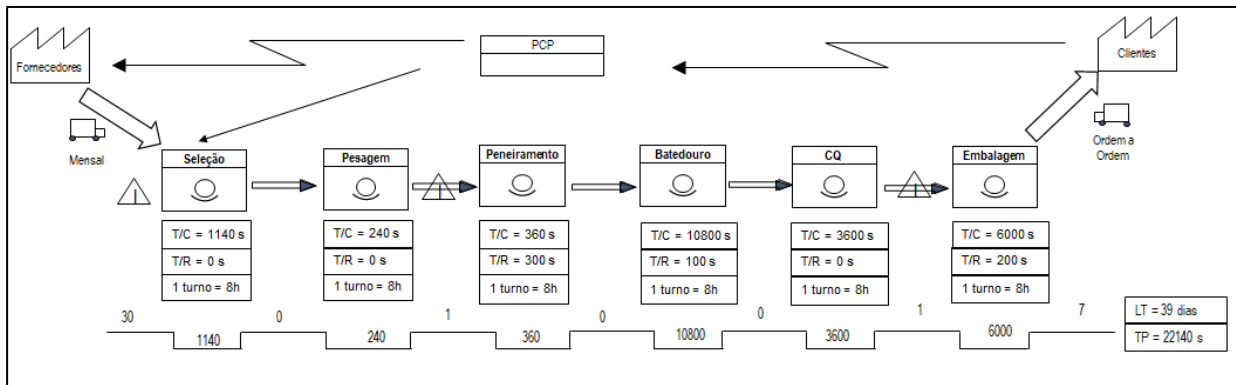


Figura 9 - Cenário fluxo do processo do corante pó com as melhorias

Fonte: Autoria própria

Nota-se pela Figura 9 que o tempo de ciclo caiu significativamente em 1 hora e meia, já que o tempo de processamento do peneiramento foi reduzido com a automação e com o posto de Kanban o tempo de seleção da matéria prima também teve uma redução.

O cenário do corante líquido se torna o apresentado na Figura 10, com as mudanças sugeridas.

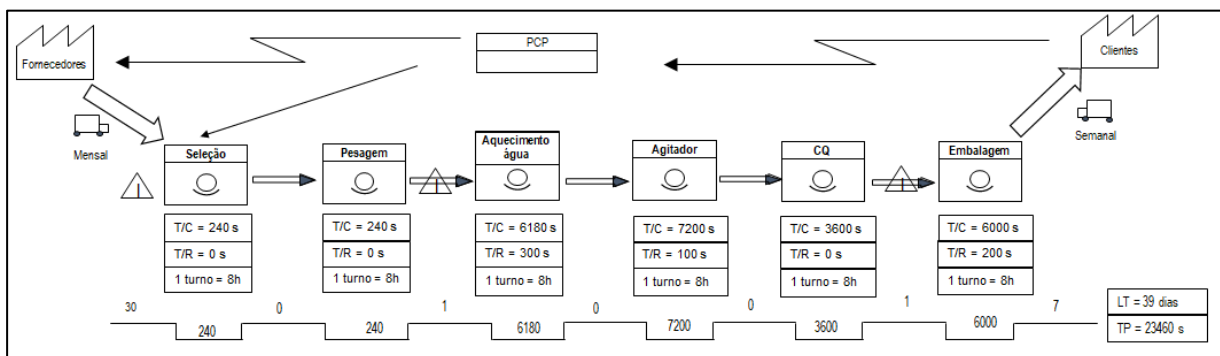


Figura 10 - Cenário fluxo do processo do corante líquido com as melhorias

Fonte: Autoria própria

Houve uma alta melhora no tempo de ciclo nesse cenário também, devido a automação do aquecimento de água, reduzindo o tempo total de fabricação para 6 horas e meia. Bem como uma melhora de 50% no tempo de setup, uma vez que a preparação que era realizada pra o aquecimento da água (separação de madeiras, acendimento da chama) não precisará mais ocorrer.

Apesar de todas as melhorias no tempo de processamento e no setup, ainda não foi possível melhorar significativamente o *lead time*, uma vez que os principais fornecedores são indianos e entregas mais rápidas se tornam de difícil viabilidade pela distância e alto custo. Quanto ao tempo de produto acabado será possível melhorar a rapidez da sua entrega conforme a automação entrar na cultura da produção e a empresa adquirir mais clientes.

## 6. Conclusão

A evolução de uma indústria do patamar de manual para automatizada requer tempo, planejamento e processamento dos projetos muito bem estabelecidos. Entender como cada processo ocorre no estado presente e captar como os funcionários e gerência gostariam de melhorar é fundamental.

Através do desenvolvimento do presente trabalho que tinha como finalidade a entrega de um projeto com a automação de etapas de um processo de fabricação de corantes, que apresentasse as melhorias que essa mudança traria para a produtividade e para os operadores, foi possível um contato diário com uma indústria e com os problemas que ela enfrenta.

Apresentou-se uma proposta ao proprietário da indústria, assim como na Seção 5.1 onde houve relato de todos os problemas levantados e as soluções para os principais deles (aquecimento de água e peneiramento do sal). Sabe-se que o projeto beneficiará em mais de uma hora o tempo de processamento de todos os dois processos desenvolvidos na Courotec (líquido e pó), bem como decairá o setup do processo líquido em 50%. Números esses que são extremamente significativos e possibilitarão um aumento na quantidade de corante fabricado por dia, além de trazerem robustez para uma empresa que objetiva melhorar sua presença no mercado, sobressaindo seus concorrentes e conquistando novos clientes.

Como possibilidade para um estudo futuro sabe-se que o processo pode ficar ainda mais robusto com a interligação de todas as etapas, de modo que após o peneiramento o sal já escorra para uma balança, que realizará a pesagem de modo automático (com a apresentação de um projeto para automação desta etapa também), e os resíduos restantes para um local de armazenamento. E ao fim da pesagem, já seja possível iniciar a mistura sem muitas movimentações, possibilitando que o processo se torne contínuo.

## Referências

ABDULMALEK, F. A; RAJGOPAL, J. **Analyzing the benefits of Lean manufacturing and VSM via simulation: a process sector case study.** International Journal of Production Economics, v.107, n.1, p. 223-236,2007.

ANSCHAU, C. T. et al. **Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo.** Chapecó, 2018. ANAIS – Engenharia de Produção, UCEFF.

CASTRUCCI, P.L; MORAES, C.C.M. **Engenharia de automação industrial**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da produção: uma abordagem introdutória**. 3ª ed. Barueri: Manole, 2014.

FORGIARINI, Eliane. **Degradação de Corantes e Efluentes Têxteis pela Enzima *Horseradish Peroxidase (HRP)***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro Tecnológico, da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 31. 2006.

LAUGENI, F.P; MARTINS, P.G. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, D. F. **Planejamento de controle da produção: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2017.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2009.

VIEIRA, A.C.S, et al. **Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) em uma indústria moveleira**. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017.