

Polipropileno reciclado com carbonato de cálcio: Estratégia Sustentável para limpeza de roscas na injeção plástica

Andresa Honório de Lima Silva (Faculdade da Escada) andresahonorio@hotmail.com
Monaliza Mirella de Moraes Andrade (Faculdade da Escada) profmonaliza01@gmail.com

Resumo

Este trabalho avalia o efeito e identifica a melhor proporção de Carbonato de cálcio e resina plástica reciclada na limpeza de roscas de máquinas injetoras de uma fábrica de móveis plásticos em Escada/ PE. Para isso, foram feitos testes com diferentes proporções e componentes para observar a eficiência da limpeza e a influência no custo final do produto, a qualidade e celeridade na sequência produtiva, considerando a redução de setup, resíduos e as perdas neste processo. Com isso, os resultados obtidos apontam o melhor desempenho com custo benefício mais aceitável na proporção de 30% de resina de polipropileno e 70% de Carbonato de cálcio e outros aditivos.

Palavras-Chaves: Carbonato de cálcio, Limpeza de rosca, Resíduo plástico, Injeção plástica.

1. Introdução

A indispensável indústria de plásticos é uma das principais geradoras de resíduos e desperdícios na atualidade. A produção de plásticos é um processo complexo que utiliza quantidades enormes de recursos naturais e a geração de resíduos é apresentada como resultado da obsolescência precoce dos mais variados itens. No entanto, a reciclagem de plásticos surge como uma estratégia importante para diminuir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade.

Nesse contexto, a resina de polipropileno reciclado (PPR) é um material que tem ganhado destaque como alternativa sustentável para a produtividade da indústria de produtos plásticos, sua utilização em processos de injeção plástica pode apresentar desafios, como a limpeza de roscas e canhões e a remoção dos resíduos encrustados em suas paredes. É aqui que o Carbonato de cálcio (CaCO_3) e outras resinas inerentes ao processo de fabricação entram como uma estratégia sustentável para realizar a limpeza de roscas na injeção plástica, podendo banir o uso

do agente de purga comercial. O CaCO_3 é um mineral natural que pode ser utilizado como alternativa de agente de limpeza para remover resíduos e impurezas das roscas de injeção plástica. A utilização de Carbonato de cálcio em combinação com PPR e outros aditivos pode melhorar a eficiência do processo de injeção plástica, reduzir os custos de produção e minimizar os impactos ambientais.

2. Referencial Teórico

Desde a década de 1980, a humanidade passou a se deparar com um cenário crescente de produção de lixo. Isso se deu com o advento da produção de embalagens e produtos descartáveis que se tornaram cada vez mais comum e presente no cotidiano moderno. O mercado de embalagens passou a fornecer itens de maneira mais úteis para o dia a dia da humanidade, garantindo facilidade e praticidade em usar e não guardar, assim, o volume gerado passou a ser cada vez maior.

Estima-se que até meados de 2030 a poluição por plásticos alcance um volume de 300 milhões de toneladas métricas, intensificando os problemas e a vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações do planeta. Sendo assim, faz-se necessário a melhoria das técnicas visando eliminar ou mitigar o uso deste material, bem como sua reutilização (CARNEIRO; SILVA; GUENTHER, 2021).

Com essa elevação dos resíduos gerados, há a necessidade de incentivar a reciclagem devido também à elevação de consumo por bens não duráveis, já que, a cada dia, a indústria potencializa a diversidade de itens que se tornam obsoletos cada vez mais rápido, por terem em um curto período, versões atualizadas, evolutivas, gerando cada vez mais resíduos, já que a conscientização para a reutilização não acontece na mesma proporção da utilização. Com isso, muitos governos estão se posicionando frente a estas empresas, com o propósito de cobrar que algo seja feito para acompanhar o crescimento econômico sobre as questões do meio ambiente, para que não seja tão impactado com o desenvolvimento proporcionado.

De acordo com KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, (2017), é necessário que haja o engajamento de empresas, fabricantes e distribuidores, além dos próprios consumidores e governos, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável e promover benefícios para as futuras gerações.

A reciclagem passou a ser mais evidenciado por se identificarem os benefícios trazidos ao planeta através dela. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública

e Resíduos Especiais (Abrelpe), em 2022, os principais materiais reciclados foram: plástico, vidro, metais, papel e embalagens com multicamadas.

Tabela 1 – Percentual de reciclagem em 2022

Material	Percentual
Plásticos	16,8%
Papel e papelão	10,4%
Vidros	2,7%
Metais	2,3%
Embalagens multicamadas	1,4%

Fonte: <https://panorama.solutions/en/organisation/abrelpe-associacao-brasileira-de-empresas-de-limpeza-publica-e-residuos-especiais>

O plástico passou a ser indispensável para a sociedade moderna e para o meio industrial por suas propriedades e características. Por isso, empresas e pesquisadores estão em busca de criar e desenvolver medidas para minimizar esses danos ao ambiente, com materiais, processos de fabricação e reutilização do produto pós indústria e pós consumo. (Freitas, et al., 2020).

Com isso, os polímeros, que são macromoléculas originadas a partir da união de várias unidades de moléculas menores, chamadas de (monômeros), conforme a figura 01. Quando são submetidos ao calor superior a 100°C, ficam suscetíveis a deformações, ficando propícios a modelagem, capazes de passar por pequenos orifícios das máquinas. Isso é possível por causa de sua disposição de arranjo químico, onde as moléculas podem ser submetidas a altas temperaturas diversas vezes, recebendo o processo de remodelagem, voltando desta forma, para a cadeia de reciclagem, aliada à resistência e leveza, torna-os fundamentais em setores como embalagens, construção civil, medicina e eletrônica. Koshti et al., 2018. Além disso, há os polímeros biodegradáveis, que surgem como uma alternativa sustentável aos plásticos convencionais, contribuindo para a redução da poluição ambiental.

De acordo com Carvalho et al. (2019), os materiais termoplásticos tornaram-se os mais produzidos no mundo devido às propriedades mecânicas, térmicas e ao custo de produção. As características físicas de um polímero dependem não apenas do seu peso molecular e da sua forma, mas também das diferenças na estrutura das cadeias moleculares.

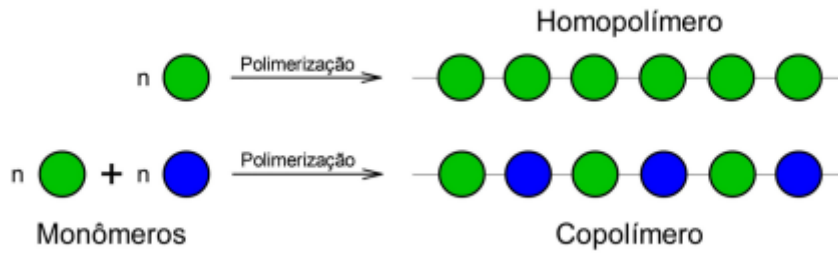


Figura 01 – Representação gráfica simplificada do homopolímero e copolímero

Fonte: <https://pdf.blucher.com.br/openaccess/9786555502527/02.pdf>

O polipropileno (PP), polímero termoplástico derivado do propileno que pode ser utilizado como material para embalagens, peças automotivas, móveis plásticos, etc. Suas principais características são: Boa estabilidade térmica, baixa densidade, boa resistência ao impacto à temperatura ambiente, excelente transparência, elevada resistência química e a solventes, sendo utilizado também para fabricar uma grande variedade de produtos, como embalagens, móveis, baldes, para-choques, fibras, tecidos, paletes, piscinas, tanques, invólucros industriais, acessórios para máquinas de produção, artigos elétricos e eletrotécnicos. É uma resina reciclável e pode ser identificado em materiais através do símbolo triangular de reciclável, com um número “5” por dentro e as letras “PP” por baixo. É possível afirmar que o PP tem um equilíbrio de propriedades: térmicas, químicas e elétricas. Isso o torna um material muito versátil. Neste cenário, as indústrias de reciclagem têm uma grande importância na gestão de resíduos gerados, transformando lixo em matéria prima, evitando um volume ainda maior depositado nos aterros sanitários ou lixões a céu aberto, contaminando o meio ambiente, evitando o aumento da poluição; contribuem com a sustentabilidade, reduzindo as necessidades de extrações de recursos naturais, com processamentos eficientes dos resíduos coletados.

Ano após ano, o acúmulo de resíduos poliméricos aumenta, tal como a proporção de polímeros nos resíduos sólidos urbanos (RSU) em todo o mundo. A gestão adequada dos polímeros descartados tornou-se uma preocupação importante. À medida que a população mundial se expande, o mesmo acontece com quantidade de resíduos poliméricos gerada. Em 2020, a produção mundial de polímeros atingiu 367 milhões de toneladas, com expectativa de chegar a 500 milhões de toneladas até 2050 (Raj et al., 2023).

De acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos (ABRELPE, 2021), os números de reciclagem ainda são muito baixos frente à produção de

resíduos gerados diariamente, de apenas 4% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) passam pelas etapas de coleta e envios para reciclagem. Para isso, é necessário estudar tecnologias de aproveitamento dessas resinas, com isso, o objetivo do trabalho é apresentar a melhor proporção conseguida com apenas alguns componentes que são de uso comum no processo de injeção plástica.

A reciclagem do plástico se faz crucial devido o tempo que os materiais plásticos permanecem resistentes à decomposição no meio ambiente. Este ato consiste em transformar tanto o pós indústria como o pós consumo, submetendo-o a processos de transformações que os reinsere nas cadeias produtivas. O Polietileno Tereftalato (PET) é um dos mais reciclados, com taxa de aproximadamente 51%, e tardios no desgaste natural, permanecendo como resíduo plástico por muito tempo na natureza. De acordo com Nabgan et al., 2020, o PET representa cerca de 63% em peso de todo o resíduo plástico produzido, o que é de alto volume e prossegue para aterros.

Existem três tipos de reciclagem do plástico: Mecânica, Química e Energética. A mecânica é a mais utilizada e consiste na transformação física, reprocessamento do resíduo plástico pós consumo e pós indústria em pequenos grânulos, tornando-se matéria prima para novos produtos. O processo na reciclagem mecânica consiste nas seguintes etapas: Coleta do resíduo, separação, moagem, lavagem, secagem, extrusão.

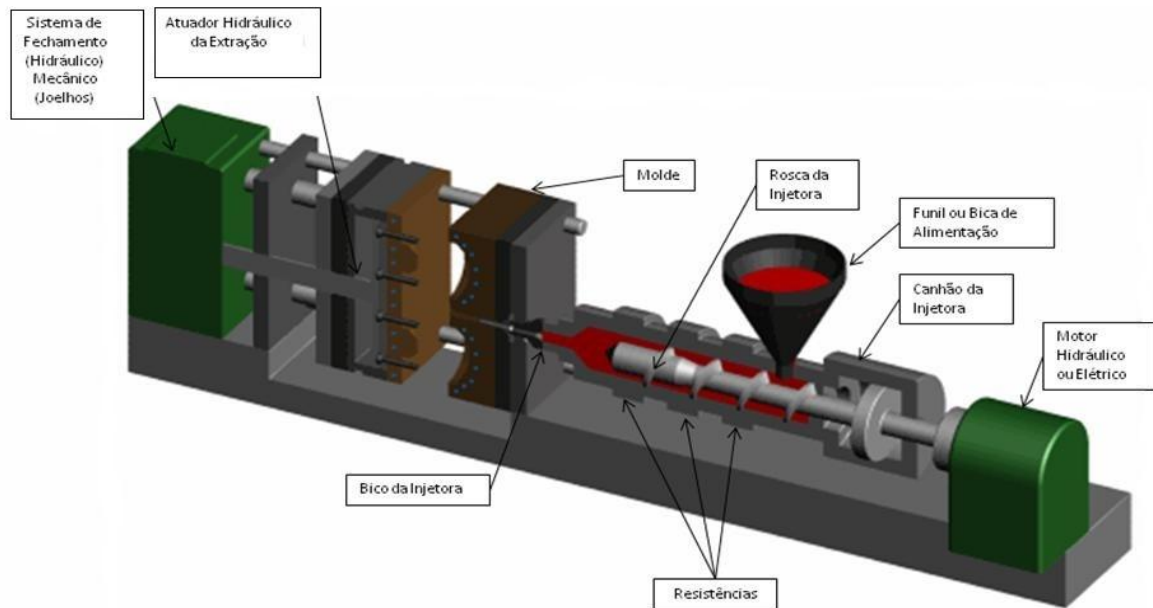
A reciclagem mecânica é o processo mais comum e consolidado para reaproveitamento de plásticos. Ela consiste na transformação física dos resíduos, sem alterar sua estrutura química e envolve etapas como separação, trituração, lavagem, secagem, extrusão e regranulação, resultando em pellets que podem ser usados na fabricação de novos produtos. (...) Embora não seja indicado para plásticos contaminados ou de múltiplas camadas, a reciclagem mecânica ainda representa a base da economia circular para embalagens e produtos de consumo. (Mundo do plástico, 2025).

A indústria foi revolucionada com a produção de peças plásticas cada vez mais abrangente e produzida de forma muito rápida e precisa. Isso se dá devido as máquinas injetoras que são peças fundamentais neste processo de produção de peças plásticas, atuando na transformação de grânulos de plásticos em diversos produtos como peças automotivas, móveis, embalagens, etc. Estas máquinas injetoras de resinas plásticas são alimentadas com os grânulos através de funil que direciona o material sólido para dentro de um cilindro com rosca plastificadora ou recíproca que transporta os grânulos até o bico de injeção deste compartimento causando a fusão do material, conforme representação da figura 03. A medida que a rosca gira, empurra o conteúdo homogeneizado e já fundido até o molde, conforme representação da figura 04, para

que toda a sua cavidade seja preenchida e tome forma. Após o preenchimento do molde, há o resfriamento da cavidade para que a peça possa ser extraída de seu interior, e assim, o ciclo é contínuo e rápido, todo esse processo acontece em segundos a depender do tipo de peça que está injetando.

Figura 03 – Representação de máquina injetora de termoplásticos

Fonte: <https://www.automataweb.com.br/o-que-e-uma-maquina-injetora/>



A injeção plástica é um modelo de fabricação muito vasto. Este processo envolve a transformação do plástico sólido para o estado líquido para assumir as formas necessárias de acordo com as formas dos moldes. A versatilidade da injeção plástica garante a fabricação de diversos tipos de objetos e geometria complexas.

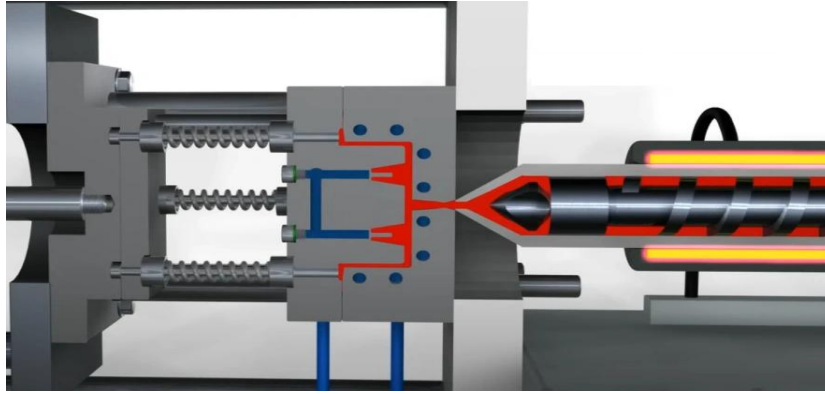


Figura 04 – Representação de molde recebendo a massa plástica derretida para moldagem.

Fonte: <https://iesbra.com.br/injecao-plastica-guia-completo/>

A injeção de materiais termoplásticos consiste num processo cíclico, tendo por objetivo produzir peças conformes e de acordo com o especificado em projeto, no mais curto intervalo de tempo possível. O processo é composto por diversas fases, sendo que a sua otimização é fundamental para assegurar a rentabilização económica dos equipamentos adquiridos. (Cunha, 2004).

Durante o processo, alguns setups podem ser necessários por motivos, como: troca de molde, problemas hidráulicos, trocas de cor, ajustes de parâmetros, etc. No entanto, o processo de troca de cor pode gerar resíduos plásticos que se acumulam na rosca da máquina, comprometendo a eficiência e aumentando os custos de produção. Essa necessidade de limpeza da rosca, é um passo crítico e indispensável para garantir a qualidade dos produtos e a produtividade da máquina. Métodos mais rápidos e caros são utilizados com uso de solventes químicos perigosos e altamente abrasivos, causadores de resíduos tóxicos que precisam ser descartados. Nesse contexto, surge a necessidade de desenvolver alternativas que sejam sustentáveis e não menos eficientes que as comumente utilizadas, pois para a limpeza de rosca de máquinas injetoras, utilizando uma proporção aceitável de resinas plásticas e carbonato de cálcio não há descarte dos resíduos gerados, já que as borras geradas após o processo de purga (limpeza) são totalmente reinseridas na fabricação sem comprometer as propriedades químicas e mecânicas dos móveis fabricados. Essa combinação busca aproveitar as propriedades benéficas das resinas plásticas, como a capacidade de se agregar a resíduos, e o carbonato de cálcio, que atua como abrasivo suave, com propriedades mecânicas que arrasta consigo partículas agregadas de cores anteriores. As borras geradas podem tornar a limpeza mais garantida, já que a borra consiste na

retirada do bico de injeção e expulsão de matéria prima com um volume maior de massa plástica.

A purga é uma operação que não agrega valor ao processo, ao contrário: gera custos, consome energia, tempo, matéria prima, mas é importante, pois pode garantir uma boa limpeza do conjunto canhão e rosca e previne problemas de contaminações que interferem na qualidade do produto final. Gesser, 2006.

No contexto atual, falar de sustentabilidade é falar no seu contexto holístico, é uma ideia ampla, muito importante, não limitando apenas aos elementos da natureza, mas no ambiente, espaço onde as atividades estão sendo desenvolvidas, e as atividades desempenhadas pelo ser humano precisam estar em harmonia, em equilíbrio com o meio ambiente, e o desequilíbrio entre essas duas vertentes vêm sendo cada vez mais escalonada desde a primeira revolução industrial, embora, o desenvolvimento humano e econômico precisam acontecer em sintonia com a natureza, sem destruir os recursos que ela fornece para o futuro. Com isso, a sustentabilidade é um tema presente em todos os setores da indústria, e em se tratando de limpeza de roscas de máquinas injetoras, é possível adotar práticas sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental associado à extração e processamento de recursos naturais e a geração de resíduos dispersos no meio ambiente, melhorando a imagem e a competitividade utilizando resinas recicladas.

A sustentabilidade na limpeza de roscas de máquinas injetoras com material reciclado é um desafio complexo que requer uma abordagem holística e intensa, mas com a adoção das práticas sustentáveis e interesse contínuo em desenvolver rotinas saudáveis ao meio, é possível se ter resultados bem satisfatórios sem interferir ou comprometer os anseios de uma produção limpa e equalizada. Durante o processo de fabricação de móveis plásticos, diversos resíduos são gerados, como por exemplo: resíduos caracterizados como perigosos, que são solventes, catalizadores, óleos, graxas que precisam de destinação certa para não comprometer a saúde do colaborador e o meio ambiente, resíduos não perigosos e recicláveis, que são as resinas plásticas utilizadas no processo, borras plásticas provenientes do processo de limpeza (troca de cor) caixas de papel, filmes plásticos, sacos plásticos, etc, que precisam de destinação correta para não comprometer o meio onde as instalações estão em atividade. Todo resíduo resultante de máquinas passa por tratamento e destinação; os provenientes das resinas plásticas, encaminhados a centros de reciclagem para voltarem retrabalhados à linha de produção; já os resíduos de limpeza de rosca das trocas de cores, se produtos próprios para esta finalidade,

como os agentes de purga, após a utilização, eram descartados por conter agentes altamente abrasivos e contaminantes.

Pensando nisso, surge a necessidade de abortar o uso desses produtos para esta finalidade, condicionando proporções de resinas de polipropileno translúcida Copolímero Heterofásico recicladas casadas com carbonato de cálcio e outros aditivos, com características mecânicas semelhantes utilizadas no processos sem poder destrutivo ou contaminante, onde, ao final do processo, o resíduo gerado é reprocessado e reinserido ao ciclo produtivo sem comprometer a composição e qualidade das peças extraídas. O carbonato de cálcio é um composto químico de fórmula CaCO_3 , um mineral natural abundante na natureza formado por cálcio, carbono e oxigênio, de baixo custo, com pouca abrasividade, podendo reagir com resinas de polietileno, polipropileno, poliestireno, policloreto de vinila (PVC), causando o arraste dessas resinas, tonando eficaz a remoção de resíduos de plástico, óleos, graxas, aditivos e pigmentos. Com a mistura na proporção correta, a aderência dessas resinas anteriores na rosca é quebrada pela resina do copolímero. A temperatura, o tempo de contenção no interior da rosca e a pressão da máquina interferem diretamente na eficácia da limpeza.

3. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em uma fábrica de móveis plásticos no município de Escada/ PE, se deu com a seguinte divisão: realizado em duas etapas: a primeira, na betoneira, colocando as proporções com porções de 25 kg cada volume, já a segunda, a utilização da mistura do Polipropileno Copolímero reciclado e a adição de aditivos nas máquinas injetoras. As proporções dos componentes foram alteradas de acordo com o uso e resultado apresentados após uma sequência tripla de testes para observação e conclusões até se obter o mais aceitável e de uso comum para todas as trocas de cores que necessitam de produto para realizar a limpeza.

4. Resultados e Discussão

O presente estudo, dedicou-se a apresentar os resultados obtidos através de testes com três repetições cada, realizados em máquinas injetoras com o objetivo de encontrar uma proporção eficaz para um compósito capaz de substituir o agente de purga, sendo este viável para realizar a limpeza de rosca, não se limitando apenas a apresentar esse resultado, mas também, o ganho de produtividade, redução de tempo parado na limpeza para a produção posterior ao sair de uma

cor escura para uma clara. O resultado obtido através do uso dos agentes poliméricos compatibilizantes pode ser comparado a altura com os produtos de comércio utilizados para esta finalidade, com diferencial no custo e no seu reaproveitamento como resina própria para reinserção no processo de injeção.

Na figura 04, é possível ver o resultado de purga com o compósito, numa troca de cor saindo da cor preta para a branca.



Figura 04 – Borrás purgadas na troca de cor saindo do preto para o branco.

Fonte: A autora

Para obter um material diferenciado e eficaz para ser utilizado como alternativa na limpeza de roscas das máquinas injetoras, barateando o custo nas trocas de cores, e caracterizando um produto com condições de ser reinserido ao processo após ser utilizado e reprocessado, os componentes utilizados são de uso comum na fabricação com capacidade de garantir e ampliar as mesmas propriedades. Antes de se alcançar a proporção utilizada, outros componentes e combinações foram utilizadas até se alcançar o melhor resultado, para isso, diversos testes foram realizados. Contudo, é necessário estudar tecnologias de aproveitamento dessas resinas, com isso, o objetivo do trabalho é apresentar a melhor proporção conseguida com alguns componentes que são de uso comum no processo de injeção plástica. Durante os testes, foram adicionados agentes químicos para melhorar a fluidez, a expansão das moléculas de carbonato de cálcio, a inibição de pigmento, utilizando dióxido de titânio, mas o resultado com este último não foi eficaz, não se tendo a necessidade de dedicar tempo e observação para o resultado, objeto de estudo deste trabalho.

O tempo de limpeza diminuiu consideravelmente ao ser realizada fazendo uso do compósito destinado à limpeza com a observação de mudança de parâmetros como descompressão, que é o processo de reduzir a pressão no interior do canhão, esta ajuda a remover o material residual da rosca e do canhão, evitando que haja a solidificação e a aumentando as temperaturas das resistências, evitando que coma descompressão, fiquem resíduos alojados. Concluindo assim, desse modo normal, sem a alteração dos parâmetros, há a necessidade de usar uma quantidade maior de material para se conquistar o resultado desejado, já que a velocidade com que a massa porosa é ejetada, ela pode ignorar os resíduos encrustados e seguir sem o arraste necessário.

O material com melhor obtenção nos resultados, representou um custo por quilo de R\$ 5,49. 50% do valor da resina comercial para a mesma finalidade com qualidade inferior e agressão ao meio ambiente, pois pelos componentes corrosivos e possíveis metais pesados.

Abaixo, alguns dados obtidos nos testes. Salientando que, os apresentados, são com alterações nos parâmetros.

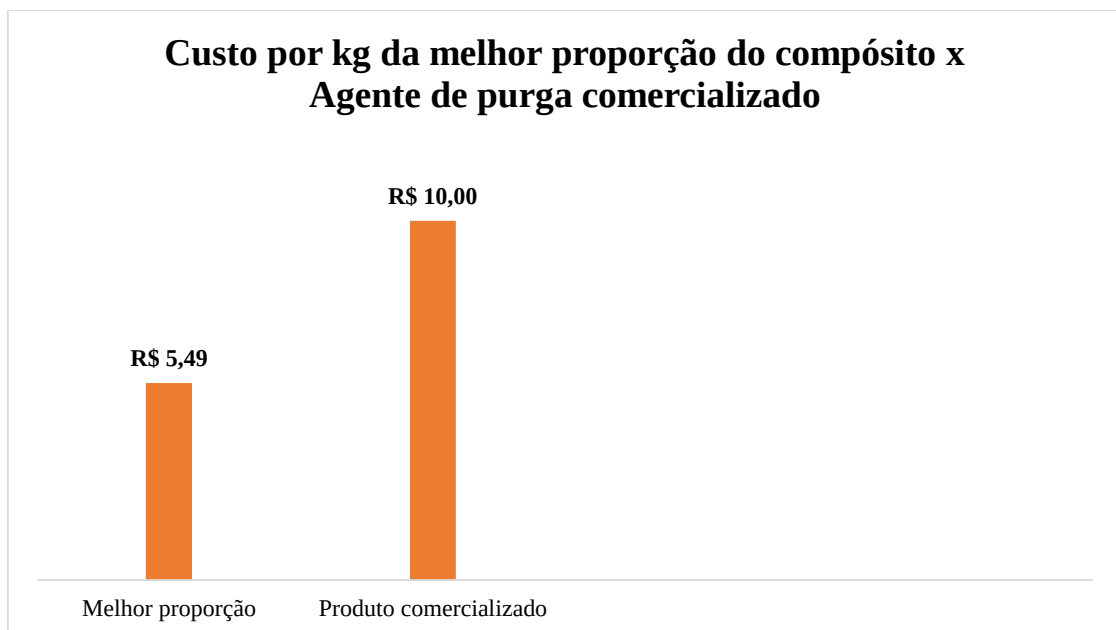


Gráfico 01 – Custo por kg do Compósito x Agente de purga comercializado

Fonte – A autora

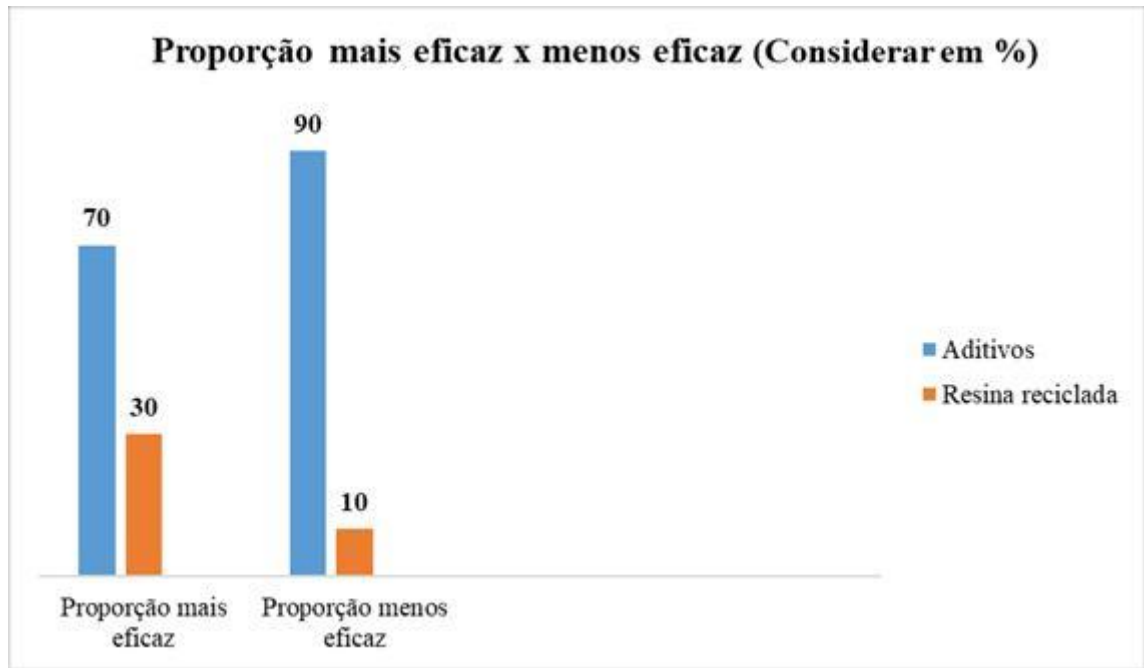


Gráfico 02 – Efetividade das proporções testadas

Fonte: A autora

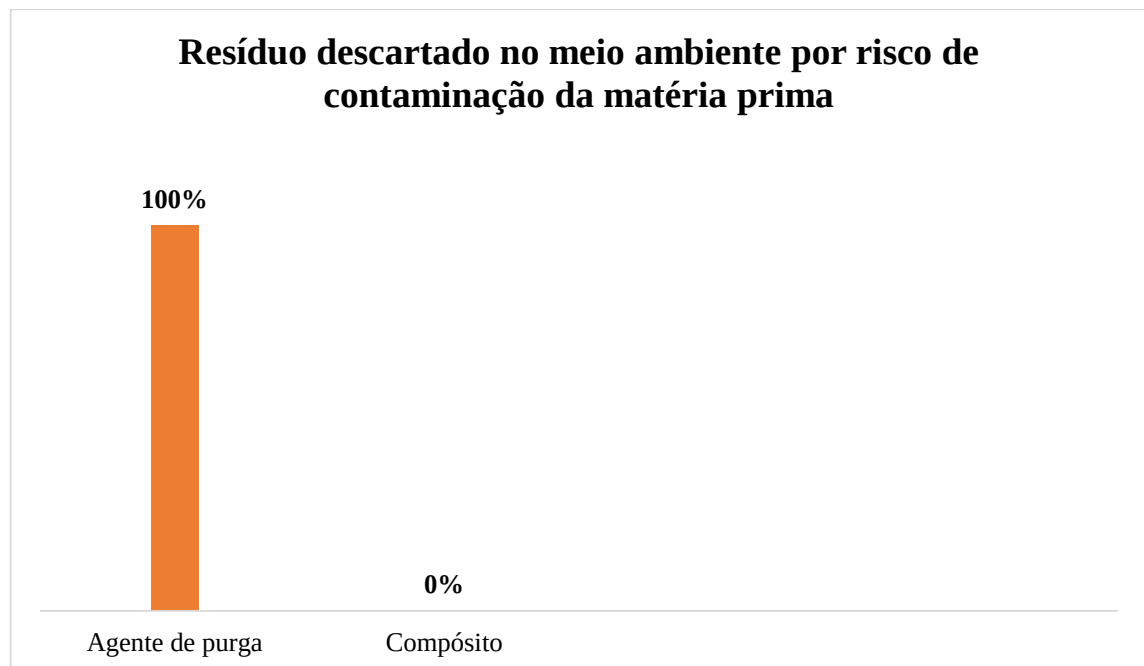


Gráfico 03 – Percentual de descarte após a realização de limpeza de roscas de máquinas injetoras

Fonte: A autora

5. Considerações Finais

O trabalho foi despertado pela necessidade de se ter alternativas eficientes e sustentáveis para a realização de limpeza de roscas das máquinas injetoras no processo de fabricação de móveis plásticos, sem a geração de resíduos para o meio ambiente e com qualidade equivalente aos agentes de purga disponíveis no mercado.

A porosidade das partículas precipitadas de Carbonato de cálcio e a abrasividade moderada são parâmetros importantes que foram observados e influenciam suas propriedades físicas e químicas e auxiliam na remoção dos resíduos aderidos, no entanto, sua proporção não pode ser superior a 70% para não comprometer sua capacidade de agregação e arraste dos resíduos de resinas anteriores. Enquanto a resina reciclada agrega valor em escala ambiental ao processo relatado e baseado no estudo apresentado, demonstrando redução de custos e economia circular. A compreensão da porosidade é fundamental para otimizar as aplicações do CaCO_3 em diversos setores, como na utilização da mistura, com o interesse em proporcionar um resultado satisfatório na limpeza de roscas de máquinas injetoras, é possível concluir que, para se manter os resultados e galgar outros mais profícuos com aprofundamento e novos testes com outros aditivos para que novos resultados possam ser vistos. O compósito conseguido equilibra o desempenho e impacto ambiental, transformando-se em opção viável para indústrias deste segmento que desejam diminuir o descarte de materiais, o consumo de matéria prima e o custo agregado. Tudo isso foi alicerçado em testes com realizações triplas que demonstraram que a mistura é uma solução bem promissora, se observando as instruções com relação às mudanças necessárias nos parâmetros das máquinas, como aumentar a descompressão e temperatura.



REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2021). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021. Disponível em <https://abespb.com.br/wp-content/uploads/2023/12/Panorama-2021-ABRELPE.pdf>

Acesso em 21/04/2025.

CARNEIRO, T. M. A.; SILVA, L. A.; GUENTHER, L. A. S. A poluição por plásticos e a educação ambiental como ferramenta de sensibilização. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 16, n. 6, p. 285-300, 2021.

CARVALHO, B., CASAGRANDE, M., FARIAS, M. Evaluation of resilient behavior of a clayey soil with polyethylene terephthalate (PET) insertion for application in pavements base. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences, p. 12006, 2019.

CUNHA, A. M. Manual do Projetista para Moldes de Injeção de Plásticos. Vol. 2 – Moldação por Injeção e Materiais Plásticos. Marinha Grande: Centimfe, 2004.

DEMAJOROVIC, J.; CAIRES, E. F.; GONÇALVES, L. N. S.; SILVA, M. J. C. Integrando empresas e cooperativas de catadores em fluxos reversos de resíduos sólidos pós-consumo: o caso Vira-Lata. Caderno EBAPE.BR, v. 12, n. 7, p. 513-532, 2014.

FREITAS, I.; SANTOS, A.; BRANDALISE, L.; BERTOLINI, G. Os sacos plásticos na perspectiva da sustentabilidade: Uma revisão sistemática. Revista Metropolinata de Sustentabilidade V. 10, n. 3, 188, 2020.

GESSER, F. Reaproveitamento da Borra no Processo de Injeção: Análise Econômica e Ambiental . 2006. 71f. Monografia (Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2006.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D., HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling, [s.l.], v. 127, p. 221-232, dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.

Acesso em: 05/01/2025.



KOSHTI, R.; MEHTA, L.; SAMARTH, N. Biological recycling of polyethylene terephthalate: A mini-review. Journal of Polymers and the Environment, v. 26, n. 8, p. 3520-3529, 2018.

O que é uma máquina injetora de plásticos Disponível em: <https://www.automataweb.com.br/o-que-e-uma-maquina-injetora/> Acesso em 26/07/2026.

Representação de molde recebendo a massa plástica derretida para moldagem. Disponível em: <https://iesbra.com.br/injecao-plastica-guia-completo/> Acesso em: 26/07/2025

Tipos de reciclagens. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br>. Acesso em 26/07/2025.