

MÁQUINA DE FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO POR GRAVIDADE PARA UMA ENGENHARIA INOVADORA E SUSTENTÁVEL

Pablo Daniel M. Campos – pablodanielcampos@outlook.com
Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros,
Rua Padre Fabiano nº60, Santos Reis
39401168 – Montes Claros – MG

Michéle S. Pimentel – michelespzaca@gmail.com
Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros
Av. Prof. Aínda Mainartina Paraíso nº80, Ibituruna
39408007 – Montes Claros – MG

Resumo: *A fundição de alumínio por gravidade é uma metodologia de fabricação que influencia diretamente a economia de uma empresa. Este artigo tem como finalidade expor a elaboração de uma máquina que automatize o processo de fundição para ampliar a cadeia produtiva desse ramo e correlacionar o processo aos conhecimentos para o desenvolvimento acadêmico em um trabalho de conclusão de curso, auxiliando na metodologia de ensino do curso de Engenharia Mecânica das Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros - FIPMOC. O texto foi fundamentado nos processos exigidos no desenvolvimento da máquina, as variáveis existentes na elaboração foram verificadas, estabelecem-se, por meio de pesquisa, os materiais e processos adequados ao projeto e construção deste, e, por fim, foi analisada sua viabilidade comercial e comprovação da eficiência como bem sustentável que a sua utilização causa. A análise do aprendizado e experiências vivenciadas pelo acadêmico desenvolvedor da máquina foi dissertada com base nos resultados de avaliações industriais in loco buscando dados que possam aperfeiçoar o ganho produtivo e trababilidade. O desenvolvimento desta máquina alinha a inovação sustentável necessária a Engenharia a competências diferenciadas para a atuação no mercado de trabalho.*

Palavras-chave: *Fundição por Gravidade, Alumínio, Engenharia Mecânica.*

1 INTRODUÇÃO

Para que o processo de melhoria da qualidade de um produto seja feito de forma efetiva e contínua, é necessário que toda estruturação da empresa seja levada em consideração. Para estabelecer metas de produção condizentes com o maquinário e mão de obra disponível, deve-se levar em conta as vendas efetuadas em determinado período de observação, bem como os custos envolvidos no processo de produção. As cinco variáveis específicas que devem ser avaliadas, verificando-se o valor financeiro ao final dessa avaliação, são: qualidade do produto, custo do produto, tempo de desenvolvimento, custo do desenvolvimento produtivo e o aprendizado neste desenvolvimento (ULRICH, EPPINGER; 2015). Tais variáveis são utilizadas para avaliar a execução de cada atividade necessária no processo produtivo e aperfeiçoá-lo ao fim de cada ciclo.

Nesse sentido, a automatização da produção é uma das formas que as indústrias têm buscado para a redução de custos envolvidos na produção e na redução de retrabalho pela padronização de processos (SOARES; SIKILERO, 2010).

Com base nisso, o presente artigo surge da necessidade da criação de um dispositivo mecânico que atenderá à fabricação de uma empresa metalúrgica de pequeno porte localizada no município de Montes Claros – MG, que atua com a produção de painéis em alumínio por meio

de fundição por gravidade. Além de apresentar os resultados deste projeto, este trabalho discute como o processo de construção desta máquina auxilia com método de ensino prático no curso de Engenharia Mecânica, desenvolvendo habilidades e competências necessárias à formação do Engenheiro Mecânico e ampliando sua relação com o meio ambiente.

2 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DE UM ENGENHEIRO

O desenvolvimento do dispositivo automatizado para fundição de gravidade para alumínio exige do acadêmico a busca de conhecimento sobre o tema, incluindo cálculos de dimensionamento, aplicação de métodos organizacionais, modelagem de peças e sistemas, conhecimento em software, estratégias de Marketing, controle produtivo, gestão de produção, gestão de projetos entre outras diretrizes vigentes na Resolução do Conselho Nacional de Educação, de 11 de março de 2002, que estabelece os conteúdos abordados nos cursos de Engenharia no Brasil, competências e habilidades em aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas; atuar em equipes multidisciplinares; avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia; assumir a postura de permanente busca de atualização profissional; avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental (CNE/CES, 2002).

Em um mundo de aceleradas mudanças, a prática da engenharia mostra-se cada vez mais instável, demandando do engenheiro uma evolução contínua do conhecimento prático e teórico adequando-se às novas tecnologias. Isto requer do acadêmico uma base de conhecimento sempre em expansão e novos conceitos para a formação em engenharia. (MILITITSKY, 1999).

Segundo Porter (2011), os desenvolvimentos tecnológicos e competitivos interligam muitos negócios e, por conseguinte, está criando novas possibilidades que geram vantagens competitivas, o que garante a evolução dos produtos e serviços. A tradução para o inglês do título, do resumo (*Abstract*) e das palavras-chave (*Key-words*), para os autores que prepararem o trabalho em português ou em espanhol, deve ser apresentada no final do trabalho, após a lista de referências.

3 PLANEJAMENTO, À PROGRAMAÇÃO E À EXECUÇÃO DO PROCESSO

Para estruturar a máquina de fundição de alumínio por gravidade, foram utilizados os métodos de uso do ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Action*), no intuito de controlar as etapas do projeto e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades da organização, e a cada ciclo aperfeiçoar o funcionamento do processo de forma organizada, por meio de ferramentas auxiliares a metodologia. Seus principais propósitos são tornar os processos de gestão empresariais mais ágeis, claros e objetivos, simplificando o entendimento de todos os envolvidos. (CALÔBA; KLAES, 2016).

Desta forma, baseando-se no ciclo PDCA apresentado na Figura 1, alinha-se a planilha 5W2H, uma ferramenta administrativa que pode ser utilizada na área industrial a fim de determinar, de modo documental e organizado, a forma como deverão ser efetuadas as ações. São estabelecidos com antecipação: como a ação deve ser realizada, por quem, quando, onde serão executadas, por que deve ser executada e quanto irá custar cada execução para a empresa conforme Figura 2.

Nessa senda, Polacinski (2012) afirma que a ferramenta representa um plano de ação para as atividades pré-estabelecidas que necessitem ser executadas com uma maior transparência possível, funcionando também como um mapeamento das atividades.



Fonte: Portal administração, (2014)

Figura 2 – 5W2H (Acervo do autor)

O que?	Por que?	Quem?	Onde?	Quando?	Como?	Quanto Custa?
A. Definição do material	A. Para que este atenda o projeto.	A. Engenheiro	A. Independente	A. Início do projeto	A. Por meio de análise de análise do resultado de simulação em plataforma CAD	R\$ 120,00/Hora
B. Cortar material para base e lateral de acordo o projeto	B. Para fixação dos demais componentes.	B. Torneiro	B. C. D. E. F. Centro de Fabricação Mecânica	B. Finalizado A.	B. Corte com maçarico.	R\$ 35,00/Hora
C. Usinar ponto de fixação entre base e laterais	C. Para melhor estabilidade do sistema.	C. D. Toneiro		C. Finalizado B.	C. Furação e rosca.	R\$ 35,00/Hora
D. Usinar de molde Interno e externo	D. Para que esse seja definido como formato do produto.	E. F. Soldador		D. Finalizado B.	D. Torno convencional	R\$ 35,00/Hora
E. Soldar ponto de fixação molde interno a base	E. Para facilitar a troca do molde caso necessário.			E. Finalizado D	E. Solda TIG	R\$ 21,00/Hora
F. Soldar ponto de fixação molde externo aos cilindros pneumáticos	F. Para facilitar a troca do molde externo caso necessário.	G. H. Montador	Centro de Hidráulica e Pneum	F. Finalizado D.	F. Solda TIG.	R\$ 21,00/Hora
G. Montagem do Circuito Pneumático	G. Para distribuição da força por igual em ambos cilindros.			G. Finalizado D	G. Seguindo a definição do projeto FluidSim Pneumatic.	R\$ 18,00/Hora
H. Montagem demais componentes pneumáticos	H. Para conferência do funcionamento do sistema.			H. Finalizado G	H. Fixação nas peças laterais.	R\$ 18,00/Hora
I. Conferência de todos itens anteriores	I. Por que assim reduz a chance de erros durante a produção.	I. J. Operador	I. J. K. Empresa de estudo	I. Finalizado H	I. Conferência da pressão dos sistema.	R\$ 15,00/Hora
J. Definir de método de inserção do materi	J. Porque assim o operador reduz a perda de calor durante o transporte até o molde			J. Finalizado I	J. Analisando métodos já utilizados e aplicando melhorias.	R\$ 15,00/Hora
K. Aprovação do projeto	K. para conferir se este atende a demanda da empresa.			K. Proprietário da empresa	K. Finalizado K	K. Com satisfação do proprietário da empresa.

Fonte: Acervo do autor, (2017)

4 DESENVOLVIMENTO DA MÁQUINA

Nesta seção será mencionada a metodologia utilizada para construção da máquina.

4.1 Fundamento teórico

Para a construção da máquina de fundição por gravidade foi necessário um levantamento bibliográfico, visando o conhecimento sobre os sistemas e componentes, necessários para seu funcionamento e suas variáveis, tais como: sistemas pneumáticos, fundição em peças de alumínio por gravidade, cristalização de materiais metálicos, contração volumétrica em materiais metálicos, desprendimentos de gases em moldes metálicos, força de atrito, transferência de calor e massa e resistência dos materiais.

Dentro da tecnologia de automatização, destacam-se os sistemas pneumáticos controláveis, que representam uma solução prática e de baixo custo em relação aos projetos analisados, e que podem realizar movimentos repetitivos, definindo o fim de curso de um dispositivo e/ou ferramenta. Com a pneumática, tem-se uma das principais reduções de custos operacionais em processos cíclicos. Com alta precisão e velocidade, consegue-se ganho no ritmo de trabalho e aumento de produtividade, aliado a um menor custo operacional (JÚNIOR; TORRES, 2003).

Além do mais, evidenciam-se, também, vantagens como: facilidade de implantação do sistema, aceitação em ambientes hostis, e a resistência dos componentes em umidade, variação de temperatura, poeira e outros. Dados da Parker (2016) apresentam como limitações pneumáticas as necessidades de preparação do ar para trabalhos compostos, limitação de pressão aos componentes pneumáticos e impossibilidade de paradas intermediárias e velocidades uniformes.

Os sistemas pneumáticos são compostos por vários componentes. Neste estudo, foram considerados os atuadores, compressores, filtros e dispositivos de controle.

Por assim dizer, atuadores são elementos de um sistema pneumático que estabelecem movimentos lineares ou rotativos por meio da conversão de energia fluida em energia mecânica, ou seja, são elementos responsáveis pela realização do trabalho a partir da pressurização ou expansão do ar. (BUSTAMANTE, 2011).

A saber, compressores são equipamentos eletromecânicos destinados a armazenar e aumentar a pressão de um fluido em estado gasoso para aplicação dessa pressão no sistema. (BUSTAMANTE, 2011).

Além do mais, o filtro foi elaborado para utilização na remoção de contaminantes presentes na linha de fluxo pneumático. Sua forma construtiva permite que esse trabalho aconteça independentemente do nível de pressão necessária do sistema. (PARKER, 2010)

Quanto aos dispositivos de controle, podem-se arrolar válvulas direcionais, botoeiras de acionamento, válvulas auxiliares, botoeiras de emergência, linhas de transmissão entre outros.

O processo de fundição de peças de alumínio utilizando a gravidade permite o escoamento do metal líquido pela parte superior do molde, viabilizando a criação de peças em várias formas e uma produção seriada, aumentando, portanto, a fabricação de produtos; quando comparada a outros tipos de processo de fabricação mecânica – como usinagem, estampagem dentre outros processos – a fundição tende a ser a mais vantajosa entre vários processos devido a modelagem de peças de alta complexidade (CHIAVERINI 2013).

O processo de fundição por gravidade é indicado para desenvolvimento de peças que, necessitam de qualidade no acabamento, pouca variação dimensional e propriedades mecânicas. Outro diferencial da fundição por gravidade é a possibilidade de projetos de produtos com cavidades internas mais complexas com machos de areia, impossível no processo de injeção por alta pressão. É importante que, ao optar pelo processo de fundição por gravidade, o projeto seja acompanhado desde o início para o atendimento às especificações de forma plena, a fim de evitar qualquer tipo de transtorno como a diminuição na durabilidade ou falhas na fabricação. (CHIAVERINI 2013).

Cristalização é uma característica dos metais, durante sua fase de solidificação. Consiste no aparecimento das primeiras células cristalinas unitárias, que servem como “núcleos” para o posterior desenvolvimento ou “crescimento” dos cristais, dando, finalmente, origem aos grãos definitivos e a “estrutura granular” típica dos metais. (CHIAVERINI 2013).

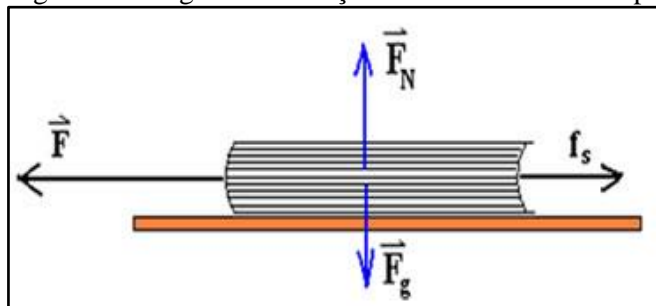
De acordo com Fabio Tâmega (2017) contração de volume é uma característica que os metais possuem na passagem do estado líquido para o sólido. Estas se dividem em três: contração líquida, contração de solidificação e a contração sólida.

- Contração líquida: esse fenômeno condiz com a queda de temperatura inicial da fase de solidificação do material;
- Contração de solidificação: durante a transformação do estado líquido para o sólido ocorre a alteração de volume;
- Contração sólida: corresponde à variação do volume que ocorre da temperatura final de solidificação até se manter em equilíbrio com a temperatura ambiente.

Desprendimento de gases é um fenômeno que tende a diminuir a força de fechamento das cavidades, liberando, assim, gases e ar que estão presos dentro dos moldes; sendo assim, o produto não sofrerá falhas como bolhas ou falta de preenchimento de material, este fenômeno ocorre pela redução da viscosidade da matéria prima líquida durante o preenchimento do molde.

A força de atrito é presente no momento que dois ou mais materiais entram em contato, é determinada a partir do módulo da força NORMAL e do coeficiente de atrito. A Normal é uma força atuante na vertical pra cima em todo objeto que esteja um plano. O coeficiente de contato é atuante na superfície de um corpo e sempre se opõe à tendência de deslocamento contínuo deste em relação ao plano. Nesse aspecto, Mata (2014) relata que Leonardo da Vinci (1452-1519) constatou, experimentalmente, que o valor máximo da força de atrito entre as duas superfícies é independente da área de contato, mas depende da intensidade da força de compressão entre as duas superfícies, bem como da natureza das superfícies, elemento que define o coeficiente de atrito dividido entre estático e cinético. Neste projeto, considerou-se o coeficiente cinético, que é a intensidade da força que surge em oposição à força aplicada sobre o corpo para que este entre em movimento. A figura 3 apresenta um esquema evidenciando as forças atuantes em um corpo no qual atua uma força F que o obriga a mover-se.

Figura 3 – Diagrama de Forças Atuante sobre um corpo



Fonte: Hibbeler (2010)

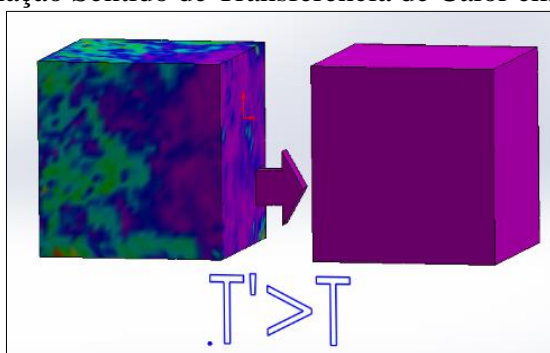
Dessa maneira, pode-se dizer que, quanto maior o valor dessa grandeza, maior será a resistência gerada pela superfície sobre o objeto, e que a intensidade da força de atrito cinético é menor do que a intensidade máxima da força de atrito estático. A força de atrito cinético pode ser determinada por meio da equação 2:

$$f_c = \mu_c \times FN \quad (2)$$

Onde μ_c é valor do coeficiente de atrito cinético e possui valores adimensionais e tabelados; FN é a força normal atuante no corpo.

O calor é uma energia térmica em movimento de um corpo para o outro, acontece pela diferença de temperaturas entre eles até o equilíbrio (Figura 4).

Figura 4 – Simulação Sentido de Transferência de Calor em Plataforma CAD



Fonte: Acervo dos autores

A respeito disso, Incropera e Dewitt (2008) esclarecem que a relação entre calor aplicado a um corpo ou sistema livre de influências externas e a sua temperatura é diretamente proporcional. À medida que recebem calor, os átomos ou moléculas do corpo vibram mais intensamente, e a energia cinética dessas partículas é transferida sucessivamente de um corpo para o outro. Essa transferência de energia cinética é a propagação de calor, e pode ocorrer de três formas: radiação, condução e convecção. No projeto em questão, considerou-se a transferência por condução devido ao contato direto entre os materiais.

A transferência de calor por condução ocorre sem que ocorra transferência de matéria. A energia térmica se propaga de partícula para partícula; acontece mais facilmente nos materiais sólidos com maior número de partícula por unidade de volume, especialmente partículas livres. A condução é caracterizada por estabelecer um fluxo de calor termal ou ainda fluxo térmico, que é a taxa de energia transferida de uma superfície para outra, mensurada por seu valor transferido por unidade de área em um determinado tempo (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

A lei que rege esse processo de transmissão de calor foi determinada, experimentalmente, pelo matemático francês Jean-Baptiste Fourier (1768-1830). A Lei de Fourier diz que a quantidade de calor que atravessa uma parede, sob uma diferença de temperatura constante, é diretamente proporcional à área da secção transversal, à diferença de temperatura entre as regiões separadas pela parede e ao tempo de transmissão e inversamente proporcional à extensão atravessada, ou espessura da parede, conforme equação 3 onde:

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot \Delta\theta \cdot \Delta\tau}{\varrho} \quad (3)$$

Q = fluxo de calor,

K = coeficiente de transferência de calor característico do material,

$\Delta\theta$ = variação de temperatura,

$\Delta\tau$ = variação do tempo,

ϱ = espessura do material.

4.2 Desenvolvimento do projeto

A partir do embasamento teórico foi iniciado o desenvolvimento para a construção da máquina. Para coleta de dados de temperatura, utilizou-se um termômetro digital Infravermelho *Wintact Wt300* que possui um range de -25°C – 1850°C , realizando-se um total de 07 coletas dentro de 2 horas e 30 minutos, atendendo-se à necessidade da pesquisa e apresentados na tabela 1. A escolha dessa ferramenta deu-se pelo fato de não haver necessidade de contato direto com a matéria prima, podendo realizar as medições à distância.

Tabela 01: Dados de tempo do processo produtivo

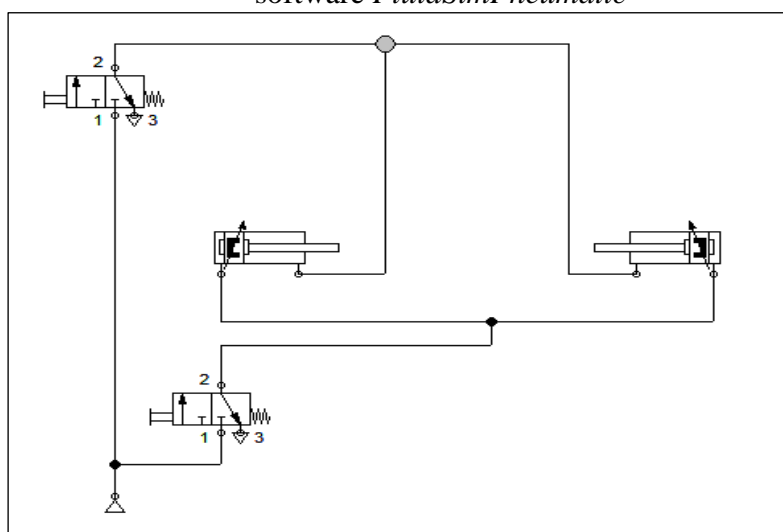
Processos	Tempo 1	Tempo 2
Confecção do Moldagem	1 h:14 min	00 h: 00 min
Inserção de Matéria Prima	01 h:41 min	00 h:37 min
Início Solidificação	02 h:18 min	01 h:06 min
Resfriamento do Produto	02 h: 44 min	01 h:33 min
Sague Molde Interno e Externo	02h: 50 min	

Fonte: Acervo dos Autores

Em seu turno, a definição do sistema pneumático foi determinada segundo procedimentos indicados por fabricante especializado, buscando valores de pressão necessária no sistema a fim de superar o coeficiente de atrito estático e realizar os fechamentos do molde externo.

Para a modelagem do circuito e leitura prévia do comportamento do sistema, utilizou-se o *Software FluidSimPneumatic*, facilitando o entendimento de quais medidas seriam tomadas em relação aos acionadores, seus atuadores pneumáticos e toda linha de tráfego do fluido e insumos, estes apresentados na Figura 5.

Figura 5: Representação do sistema pneumático em software *FluidSimPneumatic*



Fonte: Acervo dos Autores.

No início do projeto, foi realizado um *checklist* de determinadas atividades que seriam executadas no decorrer do processo. O método aplicado foi a ferramenta de gestão 5W2H, a qual auxiliou na execução da produção do dispositivo. Com isso, foi feita a organização dos processos, de modo a definir o que fazer, por que fazer, como fazer, quando fazer, quem fará, onde será feito e quanto custará. Respondidas essas perguntas, foi possível estabelecer um plano que nos guiou até a conclusão do projeto.

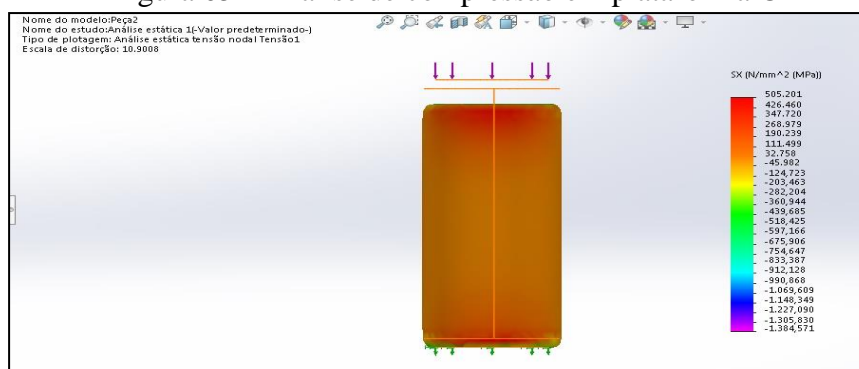
O cálculo do coeficiente de atrito foi baseado na metodologia aplicada por Da Vinci, que desconsidera a área de contato entre as duas superfícies, ponderando, assim, dados como força necessária a ser aplicada, a normal e o coeficiente de atrito dinâmico.

Buscou-se, em fundamentos literários, aprofundar os conhecimentos em termos de moldes de fundição por gravidades existentes e, em seguida, realizou-se uma análise comparativa aos processos usuais nas grandes empresas de fundição da Cidade de Montes Claros, seu processo de fabricação estabelecido. Isso possibilitou a definição dos esforços mecânicos exigidos ao molde externo.

Na etapa seguinte, foram analisados quais os materiais atenderiam aos esforços exigidos no processo aliado a um baixo custo de produção e boa usinabilidade. A fim de promover métodos simples de análises dos materiais mais comuns nas estruturas do projeto, utilizou-se uma combinação de teoria e experiências realizadas por da Vinci (1419), Galilei (1564) e Euler (1783), mediante modelamento matemático entre as equações 4, 5 e 6 esclarecidas em Timoshenko (1953).

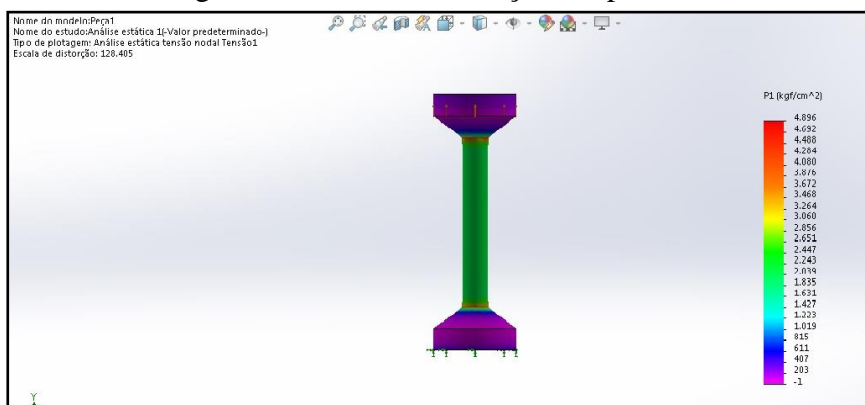
Para comprovação desses dados, foram realizadas análises de tração e compressão em plataforma CAD (Figura 05 e 06), aplicando dados dos materiais e cargas aplicadas, buscando sempre aproximar ao máximo do valor real. De forma a validar a simulação, foram realizados ensaios de tração e compressão em corpo de prova cilíndrico em uma prensa hidráulica WP 200, seguindo orientações das normas NBR 5739 e NBR 6892, respectivamente. Os dados de ensaio são apresentados na Figura 07.

Figura 05 - Análise de compressão em plataforma CAD



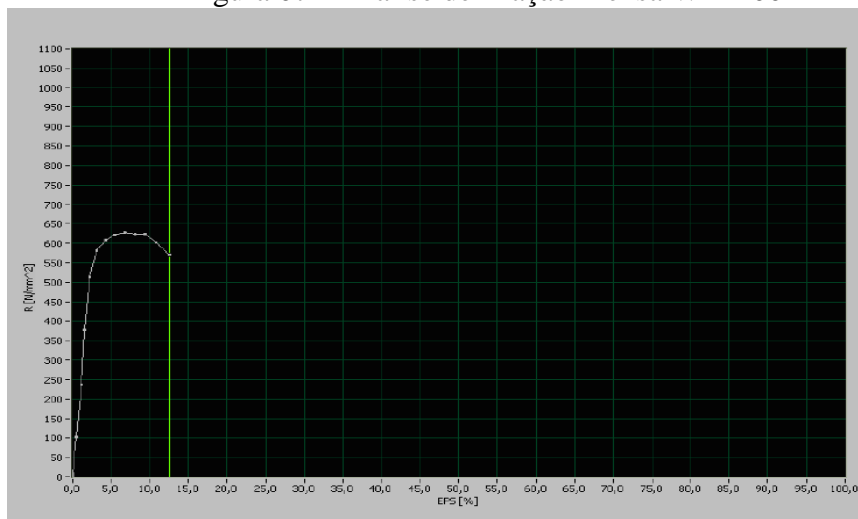
Fonte: Acervo dos Autores.

Figura 06 - Análise de Tração em plataforma CAD



Fonte: Acervo dos autores

Figura 07 - Análise de Tração Prensa WP 200



Fonte: Acervo dos Autores.

5 MÁQUINA DE FUDIÇÃO DE ALUMÍNIO EM UMA EDUCAÇÃO INOVADORA PARA UMA ENGENHARIA SUSTENTÁVEL.

Analisando que o alumínio é o terceiro elemento mais abundante no planeta, que pode ser encontrado em diversos produtos de nosso dia a dia, que o produto tem uma grande importância no mercado global, já que é utilizado na fabricação de diversos materiais, foi possível discriminar o ganho sustentável presente no desenvolvimento da máquina. O Brasil é o país que possui a terceira maior jazida de bauxita do planeta e é também o quarto maior produtor do material, ocupando a quinta colocação no *ranking* mundial de exportação de alumínio primário.

A reciclagem do alumínio traz diversos benefícios para o meio ambiente, economizando matéria-prima e reduzindo o consumo de energia elétrica, diminuindo as emissões de gás de efeito estufa, e com tudo reduzindo o volume produtivo de lixo nos aterros sanitários, gerando fonte de renda para diversas pessoas envolvidas com a coleta seletiva e separação deste material com uma geração de 50 empregos diretos e centenas de indiretos por recicladora.

A investigação seguinte contextualiza trechos dissertados por recicladores locais no qual compartilharam algumas contribuições significativas que foram também levadas em consideração como fator motivacional ao desenvolvimento do projeto.

Embora as latinhas tenham grande destaque na reciclagem no Brasil, existem outros produtos de alumínio que também podem ser reaproveitados, como por exemplo, esquadrias de janelas, carcaças de automóveis e outros. Porém o alto custo da reciclagem desses materiais e sua ineficiência, inviabiliza o uso destes materiais como matéria prima primária e também sua baixa rotatividade no ciclo seu ciclo não atende à demanda produtiva.

A simples participação na elaboração de um dispositivo que influencia na economia, gerando renda para os catadores desenvolveu um ambiente motivador e de intensa procura por explorar conhecimentos relacionados ao tema abordado. Ao tomar ciência da alta produtividade que a máquina pode provocar, catadores declararam ter visto na uma oportunidade de colocar em prática a dignidade de exercer a profissão, possibilidade de uma visão estratégica de carreira, aprimorando habilidades necessárias para a atuação no mercado de trabalho.

Com o sistema produtivo implantado reduz-se o tempo de vida da lata de alumínio dispersa no meio ambiente, que leva mais de 100 anos para se decompor, por isso a necessidade de uma melhor reciclagem do material. Segundo a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL), a reciclagem de latinhas de alumínio consiste em basicamente no derretimento do material. Salienta-se ainda que a sucata de alumínio seja fonte de renda para mais de um milhão de

brasileiros, ou seja, serão milhares de pessoas que trabalharam em prol de um benefício ambiental gerando renda e sustento de sua família

Estando definida a estrutura da máquina e seu processo produtivo, verificou-se a necessidade do envolvimento do proprietário, enquanto operador, definir o seu fator de produtividade, o fluxo dos processos, as etapas de processo e o tempo necessário para cada uma e a inter-relação entre as atividades e sua influência em relação ao todo. Deste modo estabeleceram que fossem produzidas aproximadamente 100 unidades por dia o que equivale a mais 40 toneladas de alumínio reciclado para essa produção, o que significa aproximadamente 2,5 milhões de latinhas recicladas. Com a utilização da máquina e uma alta produtividade serão mais de 200 mil kg de minério bruto (bauxita) poupados diariamente, o que comprova a viabilidade sustentável da utilização da maqui de fundição por gravidade em alumínio. (RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 2007)

Agradecimentos

À instituição Faculdades Integradas Pitágoras de Montes Claros, ao Centro de Práticas de Engenharia, Arquitetura e Gestão – CEPEAGE, e aos mestres que contribuíram para evolução deste projeto.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JUNIOR, José Antonio Valle. **TAKT-TIME: CONCEITOS E CONTEXTUALIZAÇÃO DENTRO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**. Porto Alegre, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Abnt, 2009. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6892**: Ensaio de tração à temperatura ambiente. Rio de Janeiro: Abnt, 2011. 72 p.

AUTOMOBILÍSTICA. 2007. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Coordenação de Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007. Disponível em:
<http://www.fmepr.org/XP/editor/assets/DownloadsEPD/TCC_junho2007_ThiagoNeves.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2017.

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JUNIOR, E. Russell. **Resistência dos Materiais**. 3. ed. Belo Horizonte: Pearson, 2010.

BUSTAMANTE, Arivelto. **Automação pneumática**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 7. ed. São Paulo: Érica, 2011.

SOARES, Gloria de Almeida. **FUNDIÇÃO**: Mercado, Processos e Metalurgia. Rio de Janeiro: Coppe - Ufrj, 2000.

CARVALHO JÚNIOR, Marcio Vieira de; TORRES, Marialice Guedes. Ferramentas de Custos para Tomada de Decisões. **Techoje**, Belo Horizonte, v. 11, n. 17, p.01-06, 09 abr. 2003.

CALÔBA, Guilherme; KLAES, Mario. **Gerenciamento de Projetos com PDCA**. Rio de Janeiro: Alta Books Editora, 2016.

CICLO PDCA: Do conceito à aplicação. São Paulo: Portal Administração, 2014. Disponível em:
<<http://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica: processos de fabricação e tratamento**. 2. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2013.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J.. **Transferência de calor e de massa: uma abordagem prática**. 4. ed. Barueri: Bookman, 2012.

GROSBELLI, Andressa Carla. **PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA EM UM ALMOXARIFADO UTILIZANDO A FERRAMENTA 5W2H**. 2014. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014

INCROPERA, Frank; DEWITT, David. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008.

MATA, Gloria de Almeida. A dependência da área real de contato no atrito entre superfícies sólidas. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2014.

NEVES, Thiago Franca. **IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA PARA GARANTIA DA QUALIDADE DO PRODUTO EM UMA INDÚSTRIA**

RECICLAGEM DE ALUMÍNIO: Como é feita a reciclagem de latas?. Belo Horizonte: Galileu, 2007. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT917033-1716,00.html>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

PARKER HANNIFIN IND. COM. LTDA (São Paulo). **Tecnologia Pneumática Industrial**. Jacaré: Parker Hannifin, 1999. 168 p.

POLACINSKI et al. Implantação dos 5W2H e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate.

PORTER, Michael. **Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SOARES, Renata El Tawil Morales; SIKILERO, Claudio Bastos. ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS NO PROCESSO PRODUTIVO: UM ESTUDO DE CASO DE UM FABRICANTE DE CHAPAS DE MDF. **Xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, v. 19, n. 21, p.02-11, 12 out. 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_113_745_15206.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

TIMOSHENKO, Stephen P. **History of Strength of Materials: Dover Civil and Mechanical Engineering**. New York: Dover, 1983.

TÂMEGA, Fábio. **Fundição e Processos Siderúrgicos**. Anhanguera: Educacional S.a., 2017.

ULRICH, Karl; EPPINGER, Steven D. **Product Design and Development**. Califórnia: Mcgraw-hill, 2015.

VAN VLACK, Lawrence H. **Princípios De Ciência Dos Materiais**. São Paulo: Blucher, 1969.

ALUMINUM GRINDING MACHINE FOR GRAVITY FOR AN INNOVATIVE AND SUSTAINABLE ENGINEERING

Abstract:

Gravity casting is a manufacturing methodology that directly influences a company's economy. This article aims to expose the elaboration of a machine that automates the foundry process to expand the productive chain of this branch and to co-relate the process to the knowledge for the academic development in a work of conclusion of course, aiding in the teaching methodology of the Mechanical Engineering course of the Integrated Colleges Pitágoras de Montes Claros - FIPMOC. The text was based on the processes required in the development of the machine, the variables in the elaboration were verified, the materials and processes adequate to the design and construction of the machine were established by means of research and, finally, its commercial feasibility was analyzed and evidence of efficiency as a sustainable good that its use causes. The analysis of the learning and experiences experienced by the academic developer of the machine was discussed based on the results of industrial evaluations in loco looking for data that can improve the productive gain and workability. The development of this machine aligns the sustainable innovation required by Engineering to differentiated competencies for the work market

Key-words: Gravity Die Casting, Aluminum, Mechanical Engineering