

## Desenvolvimento de uma trituradora de vidro destinada a associação de catadores de material reciclável de São João Del-Rei (ASCAS)

### RESUMO

Buscando inserir a engenharia em um contexto social, principalmente na economia solidária, na qual a mesma se mostra bastante ausente, foi realizada uma parceria com a Associação de Catadores de São João Del Rei. Ela culminou no projeto de uma trituradora de vidros, visando o processamento eficiente do material. Foram utilizados conceitos de desenvolvimento de produto, sendo a primeira etapa o Projeto Informacional, envolvendo conversas com catadores e compradores do resíduo, e sistematização das demandas. Seguiu-se o Projeto Conceitual, com criação do projeto funcional, análise das funcionalidades da máquina e das características necessárias para garanti-las. Por fim, no Projeto Detalhado, cálculos relacionados a projetos, desenho mecânico, análise de funcionalidade e do custo foram feitos. Ao fim, obteve-se um equipamento de baixo custo e capaz de atender as necessidades da Associação. O presente trabalho se apresenta como um estudo da aplicação dos conceitos de desenvolvimento de produtos no âmbito da economia solidária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Triturador. Vidro. Catadores. Desenvolvimento de produto. Economia solidária.

João Gabriel da Cruz Passos  
[joaoglancetti@gmail.com](mailto:joaoglancetti@gmail.com)  
Universidade Federal de São  
João del-Rei

Ana Flávia Oliveira Alencar  
[flavinhaqherardi@hotmail.com](mailto:flavinhaqherardi@hotmail.com)  
Universidade Federal de São  
João del-Rei

Mariana dos Santos Barroso  
[marianabarroso308@gmail.com](mailto:marianabarroso308@gmail.com)  
Universidade Federal de São  
João del-Rei

Nathália Caroline Spineli Forzan  
Silva  
[nathaliacspineli@gmail.com](mailto:nathaliacspineli@gmail.com)  
Universidade Federal de São  
João del-Rei

Leandro Reis Muniz  
[leandro.reis@ufsj.edu.br](mailto:leandro.reis@ufsj.edu.br)  
Universidade Federal de São  
João del-Rei

Artur Mariano de Sousa Malafaia  
[arturmalafaia@ufsj.edu.br](mailto:arturmalafaia@ufsj.edu.br)  
Universidade Federal de São  
João del-Rei

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos é um papel bastante importante do engenheiro, e dentre estes, são comuns maquinários destinados ao uso em outros processos de produção, como a preparação de materiais para a venda, ou a produção de bens de consumo. O desenvolvimento destes produtos passa pela produção de um projeto. Um projeto, segundo Rozenfeld et al. (2006), pode ser segmentado nas fases de projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação da produção e lançamento do produto. O processo de pensamento desenvolvido por Bilgård, Simonsen e Berlin (2017), que consiste na descrição das diversas fases de projeto e as decisões a se tomar nas mesmas se encaixa no mencionado, enfatizando o aspecto ergonômico

Na fase do projeto informacional, além da consulta ao consumidor, o estudo de trabalhos anteriores também é importante, seja qual for o produto desenvolvido. Schönherr, Landgrebe e Polubinski (2017), por exemplo, conduziram um estudo referente ao endurecimento de prensas composto por análises de patentes submetidas. Por meio delas, é possível compreender quais são os métodos mais usados no processo. Tal afirmação é válida para quase todas as áreas do conhecimento, constituindo a prática conhecida como benchmarking, na qual a busca pelas práticas de maior sucesso é o primeiro passo para o desenvolvimento de um produto competitivo (CAMP, 1989). Com o rápido avanço da tecnologia no mundo atual, é importante para o projetista a compreensão de aspectos econômicos, ambientais e sociais para que o consumidor seja satisfeito (FILHO et al., 2011).

Durante o projeto conceitual, Rozenfeld et al. (2006) afirmam ser de suma importância a busca por soluções para os problemas apresentados pelas premissas do projeto. Aqui soluções encontradas por meio do benchmarking podem ser selecionadas, assim como o estudo de novas soluções para problemas, dando origem a possíveis inovações. A seguir, com as características gerais definidas, o autor descreve o projeto detalhado e nele, os princípios conceituais definidos são aplicados, consolidando os detalhes do produto. É importante uma correta seleção de soluções nas fases anteriores, pois caso as mesmas sejam excessivamente complexas, tal processo pode ter sua dificuldade demasiadamente aumentada, exigindo mais recursos do que o necessário.

Embora tais conhecimentos sejam amplamente aplicados na indústria, é importante considerar também sua utilidade na construção do papel social do engenheiro. Como demonstra o estudo de Alvear et al. (2015), há uma certa ingenuidade arraigada aos praticantes de engenharia, advinda de sua formação. Ela se refere à concepção técnica dos conhecimentos, sem considerar os impactos sociais em sua aplicação. A interação entre conhecimentos técnicos e a população externa ao ambiente acadêmico é discutida no âmbito da Tecnologia Social. Segundo a definição da Rede de Tecnologia Social, ela corresponde a técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas na interação com a população, que representam soluções para a inclusão social (BAVA, 2004). Para Dagnino (2011),

ela surge como contraponto à tecnologia convencional, a qual promove o aumento da exclusão social, da precarização e também da informalização do trabalho.

A partir disso, a Tecnologia Social pode ser utilizada no auxílio a entidades de economia solidária. Na cidade de São João del-Rei, um dos maiores sucessos na interação entre estas organizações e a comunidade acadêmica é a Associação dos Catadores de Material Reciclável de São João del-Rei (ASCAS). A Associação foi criada em 2003, com apoio da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) em seu fortalecimento e consolidação desde 2002, por meio do projeto multidisciplinar “Inclusão social dos catadores de material reciclável de São João del-Rei e conscientização ambiental” (ABREU E BARBOSA, 2007). A parceria busca, como objetivo final, a autogestão da ASCAS pelos próprios catadores, nos moldes descritos por Singer (2007), além da inclusão social dos mesmos. As medidas para alcançar tal meta passam pela emulação de casos de sucesso, como o da ASMARE, em Belo Horizonte (HADDAD E CRUZ, 2013). Atualmente, a ASCAS conta com apoio da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Universidade Federal de São João del-Rei (ITCP-UFSJ), grupo multidisciplinar de alunos e professores que trabalha com o apoio a instituições de economia solidária.

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um projeto de engenharia, a partir da aplicação da metodologia de projetos, a ser destinado à uma entidade de economia solidária. A partir dos princípios de Tecnologia Social, a equipe responsável buscou entrar em contato com a ASCAS, tendo em vista sua relação estreita com a UFSJ, e, a partir das demandas levantadas pelos próprios catadores, desenvolver um produto a ser utilizado pelos mesmos em seu trabalho.

## METODOLOGIA

Na fase de definição do projeto informacional, foi realizado um contato inicial com os catadores, para que os mesmos pudessem apontar deficiências na estrutura da associação. Isso foi feito por meio de participação nas reuniões semanais realizadas na Associação, com presença de membros da ITCP-UFSJ. A conversa com os catadores foi essencial para a criação de um produto que atingisse suas expectativas. A partir das ideias apresentadas foram conduzidos estudos referentes ao projeto de trituradores de vidro. Assim, foram compiladas informações referenciais que pudessem guiar as decisões subsequentes no processo de concretização da máquina, relacionadas às demandas a serem possivelmente atendidas.

No projeto conceitual, houve um processo de materialização dos conceitos determinados anteriormente pela análise da literatura, com adoção, de modo geral, dos procedimentos descritos por Norton (2013) para o projeto de uma máquina, especialmente na adoção de um processo iterativo, com retorno a fases anteriores, caso necessário. Aqui, foram consideradas as diversas opções para a construção de um equipamento que atendesse às funcionalidades designadas, e as que apresentavam maior dificuldade para realização foram descartadas, especialmente no que se refere ao custo.

Por fim, o projeto detalhado consistiu, primeiramente, no desenho mecânico da máquina como idealizada. A seguir, suas dimensões foram consideradas. Para tanto, foram utilizados conceitos de projeto mecânico, com análises de esforços e tensões, além de aplicações do referencial tocante ao projeto especificamente de

moinhos de martelo, alterando os parâmetros do projeto para a indução de uma maior produtividade e durabilidade. A aprovação dos catadores, com uma apresentação detalhada do projeto para os mesmos, foi o critério principal para a conclusão de tal fase.

Ao final da construção do equipamento, a entrega e apresentação do produto foi breve, relatando aos catadores as modificações realizadas durante o processo de construção. Ainda como última etapa, uma demonstração de uso e treinamento foram realizados.

## DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

### Projeto Informativo

Do contato com os catadores foram retiradas diversas sugestões, tais como aprimoramentos no sistema de transporte do material reciclável, a fabricação de um sistema mais eficiente de triagem, a manutenção de prensas e a confecção de um mecanismo que permitisse a preparação do vidro para a venda. O vidro era até então descartado pela associação, pois a preparação do mesmo de forma manual acarreta riscos e é pouco eficiente.

Uma pesquisa sobre a viabilidade destas propostas foi conduzida, levando em conta a capacidade dos participantes do projeto em suprir a demanda e a vantagem trazida por tal ação. Deste modo, optou-se por projetar e construir uma máquina moedora de vidro, possibilitando o tratamento e venda do material, havendo outros casos de desenvolvimentos de maquinários do tipo por integrantes da área acadêmica, como em Ferrari et al (2018). Além disso, a reciclagem deste material produz uma redução de até 32% de energia, de 20% da poluição do ar, de 80% de resíduos de mineração e de 50% em uso de água (MEDINA, 2007). A seguir, os esforços foram voltados para a determinação das demandas que tal máquina deveria suprir, visando o benefício dos catadores. O processo consistiu em uma nova conversa com os mesmos e com compradores de vidro. A primeira constatação foi a de que o vidro deveria ser apenas quebrado, não necessariamente moído em partículas pequenas. Ou seja, a função da máquina seria cominuir o material de modo a facilitar seu transporte por meio de um aumento da relação massa por volume.

Além disso, observando o estado das máquinas presentes no galpão e o relato dos catadores sobre a falta de manutenção e o aparente mal-uso das mesmas, constatou-se a clara necessidade de um equipamento durável e sem necessidade de muito treinamento para a operação. Entretanto, mesmo que a associação disponha de algum maquinário, o custo para a compra de novas máquinas é por vezes proibitivo, e tal fato também se aplica a trituradores. Trituradores de maior capacidade são usualmente voltados para a indústria de minérios, e possuem custos que podem chegar, ainda em 2004, ao valor de R\$ 60.000,00 mesmo na compra de máquinas usadas (NUNES, 2004). Trituradores de menor capacidade, voltados para o uso na preparação do vidro para a reciclagem, custam menos, mas ainda representam um valor proibitivo para a ASCAS. Valores encontrados na literatura variam entre R\$ 4.890,00 e R\$ 9.900,00, estando ainda sujeitos a flutuações de mercado (GOMES, 2012; MARTINS & COUTO, 2016; MELLO, et al., 2016).

Outra consideração foi referente aos riscos advindos da operação da máquina. A quebra do vidro geraria algumas partículas cortantes e outras finas o bastante para entrarem em suspensão. As primeiras poderiam causar cortes, e as outras, problemas respiratórios em caso de inalação. Também haveria a presença de ruído. Assim, seria necessário o uso dos EPIs correspondentes, sem comprometer o conforto dos trabalhadores, de modo a garantir que os mesmos acatariam as recomendações no cotidiano, e a máquina deveria evitar ao máximo a expulsão das mencionadas partículas nocivas.

Portanto, os principais requisitos foram determinados, sendo eles:

- A produtividade adequada, com a geração de vidro moído,
- Um equipamento de fácil uso e manutenção, confortável e ergonômico, seguindo, naturalmente, as normas de segurança. O projeto também deveria ser construído com materiais facilmente adquiridos.

Em um estudo sobre máquinas de cominuição de objetos de grandes dimensões, normalmente moedores de mandíbula ou moinhos de martelo, constatou-se ser o mecanismo de martelos o mais simples e adequado para as premissas.

Considerações referentes a estas e outras demandas pautadas em sugestões dos catadores, dos responsáveis pelo projeto e advindas de estudos sobre os moinhos de martelos deram origem a Tabela 1. Tais demandas se referem a características que não eram essenciais para o funcionamento da máquina, mas poderiam gerar boa relação custo/benefício em sua aplicação.

A matriz de Desdobramento da Função de Qualidade (QFD) é um modo de articular a relação entre os requisitos apresentados pelos clientes e as características do produto. É uma ferramenta útil para a verificação da relação entre aquilo que está sendo oferecido e os requisitos do cliente, segundo Slack (2009). A Tabela 1 baseou-se, embora com apenas duas variáveis, em um processo de QFD. No caso, a análise de relevância se referiu à importância do componente para o cliente, assim como a amplitude de sua utilização em produtos comercializados atualmente. A análise de viabilidade combinou os fatores referentes ao custo de produção e facilidade de fabricação, ou seja, o “como”. Os resultados na forma de critérios qualitativos, sendo eles “alta”, “média” e “baixa”, classificando o elemento de acordo com os dois critérios.

A compilação das informações na Tabela 1, em conjunto com as outras demandas do projeto, constituiu o fim da fase de Projeto Informacional. Estes dados possibilitaram o prosseguimento para a fase do Projeto Conceitual, com a aplicação das demandas do projeto, segundo descrito pelos clientes e por pesquisa bibliográfica, em conceitos concretizáveis, possibilitando a construção da máquina.

Tabela 1 - Análise das demandas consideradas.

Consideração	Relevância	Viabilidade
Inclusão de uma peneira	Alta	Alta
Articulação da estrutura	Baixa	Média
Mobilidade por rodas	Média	Baixa
Tratamentos contra abrasão	Alta	Média
Vedação da máquina	Alta	Alta
Isolamento de ruídos	Alta	Baixa
Fácil desmontagem	Alta	Média
Amortecimento	Média	Alta

Fonte: Autoria Própria

### Projeto Conceitual

Para a definição do projeto conceitual, foi importante primeiramente definir, de modo geral, quais seriam as funções primárias da máquina, sem as quais ela não se constituiria como uma trituradora de vidro nos moldes requeridos. A Figura 1 demonstra a modelagem, partindo das variáveis de entrada (o vidro e a energia motriz) até a saída, com o vidro moído.

Figura 1 - Modelagem funcional da moagem do vidro.



Fonte: Autoria própria

O processo subsequente consistiu na busca de soluções para as demandas primárias. Considerando o objetivo principal da máquina, triturar vidro, a primeira decisão seria referente à câmara de moagem. Em virtude da necessidade de permitir a trituração de qualquer produto, a câmara deveria possuir um tamanho adequado para acomodar diversos objetos de vidro. Sendo recipientes, como garrafas, os mais comuns, e devido à grande variedade de diâmetros, uma boa base inicial seria um tamanho dos garrafões de 5 litros (aproximadamente 179 mm de diâmetro), sendo estes os maiores objetos desta classe que são encontrados com frequência. Uma forma de solução para peças de tamanho superior à câmara de moagem seria uma quebra manual antes de colocá-las na máquina, tal procedimento seria menos dispendioso que um aumento excessivo da câmara de moagem, pois requereria apenas a orientação para os catadores quanto às medidas máximas.

Uma ramificação deste problema se refere às medidas da entrada da máquina, devendo estas ser de tamanho adequado para os objetos a serem inseridos. Além disso, seria interessante a possibilidade da rápida alimentação, e a alimentação diretamente na boca da máquina dificultaria tal tarefa, por ser de pequenas dimensões e se encontrar próxima da câmara de moagem. Seria então interessante a inserção de uma estrutura com formato afunilado que servisse

como extensão da largura e comprimento da entrada, podendo agrupar os materiais a serem moídos e prezando pela facilidade de uso e saúde física dos trabalhadores, procurando afastar ao máximo a entrada da câmara de moagem, onde se encontram os martelos em alta velocidade de giro.

Já na câmara de moagem, era importante o uso de um número adequado de martelos, para a trituração correta. Enquanto que um número muito grande acarretaria em dispêndios excessivos tanto para construção quanto para manutenção, um espaço muito vazio dificultaria o controle de granulometria, além de tornar o processo lento. É indispensável também a presença de um mecanismo de regulação do tamanho das partículas expulsas da máquina, sendo a peneira o mais comum deles, e também um mecanismo que ligue a saída da máquina ao recipiente de armazenamento do produto. Além disso, o eixo girante deveria ser acoplado a um sistema de acionamento, como um motor, de preferência com acoplamento direto, diminuindo a quantidade de componentes.

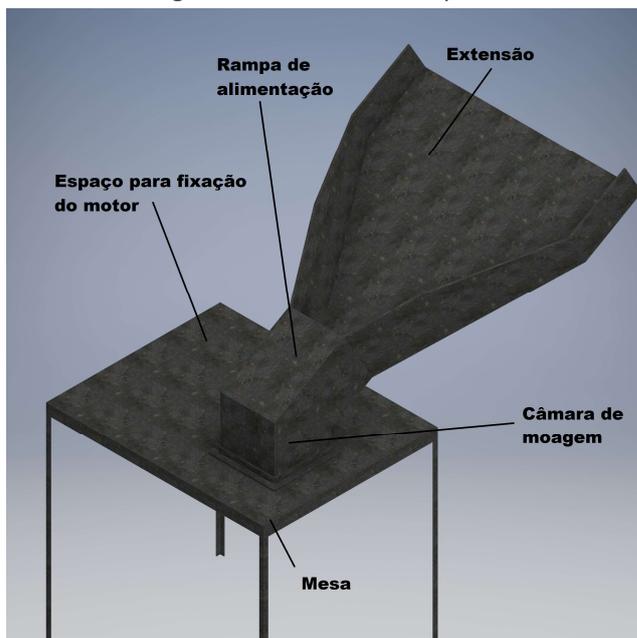
A estrutura física precisava ser rígida devido à alta vibração gerada no processo, e ainda assim usar uma quantidade de material que pudesse ser comprada com os recursos obtidos. Devia ser também leve, permitindo o transporte da máquina, mas possuir paredes espessas e de dureza considerável, resistindo à abrasão do vidro. E por fim, era importante que possuísse ao menos algumas partes desmontáveis, pois isso facilitaria o trabalho de manutenção, especialmente na região do eixo e martelos. Porém, foi descartada sua mobilidade, considerada durante a fase de Projeto Informacional. O uso de rodas e partes articuladas seria gerador de muitos pontos de possível falha, além de induzir instabilidades na estrutura, assim, optou-se por mantê-la fixa a um ponto.

As soluções foram encontradas pela equipe de nove alunos e professores envolvidos no projeto, com auxílio dos catadores e dos alunos da ITCP. Todas as considerações da modelagem funcional foram abordadas neste processo, e também foram avaliados os componentes acessórios e funcionalidades secundárias, com descarte daqueles de difícil realização. Foi possível assim encerrar o processo do projeto conceitual.

### Projeto Detalhado

Primeiramente, a máquina tal como visualizada foi desenhada com uso do software Autodesk Inventor® 2018, por meio de licença estudantil. A máquina consistia, de modo geral, em uma câmara de moagem, um sistema de acionamento ligado ao eixo e martelos, um mecanismo de saída para o vidro e um mecanismo de entrada para o material a ser cominuído, como visto na Figura 2.

Figura 2 - Estrutura da máquina.

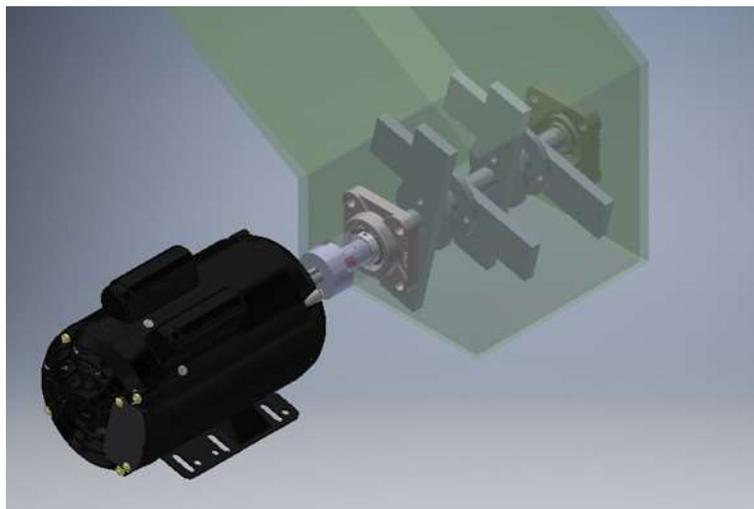


Fonte: Autoria própria

Optou-se por estabelecer medidas de aproximadamente 250x250 mm na entrada. São medidas superiores às requeridas, sendo capaz de gerar uma entrada que acomode a maior parte dos objetos a serem triturados. Embora a medida na entrada fosse adequada para a acomodação dos objetos necessários, ela era demasiado pequena para permitir uma alimentação ágil, limitando a produtividade da operação. Como solução para este problema, foi criada uma extensão para a saída, como destacado, permitindo que uma maior quantidade de material fosse colocada no equipamento, e seu formato afunilado aglomerasse o material e o levasse diretamente a entrada propriamente dita.

O motor, de 1 HP e 4 polos, possuía potência e rotação suficientes para a quebra do vidro mesmo com a maior velocidade de alimentação permitida pela extensão da entrada. O mecanismo de cominuição funcionaria por meio de quatro martelos acoplados a um eixo ligado diretamente ao motor por um acoplamento, como visto na Figura 3. Os martelos passariam por tratamento térmico para endurecimento superficial, tornando-os mais resistentes à abrasão causada pelo vidro. Para que o vidro seja adequadamente moído, seria incluída também na câmara de trituração uma peneira. Ela possuía um formato curvo, formato mais comum em equipamentos do tipo (KOCH, 2002), que garantiria uma distância constante da trajetória dos martelos em giro, visando uniformizar ao máximo o produto gerado, pois o controle dos parâmetros na trituração do vidro, como apontado por Neal (2013), pode ser responsável por uma variação de até 400% na produtividade da máquina. O sistema de acionamento foi a única parte do equipamento com componentes de maior complexidade, sendo o resto do mesmo composto principalmente por elementos estruturais de aço.

Figura 3 - Câmara de moagem.



Fonte: A autoria própria

Considerando-se o problema dos riscos à saúde dos catadores, algumas alterações foram feitas. Primeiramente, na entrada da máquina foi incluída uma chapa de metal para vedação, impedindo a saída de vidro sem impedir a alimentação, por meio de um mecanismo basculante. Na saída, foi incluída também uma vedação, constituída por um tubo de tecido ligando diretamente o local por onde o vidro seria expulso da máquina ao recipiente no qual ele será armazenado. Isso impediu não só o espalhamento de peças grandes de vidro como das partículas em suspensão.

A máquina também passou por avaliações de estabilidade de sua estrutura. Estas se referiram inicialmente à consideração da possibilidade de falha de quaisquer elementos mecânicos por funcionamento no regime para o qual a máquina foi projetada. Tais considerações levaram à validação dos diversos componentes obtidos para a construção da máquina e dimensionamento dos parafusos. Para a validação, foram utilizados conceitos de esforços estáticos e vibrações, principalmente. Para os parafusos, relações matemáticas encontradas em Shigley (2005) foram aplicadas de modo a encontrar a área seccional adequada para sustentar as cargas exercidas pelo peso da estrutura superior da máquina. Dessa maneira, optou-se pela padronização do projeto ao utilizar, quando fosse possível geometricamente, parafusos com a mesma medida daqueles sujeitos às maiores cargas (M10x50 mm). A padronização, como descrito por Toledo, De Moraes e Correr (2018), é um procedimento importante para um produto satisfatório.

Os cálculos mencionados, referentes à resistência dos componentes internos e da estrutura foram realizados com relações matemáticas encontradas em Hibbeler (2010) e Shigley (2005), ou por meio de simulações numéricas. A Tabela 2 apresenta alguns dos valores considerados no dimensionamento da máquina. Na coluna de valor calculado estão os valores esperados de tensões, deflexões e cargas durante operação do produto que os materiais empregados suportariam. Foi possível perceber a forte tendência ao superdimensionamento, prática de grande utilidade em casos como este, sem acompanhamento diário do uso do equipamento.

Tabela 2 - Relações encontradas no dimensionamento mecânico.

Critério	Valor calculado	Valor crítico
Deflexão do eixo	0,005 mm	0,075 mm
Deflexão angular no eixo	0,000078 rad	0,000936 rad
Tensões no eixo, regime de fadiga	4,9 MPa	103,77 Mpa
Comprimento mínimo das chavetas	47 mm	3,5 mm
Vida nominal do rolamento	8370000 horas	-
Carga de flambagem nos pés	1500 N	631654 N
Tensão de escoamento nos pés	5 MPa	180 Mpa
Tensão de escoamento na mesa	68,51 MPa	180 Mpa
Tensão nos parafusos	45 MPa	225 Mpa

Fonte: Autoria Própria

Além disso, o peso da máquina foi avaliado, pois seu formato, com uma grande parte da massa se projetando além da mesa e acima do solo, poderia causar tombamentos. Estaticamente, a máquina se encontrava estável, com um centro de massa posterior à borda da mesa, porém, visando a produtividade, era importante considerar que, durante seu funcionamento, uma carga correspondente ao vidro sendo alimentado estará presente, e a maior parte da superfície da extensão da entrada se encontra em posição na qual a inclusão de uma carga contribuiria para o tombamento. Assim, cálculos referentes à quantidade de vidro a ser alimentado foram conduzidos. Constatou-se que, se uniformemente espalhado por toda a superfície de alimentação, seriam necessários 50 kg de material para a indução da instabilidade. Em volume, considerando a densidade de 2500 kg/m<sup>3</sup> (CALLISTER & RETHWISCH, 2016), isso corresponde a apenas um sexto da capacidade total disponibilizada pela extensão. Porém tal cálculo desconsidera que, em garrafas de vidro, por exemplo, o volume total é composto em sua maior parte pelo espaço interno vazio, não por vidro. Ademais, devido à elevada velocidade de trituração, a necessidade do preenchimento completo da rampa de entrada é improvável.

Os cálculos de falha e as vedações garantem uma estrutura suficientemente segura se a máquina for utilizada corretamente, porém alguns cuidados foram tomados quanto à garantia desta segurança. Primeiramente, a câmara de moagem se encontrava isolada completamente do ambiente externo, evitando a possibilidade de acidentes envolvendo o sistema de acionamento. A máquina também foi fixada ao chão por parafusos, impedindo o tombamento caso haja alimentação demasiada, ou também caso seja aplicada uma carga pontual na extremidade da rampa de alimentação. As superfícies cortantes foram todas ocultadas, tornando os choques com as mesmas menos perigosos.

Não foram incluídas partes articuladas que pudessem facilitar o transporte da máquina. Ela se encontra fixada ao chão, do lado externo do galpão, onde o ruído terá menos efeito sobre funcionários não envolvidos com a operação da máquina. Para os envolvidos, serão fornecidos abafadores de ruído. O corpo da máquina, porém, é removível, permitindo a desmontagem ágil do eixo, para substituição de martelos desgastados, por exemplo. A máquina é capaz de suportar um regime de funcionamento muito mais agressivo que o idealizado, decisão baseada na dificuldade de acompanhamento de seu funcionamento diário, e da rotatividade de funcionários na associação, não sendo possível garantir o treinamento adequado de todos. O processo de projeto mecânico da estrutura da máquina,

referentes às considerações de segurança e afins foi discutido com maiores detalhes em Passos et al. (2018).

Ao fim, foi possível estimar os custos referentes a maior parte dos materiais utilizados no equipamento, apresentados na Tabela 3. Os custos de serviço, por sua vez, não foram calculados, pois os mesmos foram realizados pelos funcionários da Universidade, dificultando tal mensuração. Sem tal estimativa, não é possível definir o custo necessário para a produção da máquina, mas é possível perceber, quanto aos valores estimados, tratar-se de um produto bastante econômico, se comparado aos valores encontrados na literatura mencionados anteriormente.

Tabela 3 - Custos dos materiais de fabricação.

Item	Custo [R\$]
Motor Monofásico 1 HP	1000,00
Chapa aço estrutural (espessura 1/4", 3 m <sup>2</sup> )	1500,00
Cantoneira (6 m)	150,00
Parafusos e porcas M10	10,00
Acoplamento	50,00
Rolamentos/Mancais	120,00
Eixo (Aço, 400x25 mm)	50,00
Tela para peneira	50,00
Martelos (tarugos de aço com espessura ½ ")	50,00
<b>TOTAL ESTIMADO</b>	<b>2980,00</b>

Fonte: Autoria Própria

O projeto final possuiu as características tidas como necessárias para o cumprimento da demanda dos catadores. Todos os conceitos presentes no Projeto Conceitual foram aplicados em um projeto de realização possível com os recursos disponíveis. O projeto foi apresentado em reunião na ASCAS aos catadores, por meio de uma maquete. Mediante sua aprovação pelos clientes, foi possível prosseguir para a fase de fabricação do produto.

### Fabricação e Lançamento do Produto

Na fabricação, foram feitas alterações à extensão da entrada, devido a dificuldades identificadas no processo de fabricação, e a possibilidade de tornar a máquina mais leve e estável com um novo mecanismo. O mecanismo consistiu em um tubo cilíndrico aberto na direção vertical, com diâmetro interno de aproximadamente 250 mm. A vedação foi feita por uma borboleta. O novo sistema não possibilita uma alimentação tão eficiente quanto o anterior, mas, por outro lado, é mais seguro e de fácil transporte. A Figura 4 apresenta o componente descrito, destacando-se em A o sistema de vedação por borboleta e o fechamento automático por meio de contrapeso. O peso do tubo cilíndrico é cerca de três vezes inferior ao da calha projetada anteriormente.

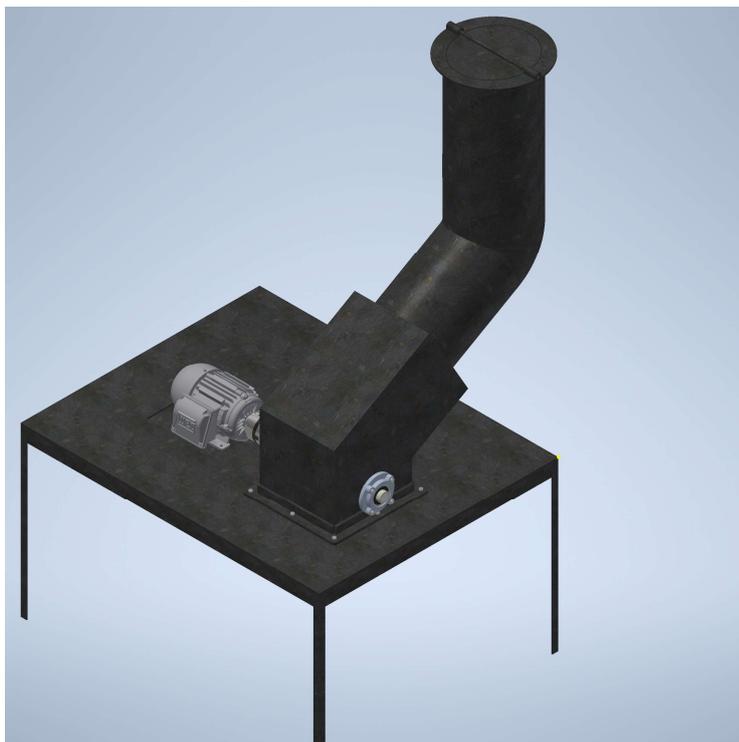
Figura 4 - Entrada do projeto final.



Fonte: Autoria própria

A altura da máquina precisou ser reduzida devido à mudança do sistema de entrada. Foram retirados cerca de 500 mm de seus pés, abaixando seu centro de gravidade e tornando-a mais estável, além de facilitar sua operação. O acoplamento, exposto na Figura 2, foi isolado, impedindo contato com o mesmo. A Figura 5 apresenta a máquina completa, como fabricada.

Figura 5 - Máquina montada.



Fonte: Autoria própria

A máquina foi entregue aos catadores e um evento foi realizado para a capacitação dos mesmos. Eles foram informados sobre a necessidade do uso de EPIs, e os riscos de se trabalhar com o vidro, além de informações simples como o princípio de funcionamento da máquina e como ligar e desligar a mesma. Porém, é importante respeitar a autonomia dos mesmos. Por isso, o processo de alimentação e armazenamento do vidro foi discutido entre os projetistas e os catadores, com cada associado desenvolvendo uma técnica própria para introduzir o vidro na máquina, e a opção por se utilizar baldes para coleta do material triturado, posteriormente despejado nos bags.

Os beneficiados se mostraram bastante satisfeitos com o projeto, aprovando-o e concluindo o ciclo aqui descrito, embora tenham levantado algumas sugestões a serem acatadas em alterações subsequentes do mesmo, como a inclusão de rodas, anteriormente considerada, porém descartada, e uma melhor vedação na saída, impedindo completamente a saída de pó. Os próprios membros do projeto também identificaram um problema referente a produtividade. Testes preliminares revelaram uma média de cerca de quatro quilos de vidro moído por minuto. Embora seja satisfatória, a exigência de uma grande quantidade do material para a realização das vendas, trinta toneladas, indica uma necessidade de aumentar sua produtividade, permitindo uma frequência maior das mesmas.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de desenvolvimento de produto selecionada foi utilizada para a criação de um projeto referente a uma moedora de vidro. A aproximação da ASCAS e de compradores de vidro no processo de aquisição de informações foi de suma importância. Por meio dela, foi possível gerar um produto que corresponde às expectativas dos catadores, além de mantê-los a par de seu andamento. O uso de conceitos referentes ao projeto de moedoras de vidro também foi bastante importante, considerando que são máquinas amplamente utilizadas no processo de cominuição e com princípios de funcionamento e estruturas semelhantes. Também foi possível constatar todas as decisões referentes à resistência da estrutura aos esforços e de sua estabilidade por meio de conceitos de estrutura mecânica, visando prolongar sua vida útil e tornar seu uso o mais livre de riscos possível. O equipamento desenvolvido tem um custo de produção baixo, comparado a equipamentos semelhantes. É também realizado na quase totalidade com o uso de materiais passíveis de obtenção por doação. A máquina produzida atende às suas demandas principais, possuindo produtividade adequada, com satisfatório controle do processo de cominuição e fácil operação. Ao mesmo tempo, seu custo é inferior à outras encontradas no mercado.

O objetivo final, ou seja, o desenvolvimento do produto para atender as demandas de uma entidade de economia solidária foi cumprido satisfatoriamente, por meio da análise e discussão de conceitos descritos na literatura, referentes à Engenharia do Produto, Segurança do Trabalho e de Engenharia Mecânica. Tal discussão é interessante principalmente devido ao âmbito da Tecnologia Social no qual este projeto se inclui, em razão das dificuldades peculiares ao mesmo, como a determinação do regime de funcionamento do equipamento e a falta de recursos. O produto entregue agradou aos membros da associação e será de

grande utilidade aos mesmos. Os responsáveis fizeram e continuam fazendo o acompanhamento do uso da máquina, identificando carências a serem supridas em novas alterações e realizando manutenções periódicas, sem que os catadores precisem gastar recursos próprios. Algumas possíveis melhoras já foram identificadas, e o trabalho na solução das mesmas foi iniciado, porém a máquina se encontra operacional. A metodologia de projeto utilizada está apta a ser aplicada em outras organizações de economia solidária, e consiste em uma aplicação bem-sucedida do conceito de Tecnologia Social.

## Development of a glass grinder destined to the recyclable materials collectors association of São João Del-Rei (ASCAS)

### ABSTRACT

Seeking ways to apply concepts of engineering in a social context, mainly in the solidarity economy, a partnership with the Recyclable Materials Collectors' Association of São João del-Rei was established. This partnership resulted in the design of a glass grinder, allowing the processing of the material. Concepts of product development were used. The process started with the Informational Project, consisting on talks with the collectors and potential glass waste buyers, and this data was systematically organized. It was followed by the Conceptual Project, creating the functional design, an analysis of the machine's functionality and the characteristics necessary to reach this goal. Finally, the Detailed Project involved calculations related to design and mechanical drawing, as well as cost and functionality evaluations. In the end, an equipment capable of supplying the needs of the Association with a low cost was obtained. The following work also consists on a study of the application of the concepts concerning product development in products in solidarity economy's environment.

**KEYWORDS:** Grinder, glass, collectors, product development, solidarity economy

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à PROEX-UFSJ e à ONG Atuação pelo apoio financeiro; à Torneamentos Mariana Ltda e à UFSJ pela disponibilização de materiais e serviços utilizados na construção da máquina; à ITCP-UFSJ pelo auxílio prestado no diálogo com os catadores e à ASCAS, pela participação na concepção do projeto.

## REFERÊNCIAS

ABREU, J. C.; BARBOSA, V. R. Cooperativismo popular e redes solidárias. Monitoramento do processo de gestão da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de São João del-Rei – ASCAS. São Paulo: All Print, 2007. p. 181-200.

ALVEAR, C. A. S. et al.. A formação crítica do engenheiro: a experiência na disciplina Humanidades e Ciências Sociais. In: Percursos na extensão universitária: saindo da torre de marfim, Ed. 1, Editora UFRJ, p. 37-56, 2015.

BAVA, S. C. Tecnologia social e desenvolvimento local. In: FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: ITS, 2004, p. 103-116.

BLIGÅRD, L.; SIMONSEN, E.; BERLIN, C. Ergonomics activities in the product development process. In: NORDIC ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL CONFERENCE. 2017. p. 224-231.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. Ciência e Engenharia dos Materiais, uma introdução. LTC, 2016.

CAMP, R. C. Benchmarking: the search for industry best practices that lead to superior performance. ASQC/Quality Resources, 1989.

DAGNINO, R. Tecnologia Social: base conceitual. O regime cognitivodisciplinar diante das conexões entre tecnologia social e sustentabilidade. Revista do Observatório do Movimento pela Tecnologia Social da América Latina. Vol. 1. Julho/2011

FERRARI, M. V. D. et al. O POTENCIAL DA CADEIA DE RESÍDUOS DE VIDRO DE EMBALAGEM NO DISTRITO FEDERAL. In: Forum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais. 2018.

FILHO, E. R et al. Projeto do Produto. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

GOMES, M. T. B. Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de usina de triagem e compostagem no município de Congonhas/MG. Dissertação para obtenção do título de especialista. Curitiba. 2012

HADDAD, T. C.; CRUZ, V. H. S. Empreendimentos Econômicos Solidários: Contribuições Para Estratégia de Incubação. As Formas de Encaminhamento dos Resíduos e Questões Associadas aos Catadores de Materiais Recicláveis. São Paulo/Rio de Janeiro: Livre Expressão. 2013. p. 139-145.

HIBBELER, R. C., Resistência dos materiais. Pearson Education, 7 ed. 2010.

MARTINS, K. N.; COUTO, M. C. L. Composição de custos de implantação e operação de centrais de valorização de resíduos sólidos urbanos secos. Anais do XVII SLUBESA. ABES. 2016.

MELLO, G. S. et al. Gestão e formação de bens patrimoniais em um empreendimento econômico solidário: um estudo em uma cooperativa de reciclagem. Revista Acadêmica São Marcos, v. 5, n. 2, p. 181-199, 2016.

KOCH K., Hammermills and Roller mills. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas State University, mai. 2002.

MEDINA, M. Membership Based Organizations of the Poor - Waste Picker Cooperatives in Developing Countries. Routledge Studies in Development Economics, London, UK, 106 -108 p., 2007.

NEAL Y. Optimizing hammer mill performance through screen selection and hammer design, Biofuels, 4:1, 2013, 85-94.

NORTON, R. L. Projeto de máquinas, uma abordagem integrada. Bookman, 5ª Ed. 2013.

NUNES, K. R. A. Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: IBAM, 2004.

PASSOS et al. Projeto da Estrutura de uma Trituradora de Vidro. In: XVIII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL, 2018. XVIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica e Industrial, 2018.

ROZENFELD, H. et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHÖNHERR, J.; LANDGREBE, D.; POLUBINSKI, S. Entwicklungen beim Presshärten. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, v. 112, n. 1-2, p. 33-36, 2017.

SHIGLEY, J. E.; et al. Projeto de Engenharia Mecânica. Bookman, 7 ed., 2005.

SINGER, P. Introdução à economia solidária. São Paulo, Fundação Perseu Abramo, 2002.

SLACK, N. et al. Administração da Produção. 2 ed. São Paulo/; Atlas, 2009.

TOLEDO, L. V.; DE MORAES, M.; CORRER, I. Proposta de redução de tempo de setup em máquinas de testes de durabilidade em uma empresa fornecedora de autopeças com o uso de conceitos SMED e padronização. Revista Gestão Industrial, v. 14, n. 3, 2018.

**Recebido:** 15/07/2019

**Aprovado:** 15/01/2020

**DOI:** 10.3895/rts.v16n42.10366

**Como citar:** DA CRUZ PASSOS, J.G. et.al. Desenvolvimento de uma trituradora de vidro destinada a associação de catadores de material reciclável de São João del Rei (ASCAS). *R. Technol. Soc.*, Curitiba, v. 16, n. 42, p. 269-286. jul/set. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/10366>, Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

