

Processo de Reaproveitamento de Rejeitos Em Indústria Plástica Visando Redução de Custos

Process Of Reuse Of Waste In Polymer Industry With The Objective Of Cost Reduction

Larissa de Carvalho Goularth Bortolon ^{1,2}  orcid.org/0000-0001-6000-0772

Carolina Resmini Melo Marques ^{1,2}  orcid.org/0000-0003-2637-6455

Aline Resmini Melo ^{1,2}  orcid.org/0000-0003-1668-1990

Josiane da Rocha Silvano das Neves ^{1,2}  orcid.org/0000-0002-4964-1031

¹ UNISATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil;

² Departamento de Engenharia Química, UNISATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.

E-mail do autor principal: Larissa de Carvalho Goularth Bortolon, larissagoularth@hotmail.com

Resumo

Visando evitar o acúmulo de lixo gerado no meio ambiente, foi desenvolvida uma alternativa de reaproveitamento de resíduos de uma empresa produtora de baldes, para que o rejeito seja utilizado no próprio processo gerando uma economia para a empresa além dos benefícios para o meio ambiente. A Empresa gera em torno de 4600 kg por mês de rejeito que vai para a reciclagem, porém isto gera uma perda financeira visto que a venda é feita bem abaixo do custo. Assim, reutilizando este mesmo material no processo de produção dos baldes, tornaria a Empresa mais sustentável. Por meio do uso de um moinho, é possível preparar o rejeito para o mesmo retornar ao processo produtivo como matéria-prima. Foram realizados testes de qualidade nos baldes confeccionados com rejeito que foi processado no moinho: teste de aparência visual, flexibilidade/resistência, peso, gabarito, vedação, queda, empilhamento e espessura da parede. Todos os testes atingiram os padrões de qualidade. O custo de operação mensal do moinho seria baixo e o retorno de seu investimento seria em 3 meses. Assim, pode-se afirmar que a implementação de um moinho na Empresa é viável tanto do ponto de vista de qualidade quanto do aspecto econômico.

Palavras-Chave: Reaproveitamento de rejeito; redução de custos; balde; reutilização.

Abstract

In order to avoid the accumulation of waste generated in the environment, an alternative to reuse waste from a bucket producing company was developed, so that the waste is used in the process itself, generating savings for the company in addition to the benefits for the environment. The Company generates around 4600 kg per month of waste that goes to recycling, however this generates a financial loss for the same since the sale is made well below cost. Thus, by reusing this same material in the production process of the buckets, it would make the Company 100% sustainable. Through the use of a mill, it is possible to prepare the waste to return it to the production process as a raw material. The following quality tests were carried out on the buckets made with tailings that were processed in the mill: visual appearance, flexibility/resistance, weight, template, seal, drop, stacking and wall thickness test. All tests reached the quality standards established by the Company. The monthly operating cost of the mill would be low and the return on your investment would be 3

months. Thus, it can be said that the implementation of a mill in the Company is viable both from the point of view of the quality of the product produced and the economic aspect.

Key-words: Reuse of waste; cost reduction; bucket; reuse.

1 Introdução

Segundo o estudo feito pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF, *apud* Coelho, 2019), o Brasil é o 4º país que mais produz lixo no mundo, ficando atrás somente dos Estados Unidos, China e Índia, consecutivamente. O volume de lixo descartado no Brasil anualmente é de 11.355.220 toneladas e apenas 1,28% é reciclado. Segundo o Banco Mundial (BM, *apud* Coelho, 2019), pouco mais de 2,4 milhões de toneladas são de materiais plásticos que são irregularmente descartados sem tratamento e até mesmo em lixões a céu aberto [1].

No presente trabalho será abordada a reciclagem como uma alternativa lucrativa para uma indústria plástica do sul de Santa Catarina, bem como inúmeros benefícios que este processo pode trazer ao meio ambiente como um todo. Pois a Empresa em questão não possui nenhum histórico anterior de reutilização de rejeitos dentro do próprio processo produtivo, sendo este o primeiro estudo voltado a atender esta demanda específica. A literatura traz exemplos de estudos de caso, como pode ser visto, por exemplo, em um estudo no qual a metodologia empregada descreveu um caso de análise e solução de problema e utilizou as ferramentas do *Lean manufacturing* para reduzir desperdícios [2]. Outros trabalhos também utilizaram conceitos semelhantes, como por exemplo o estudo de caso em uma empresa de injeção de plástico para componentes automotivos em Portugal [3], outro estudo realizado no Peru, onde buscaram alternativas para a gestão eficiente dos resíduos gerados por empresa de plástico [4]. Inclusive, é de suma importância o conhecimento do ciclo de vida dos produtos plásticos de acordo com suas diferentes categorias [5].

Buscando aumentar a visibilidade da Empresa nesse cenário de envolvimento ambiental, bem como proporcionar lucro para a mesma, e reduzir o volume de descarte, esse trabalho teve como objetivo principal a não geração de rejeitos no processo produtivo, reintegrando no próprio processo o rejeito gerado, por meio da moagem e reformulação das

misturas e por meio da implementação de um moinho, garantindo um retorno de capital significativo, e ainda assim mantendo todas as qualidades do produto final e visando reduzir também o acúmulo de descartes de rejeitos ao meio ambiente.

Esta pesquisa está ligada tanto ao desenvolvimento de novas rotas de processos, garantindo uma maior rentabilidade a indústria, como também diminuindo o impacto deste resíduo sólido no meio ambiente

2 Setor da indústria plástica

Segundo Paoli e Rabello (2013), o trabalho com materiais poliméricos não é uma tarefa fácil, são inúmeras as variáveis envolvidas – natureza química, massa molar e sua distribuição, arquitetura molecular, cristalinidade, morfologia, impurezas, etc. São materiais que dependem da rota de síntese e das condições de processamento [6].

Segundo dados do Banco Mundial (BM, *apud* Coelho, 2019), no Brasil mais de 2,4 milhões de toneladas de plástico são descartados irregularmente, sem nenhuma forma de tratamento ou até mesmo de separação, muitas das vezes depositados em lixões a céu aberto. Cerca de 7,7 milhões de toneladas de lixo são encaminhados a aterros sanitários [1].

2.1 Indústrias plásticas brasileiras e o meio ambiente

Visando reduzir um pouco a poluição, em 2004 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) proibiu a queima de pneus a céu aberto, devido a esta queima produzir emissões tóxicas por terem a presença de substâncias como dioxinas e furanos que contém cloro. A Resolução nº 258/1999 do CONAMA afirma que a partir de 2005 à cada quatro pneus novos o fabricante deve recolher cinco pneus inservíveis, pois os mesmos ainda podem ser utilizados para outros fins como pó de borracha para fabricar tapetes,

solados de sapatos e até mesmo pavimentações de estradas [7].

Assim como a queima da borracha, a do plástico também libera na atmosfera gases tóxicos como alógenos e dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre que são extremamente prejudiciais à saúde humana. O descarte incorreto deste material traz prejuízos a qualidade do ar, do solo e também de sistemas de fornecimento de água, podendo poluir aquíferos e reservatórios, provocando aumento de problemas respiratórios, doenças cardíacas e danos ao sistema nervoso de pessoas expostas [1].

Atualmente a indústria de transformação do plástico brasileira é o quarto setor que mais emprega no país, ficando atrás apenas das indústrias de confecção de vestuário e acessórios e abate e fabricação de carnes, tendo cerca de 11.559 empresas transformadoras de plásticos ativas, gerando em torno de 325 mil empregos, principalmente no Sul e Sudeste do país. O dirigente do Simpesc explica que o Estado é o único em que o nível de produção per capita é equivalente a países desenvolvidos, servindo o Brasil todo e em alguns casos até exportando para outros países. O mesmo afirma que a diferença do Estado é justamente pelo fato de ter grandes empresas em diversas sub-regiões do Estado, onde cada uma tem sua especialidade como exemplo o sul em descartáveis, o norte em produtos para construção civil e peças técnicas e o oeste em embalagens [8].

2.2 Processo de injeção plástica

A moldagem por injeção (injection molding) é a técnica mais importante para a transformação de produtos plásticos nas mais variadas formas, com uma série de vantagens, especialmente para produção de peças seriadas em grande quantidade. Uma máquina injetora é composta por duas partes principais, a unidade de injeção, onde o material é preparado (fundido e dosado) e injetado na velocidade e pressão programadas para dentro do molde, e a unidade de fechamento que além de comportar o molde onde é conformada a peça, deve movimentá-lo (abrir e fechar), travar fechado para suportar a pressão interna gerada pela massa injetada sob pressão, e quando aberta, deve realizar a extração da peça de seu interior [9].

2.3 Tipos de moinhos

A moagem é uma operação unitária de redução de tamanho, em que o tamanho médio de materiais sólidos é reduzido pela aplicação de forças de impacto, compressão e abrasão. No processo de reciclagem mecânica de resíduos plásticos a etapa de moagem é de extrema importância para que o material moído tenha dimensões uniformes, garantindo-se assim que a fusão também ocorra uniformemente. A forma dos grânulos pode ser cilíndrica (com 2,5 a 4 mm de diâmetro e de 3 a 5 mm de comprimento), esférica e lentilhas (com 3 a 5 mm de diâmetro e de 1,5 a 3 mm de altura). O tempo de moagem depende do tipo de material adicionado [10]. A granulometria final é determinada pelo diâmetro dos furos da peneira e pelo comportamento mecânico dos materiais nas condições impostas durante o processo [11].

A moagem pode ser entendida como a fragmentação de uma estrutura sólida quando submetida a forças mecânicas. Nesse contexto, necessita-se de energia para vencer as forças de ligação interatômicas. As forças mecânicas são aplicadas nas partículas através dos elementos do moinho ou do meio moedor, provocando a deformação das partículas. As deformações provocam a geração de tensões internas, já que deformações e tensões estão ligadas por leis mecânicas da matéria. As deformações podem ser caracterizadas como elásticas, plásticas e viscosas, ou compostas, para a maioria dos materiais. Por exemplo, em plásticos as deformações são denominadas de visco-elásticas, e em aços, elástico-plásticas [12].

A moagem é o último estágio do processo de fragmentação de partículas. Neste estágio as partículas são reduzidas, pela combinação de impacto, compressão, abrasão ou atrito, a um tamanho adequado à liberação do material para a próxima operação unitária ou processo de transformação [13].

Todos os moinhos contêm um rotor que gira a alta velocidade dentro de um invólucro cilíndrico. Normalmente o eixo é horizontal. A alimentação entra na parte superior da caixa, é cortada e cai através de uma abertura na parte inferior.

2.3.1 Moinho de martelos

Em um moinho de martelos as partículas são quebradas por um número de martelos acoplado a um disco rotativo do rotor. Uma partícula que entra na zona de moagem não pode sair sem ser atingida pelos

martelos. O martelo a fragmenta em partículas menores, pressionando-a contra a placa localizada no interior do invólucro estacionário para ainda quebrar-se em fragmentos menores. Esses, por sua vez, são pulverizados pelos martelos e são dirigidos através de uma grelha ou malha que cobre a abertura de descarga. A capacidade e consumo de energia de um moinho de martelos pode variar bastante com a natureza da alimentação e não pode ser calculado com confiança a partir de considerações teóricas, é preferível obter estes valores a partir de informações publicadas, ou ainda melhor a partir de testes em pequena ou grande escala no moinho com uma amostra real de material a ser tratado [14]. A Figura 1 apresenta um esquema de um moinho de martelos [15].

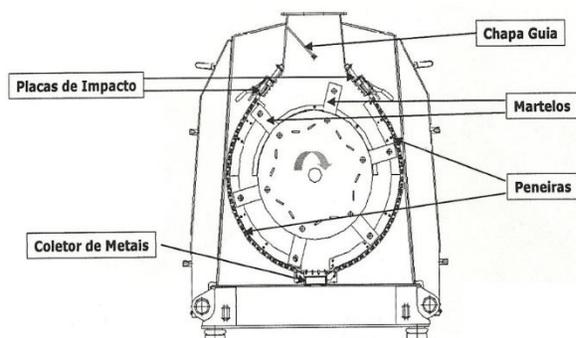


Figura 1: Representação esquemática de um moinho de martelos.

Fonte: Agroads (2020)

2.3.2 Moinho de facas

Em alguns casos de redução de tamanho a alimentação é demasiadamente difícil ou muito elástica para ser fragmentada por compressão, impacto ou abrasão. Estes requisitos podem ser satisfeitos com dispositivos que rasgam ou cortam os materiais para formar um produto com as características desejadas. Os moinhos que possuem lâminas de corte são chamados de moinhos de facas e são utilizados numa grande variedade de processos, sendo particularmente adequado para os problemas de redução de tamanho na indústria de borracha e plásticos [14].

Em um moinho de facas, as partículas da alimentação entram na câmara superior onde são cortadas várias centenas de vezes por minuto, e partem através de uma peneira localizada na parte

inferior com aberturas que geralmente variam de 5 a 8 mm. Os moinhos de martelos e de facas possuem um princípio de funcionamento similar, entretanto o moinho de martelos produz partículas finas, mais ou menos irregulares, enquanto o moinho de facas pode gerar cubos, quadrados ou grânulos finos. A Figura 2 apresenta um esquema de um moinho de facas [14].

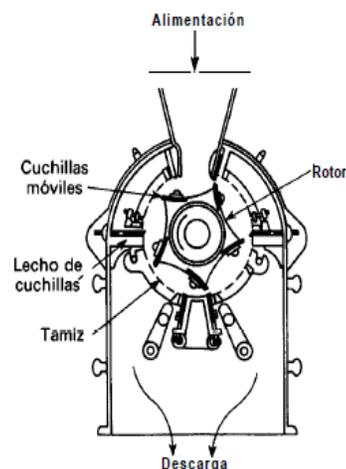


Figura 2: Representação esquemática de um moinho de facas

Fonte: McCABE et al., (1991)

2.4 Controle de qualidade

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), por meio da NBR 14952, estabelece diversas diretrizes para a fabricação de baldes plásticos para uso industrial, produzidos pelo processo de moldagem por injeção. Para seguir a norma, os testes necessitam ser precisos e constantes no processo produtivo, conforme os seguintes testes:

- Teste de Empilhamento: os baldes devem ser enchidos com água, e colocado em uma superfície plana, com empilhamento mínimo de 3 unidades, e permanecer assim sem deformação;
- Teste de queda: os baldes precisam resistir a, no mínimo, 3 quedas de 1,2 m cada, sem rompimento [16].

A Empresa em que foi feito o processo incorpora mais alguns testes, sendo eles:

- Teste de aparência visual: analisando falhas que podem comprometer a vedação ou aspecto do produto;
- Teste de gabarito: onde os baldes e tampas são testados em um gabarito circular, com a certeza

de que se o produto encaixa no gabarito está seguindo um padrão de medida constante;

- Teste de espessura das paredes: onde o produto é cortado e medido com paquímetro para verificar se está dentro dos padrões máximo e mínimo estabelecidos pela Empresa;
- Teste de vazamento: onde o balde com água armazenada é vedado e, colocado horizontalmente, é pressionado para verificar vazamentos pela tampa;
- Teste de flexibilidade: onde se pressiona as paredes do produto para analisar se está flexível, pois quando muito rígido ele se rompe fácil ao ser utilizado;
- Teste de conferência de peso em balança: onde o peso interfere na espessura da parede do material.

3 Procedimentos Experimentais

Nesta seção serão apresentados os procedimentos experimentais realizados neste estudo.

3.1 Palma Sul Embalagens

A Empresa Palma Sul Embalagens foi fundada em 2013, tem sede na Rodovia SC 443 no bairro Monte Verde no município de Morro da Fumaça-SC, com a fabricação e venda de baldes e tampas plásticas de uso industrial através do processo de injeção plástica, a Empresa atende a todo o Brasil desde indústrias de tintas a construção civil.

Desde 2015, a Empresa focou sua produção em baldes pretos, utilizando assim polipropileno reciclável em seu processo, fazendo com que não possa atender ao mercado alimentício. Ela conta com a colaboração de, em média, 70 funcionários e alguns terceiros para manutenções prediais e de equipamentos, e motoristas.

Este estudo foi desenvolvido na Palma Sul Embalagens. Inicialmente foi recolhido 50 kg de rejeito do processo, pesado em uma balança Urano UR 10000 Light que comporta até 5.000 kg. O material pesado foi moído em um moinho de faca, em uma indústria parceira da Empresa onde o estudo foi realizado. Após, o material moído retornou para a Empresa em begue onde foi reutilizado no processo de injeção.

Em uma das blendas (mistura de matérias-primas para compor o material ideal para a produção dos baldes) foi incorporado o material moído (rejeito do processo). Esta blenda foi feita através de dois silos, um silo com capacidade de 4.000 kg (silo 1) e outro

com capacidade de 1.250 kg (silo 2), no qual tinham polímeros distintos. Ambos os silos tiveram o mesmo processo de alimentação, onde os begues foram levados através de uma empilhadeira até uma rampa de abastecimento, que é ligada a esses silos para que através da abertura inferior do begue o material possa cair na esteira e ser direcionado ao silo.

Através do sistema de caracol contido dentro do silo o material foi homogeneizado por cerca de 20 a 30 minutos. No silo 1 foi adicionado 220 kg da matéria-prima A, 114 kg da matéria-prima B e incorporado com 50 kg de material moído. No silo 2 foi adicionado 112 kg da matéria-prima C e 1 kg da matéria-prima D para uma produção em pequena escala para teste. Por tratar-se de uma blenda que é composta por 4 matérias-primas diferentes, optou-se por homogeneizar os compostos em dois silos diferentes, para obter uma melhor mistura final, na qual a blenda final é composta por material oriundo dos dois silos.

Após as misturas individuais em cada um dos silos, parte das blendas foram despejadas em um carrinho de abastecimento que comporta 375 kg de material.

O carrinho foi levado de forma manual até a parte de trás da máquina injetora onde ocorre o consumo do material através de um alimentador elétrico que contém um motor acima do funil, no qual aspirou a blenda através de vácuo, enchendo o funil da injetora e o mantendo cheio durante todo o processo. Com o funil cheio foi iniciado o processo de injeção, em uma injetora elétrica da marca ROMI, modelo 650.

O material foi derretido a aproximadamente 214 °C e então injetado na matriz onde estava o molde do balde de 15 litros. Após foi feito o processo de resfriamento pela própria máquina, utilizando para resfriar a matriz água a 8 °C, antes de soltar o balde para que o produto final pudesse ficar firme e não com aspecto enrugado. O processo de fabricação do balde de 15 litros levou cerca de 30 segundos cada para ser fabricado.

Após o resfriamento a máquina liberou o balde que caiu em uma rampa na parte inferior da máquina, onde um operador já estava esperando para que pudesse revisar o balde e retirar as rebarbas se assim fosse necessário.

Através de um gabarito o operador colocou a alça específica para o balde e o produto foi finalizado (Figura 3).



Figura 3: Gabarito.
Fonte: Do autor (2020)

A tampa PS 20 foi injetada a uma temperatura de 191 °C, e então passou pelo mesmo processo de resfriamento do balde e inspeção pelo operador da máquina. O tempo de fabricação da tampa PS 20 levou cerca de 20 segundos cada. Após todo o processo de fabricação os produtos passaram pelos testes de qualidade.

3.1 Testes para verificar a qualidade do produto

Após 2 h de produção ininterruptas, foram pegas algumas peças aleatórias para os testes, sendo que uma das peças foi confeccionada nos primeiros trinta minutos de produção, a segunda peça selecionada para os testes foi confeccionada após decorrido uma hora de produção, e a terceira e última peça nos minutos finais de produção (próximo a duas horas), para contemplar uma homogeneidade na amostragem. Todos os testes foram feitos em triplicata.

O primeiro teste a ser feito foi o teste de aparência visual, onde foi verificado se os baldes e tampas não tinham rebarbas na parte superior e nos fundos, furos ou sujeiras que podem danificar o produto e se o encaixe das alças foi feito corretamente para que com o peso a alça não viesse a ceder.

O segundo teste a ser feito foi o teste de flexibilidade/resistência, onde as peças foram amassadas de forma a verificar se as mesmas retornariam ao seu estado original sem defeitos, podendo atestar que o balde não racha.

O terceiro foi o teste de peso, no qual os produtos foram pesados em uma balança Toledo 9094 Plus. O peso do balde de 15 litros deve ficar entre 458 g e 472 g. A tampa PS 20 deve ficar entre 0,129 g e 0,143 g.

O quarto teste foi o teste de gabarito, no qual as tampas e baldes devem encaixar em seu tamanho específico para que seja considerado dentro do padrão. Este teste deve ser feito no mínimo 2 h após o material ter saído da máquina, pois com o material quente ele fica maleável podendo encaixar no gabarito na hora do teste e diminuindo posteriormente seu tamanho.

O quinto teste foi o teste de vedação, no qual encheu-se o balde de água e o mesmo foi fechado com a tampa adequadamente, primeiramente encaixando a tampa com as mãos e após batendo as superfícies com um martelo de borracha. Na sequência o balde foi virado de lado para verificar se existia algum vazamento.

O sexto teste foi o teste de queda, no qual o balde cheio de água e vedado foi pendurado pela alça em uma corda, levantado a uma altura de 1,20 m e solto para verificar se aguentaria a queda sem rachaduras. Neste teste o recomendado é que o balde aguente até 3 quedas sem rachaduras. Os parâmetros deste teste foram determinados pela própria Empresa onde foi desenvolvido o estudo.

O sétimo teste a ser feito foi o teste de empilhamento, no qual 3 baldes cheios de água e vedados, foram colocados em uma pilha um sobre o outro e deixados assim por 20 dias para verificar se os baldes não se deformariam com o peso.

Por último foi feito o teste de espessura da parede, onde o balde foi cortado com um estilete em quatro partes iguais partindo de um ponto fixo (a alça). Foram medidas com um paquímetro todas as superfícies do balde para verificar se todas têm a mesma espessura de parede.

Assim que finalizados todos os testes com resultado positivo, o lote produzido foi direcionado para os paletes a serem montados para envio aos clientes ou encaminhados para o setor de decoração aonde serão rotulados.

Analisou-se os resultados de forma a verificar se a reutilização do material moído no processo de fabricação foi satisfatória, para então fazer a pesquisa para implementação do moinho de facas dentro da própria indústria de plásticos, com base nas quantidades de material a ser moído.

4 Resultados e Discussões

Ao executar todos os testes mencionados anteriormente, teve-se um resultado satisfatório, visto que os produtos finais ficaram todos dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos.

Nas Figuras 4(a), 4(b) e 4(c), estão apresentados modelos de baldes e tampas exemplares, aprovados no teste de aparência visual, já que não há nenhuma sujeira e nem rebarbas, tanto no balde quanto na tampa, fazendo um encaixe perfeito para que a vedação do produto final não seja prejudicada.



Figura 4: Teste de aparência visual.
Fonte: Do autor (2020).

Nas Figuras 5(a) e 5(b), pode-se verificar o controle de qualidade de flexibilidade, onde o produto apesar de passar por uma tentativa de deformação voltou ao seu estado normal no final, sendo então aprovado.

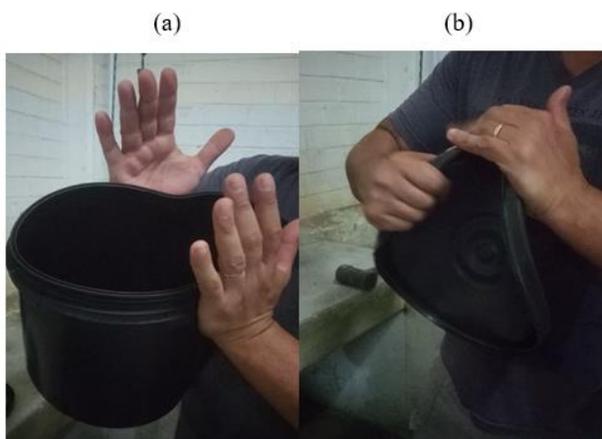


Figura 5: Teste de flexibilidade.
Fonte: Do autor (2020).

No teste do peso os produtos ficaram dentro do parâmetro desejado, os baldes pesando entre 458 g e 472 g e as tampas entre 0,129 g e 0,143 g. As variações de peso são normais devido as oscilações que pode ter na aplicação do material da injetora para o molde ou até mesmo na revisão e retiradas de rebarbas pelos operadores.

A Figura 6 apresenta o teste de gabarito, no qual os testes foram feitos após 2 h dos produtos terem saído da máquina. Neste controle de qualidade houve o encaixe dos baldes e tampas selecionados sendo então aprovados neste teste.



Figura 6: Teste de gabarito do balde.
Fonte: Do autor (2020).

No teste de vazamento e queda não houve vazamento no balde e o conjunto de balde e tampa vedados e cheio de água resistiu às 3 quedas do teste; comprovando que o resultado foi satisfatório.

O teste de empilhamento foi efetuado durante 20 dias conforme recomendado, os baldes não entortaram, mostrando que o material injetado foi espalhado uniformemente para que todas as paredes ficassem alinhadas com a mesma quantidade, não havendo assim deformação no balde.

Após efetuados todos os testes comprovou-se que o produto final foi aprovado, mostrando que o reaproveitamento do material moído no processo foi eficiente. Realizou-se então os cálculos de custo para implementar o moinho de facas dentro da indústria para verificar a viabilidade financeira que esta implementação teria.

Primeiramente realizou-se o cálculo de perda que a Empresa tem atualmente com as quebras e borras do processo, por meio da Equação (1):

$$pf = c - vvr \quad (1)$$

Onde:

c = custo da matéria-prima (R\$/kg);

vvr = valor de venda do rejeito (R\$/kg);

pf = perda financeira (R\$/kg).

A diferença entre o que a Empresa paga pela matéria-prima (R\$3,31/kg), descontando o valor de venda para a reciclagem destas quebras (R\$1,20/kg), gera uma perda financeira para a Empresa de R\$2,11/kg de matéria-prima, já que a reciclagem paga muito menos do que é o custo real.

Para o cálculo do total mensal de perda financeira com esta venda, pode-se utilizar a Equação (2):

$$pft = v \cdot pf \quad (2)$$

Onde:

pft = perda financeira total (R\$);

v = volume de quebra gerada durante o mês (kg);

pf = perda financeira (R\$/kg).

Sendo que, a quantidade de rejeito por mês é de 4.600 kg, e a perda financeira é de R\$2,11/kg, a perda financeira total por mês é de R\$9.706,00. Por ano, isto dá um desperdício de R\$ 116.472,00.

Foi orçado então um moinho de facas da marca Kie 600 mm Motor 60 cv, para moer 200 kg/h de quebra, no valor de R\$ 24.990,00. As Figuras 7(a), 7(b) e 7(c) mostram o moinho [17].

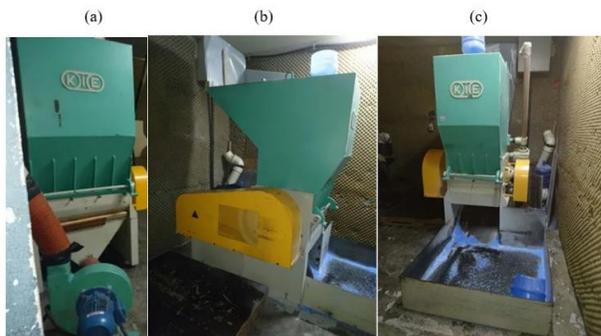


Figura 7: Moinho de facas.

Fonte: Mercado livre.

O custo para operação do moinho de facas orçado com energia e mão de obra seria mais baixo do que o valor perdido anualmente, visto que o custo com a energia seria mínimo conforme cálculos abaixo e o custo de mão de obra estaria já disponível na Empresa.

O cálculo do custo total de energia pode ser calculado pela Equação (3):

$$cte = ch \cdot ce \quad (3)$$

Onde:

cte = custo total de energia por tempo (R\$/h);

ch = consumo de energia por tempo (kW/h);

ce = custo da energia (R\$/kW).

Sendo que o consumo de energia é de 44,13 kW/h, e o custo da energia de R\$0,16126/kW, o custo total de energia é de R\$7,12/h. Visto que o moinho selecionado tem capacidade de moer 200 kg/h, então o custo de energia será de R\$0,04/kg.

Desta maneira, os custos a serem considerados para implementação do moinho na Empresa seria de R\$ 28.190,00, levando em consideração o valor do moinho (R\$ 24.990,00), a instalação elétrica do moinho (R\$ 2.000,00) e o aluguel de um munk (R\$ 1.200,00)

O payback deste investimento, para a Empresa, seria de 3 meses, e após este período estaria gerando um retorno financeiro para a mesma. Isto prova a contribuição que a presente pesquisa traz à sociedade como um todo, tanto do ponto de vista da sustentabilidade, diminuindo a quantidade de resíduos para descarte, quanto para a técnica em si, que confirmou ser viável a utilização do rejeito junto à formulação da blenda já utilizada pela Empresa para confecção dos baldes.

5 Conclusões

Visto que o objetivo principal deste trabalho era a não geração de rejeitos no processo produtivo da Empresa, ao realizar todo o processo de testes e cálculos apresentados, o objetivo principal foi alcançado com êxito.

Verificou-se que implementar o moinho de facas na indústria de plásticos seria viável não somente pelo fato de ser comprovada sua eficácia na questão financeira e de qualidade da Empresa, mas também

no quesito de preservação do meio ambiente. A Empresa se tornaria mais sustentável, já que as matérias-primas utilizadas no processo já são sustentáveis.

Adotar medidas sustentáveis vai muito além da escolha de proteger o meio ambiente. A sustentabilidade social pode ser um meio para a diminuição dos custos de produção e do valor final dos produtos e, especialmente, para o fortalecimento da marca de uma Empresa, aumentando assim sua visibilidade nesse cenário atual de envolvimento ambiental.

Referências

- [1] COELHO, T. Brasil é o 4º país que mais produz lixo no mundo e recicla apenas 1%. G1, Natureza, 2019.
- [2] SANTOS, B. S.; SANTOS, P. V. S. Aplicação de ferramentas *Lean* em uma indústria de transformação de plásticos. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão*. V.5, nº 8, p. 304-01, 304-23, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/satc.N-1-24-12--B/Downloads/1097-7079-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/satc.N-1-24-12--B/Downloads/1097-7079-1-PB%20(1).pdf)> Acesso em: 17 de dezembro de 2021.
- [3] CARVALHAL, João Carlos Gonçalves. Implementação de ferramentas lean manufacturing na indústria da injeção de plástico. Dissertação de mestrado. *Engenharia e Gestão Industrial*. Universidade do Minho – Portugal, 2018.
- [4] GUTIÉRREZ, Jorge Nelson Malpartida. Importancia del uso de las herramientas Lean Manufacturing en las operaciones de la industria del plástico en Lima. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasun*, v. 1, nº 2, p. 77–89, 2020.
- [5] EVODE, Niyitanga; QAMAR, Sarmad Ahmad; BILAL, Muhammad; BARCELÓ, Damià; IQBAL, Hafiz. Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 4, 2021.
- [6] PAOLI, M. A. de; RABELLO, M. Aditivação de termoplásticos. São Paulo: Artliber Editora, 2013. p.3-5.
- [7] CONAMA, Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- [8] SIMPESC. Pólo plásticos de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.simpesc.org.br/2014/05/polo-plastico-de-santa-catarina>>. Acesso em: 15 de março de 2020.
- [9] HARADA, Júlio; UEKI, Marcelo M. Injeção de Termoplásticos: produtividade com qualidade. São Paulo: Artliber Editora, 2012. p.17, 24, 25.
- [10] BROGNOLI, R. Desenvolvimento na qualidade da reciclagem de plásticos. Esteio: Senai RS, 2006, 23p.
- [11] SANTOS, I. J.; DONDA, J. D. Estudo da introdução de etapa de classificação na pré-moagem. Correspondência interna Samarco Mineração, 2001.
- [12] WELLENKAMP, F. J. Moagens fina e ultrafina de minerais industriais: uma revisão. Rio de Janeiro: CETEM, 1999.
- [13] FIGUEIRA, H. V. O. et al. Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, p.113-182.
- [14] MCCABE, W.L et al. Operaciones Unitárias em Ingenieria Quimica. New York: McGraw-Hill, 1991.
- [15] AGROADS. Disponível em: <https://www.agroads.com.br/moinho-de-martelos_58262.html>. Acesso em 02 de abril de 2020.
- [16] BNT. NBR 14952: baldes plásticos para uso industrial – requisitos e métodos de ensaios. Disponível em: <<http://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/22689/abnt-nbr14952-baldes-plasticos-injetados-para-uso-industrial-requisitos-e-metodos-de-ensaios>>. Acesso em: 15 de março de 2020.
- [17] MERCADO LIVRE. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1088862598-moinho-paraplastico-kie-600mm-motor-30cv-_JM>. Acesso em 13 de outubro de 2020.