ESTUDO DE CASO E ANÁLISE ECONÔMICA SOBRE A VERTICALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE TUBOS DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS INFLAMÁVEL UTILIZADOS EM ELETRODOMÉSTICOS

Rafael Eller Riscaroli,

Felipe Gesser Battisti

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado na empresa Ponto XY, fabricante de eletrodomésticos da linha branca.Tal empresa produziu aproximadamente um milhão de eletrodomésticos no ano de 2020, atuando tanto no mercado nacional quanto no internacional. Neste cenário, o crescente aumento no consumo de bens e serviços faz com que a competitividade no mercado aumente, o que impulsiona as empresas a buscarem aperfeiçoar seus processos produtivos e planejamentos estratégicos a fim de reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos. Dentre as formas para alcançarem tais resultados, deve ser avaliada a capacidade técnica e a viabilidade econômica de produção interna ou por terceiros. É neste sentido que se dá o desenvolvimento deste trabalho, o qual tem por objetivo analisar a capacidade técnica e a viabilidade econômica para a verticalização da fabricação de tubos de distribuição de gás inflamável utilizados em eletrodomésticos, os quais são fabricados a partir de processos de fabricação mecânica, especificamente trefilação, laminação, dobramento, estampagem de corte e forjamento. Realiza-se a análise de cada processo para avaliar sua capacidade e seus parâmetros, permitindo computar os investimentos necessários para a verticalização desta demanda e os benefícios gerados, possibilitando realizar a análise econômica do projeto a partir dos indicadores financeiros de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback simples. A análise econômica resultou em VPL de R$ 331.812,23 com TIR de 51% a.m., correspondendo a Payback simples inferior a dois meses, o que resulta em um projeto com alto índice de aprovação.

Palavras-chave: *Linha Branca. Verticalização de produção. Processos de fabricação. Análise econômica.*

1. INTRODUÇÃO

A evolução das indústrias e a acirrada concorrência forçam as empresas a buscar por alternativas que os mantenham competitivas no mercado que atuam, superando

assim o aumento de concorrentes, fusões entre empresas e o aumento da exigência entre os clientes (VEY *et al.*, 2014).

O setor de eletrodomésticos está em crescente expansão no Brasil, no qual registrou o recorde de faturamento no terceiro trimestre de 2020, com receita de R$ 4,3 bilhões, o qual gerou um crescimento de 114,8% ao ano anterior, superior à média do mercado nacional que teve o aumento de 85,1% (E-COMMERCE BRASIL, 2020). Tais aumentos, impõe as indústrias de linha branca a vivenciar momentos de transformações em seus processos produtivos, as quais buscam por estratégias de produção que agreguem maiores benefícios para a companhia (CALIFE; NOGUEIRA; FILHO, 2010).

Devido às dificuldades enfrentadas pelas indústrias fabricantes de eletrodomésticos classificados como de linha branca, Hayes *et al.* (2008) descreve que determinar quais atividades devem ser realizadas internamente e quais devem ser terceirizadas a fornecedores é uma das decisões estratégicas mais importantes com a qual empresas deparam-se.

Assim como outras companhias do setor, a companhia Ponto XY[1] sonda métodos de produtividade que reduzem os custos de fabricação de componentes utilizados na montagem dos produtos e aumenta a qualidade do produto entregue ao cliente.

A companhia Ponto XY é uma empresa pioneira no mercado de linha branca, responsável por produzir aproximadamente 1 milhão de eletrodomésticos em 2020. Entre estes, estão os produtos que utilizam gás inflamável, como os Fogões de Piso, *Cooktop* e Churrasqueiras, produtos estes que utilizam um tubo de distribuição, conforme ilustra a Fig. 1, a qual é responsável por distribuir o gás inflamável entre os queimadores do equipamento.

[1]Adotou-se o nome fictício Ponto XY para a empresa no decorrer deste trabalho por motivo da confidencialidade.

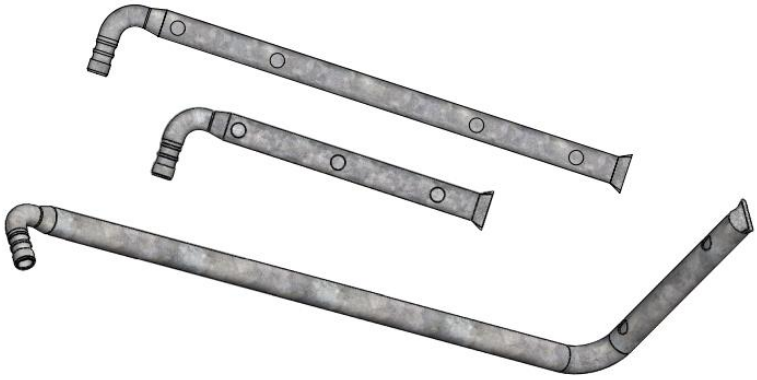


Figura 1. Exemplos de tubos de distribuição (OS AUTORES).

Com o princípio de reduzir o custo dos produtos adquiridos pela companhia Ponto XY, dá-se a importância de avaliar a capacidade para verticalizar o processo produtivo dos modelos fabricados por terceiros, visto que já é realizada a fabricação de itens similares internamente e apenas uma parte é terceirizada no momento.

A fabricação dos tubos é realizada a partir de processos de conformação mecânica, a qual Bresciani Filho *et al.* (2011) descreve como processos de conformação plástica, no qual comumente aplica-se tensões inferiores ao limite de resistência à ruptura do material e permite a fabricação de peças com a utilização do material em seu estado sólido.

O desenvolvimento deste trabalho é de grande importância para a companhia Ponto XY, pois a verticalização desta produção pode agregar diversos benefícios, como redução de custo, maior utilização dos recursos internos, maior controle de qualidade e menor *lead time*, ou seja, menor tempo de resposta para a chegada dos componentes na linha de montagem do produto final.

Este trabalho objetiva avaliar a verticalização da produção dos tubos de distribuição, em que será avaliado a disponibilidade da célula de trabalho, a capacidade de produção em cada processo, a necessidade e desenvolvimento de adequações, dispositivos e ferramentas. Posteriormente, realizar o estudo de viabilidade econômica e financeira sobre a verticalização da produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, inicialmente, contextualiza-se o setor de eletrodomésticos de linha branca. Então, são apresentados os métodos de produção e as particularidades das abordagens vertical e horizontal, os indicadores de desempenho de equipamento e os processos de fabricação dos tubos de distribuição.

2.1. Indústria de Linha Branca

A indústria de linha branca é responsável por produzir eletrodomésticos que contribuem com atividades realizadas diariamente por seus consumidores, poupando-lhes tempo e permitindo-lhes realizar outras tarefas (DINIZ, 2010). Neste mercado, entre os principais produtos estão os fogões, fornos micro-ondas, refrigeradores, freezers verticais e horizontais, lavadoras de roupas e de louças (ROTTA; COELHO; MEDONÇA, 2013).

Conforme descreve Mascarenhas (2005), o Brasil apresenta um dos países com um dos maiores mercados de eletrodomésticos em volume do mundo. Tal fator atraiu várias empresas multinacionais ao país, motivando assim as grandes transformações que o setor vem enfrentando desde 1994.

Atualmente, as empresas estão enfrentando grandes desafios devido ao mercado competitivo, os quais impulsionam a busca por alternativas que proporcionam redução de custos e o desenvolvimento de produtos diferenciados, com maior qualidade e menor prazo de entrega (CALIFE; NOGUEIRA; FILHO, 2010).

2.2. Métodos de Produção - Verticalização e Horizontalização

As empresas estão sempre em busca de aprimorar a qualidade e eficiência dos seus processos, assim como de melhorar a sua gestão de negócios para aumentar sua aderência ao mercado de atuação. Desta forma, é possível avaliar a produção

como vertical ou horizontal, as quais são definidas a partir de uma reestruturação organizacional (CORRÊA, 2021).

O método de produção vertical busca realizar os processos dentro da empresa, sem o envolvimento de terceiros. Método este, já utilizado por grandes empresas, as quais buscavam produzir todos os itens de consumo para fabricação e montagem de seus produtos, preservando assim o controle e as tecnologias empregadas no processo de produção e de seus negócios (ALVES, 2019).

Já a horizontalização, de acordo com Borinelli (1998), consiste em realizar a compra de componentes/ produtos de fornecedores externos, fatores estes que estimulam o nascimento de pequenas empresas, as quais iniciam sua produção especificamente para atender demandas de outras empresas.

A terceirização da produção apresenta fatores positivos e negativos para as indústrias, em que Borinelli (1998) descreve como fator positivo a concentração da empresa em realizar somente suas atividades principais, sendo os produtos fabricados por empresas especializadas em cada processo e, consequentemente, os custos fixos passam a ser custos variáveis. Em contrapartida, Aragão, Holanda e Fontana (2016), enfatizam que a partir de uma tomada de decisão errada a produção terceirizada pode trazer consequências negativas para a companhia, como a falta de confiabilidade dos produtos, entregas fora de prazo e menor qualidade dos produtos, os quais podem levar a empresa a reduzir suas vendas e até mesmo à falência.

Já para Marques (2019), a verticalização pode trazer inúmeras vantagens para as companhias, como a autonomia sobre a relação de produção e venda e o uso da própria tecnologia para facilitar o domínio sobre a produção.

2.3. *OEE – Overall Equipment Effectiveness*

De acordo com Alvarenga (2018), a Eficiência Geral de Equipamentos – em tradução livre de *Overall Equipment Effectiveness* (*OEE*) – é um indicador desempenho de um equipamento ou de uma área produtiva, ou seja, ele avalia a produção real com relação à produção ideal.

O resultado do indicador de *OEE* é dado pela multiplicação entre as taxas de disponibilidade do equipamento, eficiência e a qualidade de produção, sendo que seu resultado é expresso em percentual (ZATTAR; RUDEK; TURQUINO, 2010).

A equação utilizada para o cálculo de disponibilidade pode ser diferente entre empresas ou mesmo entre setores, mas mantém a mesma representação: a ocupação de um determinado equipamento em relação às horas totais planejadas (VIANA, 2002).

Conforme descreve Mesquita (2015), às perdas de disponibilidade de um equipamento são as paradas não programadas, ou seja, eventos que interrompem o tempo planejado para produção, como quebras de máquina, falta de material e *setup*.

De acordo com Zattar, Rudek e Turquino (2010), a taxa de desempenho é a relação entre o tempo padrão de produção e o tempo real, enquanto a taxa de qualidade representa a proporção de itens com defeito em relação ao volume total produzido.

2.4. Processos Mecânicos de Fabricação

De acordo com Santos e Quadros (2018), os processos de fabricação tiveram origem a partir das necessidades de sobrevivência, quando o homem primitivo passou a realizar operações de desbaste, polimento e fixação de pedras a outro elemento. Por volta de 4.000 a.C., houve a substituição das pedras por metais, iniciando-se por cobre, bronze e, posteriormente, ferro.

Os processos de fabricação são formas de produzir uma peça com a geometria desejada a partir da transformação de matérias-primas em produtos, os quais são utilizados em grande escala nas indústrias automobilística, de máquinas agrícolas, entre outros (SANTOS; QUADROS, 2018).

Entre as técnicas de fabricação de peças metálicas, a conformação mecânica é um campo de grande importância, em que o material está sujeito a aplicações de esforços mecânicos externos, proporcionando a mudança da geometria e dimensões dos metais (HELMAN; CETLIN, 2010).

Dentre os processos de fabricação mecânica, os processos cobertos neste trabalho são de trefilação, laminação, dobramento, estampagem de corte e forjamento.

2.4.1. Processo de Trefilação

De acordo com Bresciani Filho *et al.* (2011), a trefilação caracteriza-se pelo processo de direcionar uma peça - a qual pode ser um fio, barra ou tubo - através de uma ferramenta denominada fieira que possui em seu centro um furo com diferentes dimensões de diâmetro e ângulos, conforme mostra a Fig.2.

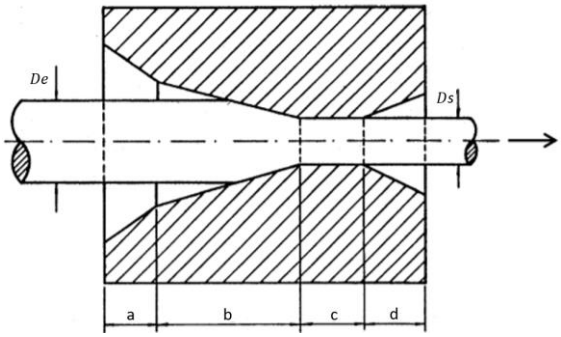


Figura 2. Modelo e regiões internas da fieira: De) diâmetro de entrada, Ds) diâmetro de saída, a) cone de entrada, b) cone de trabalho, c) cilindro de calibração e d) cone de saída do material (Adaptado de BRESCIANI FILHO *et al.*, 2011).

O percentual de redução na área e a forma final podem ser modificados pela geometria da fieira. Normalmente, o processo ocorre à temperatura ambiente, mas a depender o nível de redução final, o processo pode ser realizado em diversos passes e pode ser utilizado o recozimento entre cada passe (SOUZA, 2011).

2.4.2. Processo de Laminação

A laminação dos metais é um processo de conformação que consiste na passagem de uma peça entre dois cilindros rotativos, os quais exercem altas tensões de compressão sobre o material, conforme mostra a Fig. 3. Devido a este processo

proporcionar alta produtividade e bom controle dimensional, ele é um dos processos mais utilizados dentre os de transformação mecânica (LOVATO NETO, 2006).

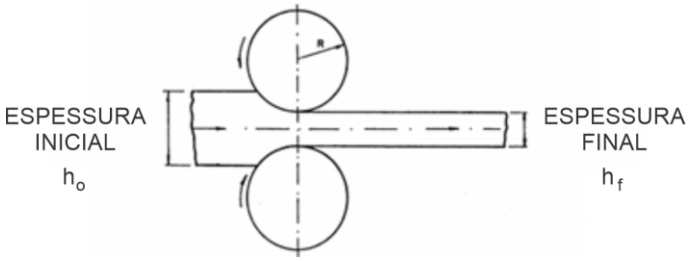


Figura 3. Ilustração do processo de laminação (BRESCIANI FILHO *et al.*, 2011).

2.4.3. Processo de Dobramento de Tubos

O processo de dobramento consiste em utilizar uma peça inicial em forma de tira, a qual são aplicados esforços em duas direções opostas para provocar a flexão e consequentemente a deformação plástica, resultando assim, em duas superfícies em ângulo e com raio de concordância entre ambas (BRESCIANI FILHO *et al.*, 2011).

Os processos de dobramento de tubos têm grande aplicação na fabricação de componentes, com ênfase nas indústrias aeronáutica, de eletrodomésticos, automotiva e para a fabricação de estruturas no setor da construção civil (GONZÁLEZ, 2000).

Entre as formas de realizar o processo, os principais métodos estão apresentados na Fig.4.

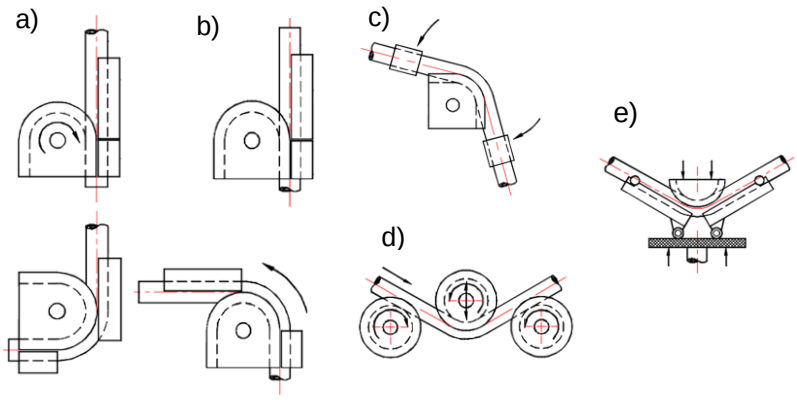


Figura 4. Principais processos para dobramento de tubos (Adaptado de GONZÁLEZ, 2000).

sendo, a) dobramento por tração, b) dobramento por compreensão, c) dobramento por estiramento, d) dobramento por calandragem e, e) dobramento por prensa hidráulica.

2.4.4. Processo de Estampagem de Corte

Os processos de estampagem abrangem as operações realizadas em prensas, com o objetivo de deformar o material, transformando-as em produtos com dimensões precisas e formas geométricas definidas, em que conforme a necessidade de cada produto há processos de estampagem específicos e diferentes parâmetros de processo (DALEFFE, 2008).

Conforme descreve Brito (2004), o processo de estampagem é muito utilizado por proporcionar baixo custo de operação e por sua homogeneidade entre cada peça, o que faz as empresas desenvolverem ao máximo os processos de estamparia, automatizando e simplificando os processos a partir de estudos, planejamentos e projetos.

Conforme mostra a Fig.5, durante o processo de estampagem de corte, a matriz e o punção submete o material a passar por três estágios até o momento do corte da peça, os quais são o esmagamento, cisalhamento e a ruptura (BRITO, 2004).

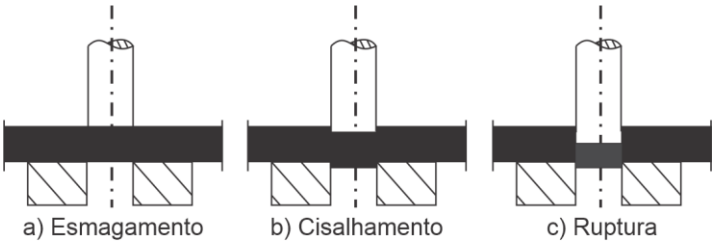


Figura 5. Estágios de corte por estampagem (Adaptado de BRITO, 2004).

2.4.5. Forjamento

O processo de forjamento consiste em realizar a alteração da geometria da peça, a qual comumente é realizada a quente, embora também possa ser efetuado a frio. O processo pode ser executado por martelamento, ou seja, os martelos provocam impactos sobre o material os quais geram a deformações na peça ou a partir de prensas, as quais aplicam pressão gradativamente sobre o material em baixa velocidade (BRESCIANI FILHO *et al.*, 2011).

De acordo com Helman e Cetlin (2010), a operação de forjamento pode ser realizada em matriz aberta ou em matriz fechada, isto é, matrizes abertas são de baixa complexibilidade e com pequena restrição sobre o movimento do material, enquanto matrizes fechadas possuem maior complexibilidade e o material deve adotar a geometria da matriz, conforme mostra a Fig. 6.

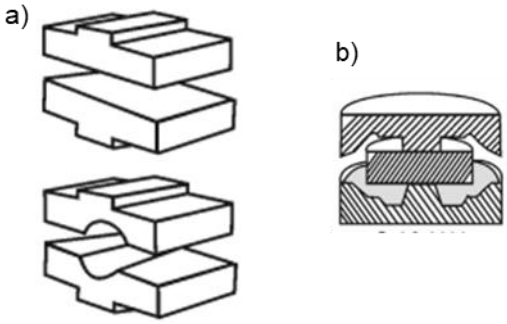


Figura 6. Exemplos de matrizes para forjamento. a) Matriz aberta. b) Matriz fechada (Adaptado de HELMAN; CETLIN, 2010).

2.5. Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira

Para as empresas, um investimento é realizado com o objetivo de aumentar os fluxos de benefícios gerados em seus processos. Conforme descreve Souza e Clemente (2015), um investimento só é caso este apresente perspectiva de retornar benefícios futuros.

Entre os métodos de avaliação, pode estar baseado ao fluxo de caixa, a qual são características principais o fluxo de caixa e avaliados com os indicadores de *Payback,* taxa interna de retorno e o valor no presente líquido ou baseado através de resultados econômicos/contábil, os quais consideram os impactos econômicos de um projeto por meio das demonstrações do balanço patrimonial e resultados. (FREZATTI, 2008).

Entre os diversos tipos de indicadores para análise financeira, para o desenvolvimento de estudo de viabilidade econômica e financeira, as ferramentas utilizadas são: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e o *Payback* Simples.

2.5.1. Valor Presente Líquido

Conforme descrito por Brom e Balian (2007), a análise de Valor Presente Líquido (VPL) busca trazer todos os fluxos de caixas de um projeto de investimento para o valor atual, ou seja, esta análise faz a comparação entre o valor necessário de investimento com os valores de retorno esperados em forma de fluxo de caixa líquido.

Resultados de VPL superiores a zero representam, financeiramente, que se deve dar continuidade ao projeto; por outro lado, para resultados negativos, conclui-se que o projeto deve ser descartado (CAMLOFFSKI, 2014). O cálculo de VPL é dado por

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \frac{FC_t}{(1+i)^t} , \qquad \text{Eq. (1)}$$

em que FC representa o fluxo de caixa, t o momento em que o fluxo de caixa ocorreu, i a taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade e t o período de tempo.

2.5.2. Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um indicador financeiro que representa a taxa média periódica de retorno gerada por um determinado projeto. Ela não depende de informações externas ao próprio fluxo de caixa, isto é, iguala as entradas e as saídas de um projeto, resultando em VPL igual a zero (BROM; BALIAN, 2007). A TIR pode ser calculada por

$$VP = capital + \sum_{t=1}^{N} \frac{F_t}{(1+i)^t} , \quad \text{Eq. (2)}$$

sendo VP o valor presente, $capital$ o valor de investimento, N a quantidade de períodos, F_t a entrada de capital no período t e i a taxa interna de retorno.

2.5.3. *Payback* Simples

O método do *Payback* simples PB é uma forma de avaliar o período necessário para se recuperar o investimento realizado. Por não considerar o custo de capital da empresa, o desenvolvimento deste é simples e rápido (BRUNI; FAMÁ, 2017), sendo obtido como

$$PB = \frac{I}{L} , \quad \text{Eq. (3)}$$

em que I é o investimento realizado no projeto e L o lucro obtido com o investimento.

A validação de um projeto a partir da análise financeira por meio do *payback* simples pode apresentar diferentes resultados. Para *payback* simples menor do que o prazo máximo de recuperação do capital investido, o projeto apresenta viabilidade financeira e deve ser aceito. Caso o *payback simples* seja maior do que o prazo

máximo de recuperação do capital investido, não se deve dar continuidade ao projeto. Finalmente, para *payback* simples igual ao prazo máximo de recuperação do capital investido, é indiferente a continuidade ou não do projeto (BRUNI; FAMÁ, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Em 2020, 88% dos tubos de distribuição utilizados nos produtos fabricados pela companhia Ponto XY foram produzidos internamente. O processo de fabricação dos tubos de distribuição é realizado em uma célula de trabalho composta por quatro máquinas instaladas, as quais são responsáveis por todas as operações de fabricação.

O restante da produção dos tubos de distribuição é realizado por terceiros, o qual corresponde a 12% da produção. O desenvolvimento deste estudo de caso consiste em avaliar a capacidade e a viabilidade econômica em verticalizar a produção destes modelos, visto que a demanda dos produtos que utilizam os tubos de distribuição fabricados por terceiros está em constante aumento, os quais devem passar a representar 28% sobre a produção total, ou seja, a demanda terá um crescimento de 45580 para 128760 unidades anual.

Objetiva-se deste estudo, avaliar a disponibilidade, capacidades de máquina, a necessidade no desenvolvimento de ferramentas, adequações em sistemas de enclausuramento e dispositivos, posteriormente realizar a análise econômica do projeto. A Figura 7 apresenta o processo para o desenvolvimento deste estudo e o respectivo fluxograma das atividades desenvolvidas. Na sequência, cada procedimento é descrito detalhadamente.

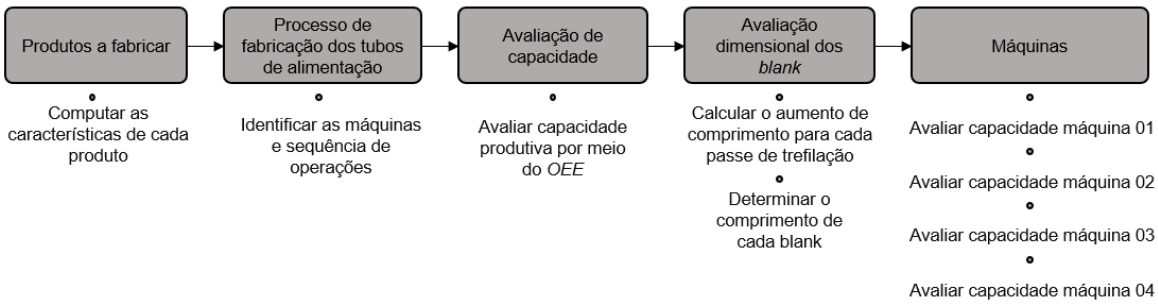


Figura 7. Processo de desenvolvimento do estudo de caso e o respectivo fluxograma de atividades (OS AUTORES).

3.1. Avaliação dos Novos Produtos

A avaliação dos novos produtos é de grande importância para uma produção de qualidade. A partir do detalhamento técnico de cada produto é realizada a avaliação das características que podem impactar o processo de fabricação dos tubos de distribuição, os quais são fabricados em aço ABNT 1010, inicialmente com diâmetro externo de 15,87 mm e espessura de parede de 0,95 mm.

Identificada a mesma geometria de forjamento da extremidade para todos os produtos, adotou-se este como ponto inicial para a avaliação das distâncias entre os furos, conforme apresenta a Fig.8.

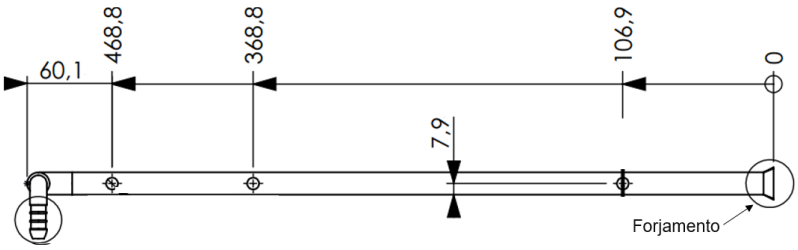


Figura 8. Detalhamento do tubo de distribuição modelo A003 (OS AUTORES).

Características adicionais de cada modelo são apresentadas na Tab. 1, sem suas tolerâncias dimensionais.

Tabela 1. Características dos novos produtos (OS AUTORES).

Item	Produção mensal [-]	Comprimento total [mm]	Número de furos [-]	Distância entre furos [mm]
A001	131	1040,5	4	56,8 - 156,8 - 368,8 - 468,8
A002	3382	883	5	20 - 110 - 170 - 230 - 289
A003	65	1040,5	3	106,9 - 368,8 - 468,8
A004	27	676,1	2	33,5 - 133,5
A005	7527	938,5	6	20 - 140 - 200 - 260 - 320 - 380
A006	573	1262,9	5	57,1 - 222,5 - 100 - 212 - 100

Complementando a Tab. 1 e as demais dimensões apresentadas neste trabalho, as tolerâncias dimensionais não especificadas são adotadas conforme mostra a Tab. 2.

Tabela 2. Tolerâncias dimensionais não especificadas diretamente (Adaptado da NBR ISO 2768-1, 2001).

Dimensões em mm

Classe de tolerância		Afastamentos admissíveis para intervalo de dimensões básicas					
Designação	Descrição	Acima de 0,5 Até 3	Acima de 3 Até 6	Acima de 6 Até 30	Acima de 30 Até 120	Acima de 120 Até 400	Acima de 400 Até 1000
m	médio	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8

3.2. Equipamentos e Processos de Fabricação

Esta avaliação objetiva computar a capacidade de produção de cada máquina para comportar os novos produtos e respectivas quantidades, comprimentos e distâncias entre os furos. Busca-se avaliar quais recursos necessitam de investimentos para desenvolvimento de adequações, dispositivos ou novas ferramentas.

Inicialmente, computou-se o mapeamento do processo de fabricação dos tubos de distribuição com a utilização da ferramenta *SIPOC* - abreviação em inglês dos termos, *Suppliers, Inputs, Process, Outputs* e *Customer* - a qual objetiva mapear as principais entradas e saídas e os processos envolvidos (SANTOS, 2021). O processo para a fabricação dos tubos de distribuição é realizado conforme mostra a Fig.9.

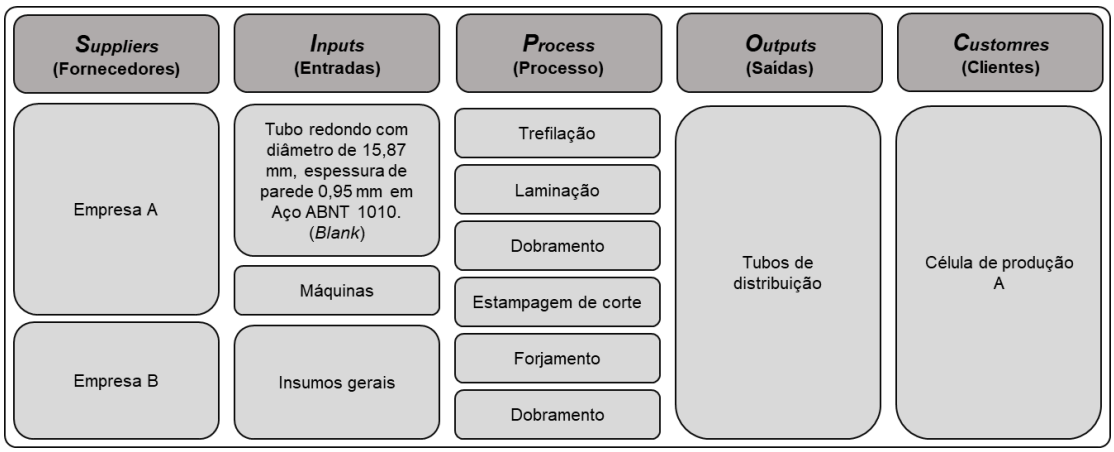


Figura 9. Mapa de processo de fabricação dos tubos de distribuição (OS AUTORES).

Para avaliação de disponibilidade as informações referentes aos tempos de ciclo, de produção, paradas, entre outros, foram coletadas através do sistema *on-line* utilizado pela empresa Ponto XY. Para avaliação de capacidade dos recursos, foram utilizadas as informações referentes a cada equipamento junto à avaliação *in loco* com o *blank* (ou seja, o tubo antes das operações) de cada produto.

3.3. Avaliação *OEE*

Ao iniciar a produção de novos produtos ou ao aumentar a produção, é realizada a avalição de disponibilidade do centro de trabalho para atender à demanda adicional.

O desenvolvimento da avaliação de disponibilidade tem como base a produção mensal e o tempo de ciclo correspondente ao processo gargalo, ou seja, o mais demorado dentre as etapas de fabricação.

Para avaliação de disponibilidade, as paradas de máquina, sejam por estratégia de produção ou manutenções preventivas, não são consideradas, devido ao recurso continuar disponível para trabalho, mas se consideram paradas por manutenção corretiva e paradas não programadas (ALVARENGA, 2018).

A disponibilidade $Disp$ atual da célula de trabalho para atender ao aumento na demanda de produção mensal é dada por

$$Disp = \frac{T_p}{T_{pp}} \,.100\,, \qquad \text{Eq. (4)}$$

sendo T_p o tempo de produção real e T_{pp} o tempo de produção planejada.

Para determinar o tempo de produção dos novos itens, avaliou-se o tempo necessário para cada produto com a eficiência (η) do centro de trabalho, em que Mesquita (2015) descreve que a eficiência calcula as perdas de velocidade durante a produção, incluindo todos os fatores que fazem a produção ser menor do que a máxima possível, isto significa, comparar o tempo em que a peça deveria ser produzida com o tempo real. Tal conceito é expresso por

$$\eta = \frac{T_{ci} \,.\, S_{pp}}{T_p} \,.100\,, \qquad \text{Eq. (5)}$$

sendo T_{ci} o tempo de ciclo ideal e S_{pp} o somatório de peças produzidas.

Complementado o indicador de *OEE* da célula de trabalho, é determinado a taxa de qualidade da produção, a qual é contabilizada a partir das peças que foram segregadas do processo por má qualidade e direcionadas a sucata ou retrabalhadas (MESQUITA, 2015). A Taxa de qualidade é dada por

$$Qualidade = \frac{Peças\ boas}{Total\ de\ peças\ produzidas} .100\ , \qquad \text{Eq. (6)}$$

3.4. Avaliação Dimensional dos *Blanks*

Para desenvolvimento deste estudo e análise técnica de cada equipamento, devem ser determinadas as especificações para cada *blank* em cada operação de trefilação, a qual é um processo sem remoção de material, isto é, o volume de material é constante ao decorrer das operações, o que resulta no aumento do comprimento do tubo.

O comprimento inicial da região a qual é realizado o processo de trefilação é dado por Li, conforme ilustra a Fig.10.

Figura 10. Modelo de *blank* (OS AUTORES).

O processo de redução de diâmetro é realizado a partir da conformação por trefilação. Nela o comprimento inicial L_i é de 47 mm com diâmetro externo no primeiro passe de 15,87 mm e o diâmetro externo de saída desta operação é de 14 mm, na qual o comprimento após a primeira operação é dado por L_f, conforme mostra a Fig.11.

Figura 11. Tubo após o primeiro passe de trefilação (OS AUTORES).

Posteriormente, o tubo de distribuição é direcionado para o segundo passe, em que se conclui o processo de trefilação com diâmetro externo de 12 mm e comprimento final dado por $L_f{}'$, conforme apresentado na Fig. 12.

Figura 12. Tubo após o segundo passe de trefilação (OS AUTORES).

Conforme apresentado no Apêndice A, o comprimento inicial L_i de 47 mm resultou em comprimentos $L_f = 53{,}7$ mm e $L_f{}' =$ 61,5 mm, ou seja, os aumentos de comprimento no primeiro e segundo passe de trefilação são de $x' = 6{,}7$ mm e $x'' =$ 7,7 mm, respectivamente.

Com base nas características dimensionais apresentadas na Tab. 1, o comprimento de cada *blank* dado por $Lblank$ é determinado por

$$\boldsymbol{L_{blank} = L_{prod} - x' - x''} \quad , \qquad \text{Eq. (6)}$$

em que $\boldsymbol{L_{prod}}$ é o comprimento total do tubo conforme produto acabado.

Posteriormente, foram definidas as dimensões dos *blanks* entre cada operação, conforme mostra a Tab.3. Nela, $L_{total}{}'$ determina o comprimento do *blank* após o primeiro passe de trefilação e $L_{total}{}''$ o comprimento do *blank* após o segundo passe de trefilação.

Tabela 3. Características dimensionais de cada *blank* (OS AUTORES).

Modelo	L_{prod} [mm]	L_{blank} [mm]	L_{total}' [mm]	L_{total}''[mm]
A001	1040,5	1026	1032,7	1040,4
A002	883	868,5	875,2	882,9
A003	1040,5	1026	1032,7	1040,4
A004	676,1	661,6	668,3	676
A005	938,5	924	930,7	938,4
A006	1262,9	1248,4	1255,1	1262,8

Após a definição de comprimento de cada *blank*, prossegue-se para a avaliação de capacidade em cada máquina.

3.5. Avaliação de Capacidade das Máquinas

Esta análise tem como objetivo avaliar a capacidade em iniciar a produção dos novos produtos internamente, ou seja, a partir das especificações de cada produto e as respectivas dimensões de cada *blank,* avaliar a capacidade ou as necessidades de investimentos em cada equipamento.

3.5.1. Máquina 01 – Redução de Diâmetro por Trefilação

Para realizar a operação de redução do diâmetro, o *blank* é posicionado para o primeiro passe. Após realizado o processo, transfere-se o tubo para a segunda redução e posiciona-se um novo *blank* na primeira operação e, então, aciona-se o equipamento novamente. Tal processo ocorre conforme apresentado na Fig.13. Assim, a cada ciclo, uma peça sai pronta e outra encontra-se parcialmente processada.

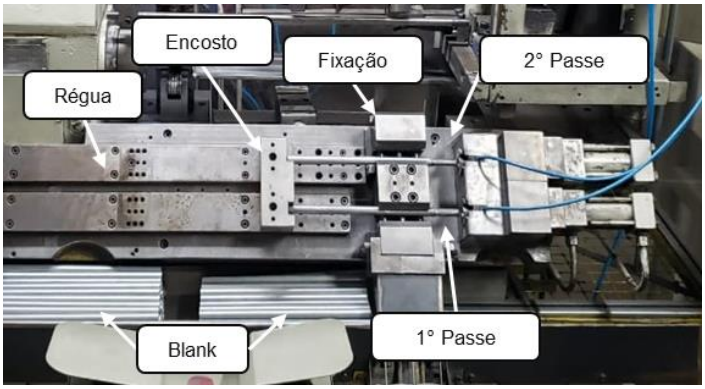


Figura 13. Máquina para o processo de trefilação (OS AUTORES).

Identificou-se que o equipamento atual possui capacidade para tubos com comprimento máximo de 965,8 mm, havendo necessidade de realizar *setup* para alterar a posição do encosto conforme o modelo a ser produzido.

O encosto é fixado à régua, na qual há posicionamentos específicos de fixação para cada modelo já produzido internamente, conforme mostrado na Tab.4.

Tabela 4. Configurações de encosto disponíveis - Máquina 1 (OS AUTORES).

Produto	Distância encosto 1° passe [mm]	Distância encosto 2° Passe [mm]
AA001	606,5	613,2
AA002	322,5	329,2
AA003	571,5	578,2
AA004	900,5	907,2
AA005	900,5	907,2
AA006	588,5	595,2

Visto que o material, o diâmetro externo e a espessura de parede dos tubos de distribuição são iguais aos dos itens já produzidos, não é necessário realizar a avaliação da unidade hidráulica nem das fieiras responsáveis por realizar as operações de redução de diâmetro.

A partir da avaliação realizada e computado os comprimentos de cada tubo na entrada e a cada etapa da operação, desenvolveu-se a relação de posicionamentos necessários para fixação do encosto a régua, a qual deve comportar os produtos já fabricados e os novos produtos, conforme apresenta o Apêndice B.

3.5.2. Máquina 2 – Processo de Laminação

O processo de conformação de laminação é realizado em um equipamento rotativo em conjunto a uma ferramenta de rolete especial para a conformação da geometria externa dos tubos, conforme o modelo apresentado na Fig.14.

Figura 14: Modelo de produto com conformação externa (OS AUTORES).

Com base no comprimento dos tubos, avaliou-se a capacidade da máquina atual de atender à produção dos novos produtos. Como os tubos de distribuição já produzidos e os novos produtos requerem a mesma geometria externa, prossegue-se com a análise dos sistemas de encosto/expulsor e enclausuramento do equipamento.

A partir do *setup* do equipamento para o modelo a ser produzido, inicia-se a produção. A operação de laminação transversal consiste em posicionar o tubo na parte interna do equipamento até que a extremidade se apoia no encosto/expulsor e acionar o equipamento, conforme mostra a Fig. 15. Após a operação ser realizada, o expulsor ejeta o tubo para a parte externa.

Figura 15. Máquina para laminação do tubo de distribuição (OS AUTORES).

Conforme a avaliação realizada, identificou-se que a produção de tubos com comprimentos distintos requer sistemas de encosto/expulsor específicos, ou seja, o equipamento atual possui limitação dimensional para produção dos itens já produzidos internamente, na qual há disponível cinco configurações para atender os comprimentos dos produtos atuais.

Posteriormente, computou-se as características de cada sistema disponível e analisou-se as características de sistemas de encosto/expulsor para atender a produção dos novos produtos, conforme apresenta o Apêndice C.

3.5.3. Máquina 3 – Processo de Dobramento

Nesta operação, é realizado o dobramento do tubo na parte em que se realizou o processo de trefilação, a qual é realizada no mesmo local para todos os modelos de tubos de alimentação, conforme mostrado na Fig. 16.

Figura 16. Conformação de dobra tubo de distribuição (OS AUTORES).

Nesta operação, avaliou-se a capacidade da máquina em realizar o dobramento da extremidade a qual recebeu as operações de conformação. Para realizar o processo, o tubo é posicionado na ferramenta e realiza-se a dobra através de um sistema hidráulico com ferramenta especial. Em sequência, o expulsor ejeta o tubo, conforme mostra a Fig. 17.

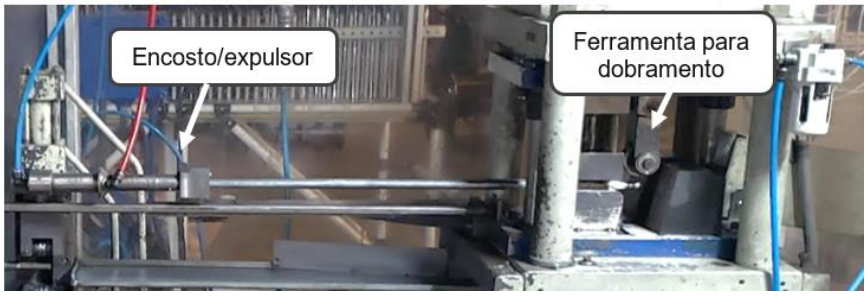


Figura 17. Máquina para dobramento dos tubos de distribuição (OS AUTORES).

O sistema encosto/expulsor é fixo a uma régua linear, a qual possui posições determinadas, conforme o modelo de produto a ser produzido.

Durante a avaliação, identificou-se a capacidade em produzir somente o item A002 e A004, devido ao comprimento máximo de ajuste na régua ser de 920 mm. Constatou-se a limitação do sistema atual devido ao comprimento máximo de ajuste da régua e às dimensões entre as máquinas, ou seja, para produtos com comprimentos superiores a 920 mm ocorre a colisão entre o sistema encosto/expulsor e a estrutura da máquina ao lado.

Desta forma, computou-se as possíveis posições para alteração da máquina de dobramento, conforme mostra a Tab.5.

Tabela 5. Alteração de posicionamento Máquina 3 (OS AUTORES).

Descrição	Prós	Contras
Alterar o local do equipamento	Capacidade de produzir todos os modelos	Maior deslocamento do operador,

		consequentemente maior tempo de ciclo
Elevar o equipamento	Permitir a passagem do tubo por cima da outra máquina	Dificuldade ergonômica para posicionamento
Deslocar o equipamento para frente	Não colidir em nenhum equipamento, permitindo a produção de todos os modelos	Nenhum efeito para o processo e operador

Posteriormente identificado as posições disponíveis, determinou-se as posições necessários para fixação do encosto/expulsor para comportar os novos produtos, conforme apresenta o Apêndice D.

3.5.4. Máquina 4 – Processo de Estampagem de Corte, Forjamento e Dobramento

Neste equipamento, são realizadas três operações do processo produtivo dos tubos de distribuição. Na estampagem de corte, realiza-se a furação dos tubos, conforme quantidade e dimensões de cada produto. Em seguida, é realizado o forjamento em matriz aberta da extremidade e posteriormente, conclui-se o processo com a operação de dobramento, a qual é realizada em posições determinadas para cada produto, conforme modelo apresentado na Fig. 18.

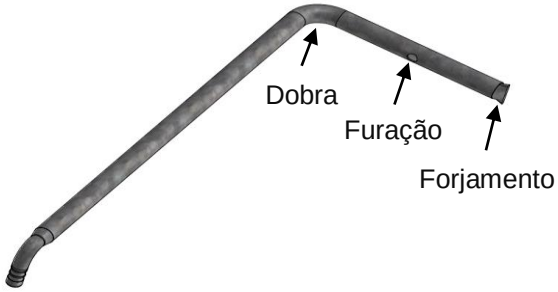


Figura 18. Modelo de tubo de distribuição (OS AUTORES).

A avaliação de capacidade para produção dos novos produtos foi realizada a partir do projeto de cada ferramenta disponível na companhia para este processo. Conforme mostra a Fig. 19, as ferramentas estão instaladas em uma única máquina, a qual é responsável por estas operações.

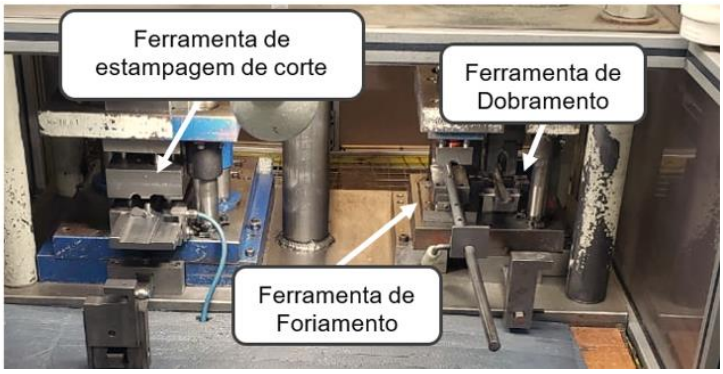


Figura 19. Equipamento para os processos de estampagem de corte, forjamento e dobra dos tubos de distribuição (OS AUTORES).

Realizou-se a avaliação dos produtos já fabricados internamente e foram computadas suas características de quantidades e distâncias entre furos, conforme Tab. 6. Foram identificadas, assim, as configurações das ferramentas já disponíveis.

Tabela 6. Ferramentas disponíveis para o processo de estampagem de corte (OS AUTORES).

Produto	Número de furos [-]	Distância entre furos [mm]

AA001	5	30 - 75 - 120 - 165 - 210
AA002	4	30 - 90 - 210 - 270
AA003	2	30 - 83
AA004	2	30 - 97,25
AA005	3	30 - 97,25 - 164,5
AA006	1	75

A partir das Tab. 1 e Tab.6, prosseguiu-se a avaliação das configurações de cada ferramenta e as configurações de cada produto. Avaliou-se, desta forma, a capacidade de compartilhamento de ferramentas para os produtos já fabricados e os novos produtos.

Posteriormente, realizou-se a avaliação para o processo de forjamento da extremidade, na qual se identificou que o posicionamento é realizado a partir da extremidade a qual receberá a operação, ou seja, o comprimento dos tubos não tem influência nesta operação.

A última operação realizada é a conformação de dobramento, na qual realizam-se dobras em locais determinados em cada produto. Para esta operação nos tubos de distribuição, utiliza-se uma ferramenta para realizar a dobra de 90°, na qual os tubos são posicionados e delimitados a partir do encosto ajustável da ferramenta. Avaliou-se o ângulo de dobra para todos os produtos e identificou-se que a ferramenta atual pode ser utilizada para os novos produtos, sendo necessário o desenvolvimento de posições específicas de dobra, respeitando assim, as dimensões e geometria de cada produto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentadas e analisadas as informações referentes ao processo de fabricação dos tubos de distribuição, seguindo-se o procedimento desenvolvido na seção de materiais e métodos.

4.1. Avaliação de OEE e Capacidade

Para avaliação da disponibilidade da célula de trabalho, avaliou-se a produção para um período em que a produção mensal interna foi de 30377 tubos de distribuição, com tempo de ciclo ideal de 15,9 segundos.

Conforme apresentado de forma detalhada em Apêndice E, o tempo de produção planejado é de 31320 segundos mensais e ao total 2743 segundos em paradas não planejadas. Os quais resultaram em uma disponibilidade de 91%, eficiência de 89% e qualidade de 99%, resultando assim em *OEE* de 80%, a qual de acordo com Setlik e Salomão (2016), está superior à taxa média, conforme ilustra a Fig. 20.

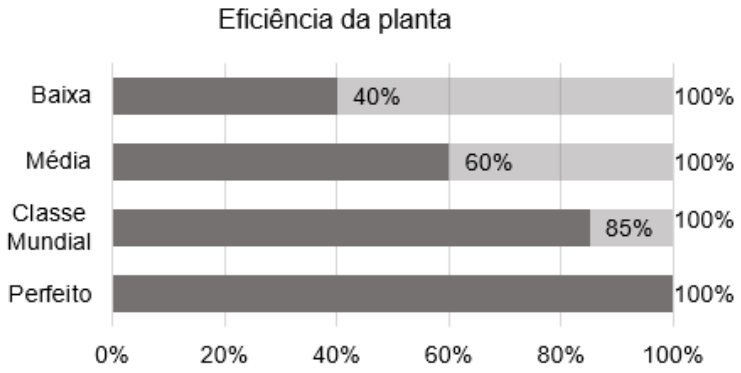


Figura 20: Indicadores de *OEE* (Adaptado de SETLIK; SALOMÃO, 2016).

A produção atual requer a ocupação de 90,4% do tempo de trabalho da célula, a qual resulta assim a disponibilidade de 9,6% para atender a produção dos novos produtos.

Ao total, a produção em terceiros é de 10730 tubos de distribuição mensais, no qual para a produção interna é necessário ao total 191693 segundos de produção, ou seja, aproximadamente 53 horas. Parte desta carga pode ser realizada no período em que a célula de trabalho está disponível com a produção atual e a carga faltante de 134258 segundos, isto é, aproximadamente 37 horas, pode ser realizada em outro expediente de trabalho, visto que no ano de 2020 foi utilizado o equipamento somente em um turno e alguns setores da companhia operam por três turnos.

4.2. Máquina 1 - Redução de Diâmetro por Trefilação

Após o processo de avaliação do equipamento atual e suas respectivas capacidades dimensionais, realizou-se a avaliação em conjunto das características de cada novo produto. Objetivou-se compreender a capacidade ou as melhorias necessárias, caso o sistema atual não comporte todos os produtos.

O desenvolvimento de projetos e a fabricação de dispositivos e ferramentas ocorrem em conjunto ao setor de ferramentaria da companhia. Já as adequações de máquinas e sistemas de enclausuramento são realizadas pelo setor de manutenção.

Para a produção dos novos tubos de alimentação na máquina 1, ou seja, o processo de trefilação, identificou-se que os produtos A001, A003 e A006 possuem comprimento superior ao tamanho da régua atual e as posições de encostos para os novos produtos divergem das posições disponíveis atuais. Assim, conclui-se que o processo de redução de diâmetro não possui capacidade em atender aos novos produtos.

No entanto, a partir dos comprimentos de cada produto e do aumento de comprimento para passe de trefilação, desenvolveu-se o projeto de uma nova régua com as características de posicionamentos necessárias para comportar os produtos já fabricados e os novos produtos, conforme apresentado na Fig.21.

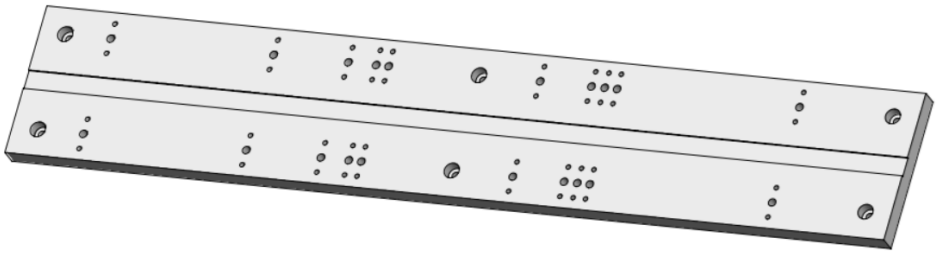


Figura 21. Projeto da nova régua para a máquina de trefilação (OS AUTORES).

4.3. Máquina 2 – Processo de Laminação

Com base na avaliação realizada, identificou-se que os posicionadores/expulsores atuais não comportam os novos produtos devido às diferenças de comprimento entre eles, no qual para cada modelo utiliza-se um sistema específico, sendo necessário realizar *setup* do equipamento para troca do modelo a produzir, ou seja, os produtos com comprimentos iguais podem utilizar o mesmo sistema, sem a necessidade de *setup* e desenvolvimento de novos sistemas.

No total, são cinco produtos com comprimentos diferentes, desta forma, é necessário a fabricação de cinco novos modelos de posicionador/expulsor para possibilitar a produção dos novos produtos, conforme apresenta o Apêndice C. O sistema consiste no desenvolvimento de atuadores pneumáticos, acionados após a conformação para ejetar o tubo para a parte externa do equipamento, conforme modelo apresentado na Fig.22.

Figura 22. Projeto do sistema de posicionamento e expulsor máquina 2 (OS AUTORES).

Conforme apresenta o Apêndice C, os modelos de expulsor para os produtos A001, A002, A003 e A005 resultaram em comprimentos negativos, ou seja, o comprimento do tubo excede a região interna do equipamento. Desta forma, é necessário o desenvolvimento de prolongadores para estes modelos, o qual o comprimento necessário é igual ao comprimento que excede o equipamento e apresentado na coluna dada por Comp. Enc. Exp.

4.4. Máquina 3 – Processo de Dobramento

Conforme apresentado na Tab.6, a posição atual do equipamento impossibilita a produção dos novos produtos. Desta forma, é necessário realocar o equipamento para manter o fluxo de trabalho, priorizando a ergonomia e qualidade de trabalho do operador.

Com base na avaliação realizada, entre as possíveis formas de realocar o equipamento, optou-se em deslocá-lo em 50 mm para frente, ou seja, o equipamento ficará mais próximo ao operador, mantendo-se a altura atual. Com isto, o deslocamento necessário para o posicionamento dos tubos é menor e possibilita-se a inserção dos tubos sem a colisão com outro equipamento.

Com a modificação da posição do sistema hidráulico, é necessário prolongar a tubulação da unidade hidráulica responsável por acionar o pistão hidráulico em 50 mm, medida igual ao deslocamento do equipamento.

O sistema de encosto/expulsor neste equipamento é fixado a uma régua, a qual possui posições específicas conforme o modelo a ser produzido. Devido ao comprimento exceder o limite da régua atual, é necessário o desenvolvimento de uma nova régua, a qual deve conter posições especificas conforme as distâncias apresentadas em Apêndice D, e identificação de posicionamento para cada modelo de produto a ser produzido, conforme ilustra a Fig. 23.

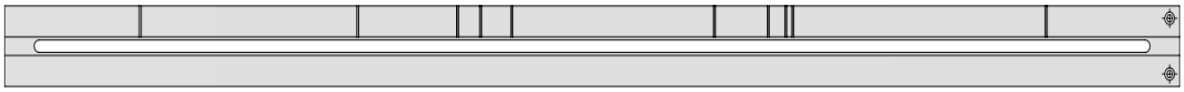


Figura 23. Modelo de régua com identificação de posições para *setup* (OS AUTORES).

4.5. Máquina 4 – Processo de Estampagem de Corte, Forjamento e Dobramento

Conforme descrito na seção 4.5.4., este equipamento é utilizado para realizar três operações do processo de fabricação dos tubos de distribuição, as quais são realizadas por ferramentas acionadas por uma prensa hidráulica.

A partir da análise realizada, foram identificadas as características de cada ferramenta disponível na companhia, com o propósito de compartilhar ferramentas para os produtos.

Porém, as ferramentas são incompatíveis para os novos produtos devido às distâncias e quantidades de furos, portanto, é necessário o desenvolvimento de novas ferramentas, as quais devem respeitar a quantidade de furos e distâncias entre eles, conforme as características de cada novo produto apresentado na Tab.1.

No total, são necessárias seis configurações de furações distintas, as quais podem ser empregadas em duas ferramentas com múltiplas configurações, conforme o modelo apresentado na Fig.24. As configurações são canais específicos para cada produto e a relação de canal a ser utilizado para cada modelo é identificada através da ordem de fabricação dos produtos, a qual é entregue ao operador.

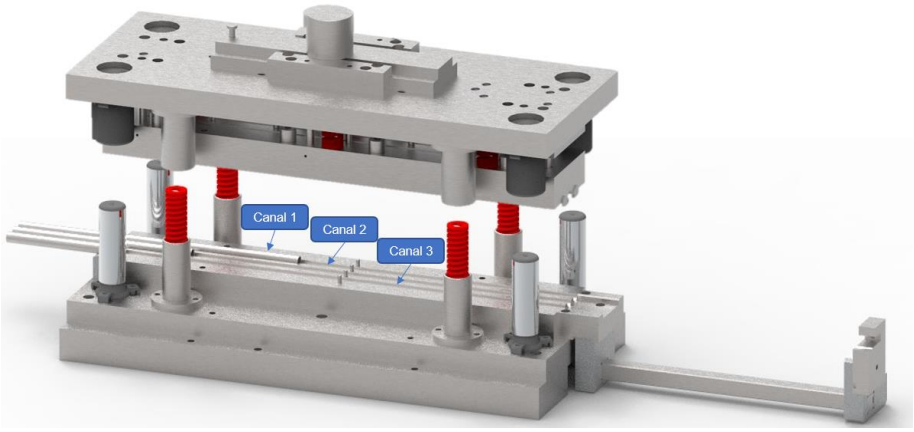


Figura 24. Vista ferramenta de estampagem de corte com três canais (OS AUTORES).

Determinou-se o desenvolvimento de uma ferramenta destinada aos produtos A001, A003, A004 e A006, no qual os produtos A001 e A003 utilizam o mesmo canal após o *setup* na ferramenta, a qual o *setup* consiste em realizar a inserção ou remoção de punções. Enquanto a segunda ferramenta é direcionada aos produtos A002 e A005 com dois canais. O desenvolvimento de ferramentas com configurações de furação diferentes tem como objetivo reduzir o investimento para desenvolvimento e

fabricação de ferramentas, assim como menor tempo de *setup* na troca de produto a ser fabricado.

Após o processo de furação, é realizado o processo de forjamento da ponta e posteriormente o dobramento, para os quais não se identificou a necessidade em realizar nenhuma adequação ou desenvolvimento de ferramentas.

4.6. Análise Econômica

A análise econômica foi realizada a partir dos processos, custos operacionais e custos de materiais, considerando os valores pagos na compra dos tubos de distribuição fabricados por terceiros, conforme ilustra o Apêndice F. A taxa de custo operacional da célula de produção interna é dada em R$/min, na qual estão inclusos os valores de depreciação, mão de obra, custos fixos, entre outros.

Havendo sido realizada a análise e a identificação das melhorias necessárias em cada equipamento, o departamento de ferramentaria da empresa Ponto XY computou os valores de investimentos necessários para a verticalização da produção dos tubos de distribuição, os quais somam ao total R$ 75.000,00 e estão apresentados de forma individual para cada processo em Apêndice G.

Enquanto os ganhos decorrentes desta verticalização foram computados em conjunto ao setor de custos da companhia. Na qual a diferença de valor entre os produtos comprados e os fabricados internamente soma uma redução de custo de R$ 38.468,00 mensais.

A análise de viabilidade econômica e Financeira foi realizada com a utilização dos indicadores de VPL, TIR e *Payback* simples, conforme mostrado na Tab.7.

Tabela 7: Análise econômica sobre a verticalização de produção dos tubos de distribuição (OS AUTORES).

Investimento inicial	**R$**	**75.000,00**
Taxa de Desconto *(i) - (a.m)*		**2%**

Período (Meses)	**Fluxo de caixa (FC)**	**Valor Presente**	**VPL Acumulado**
0	-R$ 75.000,00	-R$ 75.000,00	-R$ 75.000,00
1	R$ 38.468,00	R$ 37.713,73	-R$ 37.286,27
2	R$ 38.468,00	R$ 36.974,24	-R$ 312,03
3	R$ 38.468,00	R$ 36.249,26	R$ 35.937,22
4	R$ 38.468,00	R$ 35.538,49	R$ 71.475,71
5	R$ 38.468,00	R$ 34.841,65	R$ 106.317,36
6	R$ 38.468,00	R$ 34.158,48	R$ 140.475,84
7	R$ 38.468,00	R$ 33.488,71	R$ 173.964,55
8	R$ 38.468,00	R$ 32.832,07	R$ 206.796,62
9	R$ 38.468,00	R$ 32.188,30	R$ 238.984,92
10	R$ 38.468,00	R$ 31.557,16	R$ 270.542,08
11	R$ 38.468,00	R$ 30.938,39	R$ 301.480,47
12	R$ 38.468,00	R$ 30.331,76	R$ 331.812,23

Resultados	**VPL**	**TIR**	***Payback* simples**
	R$ 331.812,23	51%	1,95

A análise foi realizada para um período de 12 meses, em que o instante 0 corresponde ao momento em que é realizado o investimento, quando considera-se que ainda ocorre a compra dos tubos de distribuição de terceiros. No instante 1, passa-se a produzir os tubos internamente. Desta forma, inicia-se o retorno financeiro em forma de fluxo de caixa, a qual corresponde ao valor de R$ 38.468,00 mensais, os quais resultam em R$ 37.713,73 no Período 1 em valor presente, quando utilizada a taxa de desconto $\boldsymbol{i}$ = 2% a.m., a qual representa a taxa média de retorno desejada em um projeto realizado na companhia Ponto XY.

Com base nos resultados apresentados na Tab.7, em um período de 12 meses com fluxo de caixa positivo, os indicadores financeiros resultaram em valores significativos para aprovação e implementação do projeto. Especificamente, ao longo de 12 meses, atingiu-se o VPL de R$ 331.812,23. Posteriormente, a avaliação da TIR foi realizada a partir do fluxo de caixa gerado ao longo da implementação do projeto,

resultando em TIR de 51% a.m. e obtendo-se *Payback* Simples em menos de dois meses.

Mediante ao apresentado, os resultados obtidos estão dentro do esperado para a viabilidade econômica do projeto, visto que o resultado de VPL é superior a R$ 0,00, a taxa TIR é maior que vinte vezes à taxa de desconto, a qual é taxa mínima para aceitação do projeto e o *Payback* simples inferior ao período de 24 meses, ou seja, inferior ao período de aceitação pela companhia Ponto XY.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar tecnicamente e economicamente o processo para a verticalização na fabricação de tubos de distribuição, no qual foram obtidos resultados distintos conforme o equipamento avaliado na célula de fabricação, podendo-se indicar as seguintes conclusões:

- A análise realizada ao longo do trabalho foi de extrema importância para a avaliação da verticalização da produção dos tubos de distribuição, visto que foram identificadas todas as melhorias necessárias para possibilitar a produção dos novos produtos.
- A célula de trabalho mostrou-se capaz de atender o aumento na demanda de produção, a qual soma o incremento de aproximadamente 53 horas de operação.
- Todas as máquinas possuem capacidade de produzir os novos produtos, desde que desenvolvidos os dispositivos, adequações e ferramentas, conforme apresentado neste trabalho.
- O projeto apresentou resultado de VPL de R$ 331.812,23 em um período de 12 meses, evidenciando que o projeto deve ser aprovado, pois resultados de VPL superiores a R$ 0,00 indicam que o projeto apresenta resultados positivos para a viabilidade financeira do projeto.

- A TIR resultou em 51%, representando alto potencial de retorno financeiro quando comparado a taxa de desconto, a qual é superior a vinte vezes a taxa de desconto.
- O indicador de *Payback* simples resultou em 1,95 mês, representando assim que o retorno do investimento realizado no período 0 ocorre em menos de dois meses.

Portanto, conclui-se a partir do estudo de caso realizado que o método de produção vertical trará bons resultados econômicos para a empresa Ponto XY, quando comparado ao método de produção horizontal, conforme os indicadores financeiros apresentados.

6. AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por suprir todas as minhas necessidades durante toda a trajetória. A minha família por sempre estar presente e me motivando nos períodos de maior dificuldade. A meu orientador por sua dedicação e contribuição neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Gustavo Quintão. **MELHORIA DA DISPONIBILIDADE DE MÁQUINA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA INDÚSTRIA MINEIRA**. 2018. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

ALVES, Marcelo Franklin da Silva. **Verticalização x horizontalização**: decisão estratégica entre produzir ou terceiriza. Decisão estratégica entre produzir ou terceiriza. 2019. Publicação de Administradores.com. Disponível em: https://administradores.com.br/artigos/verticaliza%C3%A7%C3%A3o-x-horizontaliza%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 22 out. 2021.

ARAGÃO, João Paulo Santos; HOLANDA, Cinthia Ladjane de Souza; FONTANA, Marcele Elisa. **MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO ENTRE TERCEIRIZAR E PRODUZIR: UM ESTUDO DE CASO NO SEGMENTO TÊXTIL DE PERNAMBUCO. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,** 36., 2016, João Pessoa. Anais [...] **.** João Pessoa: Enegep, 2016. p. 2-2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 2768-1**: Tolerâncias gerais Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual. Rio de Janeiro, 2001. 5 p.

BORINELLI, Márcio Luiz. **A IDENTIFICAÇÃO DO CICLOO DE VIDA DAS PEQUENAS EMPRESAS ATRAVES DAS DEMONSTRAÇOES CONTÁBEIS**. 1998. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 1998.

BRESCIANI FILHO, Ettore *et al*. **CONFORMAÇÃO PLÁSTICA DOS METAIS**. São Paulo: Epusp, 2011. 258 p.

BRITO, Osmar de. **Técnicas e Aplicações dos Estampos de Corte**. Porto Alegre: Hemus, 2004. 185 p.

BROM, Luiz Guilherme; BALIAN, Jose Eduardo Amato. **ANÁLISE DE INVESTIMENTOS E CAPITAL DE GIRO**: conceitos e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2007. 132 p.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. **As decisões de investimentos com aplicações na hp 12c e excel**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 139 p.

CALIFE, Naiara Faiad Sebba; NOGUEIRA, Edemilson; ALVES FILHO, Alceu Gomes. **Empresas do setor de linha branca e suas estratégias competitivas e de produção**. **Revista Produção On Line**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 1-23, 2 jun. 2010

CAMLOFFSKI, Rodrigo. **ANÁLISE DE INVESTIMENTOS E VIABILIDADE FINANCEIRA DAS EMPRESAS**. São Paulo: Atlas, 2014. 126 p.

CORRÊA, Tayrane. **Integração vertical e horizontal: o que é, vantagens e desvantagens, exemplos e dicas**. 2021. Disponível em: https://www.siteware.com.br/gestao-estrategica/integracao-vertical-e-horizontal/. Acesso em: 26 out. 2021.

DALEFFE, Anderson. **ESTUDO DO PROCESSO DE ESTAMPAGEM INCREMENTAL EM CHAPA DE ALUMÍNIO PURO**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

DINIZ, Camila Oficiati. **ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO E INFLUÊNCIAS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS: ESTUDOS DE CASO NO SETOR DE LINHA BRANCA**. 2010. 174 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

E-COMMERCE BRASIL (org.). **Eletrodomésticos faturam R$ 4,3 bilhões em e-commerce no 3º trimestre**. Disponível em: https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/eletrodomesticos-faturam-e-commerce-trimestre/. Acesso em: 21 nov. 2021.

FREZATTI, Fábio. **GESTÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DOS PROJETOS DE INVESTIMENTO**. São Paulo: Atlas, 2008. 128 p.

GONZÁLEZ, Paula Cristina Salas. **TÉCNICA NÃO CONVENCIONAL PARA DOBRAMENTO DE TUBOS DE PAREDE FINA USANDO ELASTÔMETRO**. 2000. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica e Aeronáutica, Tecnologia de Fabricação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2000.

HAYES, Robert *et al*. **PRODUÇÃO, ESTRATÉGIA E TECNOLOGIA**: em busca da vantagem competitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008. 382 p. Tradução Marcelo Klippel.

HELMAN, Horacio; CETLIN, Paulo Roberto. **FUNDAMENTOS DA CONFORMAÇÃO MECÂNICA DOS METAIS**. 2. ed. São Paulo: Artlibert Editora Ltda, 2010. 260 p.

LOVATO NETO, Carlos. **"Simulação numérica da laminação a frio no laminador Sendzimir Número 2 da Acesita"**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MARQUES, José Roberto. **AS PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE VERTICALIZAÇÃO E HORIZONTALIZAÇÃO**. 2019. Portal Instituto Brasileiro de Coaching. Disponível em: https://www.ibccoaching.com.br/portal/as-principais-diferencas-entre-verticalizacao-e-horizontalizacao/. Acesso em: 22 out. 2021.

MASCARENHAS, Henrique Ribeiro. **O setor de eletrodomésticos de linha branca:** um diagnóstico e a relação varejo- indústria. 2005. 238 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Escola de Economia de São Paulo - Fgv/Eesp, São Paulo, 2005

MESQUITA, Beatriz de Moura Leite. **METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE UM PROCESSO DE PINTURA DE RODAS AGRÍCOLAS**. 2015. 36

f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro Industrial Químico, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2015.

ZATTAR, Izabel Cristina; RUDEK, Samuel; TURQUINO, Geizy Siélly. **O USO DO INDICADOR OEE COMO FERRAMENTA NA TOMADA DE DECISÕES EM UMA INDÚSTRIA GRÁFICA – UM CASO PRÁTICO.** Florianópolis: IJIE, v. 2, n. 2, dez. 2010. Semestral. Issn 2175-8018.

ROTTA, Ivana Salvagni; COELHO, William Douglas Paes; MENDONÇA, Fernando Cesar. **Análise das Estratégias Competitivas utilizadas no Setor de Linha Branca**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2013, Ponta Grossa. Anais [...] . Araras: Conbrepro, 2013. p. 1-1

SANTOS, Bruna Karine dos; QUADROS, Marcelo Luiz de. **Processo de conformação**. Porto Alegre: Sagah, 2018. 254 p.

SANTOS, Virgilio F. M. dos. **SIPOC**: aprenda como melhorar seus processos com a ferramenta. 2021. Disponível em: https://www.fm2s.com.br/como-fazer-um-sipoc/. Acesso em: 09 nov. 2021

SETLIK, Felipe; SALOMÃO, Alexandre. **OEE - Eficiência Global dos Equipamentos**. Disponível em: https://qualyteam.com/pb/blog/oee-eficiencia-global-dos-equipamentos/. Acesso em: 22 nov. 2021.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **DECISÕES FINANCEIRAS E ANÁLISE DE INVESTIEMNTO**: fundamentos, técnicas e aplicações. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015. 186 p.

SOUZA, Tomaz Fantin de. **SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE E MINIMIZAÇÃO DAS TENSÕES RESIDUAIS NO PROCESSO DE TREFILAÇÃO**.

2011. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

VEY, Flávia Weissheimer *et al*. **Métodos do valor presente líquido e taxa interna de retorno: a viabilidade econômica da aquisição de um novo caminhão para uma transportadora de Restinga Seca – RS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 4., 2014, Santa Maria. Anais [...]**.** Ponta Grossa: Conbrepro, 2014. p. 1-2.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2006. 182 p.

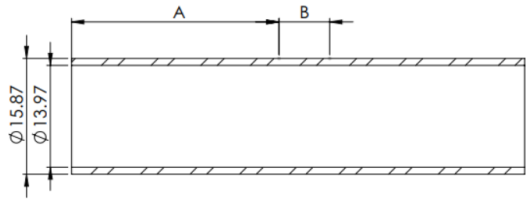
8. APÊNDICE

APÊNDICE A – PROCESSO DE TREFILAÇÃO

Estudo De Caso E Análise Econômica Sobre A Verticalização Da Produção De Tubos De Distribuição De Gás Inflamável Utilizados Em Eletrodomésticos

PROCESSO DE TREFILAÇÃO

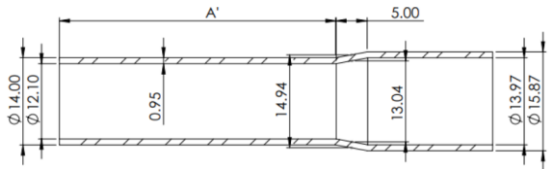
Blank



Diâmetro Externo [mm]	15,87
Área Externa [mm²]	197,8
Diâmetro Interno [mm]	14,0
Área Interno [mm²]	153,3
Área Total [mm²]	44,5

Seção A + B	Comprimento [mm]	Volume [mm³]
	47	2092,9

1° Passe



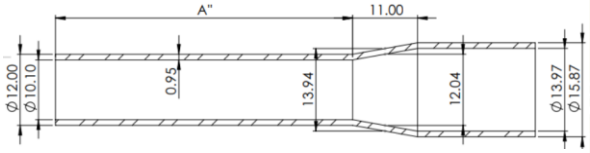
Chanfro 1° Passe	
Diâmetro Externo Médio [mm]	14,9
Área Externa Média [mm²]	175,3
Diâmetro Interno Médio [mm]	13,0
Área Interno Média [mm²]	133,6
Área. Total. Média [mm²]	41,8

Seção B - 1° Passe	Comprimento [mm]	Volume [mm³]
	5	194,7

Volume Total Área de Operação [mm³]	2092,9
Volume Chanfro [mm³]	194,7
Volume Restante [mm³]	1898,1

Comprimento Região de Redução	
Diâmetro Externo [mm]	14,0
Área Externa [mm²]	153,9
Diâmetro Interno [mm]	12,1
Área Interno [mm²]	115,0
Área Total [mm²]	38,9
Comprimento A' [mm]	48,73
Comprimento Final A+B [mm]	**53,7**
Aumento de comprimento [mm]	**6,7**

2° Passe



Chanfro 2° Passe	
Diâmetro Externo Médio [mm]	13,9
Área Externa Média [mm²]	152,6
Diâmetro Interno Médio [mm]	12,0
Área Interno Média [mm²]	113,9
Área. Total. Média [mm²]	38,8

Seção B - 2° Passe	Comprimento [mm]	Volume [mm³]
	11	428,4

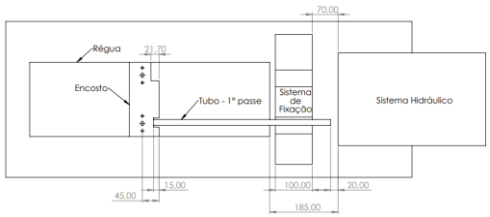
Volume Total Área de Operação [mm³]	2092,9
Volume Chanfro [mm³]	428,4
Volume Restante [mm³]	1664,4

Comprimento Região de Redução	
Diâmetro Externo [mm]	12,0
Área Externa [mm²]	113,1
Diâmetro Interno [mm]	10,1
Área Interno [mm²]	80,1
Área Total [mm²]	33,0
Comprimento A'' [mm]	50,47
Comprimento Final A+B [mm]	**61,5**
Aumento de comprimento [mm]	**7,7**

Aumento Total [mm]	14,4

APÊNDICE B – POSICÕES DE ENCOSTO PARA O PROCESSO DE TREFILAÇÃO

PROCESSO DE TREFILAÇÃO - POSICIONAMENTOS DE FIXAÇÃO DO ENCOSTO



Produto		Comp. *Blank* [mm]	Comp. ext. [mm]	Dist. FeR [mm]	Dist. F. [mm]
Já fabricados	AA001	606,5	165	30	471,5
	AA002	322,5	165	30	187,5
	AA003	571,5	165	30	436,5
	AA004	900,5	165	30	765,5
	AA005	900,5	165	30	765,5
	AA006	588,5	165	30	453,5
Novos produtos	A001	1026,0	165	30	891,0
	A002	868,5	165	30	733,5
	A003	1026,0	165	30	891,0
	A004	661,6	165	30	526,6
	A005	924,0	165	30	789,0
	A006	1248,4	165	30	1113,4

Descrição:

Comp. *Blank:* O compriemnto do *blank* na entrada do primeiro passe de trefilação

Comp.ext. : O comprimento de tubo que excede a régua.

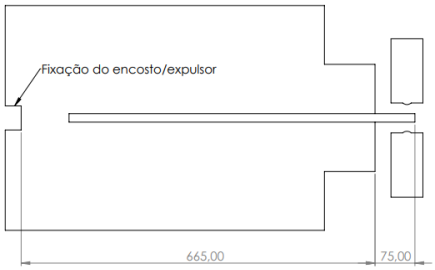
Dist. FeR.: A distância entre o encosto do tubo e a furação para fixação do encosto.

Dist. F.: A distância entre a extremidade da régua e as posicões necessárias para fixação do encosto.

APÊNDICE C – CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE ENCOSTO/EXPULSOR – PROCESSO DE LAMINAÇÃO

Estudo De Caso E Análise Econômica Sobre A Verticalização Da Produção De Tubos De Distribuição De Gás Inflamável Utilizados Em Eletrodomésticos

SISTEMAS DE ENCOSTO/EXPULSOR – PROCESSO DE LAMINAÇÃO



Produto		Comp. Tubo [mm]	Comp. ext. [mm]	Dist. CeF [mm]	Comp. Enc.Exp. [mm]
Novos produtos	A001	1040,5	75	665	-300,5
	A002	883,0	75	665	-143,0
	A003	1040,5	75	665	-300,5
	A004	676,1	75	665	63,9
	A005	938,5	75	665	-198,5
	A006	1262,9	75	665	-522,9

Descrição:

Comp. Tubo: O compriemnto do tubo na entrada da operação de

Comp.ext. : O comprimento de tubo que excede a parte interna da máquina

Dist. CeF.: A distância entre a extremidade do equipamento e o sistema de fixação do sistema de encosto/ expulsor

Comp. Enc.Exp..: O comprimento necessário do encosto.

Nota: Resultados de Comp. Enc.Exp negativo, representam que o tubo excede a região interna do equipamento.

APÊNDICE D – POSIÇÕES DE AJUSTE DE ENCOSTO/EXPULSOR – PROCESSO DE DOBRAMENTO

Estudo De Caso E Análise Econômica Sobre A Verticalização Da Produção De Tubos De Distribuição De Gás Inflamável Utilizados Em Eletrodomésticos

POSIÇÕES DE AJUSTE PROCESSO DE DOBRAMENTO

Produto		Comp. Tubo [mm]	Comp. ext. [mm]	Pos. Ident
Já fabricados	AA001	621	190	431,0
	AA002	337	190	147,0
	AA003	596	190	406,0
	AA004	915	190	725,0
	AA005	915	190	725,0
	AA006	603	190	413,0
Novos produtos	A001	1040,5	190	850,5
	A002	883,0	190	693,0
	A003	1040,5	190	850,5
	A004	676,1	190	486,1
	A005	938,5	190	748,5
	A006	1262,9	190	1072,9

Descrição:

Comp. *Blank:* O compriemnto do tubo na entrada da operação de laminação.

Comp.ext. : O comprimento de tubo que excede a região da

Pos. Ident: A distância a partir do ponto 0 a qual deve conter uma indicação para posicionamento do encosto para cada modelo de produto.

APÊNDICE E - *OEE* E OCUPAÇÃO DE MÁQUINAS

AVALIAÇÃO *OEE*	
1. Disponibilidade	
Dias Mês [dias]	21
Tpp - Tempo de produção planejado [s]	31320
Paradas não planejadas [s]	2743
Tp - Tempo real de produção [s]	28577
Disponibilidade	91%
2. Eficiência (η)	
Tci - Tempo de ciclo ideal [s]	15,9
Spp - Somatório peças produzidas	30377
Tp - Tempo real de produção [s]	542690
Eficiência	89%
3. Qualidade	
Quantidade produzida	30377
Quantidade refugada	440
Quantidade retrabalhada	0
Qualidade	99%
OEE	**80%**

OCUPAÇÃO DE MÁQUINA		
Descrição	**Referência**	
Tempo disponível ideal [s/dia]	31320	
Tempo disponível real [s/dia]	28577,4	
Dias Mês [dias]	21	
Tempo total disponível real [s/mês]	600125,4	
Tci - Tempo de ciclo ideal [s]	15,9	
Eficiência (η)	89%	
Tcr - Tempo de ciclo real [s]	17,9	
Somatório peças produzidas [unid./mês]	30377	
Tempo de ocupação [s/mês]	542690	90,4%
Tempo disponível [s/mês]	**57435,4**	9,6%
Tempo disponível [h/mês]	**15,95**	
Somatório peças a verticalizar [unid/mês]	10730	
Tempo necessário de produção [s/mês]	**191693**	
Tempo necessário de produção [h/mês]	**53,25**	
Tempo a adicionar [s/mês]	**134258**	
Tempo a adicionar [h/mês]	**37**	

APÊNDICE F – CUSTOS DE COMPRA E FABRICAÇÃO TUBOS DE DISTRIBUIÇÃO

		Externo		Processo		Interno		
Item	**Quantidades Anual**	**Custo Externo**	**Valor**	**Tempo de ciclo Ideal [s]**	**Eficiência**	**Tempo de ciclo Real [s]**	**Material + Processo**	**Custo Total**
A001	37.200	R$ 7,44	R$ 276.768	15,96	89%	17,93	R$ 4,47	R$ 166.099
A002	82.800	R$ 7,60	R$ 629.619	15,96	89%	17,93	R$ 3,87	R$ 320.626
A003	300	R$ 7,31	R$ 2.193	15,96	89%	17,93	R$ 4,47	R$ 1.340
A004	720	R$ 6,02	R$ 4.334	15,96	89%	17,93	R$ 3,09	R$ 2.227
A005	1.440	R$ 7,94	R$ 11.434	15,96	89%	17,93	R$ 4,08	R$ 5.877
A006	6.300	R$ 10,61	R$ 66.843	15,96	89%	17,93	R$ 5,30	R$ 33.403
		Total	**R$ 991.191**				**Total**	**R$ 529.571**
							Redução	**47%**

* Custo externo, valor médio entre fabricantes.

APÊNDICE G – INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA COMPORTAR OS NOVOS PRODUTOS

DESCRIÇÃO	VALOR	
Trefilação - Desenvolvimento e fabricação de régua para fixação do encosto	R$	7.000,00
Laminação - Desenvolvimento e Fabricação de Posicionadores/Expulsores + Suportes	R$	10.800,00
Dobramento - Desenvolvimento e fabricação de régua e adequações para realocar equipamento	R$	6.300,00
Estampagem de Corte - Desenvolvimento e fabricação de ferramentas para estampagem de corte	R$	50.900,00
Total	**R$**	**75.000,00**

CASE STUDY AND ECONOMIC ANALYSIS ON VERTICALIZATION OF THE PRODUCTION OF FLAMMABLE GAS DISTRIBUTION TUBES USED IN HOUSEHOLD APPLIANCES

Rafael Eller Riscaroli, rafariscaroli@unifebe.edu.br[1]

Felipe Gesser Battisti, felipe.battisti@unifebe.edu.br[1]

[1]UNIFEBE – Centro Universitário de Brusque, Rua Dorval Luz, 123 – Santa Terezinha – CEP: 88352-400 – Brusque/SC – Cx. Postal: 1501

Abstract: *This work presents a case study carried out at Ponto XY, a manufacturer of white goods. This company produced approximately one million household appliances in 2020, operating both in the national and international markets. In this scenario, the growing increase in the consumption of goods and services makes market competitiveness increase, which drives companies to seek to improve their production processes and strategic planning in order to reduce costs and increase product quality. Among the ways to achieve such results, the technical capacity and economic feasibility of internal production or by third parties must be evaluated. It is in this sense that the development of this work takes place, which aims to analyze the technical capacity and economic feasibility for the verticalization of the manufacture of flammable gas distribution tubes used in household appliances, which are manufactured using mechanical manufacturing processes, specifically drawing, rolling, bending, die-cutting and forging. The analysis of each process is carried out to assess its capacity and parameters, allowing the computation of the investments necessary for the verticalization of this demand and the benefits generated, making it possible to carry out the economic analysis of the project based on the Net Present Value (NPV) financial indicators, Internal Rate of Return (IRR) and simple Payback. Which the economic analysis resulted in a NPV of R$ 331.812,23 with an IRR of 51% p.m., corresponding to a simple Payback of less than two months, which results in a project with a high approval rate.*

Keywords*: White-good appliances. Manufacturing processes. Manufacturing processes. Economic analysis.*