

DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE UM COMPACTADOR DE MATERIAIS PARA A RECICLAGEM

Estevão Butske Gomes¹, Selton Batista da Silva Guidi¹, Thyeris Cardoso Souza¹,
Ruan Schultz Rigueti²; Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica - Multivix São Mateus (ES)

²Mestrando/Docente - Multivix São Mateus (ES)

³Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

A falta de segurança é o que mais ameaça uma pessoa que trabalha com a coleta seletiva e reciclagem de materiais, devido às condições de trabalho. Este estudo teve como objetivo desenvolver um projeto mecânico de um compactador de materiais motorizado, com o propósito de garantir que sua utilização além de ser muito vantajosa em termos de eficiência, mas que também traz conforto, saúde e segurança para os trabalhadores, de forma a organizar, facilitar o armazenamento e gerar renda mais rápida. Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica em livros e artigos sobre fatores que implicam na sustentabilidade, legislação dos resíduos, normas regulamentadoras e o uso de *softwares CAD* relacionados à criação de projetos. O embasamento teórico proporcionou compreensão, conhecimentos e estudos de práticas sobre o tema. A prática com a criação de projetos oferece uma percepção dos pontos de vantagens e desvantagens na estruturação de equipamentos, facilitando a identificação da necessidade e do problema, para alcançar a satisfação e resolução do mesmo. Conclui-se que o projeto desenvolvido é viável para empresas e pessoas envolvidas com a área de reciclagem de materiais em termos de economia de tempo, diminuição de esforços repetitivos e possíveis riscos com materiais cortantes.

Palavras-chave: material compactor; mechanical equipment; recycling; SolidWorks; CAD software.

ABSTRACT

Lack of safety is the biggest threat to people who work in selective collection and recycling of materials, due to the working conditions. This study aimed to develop a mechanical design for a motorized material compactor, with the purpose of ensuring that its use, in addition to being very advantageous in terms of efficiency, also provides comfort, health and safety for workers, in order to organize, facilitate storage and generate income faster. Initially, bibliographical research was carried out in books and articles on factors that imply sustainability, waste legislation, regulatory standards and the use of CAD software related to project creation. The theoretical basis provided understanding, knowledge and practical studies on the subject. The practice with project creation offers an understanding of the advantages and disadvantages in structuring equipment, facilitating the identification of the need and the problem, in order to achieve satisfaction and resolution of the same. It is concluded that the developed project is viable for companies and people involved in the area of material recycling in terms of saving time, reducing repetitive efforts and possible risks with sharp materials.

Keywords: compactor; mechanical equipment; recycling.

1 INTRODUÇÃO

A reciclagem dos resíduos gerados pela população é de grande importância para o meio ambiente, tais como vidros, plásticos, papelão, metais, dentre outros materiais que são constantemente descartados e posteriormente reciclados para gerar novos produtos. Atualmente um dos desafios da reciclagem sem dúvida é o armazenamento, já que esses produtos na sua grande maioria são volumosos e, para sua compactação, são necessários uma certa técnica e o apoio de maquinário, tais como as prensas hidráulicas.

O descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos ainda é um desafio às políticas públicas de gestão ambiental no Brasil. A reciclagem de resíduos surge como uma medida econômica, social e ambientalmente viável para se tentar reverter esse quadro (Ribeiro et al., 2014, p. 191).

Visando solucionar o gargalo do armazenamento, saúde de quem exerce esse trabalho de reciclagem e da agilidade nesse processo, este trabalho propõe a criação de um projeto mecânico de um compactador de materiais motorizado, como alternativa econômica e viável para compactação de latas e materiais de alumínio de espessura menor que 0,50 mm, latas de aço com espessura menor que 0,25 mm e resíduos de plástico, como tubulações de policloreto de vinila (PVC) menor que 0,5mm, abordando toda tratativa de projeto realizada em cima deste dispositivo. Todos os detalhes como design, dimensões, materiais para fabricação com base de cálculo da força necessária para compactação, avaliação de critérios de desempenho e construção de um protótipo funcional serão explorados.

Com o foco na engenharia mecânica, esse projeto vai muito além, uma vez que ele impacta diretamente com a saúde de quem executa a função de reciclagem, gerando uma série de problemas devido aos esforços repetitivos.

Baseando em tecnologias CAD na criação de projetos para a melhoria de vida e eficiência, o problema de pesquisa deste trabalho se envolve a uma pergunta: Como a aplicação dos *softwares* CAD podem ajudar a melhorar a qualidade de vida das pessoas que trabalham com reciclagem?

Solucionar os problemas do armazenamento e da atividade repetitiva será competência do nosso projeto. Toda estrutura do protótipo será projetada no *SolidWorks* e isso permitirá visualizar parâmetros de projeto importantes, como: peso total da estrutura e o funcionamento das partes móveis, evitando conflitos de montagens na prática.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um projeto mecânico de um compactador de materiais motorizado, com o propósito de garantir que sua utilização além de ser muito vantajosa em termos de eficiência, mas que também apresente segurança, economia de tempo e diminuição de esforços repetitivos para os trabalhadores. E como objetivos específicos esse estudo se propõe a: identificar os problemas e vantagens da elaboração do projeto, definir os parâmetros que o equipamento deverá alcançar e analisar a resolução do problema para concluir a viabilidade do projeto.

O protótipo irá enaltecer nossa programação diante de um desafio de criar algo, que seja eficaz, suficiente e econômico, usando estratégias de planejamento e utilizando todo o conhecimento adquirido durante o período de formação do curso.

O projeto vai se desenvolver em uma lógica de que a implementação do equipamento irá transformar a matéria compactada em lucro em menos tempo, facilitar o armazenamento e poupar mão de obra.

A estrutura projetada deverá suportar os esforços e estresses causados entre o motor e o material a ser compactado, além disso, a força de compactação deve ser superior a tensão de escoamento dos materiais reciclados, garantindo assim o seguro e correto funcionamento do dispositivo.

As associações de catadores e estabelecimentos comerciais que acumulam resíduos sólidos de armazenamento de líquidos enfrentam dificuldades no armazenamento, devido aos grandes volumes que elas ocupam. Essas latas ficam por determinados períodos desses locais até acumularem uma grande quantidade e após isso são vendidas para empresas de reciclagem.

A disposição dos resíduos sólidos urbanos apresenta problemas relacionados à instalação adequada dos mesmos, ao espaço físico ocupado pelos rejeitos e à proliferação de doenças para parte da população que mora próximo e sobrevive da comercialização desses resíduos (Santos; Agnelli; Manrich, 2004, p.307).

Microempreendedores, estabelecimentos comerciais e catadores de latinhas, têm um problema em comum que é o armazenamento dessas latas, uma vez que é gerada receita através do peso que eles terão disponíveis para venda. Pequenas quantidades em quilogramas demandam grandes áreas para armazenagem, vendo isto, uma alternativa para solução é a construção de um protótipo de compactador de materiais que além de diminuir o espaço utilizado tem como vantagem conforto e segurança na execução do serviço.

É comum encontrar nos centros de reciclagem, prensas enormes que são normalmente nem um pouco portáteis e muito menos de baixo custo de investimento. O desafio é criar algo compacto, seguro, produtivo e principalmente de baixo custo.

Os ciclos ininterruptos de compressão dos materiais será seu diferencial, já que irão ganhar tempo na condução da atividade. Consequentemente, elevam o nível de segurança, uma vez que estão descartando o processo de compactação manual. Com o foco no reciclador que tem seu armazenamento a princípio residencial, o protótipo que será desenvolvido a fim de otimizar esse processo e colocando esses trabalhadores apenas para operá-lo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS NO MEIO AMBIENTE

Os resíduos sólidos descartados de maneira incorreta além de poluir o meio ambiente, traz também uma série de doenças para a população, latas de alumínio, garrafas PET, entre outros, acumulam água parada o que é o ambiente perfeito para mosquitos da dengue e outros seres similares. É de extrema importância o descarte correto desses materiais, destinando-os para centros de reciclagem.

Por sua vez, a incidência de dengue associou-se à gestão de resíduos sólidos e apresentou relação inversa significativa com o percentual de vulneráveis à pobreza. Houve também associação direta o índice de Gini, sugerindo que quanto maiores os registros de incidência de dengue de 2007 a 2016, maiores os valores de Gini dos municípios – ou seja, maior a desigualdade social. A cobertura da coleta seletiva apresentou relação inversa e significativa com os casos de dengue, sugerindo que quanto menor a cobertura da coleta de seletiva, maiores foram os casos registrados de dengue (Mol et al., 2020, p. 1).

Com isso foi implementado a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, algo de suma importância para melhor gerir esses materiais.

Segundo Kim e Barros (2023, p.1), “a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos foi um marco ambiental decisivo no âmbito das gestões municipais de resíduos sólidos sustentáveis e de qualidade.”

Um ponto crítico é a escassez de aterros sanitários para os resíduos que após a separação dos centros de reciclagem, não serão reaproveitados.

O objetivo desta pesquisa é otimizar o particionamento territorial para o Estado do Paraná com relação aos aterros sanitários definindo um número adequado de lugares capaz de atender à demanda e que minimize as distâncias a serem percorridas dos pontos de geração do lixo até o descarte. Para isso, foram desenvolvidas simulações em função do custo de transporte rodoviário dos resíduos, em que foram considerados os locais dos 171 aterros operacionais existentes no Estado. Os resultados mostraram a necessidade de se alterarem algumas das capacidades das áreas de descarte existentes, além de se adicionarem 25 novas áreas para atender integralmente à demanda. Com isso, o gasto com transporte seria reduzido em cerca de 80% e o custo total, que inclui novas construções, ficaria reduzido em 57%, acarretando redução de gastos, além do aprimoramento na prestação do serviço e da atenuação do impacto ambiental (Franco; Steiner, 2022, p. 987).

Por falta de estrutura, municípios menores possuem dificuldades na administração dos resíduos sólidos.

Os municípios de menor porte apresentam maiores problemas na gestão dos resíduos, o que pode estar relacionado ao fato de não possuírem uma equipe técnica para a execução dos serviços, o que reflete diretamente na qualidade ambiental urbana (Pereira; Curi; Curi, 2018, p. 485).

O uso disseminado das latas de alumínio em embalagem de bebidas e também dos demais resíduos sólidos, se torna um desafio global. Desafios como esse, demandam soluções eficazes, e a reciclagem desses resíduos se torna uma oportunidade valiosa uma vez que além de fazer a economia circular, também traz resultados significativos para redução do impacto ambiental.

O lixo urbano constitui-se hoje uma preocupação ambiental nos grandes centros urbanos e ainda pouco se conhece sobre os efeitos à saúde causados pela disposição do mesmo a céu aberto, coleta inadequada e as práticas sanitárias da população em relação a estes resíduos (Rêgo; Barreto; Killinger, 2002, p. 1583).

Os resíduos sólidos têm impacto significativo no meio ambiente se não for descartado corretamente, causando danos ao solo, água e ar, que geram uma série de problemas para fauna, flora e até mesmo a saúde humana.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), mais conhecidos como lixo, constituem uma preocupação ambiental mundial, especialmente em grandes centros urbanos de países subdesenvolvidos. Pouco se conhece sobre as repercussões da disposição desses resíduos a céu aberto na saúde humana e das práticas sanitárias da população em relação a eles. A geração de RSU, proporcional ao crescimento populacional, suscita uma maior demanda por serviços de coleta pública e esses resíduos, se não coletados e tratados adequadamente, provocam efeitos diretos e indiretos na saúde, além da degradação ambiental (Rêgo; Barreto; Killinger, 2002, p. 1584).

O manejo inadequado desses materiais, além dos problemas aqui já citados, também contribuem para mudanças climáticas severas, que podem gerar grandes desastres naturais que impactam diretamente na economia da população.

Os processos de produção, disposição e coleta de RSU que ocorrem no interior das comunidades não estão dissociados de questões estruturais mais gerais que se dão na sociedade, geradoras de desigualdade quanto às condições de sobrevivência. Assim, a abordagem de aspectos qualitativos sobre a importância atribuída aos RSU, dispersos no ambiente, na saúde de populações periféricas, bem como dos hábitos dessas populações em relação aos RSU, podem constituir-se em elementos esclarecedores sobre o modo como os riscos ocorrem, podendo vir a assumir importância científica como delineador das políticas ambientais e na garantia da preservação das gerações futuras (Rêgo; Barreto; Killinger, 2002, p. 1584).

Portanto, agir em conformidade com as legislações ambientais e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é pensar além do presente, já que os efeitos causados pelo descarte irregular virão no futuro.

No caso particular da lata de alumínio (material que se destaca entre os recicláveis), os programas de educação ambiental têm deixado à margem as implicações ideológicas, restringindo-se somente às técnicas mais eficientes de coleta e tratamento do lixo. Consequentemente, deixam em segundo plano a reflexão crítica sobre a transformação dos valores culturais que norteiam as características de produção e consumo da sociedade atual (Genovese; Queirós; Genovese, 2020, p. 68).

Contudo, a preocupação com o meio ambiente é algo desafiador e é necessário o empenho de toda sociedade, principalmente na contribuição para a correta destinação dos resíduos sólidos nos locais de descarte para que tenhamos um futuro promissor no quesito ambiental.

2.2 LEGISLAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Variando de acordo com país e região, a legislação aos catadores de latinhas abrange aspectos como saúde, segurança, direitos trabalhistas, meio ambiente e inclusão social.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei 12.305/2010 em respeito aos direitos coletivos e difusos dos catadores e catadoras de materiais recicláveis. Passados 10 anos da existência da PNRS os direitos que são conferidos por essa legislação não são efetivados (Valadão; Silva, 2024, p. 1).

As leis trabalhistas garantem direitos básicos tais como jornada de trabalho, segurança no trabalho, seguro de saúde, férias, entre outros benefícios que são cruciais para proteger os direitos dos catadores de latinhas. Em contrapartida, nem sempre esses direitos são postos em prática e por falta de acesso à informação esses trabalhadores acabam saindo lesados.

No texto da Lei 12.305/2010 a nomenclatura “catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis” é citada por doze vezes, conforme se lê nos artigos 7º, inciso XII; 8º, inciso IV; 15, inciso V; 17, inciso V; 18, inciso II; 19, inciso XI; 21, § 3º, inciso I; 33, § 3º, inciso III; 36, § 1º; 42, inciso III; 44, inciso II, e 50. Como é possível aferir nesses dispositivos da PNRS, os catadores de materiais recicláveis têm o direito à inclusão social e produtiva que deve ser efetivada, obrigatoriamente, pelo poder público, considerando que o não cumprimento é caso de violação dos direitos coletivos e difusos dos catadores (Valadão; Silva, 2024, p. 6).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi um passo marcante para essa categoria, alinhando e implementando leis com intuito de melhorar e regularizar essa classe.

A indústria é responsável por grande quantidade de todo o resíduo sólido produzido e também uma das maiores responsáveis pelas agressões ambientais por conterem os resíduos industriais em geral produtos químicos, metais pesados, substâncias tóxicas. Nesse cenário, o Estado deu um passo importante, com a entrada em vigor da Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e que, dentre as suas disposições introduz os catadores, via associações e cooperativas, em ações que envolvem a coleta e a destinação final ambientalmente adequada dos materiais (Gomes; Carminha; Memória, 2019, p. 121).

Além das leis trabalhistas, há também legislação que se preocupa com o descarte incorreto dos resíduos sólidos, que afetam diretamente o meio ambiente.

No Brasil, ainda se enterram, queimam ou lançam a céu aberto milhões de toneladas de resíduos orgânicos, em decorrência do desconhecimento de seu potencial de aproveitamento e dos impactos negativos que provocam quando dispostos inadequadamente (Zago; Barros, 2019, p. 219).

Políticas públicas eficazes são importantes para que a legislação seja acompanhada e fiscalizada para garantir sua implementação. Entretanto, é necessário envolver os trabalhadores da área de forma ativa, para ajudar a elaborar e implementar as políticas para que assim garantam seus direitos.

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (Brasil, 2010, s.p.).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece diretrizes para promover a reutilização, redução, destinação e reciclagem dos materiais de descarte gerados pela população e indústrias.

Art. 4º A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010, s.p.).

Para que a dinâmica da Política Nacional de Resíduos Sólidos funcione de forma efetiva é necessário o engajamento de diversos departamentos da sociedade, tais como empresas, governo, Ong's não governamentais e principalmente de toda a população.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por: XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (Brasil, 2010, s.p.).

O manejo e o descarte correto dos resíduos são uma responsabilidade compartilhada prevista por lei, diferente do que muitos pensam, o lixo gerado por toda sociedade tem que completar o seu ciclo, sendo descartado, coletado e armazenado de forma correta para que haja o mínimo de impacto.

Segundo Deus, Battistelle e Silva (2015, p.693) “a implementação da PNRS trouxe ao Brasil novas perspectivas de definição de resíduos sólidos, criando metas e objetivos para os municípios cumprirem, a fim de extinguir lixões e aterros.”

Embora estejamos longe de extinguir esse problema, o Brasil segue como destaque nesse quesito, precisando apenas de aperfeiçoamento de certas práticas e intensificar a fiscalização.

2.3 NORMAS REGULAMENTADORAS APLICADAS EM EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

A segurança no ambiente de trabalho é fundamental para todos. Por isso, as normas de prevenção recomendam o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). A norma NR 6, do Ministério do Trabalho, regulamenta os procedimentos e cuidados relacionados ao fornecimento e utilização desses equipamentos de proteção. Conhecer a norma e as responsabilidades da empresa, dos trabalhadores e dos fabricantes dos equipamentos é crucial para a implantação correta e o uso efetivo.

Para que as atividades sejam realizadas de forma segura e eficiente no ambiente de trabalho, é imprescindível que as empresas, independentemente de seu porte, cumpram as normas regulamentadoras de segurança do trabalho.

A Norma Regulamentadora NR 6 foi implementada com o objetivo de regulamentar o uso de Equipamentos de Proteção Individual. Ela estabelece as obrigações tanto para empregados quanto para empregadores, visando preservar a segurança e o conforto em todos os postos de trabalho. Originalmente expedida pela Portaria MTb nº 3.214 em 08 de junho de 1978, a norma regulamenta os artigos 166 e 167 da Consolidação das Leis do Trabalho, conforme redação dada pela Lei nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977, que alterou o capítulo V (Segurança e Medicina do Trabalho) do Título II da CLT (Brasil, 2022, p. 2).

As empresas possuem a obrigação legal de fornecer gratuitamente todos os equipamentos de proteção individual necessários aos seus funcionários. Esses equipamentos devem ser adequados aos riscos expostos, estar em perfeito estado de conservação e funcionamento, e atender às peculiaridades de cada atividade.

Quanto ao órgão que fiscaliza esses equipamentos, cabe ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) e à Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) alertar os funcionários sobre o EPI correto para cada risco. Nas empresas onde o SESMT e a CIPA não existem, é responsabilidade do empregador selecionar o equipamento adequado ao risco, com orientação de um profissional devidamente habilitado.

Dentre as obrigações do empregador cabe a este adquirir o EPI adequado ao risco de cada atividade, exigir seu uso, fornecer somente equipamentos aprovados pelo órgão nacional competente, e treinar os trabalhadores sobre o uso correto, armazenagem e conservação. O empregador também deve substituir EPI danificado ou extraviado, garantir higienização e manutenção periódica, comunicar irregularidades ao Ministério e registrar o fornecimento.

Aos trabalhadores a responsabilidade é de usar os EPIs apenas para as finalidades previstas, responsabilizar-se pela guarda e conservação, comunicar alterações que tornem o equipamento impróprio e cumprir as determinações de uso adequado.

Para o caso do compactador de Materiais, objeto de estudo deste trabalho, a norma a ser cumprida é a NR 12, que estabelece parâmetros de segurança no trabalho com máquinas e equipamentos. Esta norma dispõe que:

A Norma Regulamentadora - NR e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas Europeias tipo 'C' harmonizadas" (Brasil, 2010, p. 1).

A NR 12 é uma norma que assegura a segurança dos trabalhadores que montam e operam máquinas, visando proteger sua integridade física e prevenir doenças ocupacionais. Ela define obrigações para empresas e trabalhadores, incluindo referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção. O não cumprimento das exigências pode acarretar multas e sanções.

De acordo com os princípios gerais da NR 12, a norma deve ser aplicada nas fases de projeto, utilização, fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão de máquinas e equipamentos. Isso se aplica a todas as empresas com empregados sob o regime da CLT, sejam públicas ou privadas, independentemente da atividade econômica. Ou seja, todas as empresas, desde indústrias até confeitarias, precisam se adequar (Lima, 2021).

Destaca-se que o uso do compactador pode reduzir os danos à saúde dos trabalhadores, pois diminui o esforço físico necessário para a compactação de materiais recicláveis. Anteriormente realizado manualmente, o processo agora é mecanizado, contribuindo para a redução de doenças relacionadas ao esforço repetitivo.

2.4 APLICAÇÕES DE SOFTWARES CAD NA INDÚSTRIA

Com a modernidade, vem a acessibilidade às novas tecnologias, no ramo de engenharia, existem *softwares* que ajudam a desenvolver atividades que envolvem técnicas precisas, como desenhos técnicos de produtos e esquemas.

CAD – Computed-Aided Design ou Desenho Assistido por Computador – é um método computacional bastante utilizado na concepção de projetos de Engenharia, Arquitetura, entre outras. Tal método consiste em um software voltado ao desenho técnico, reunindo diversas ferramentas destinadas aos mais variados fins (Amaral; Pina, 2010, p. 2).

Existem *softwares* que nos ajudam nesses quesitos, como o *AutoCAD*, da *Autodesk*, é um *software* mais versátil, podendo atender a diversas áreas, pois permite a criação de desenhos técnicos detalhados em 2D/3D.

O *AutoCAD* é um programa de modelagem 2D e 3D cujas aplicações são diversificadas, tais como: projetos de engenharia mecânica, civil, elétrica, urbana, etc; arquitetura; uso em fabricação industrial; climatização de ambientes (internacionalmente conhecida como *HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning*). É importante notar que o *AutoCAD* é muito utilizado também como ferramenta em disciplinas acadêmicas que envolvem desenho técnico (Amaral; Pina, 2010, p. 3).

SolidWorks, produto da *Dassault Systèmes*, é principalmente voltado para a engenharia mecânica e design de produtos, sendo a principal funcionalidade, a modelagem em 3D, com seus recursos avançados e simulações de desempenho.

O *SolidWorks* pode ser utilizado também como *software* de CAE (*Computed-Aided Engineering*), em conjunto com programas de simulação, tais como o *SolidWorks Simulation* e o *SolidWorks Flow Simulation*. O *SolidWorks Simulation* é tido como uma importante ferramenta de análise de tensões nas peças projetadas (Amaral; Pina, 2010, p. 4).

SketchUp, adquirido pelo *Trimble Navigation*, é bastante usado para criação de componentes mecânicos, análise de movimentos e teste de resistência dos materiais, consiste num aplicativo de modelagem 3D simples, geralmente usado em arquitetura, design de interiores e urbanismo, sendo mais indicado para esboços e ideias rápidas e visuais.

Revit, também da *Autodesk*, é ideal para projetos de construção, porque pode incorporar modelos inteligentes de diferentes tipos, como arquitetônico e elétrico.

O Revit é uma plataforma da *Autodesk* que usa a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*). É um *software* de *design* de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo.

Atualmente os *softwares* CAD tem uma vasta utilização na indústria por proporcionar agilidade no processo de criação de projetos, como diz Caulliraux, Souza e Izu (1994, p.144) “o CAD é utilizado na conceituação, projeto e documentação do produto. Computadores são usados no planejamento e sequenciamento do processo para realizar estas funções mais eficientemente”.

Além da agilidade, os *softwares* contribuem na qualidade do projeto como um todo, pois a pré-visualização do andamento do projeto e a correção facilitada pelas ferramentas utilizadas, levam o projeto a um novo nível.

O CAD aumenta a produtividade da Eng. de Projeto, levando a um aumento de eficiência, e permitindo um tempo maior para a criatividade dos projetistas. O CAM/DNC possibilita o planejamento e controle das atividades de manufatura, permitindo-se manter um controle mais rigoroso dos recursos de mão-de-obra, das instalações e prioridades de trabalho (Caulliraux; Souza; Izu, 1994, p.146).

Outro fator interessante na criação de projetos auxiliados por CAD, é a simulação dos projetos, onde se podem fazer estudo de movimentos, resistências e testes de escoamentos.

Pode-se afirmar que a utilização do CAD como método computacional em engenharia é uma prática em expansão e de grande auxílio nos projetos, uma vez que a partir de modelos de CAD pode-se realizar simulações ligadas à mecânica computacional dando mais confiabilidade ao produto final (Amaral; Pina, 2010, p. 7).

É indispensável para a criação de projetos na atualidade a adoção de *softwares* CAD, visto que propõem várias funções auxiliares para que o engenheiro projetista possa executar sua função com excelência.

Com todo o avanço das técnicas de CAD, tornaram-se frequentes os pacotes de softwares voltados para mecânica computacional, possibilitando ao usuário realizar não apenas o desenho (representação gráfica do projeto), mas também simulações a partir de modelos gerados. Quando não, softwares específicos que utilizem o método numérico de elementos finitos e/ou o método numérico de volumes finitos têm como input modelos construídos com auxílio de softwares de CAD. (Amaral; Pina, 2010, p. 4).

A tendência é o crescimento dessa prática, a evolução dos programas CAD irá se desenvolver muito pois a necessidade de novas tecnologias é evidente em todos os dias em prol da humanidade e da melhora de vida humana.

Com a evolução da tecnologia necessária para o desenvolvimento dos sistemas CAD/CAM atingindo seu ápice, a facilidade de utilização destes sistemas, devido à qualidade de sua interface, passa a ser um foco importante na concorrência entre diferentes fornecedores. O presente trabalho objetiva apresentar os conceitos básicos necessários ao potencial usuário das modernas tecnologias de trabalho em ambientes integrados de projeto e manufatura (Souza; Coelho, 2003, p. 2).

3 METODOLOGIA

A metodologia acerca do trabalho foi delineada com intuito de construir o projeto de um equipamento mecânico para a compactação de materiais, com boa manutenibilidade e menos custo. Em frente ao tema, é proposto um equipamento que reduza os riscos e problemas enfrentados pelos trabalhadores, como: arestas cortantes durante a compactação, esforços físicos excessivos e baixa eficiência.

Este estudo tinha como propósito aprofundar os conhecimentos com a pesquisa bibliográfica, em que os livros, artigos e estudos, levam as informações para um afunilamento, que transforma todo o conteúdo estudado em informações úteis para solução do nosso problema. O método de estudo permitiu que o projeto fosse elaborado de maneira sucinta e embasada em fontes confiáveis, garantindo a funcionalidade dos parâmetros do projeto.

Na definição dos equipamentos, pensou-se no objeto de trabalho antes da projeção dos cálculos, como o tipo e volume dos materiais a serem compactados. É plausível considerar também o peso do equipamento, segurança e ergonomia do compactador.

Para que o projeto fosse mais prático, foi pensado na hipótese que englobaria mais situações possíveis, por isso, os cálculos, dimensionamentos e definições foram pensadas na pior das hipóteses, que neste tema sobre resíduos sólidos como materiais para reciclagem, seriam as latas de aço.

Na etapa de desenvolvimento do projeto, foi elaborado um fluxograma para maior foco e organização das fases, após a idealização, é criado o protótipo do compactador através do *software SolidWorks*, permitindo realizar testes de validação e aprimoramentos.

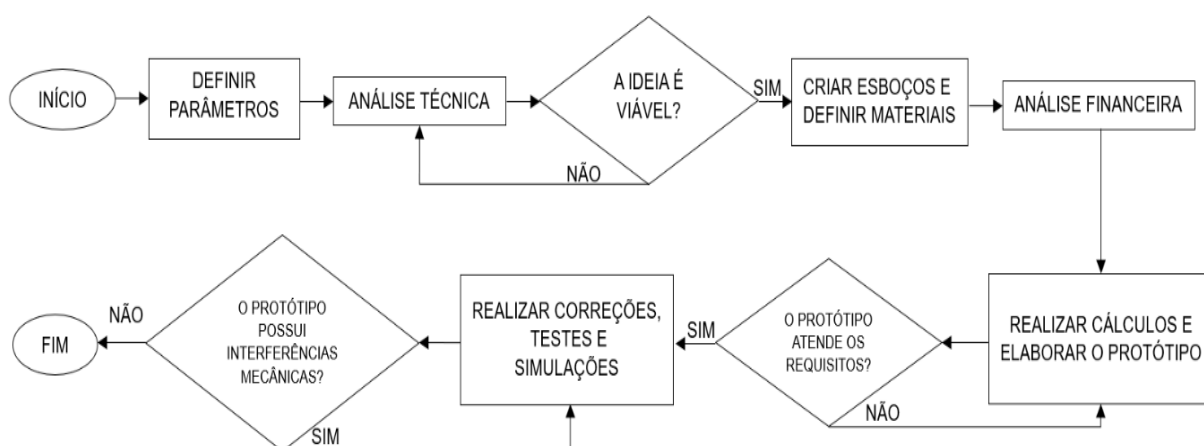
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO EQUIPAMENTO E CAPACIDADE DE OPERAÇÃO

4.1.1 Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento do projeto foi regido conforme Fluxograma 1, onde seguiu-se as fases para concluir a execução do projeto:

Fluxograma 1: Fluxograma do projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores

Inicialmente utilizou-se o programa *SolidWorks* para desenhar a estrutura do protótipo e assim facilitar a visualização de possíveis erros. Com isso, o *software* servirá como suporte para futura montagem do equipamento. O programa *SolidWorks* permitiu observar os pontos de possível interferência entre componentes do protótipo e visualizar a simulação de funcionamento do equipamento, assim podendo evitar possíveis erros.

Após finalizado o processo de desenvolvimento no *SolidWorks* e selecionados materiais e equipamentos, foram realizados os orçamentos financeiros e mão de obra de fabricação, como serralheria e soldagens.

Foi considerado a possibilidade de implementação de tecnologias adicionais, como controles eletrônicos ou até mesmo elementos de automação. A princípio, será efetuado o projeto mecânico básico, mas dentro da NR12, que pede botão de emergência e o painel elétrico de funcionamento. Assim, colaborando principalmente com o baixo poder aquisitivo dos trabalhadores que atuam na área de reciclagem.

4.1.2 Materiais e Equipamentos

A estrutura do projeto foi desenvolvida com tubos quadrados (30mmx30mmx1,2mm) de aço SAE 1020 laminados a quente, que possui boa resistência à tração, boa soldabilidade e preço acessível. A chapa onde os materiais serão prensados, bem como a chapa que irá prensar os materiais na extremidade da biela, possuem em sua composição o aço duro SAE 1080, pela sua dureza, para que não deforme com as forças atuantes e reativas na compressão dos materiais.

A estrutura de aço foi pensada para o projeto devido ao limite de escoamento do aço SAE 1020 laminada a quente ser de 205 Mpa, segundo ASM International (1990), é superior ao da madeira de *pinus spp.*, que de acordo com Nascimento, Oliveira e Lucia (2001), possui 84,84 Mpa, e do polipropileno que Freire, Monteiro e Cyrino (1994) afirmam ter 26,8 Mpa, este mais conhecido como PP. Ou seja, quanto maior o limite de escoamento, mais difícil de ser deformada permanentemente.

Também foi levado em conta a rigidez desses materiais, associada ao módulo de elasticidade, “em outras palavras, a “rigidez”, consiste na capacidade em resistir a deformações dentro da região linear.” (DeWolf et al., 2021, p. 58).

Sobre os componentes, foi elaborado uma lista indicando todos os elementos presentes no projeto, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Componentes mecânicos utilizados no projeto.

Componentes	Descrição
Eixos	Utilizado para suportar os componentes giratórios do projeto.
Chapa Galvanizada	Chapa de aço galvanizado, utilizada para o fechamento e proteção das partes mecânicas que se movimentam.
Engrenagens	Utilizadas na caixa de redução, diminuindo a velocidade de rotação na saída do motor, sem perder muita potência.
Mancais de Rolamento	Elemento de apoio, utilizado para suportar os eixos. Principalmente os que giram em alta rotação.
Rolamento	Auxiliam na rotação dos eixos, presentes nos mancais e no motor, por exemplo.
Tubo Quadrado	Tubo de aço galvanizado usados como base de sustentação do projeto.

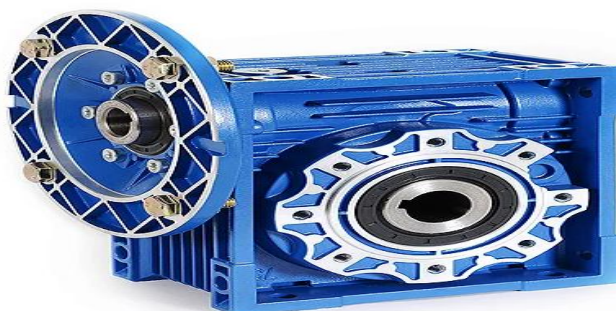
Fonte: Elaborado pelos autores

Para este projeto foi usado o Motor Elétrico Aberto 2 Polos Monofásico 110/220V NOVA-M122404B00 de 3CV de potência e rotação nominal de 3600 rpm. Os critérios principais de escolha deste motor foram o preço, que é justo, e a confiabilidade da marca, que é uma das maiores fabricantes de motores elétricos do Brasil e, além disso, com base na ideia de relação de transmissão proposta para projeto, pôde-se verificar que o torque disponibilizado por esse equipamento seria suficiente para realizar a compactação.

O sistema de transmissão desse projeto foi realizado através de uma caixa de redução ligada ao motor, que ao render um índice de relação de 1:100, ampliou o torque massivamente, no intuito de gerar força na ponta da haste compactadora e comprimir os materiais. A caixa é então ligada à transmissão de força para o eixo da polia, responsável por mover a haste compactadora.

A caixa redutora, ilustrada na Figura 1, possui duas entradas para o acoplamento de eixos, uma de entrada, onde possui 19mm de diâmetro para o encaixe do motor e a de saída, de 25mm de diâmetro onde foi acoplada o eixo que foi responsável por transmitir a rotação reduzida à polia.

Figura 1: Representação da caixa redutora.



Fonte: AVS Redutores

4.2 FORÇA DE COMPACTAÇÃO DO DISPOSITIVO

Torna-se necessário estabelecer a força que será entregue pelo equipamento, aliás, o que seria de um compactador se não tivéssemos a comprovação de que o material colocado no equipamento seria compactado?

Através de um comparativo entre o limite de escoamento, que é uma propriedade do material, e a tensão aplicada pelo equipamento às latas, consegue-se verificar se o material se deformará permanentemente.

Conforme os dados dos materiais, vemos que o aço é o que possui o maior limite de escoamento, ou seja, compactando esse tipo de material consequentemente consegue-se compactar outros tipos de latas. Dado o objetivo, foi escolhido um motor com potência de 3cv e 3600rpm.

Com os dados em mãos, o livro de Melconian (2019, p. 25) foi essencial nessa fase para a resolução dos cálculos a seguir.

Definimos o cálculo de torque exercido pelo motor conforme equação abaixo:

$$Mt = \frac{(30 \cdot P)}{n \cdot \pi} \quad (1)$$

onde:

Mt = torque [N.m];

P = potência nominal [W];

n = rotação nominal do motor [rpm].

Através da implementação de um caixa redutora, foi possível reduzir a velocidade de rotação e consequentemente ampliar o torque da polia onde está acoplado o pistão:

$$Mta = Mt \cdot i \quad (2)$$

onde:

Mta = torque ampliado [Nm];

i = relação de transmissão.

Então para calcular a força exercida na ponta da haste compactadora, é necessário aplicar a fórmula, afinal, a força tangencial da polia coincide com a força que o pistão irá aplicar ao material:

$$F = \frac{2 \cdot Mta}{r} \quad (3)$$

onde:

F = força resultante [N];

r = raio da polia [m].

Após encontrar a força na ponta da haste, então precisou aplicá-la à área transversal do material que irá ser compactado, ou seja, do aço de espessura 0,25mm. Uma lata que seria o mais comum usando esse material, seria uma lata de Thinner, ilustrada na Figura 2, redutor químico muito usado no setor de pinturas automotivas.

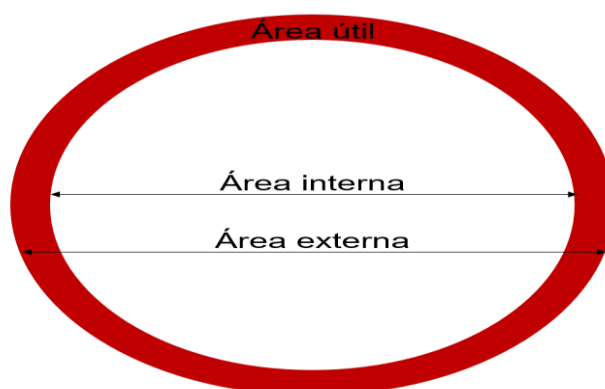
Figura 2: Lata de thinner convencional



Fonte: Elaborado pelos autores

A lata possui dimensões de 18,9 cm de altura, 8cm de diâmetro inferior e 8,3 cm de diâmetro superior. A área de compactação considerada é a da secção transversal da lata, que conforme retratado na Figura 3 abaixo, consiste em uma área anelar.

Figura 3: Representação da área útil da lata.



Fonte: Elaborado pelos autores

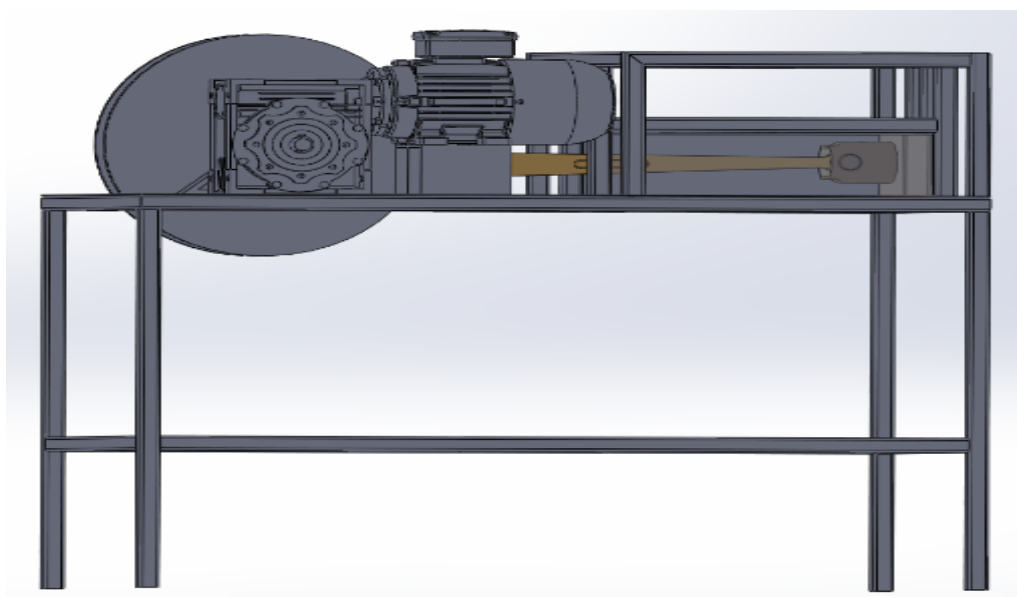
Segundo Botelho (2013, p. 24), em outras palavras, “a força aplicada à área útil, se torna uma tensão, e essa tensão deve ser maior ao limite de escoamento do material”.

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{útil}}} > \sigma_{\text{esc}} \quad (4)$$

onde: σ = tensão na superfície;

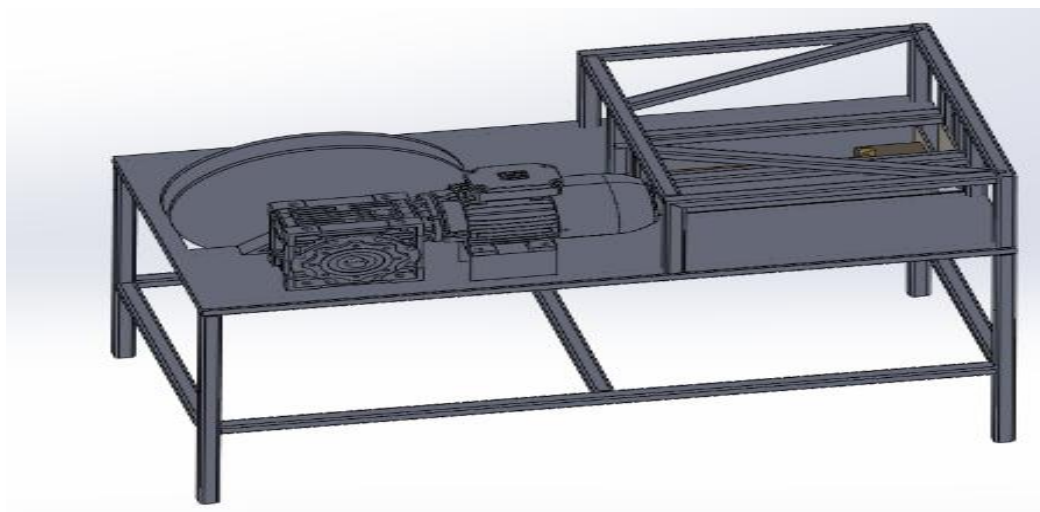
O protótipo projetado apresentou uma estrutura bem robusta que garante boa resistência mecânica contra impactos. O desenvolvimento do projeto focou em manutenibilidade, afinal, a maioria dos elementos de máquinas e outros componentes são de fácil acesso para realização de trocas e demais ajustes mecânicos. Na sequência de imagens abaixo se consegue-se verificar o resultado do projeto em SolidWorks apresentando as vistas frontal e superior (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Protótipo elaborado no SolidWorks (vista frontal)



Fonte: Elaborado pelos autores

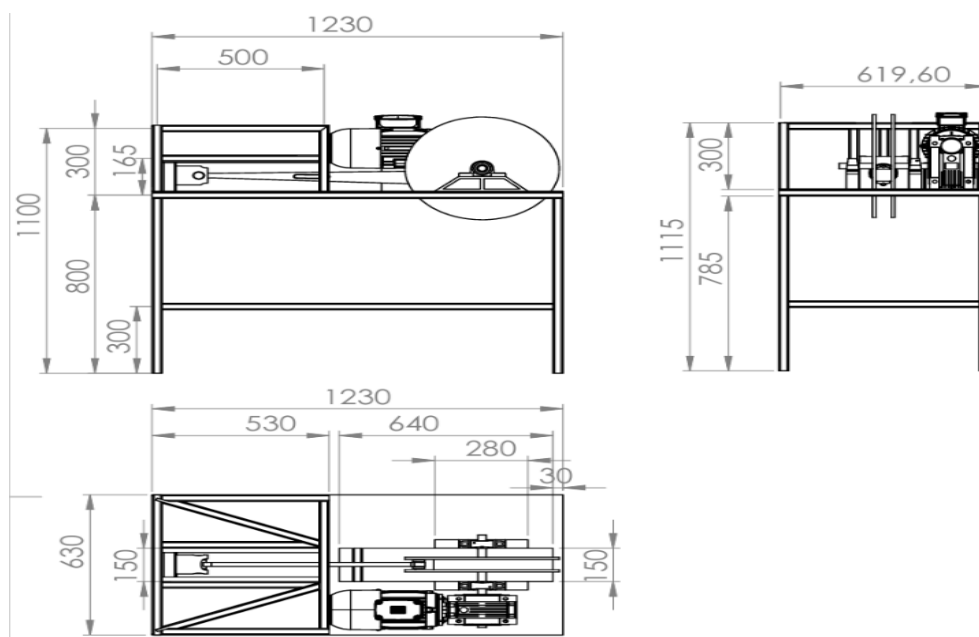
Figura 5: Protótipo elaborado em SolidWorks (vista superior)



Fonte: Elaborado pelos autores

Para maior entendimento das dimensões do projeto, foi realizado o desenho técnico abaixo, ilustrado pela Figura 6, com algumas dimensões e referências da estrutura.

Figura 6: Vistas padrões de desenho técnico.



Fonte: Elaborado pelos autores

O primeiro passo para estruturação dos cálculos foram os dados necessários, que são as informações que nós temos a respeito dos equipamentos, conforme descrito na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Dados necessários para os cálculos.

Dados	Medidas
Polia	0,460 m
Redução de rotação	1x100
Potência	3 cv
Rotação	3600 rpm

Fonte: Elaborado pelos autores

Seguindo com o estudo, tendo em vista que a caixa redutora da NMRV 50 possui relação de transmissão de 100:1, isso significa que o motor fornece 100 voltas no eixo de entrada da caixa e isso resulta em 1 giro no eixo de saída da caixa redutora, porém, com o torque ampliado em 100 vezes. Com as informações em mãos, definimos então a relação de transmissão, o torque aplicado pelo motor, torque ampliado pela caixa redutora e a força exercida pela haste compactadora. Para a compactação do material devemos saber a tensão aplicada ao material, que é a força aplicada à área útil. Os resultados referentes a todos esses cálculos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Cálculos dos parâmetros do equipamento.

Parâmetros	Cálculos
Transmissão	$i = \frac{100}{1} = 100$
Torque do motor	$Mt = \frac{30 * P}{3600 * \pi} \cong 5,853 \text{ N.m}$
Torque ampliado	$Mta = 5,853 * 100 \cong 585,292 \text{ N.m}$
Força do equipamento	$F = \frac{2 * 585,292}{0,230} \cong 5089,498 \text{ N}$
Tensão	$\sigma = \frac{5089,498}{0,0000253} \cong 201,166 \text{ Mpa}$

Fonte: Elaborado pelos autores

“Como o limite de escoamento de chapas de aço AISI 1010 geralmente usadas em latas é de 180 Mpa”, segundo a ASM International (1998, p.11), é certo que o material irá se deformar.

4.3 EFICÁCIA DO EQUIPAMENTO PROJETADO

O equipamento projetado terá boa produtividade e preço menor em comparação com outros equipamentos do mercado que também realizam compactação, como prensas hidráulicas. A Tabela 3 mostra os custos que englobam o projeto.

Tabela 3 – Custos dos componentes do equipamento.

Materiais	Custos
Polia	R\$ 100,00
Motor	R\$ 950,00
Caixa Redutora	R\$ 515,00
Pistão/Biela	R\$ 100,00
Chave De Partida	R\$ 200,00
Mão De Obra (Soldador)	R\$ 500,00
Estrutura	R\$ 600,00
Fios/Conectores	R\$ 50,00
Total	R\$ 3.015,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Vale ressaltar que, esse custo pode ser reduzido de acordo com a disponibilidade de materiais e peças.

Por fim, a eficácia do equipamento se faz pela sua capacidade de produção, onde ele opera a 36 revoluções por minuto, o que resulta em 2160 compressões por hora, resultando em mais tempo para a realização de outras tarefas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios de criação do projeto foram desafiantes, como projetar a parte estrutural no *SolidWorks*. Para essa parte foi demandado tempo devido à dificuldade em projetar estruturando o protótipo do equipamento. Importante ressaltar que foram utilizados os conhecimentos de resistência dos materiais e elementos de máquinas, pois foram necessárias interpretar e realizar os cálculos usados na definição do projeto.

Dos requisitos deste projeto, que era necessário uma solução para o problema de armazenagem de materiais volumosos, mas pouco densos, como latas e tubos, já não é mais um problema porque, confirmado por cálculos, o equipamento certamente os compactará.

Sendo o trabalho de compactação dos materiais feito pelo equipamento, o proprietário pode atuar em outras tarefas mais rapidamente, assim, gerando mais renda e melhor qualidade de vida. Também é evidente a melhoria na armazenagem e frequência de coleta, dado em que o local irá ficar mais organizado com o menor volume ocupado pelos materiais e menor custo no transporte da carga de materiais.

Além da melhora na qualidade de vida do usuário do equipamento, por não se preocupar com os esforços na compactação dos materiais rígidos, a prática de compactação também ajuda na sustentabilidade, onde diminui o volume de materiais nos aterros sanitários e incineradores.

Conclui-se que o projeto desenvolvido é viável para Empresas e pessoas envolvidas com a área de reciclagem de materiais em termos de economia de tempo, diminuição de esforços repetitivos e riscos com materiais cortantes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. D. C.; PINA, A. C. F. **A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia**. 2010, p. 3-4. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Armando-Carlos-Pina-Filho/publication/267251565_A_Evolucao_do_CAD_e_sua_Aplicacao_em_Projetos_de_Engenharia/links/5487038c0cf289302e2eb583/A-Evolucao-do-CAD-e-sua-Aplicacao-em-Projetos-de-Engenharia.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

ASM INTERNATIONAL. **Metals Handbook**. 10 ed., v. 1, 1990, p. 11-17. Disponível em: <https://www.iranemart.com/upload/fa-article/202/1581681455-file.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

AVS MOTORES E REDUTORES. **Redutores**, 2024, [s.p.]. Disponível em: <https://www.avsredutores.com.br/3ldsvs12p-redutor-de-velocidade-nmr-v-50>. Acesso em: 12 out. 2024.

DEWOLF, JOHN T. et al. **Mecânica dos materiais**. 8th ed. Porto Alegre: AMGH, 2021, p. 58. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786558040095/>. Acesso em: 10 out. 2024.

BOTELHO, M. H. C. **Resistencia dos materiais**. 2nd ed. São Paulo: Editora Blucher, 2013, p. 24. ISBN 9788521207504. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521207504/>. Acesso em: 01 dez. 2024.

BRASIL. lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 mai. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 6: Equipamentos De Proteção Individual - EPI.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/NR06atualizada2023.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

CAULLIRAUX, H. M.; SOUZA, A. M.; IZU, M. **Implantação de Rede CAD/CAMIDNC em uma Indústria no Rio de Janeiro.** 1994, p. 144-146. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/bT7xMHrt8yQkYzKByGiPzgt/?format=pdf> Acesso em: 29 nov. 2024.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências, **Eng Sanit Ambient**, vol.20, n.4, p. 685-698, out/dez 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/jLnBfyWrW7MPPVZSz46B8JG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 mai. 2024.

FRANCO, D. G. B.; STEINER, M. T. A. Otimização do transporte de resíduos sólidos urbanos no Estado do Paraná: repensando a localização de aterros sanitários com base em modelagem matemática, **Eng Sanit Ambient**, vol.27, n.5, p. 987-993, set/out 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/h3jFdvsFLTBwffkZsPJdSMm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

FREIRE, E.; MONTEIRO, E. E. C.; CYRINO, J. C. R. **Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno com Fibra de Vidro.** 1994, p. 29. Disponível em: <https://revistapolimeros.org.br/article/588371377f8c9d0a0c8b47b4/pdf/polimeros-4-3-25.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

GENOVESE, L. G. R.; QUEIRÓS, W. P. de; GENOVESE, C. L. C. R. O ensino dos Processos e Usos do Alumínio na Perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica, **Educación Química**, Vol. 31(1), p. 62-83., 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.69234>. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v31n1/0187-893X-eg-31-01-62.pdf> . Acesso em: 24 mai. 2024.

GOMES, A. V. M.; CARMINHA, U.; MEMÓRIA, C. V. A Destinação dos Resíduos Sólidos das Empresas Inovadoras: a Lei do Bem e o seu papel na sustentabilidade ambiental e social, **Seqüência (Florianópolis)**, n. 82, p. 120-145, ago. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/seq/a/q7qC8rSxdqcVsGvPXpZxpQC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 mai. 2024.

KIM, V. J. H.; BARROS, R. T. V. Efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) dos municípios populosos mineiros, uma análise multivariada. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Belo Horizonte (MG), v. 15, e2023001, p. 01, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/9G6LS3vyh9GxD5ZTycW8HCQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

LIMA, A. NR 12: conheça a norma regulamentadora que garante a segurança de operadores de máquinas. **Intensiva Cursos**. Disponível em: https://www.intensivacursos.com.br/blog/nr-12-o-que-e-para-que-serve-objetivos-medidas-e-procedimentos/?psafe_param=1&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA0rW6BhAcEiwAQH28liz-CB8ngG6YH8H6ktJQh1rU8yUBUp_z4KwGliyIV2_Le8CCvXnJGRoC6ckQAvD_BwE. Acesso em: 2 dez. 2024.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 11th ed. Rio de Janeiro: Érica, 2019. E-book. p. 25. ISBN 9788536530420. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536530420/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

MOL, M. P. G.; QUEIROZ, J. T. M.; GOMES, J.; HELLER, L. Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. **Rev Panam Salud**; Belo Horizonte (MG), vol.44, e22, p. 01; 2020. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/2020.v44/e22/pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

NASCIMENTO, A. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D. Classificação e propriedades da Madeira de Pinus e Eucalipto, **Floresta Ambient.**, v. 08, n.1, Jan-Dec., 2001, p. 27-35. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/QKWDYPb95Z9TcWTQ5H9NwGy/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2024.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: parte II – uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões: aplicação do modelo, **Eng Sanit Ambient**, vol.23, n.3, p. 485-498, maio/jun. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/PPWwckRryGxbMLhPvtQxQDG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

RÊGO, R. C. F.; BARRETO, M. L.; KILLINGER, C. L. O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano, **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol.18(6), p.1583-1592, nov/dez 2002. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/csp/2002.v18n6/1583-1591/pt>. Acesso em: 24 mai. 2024.

RIBEIRO, L. C. de; FREITAS, L. F. S.; CARVALHO, J. T. A.; OLIVEIRA FILHO, J. D. de. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**_Belo Horizonte, vol.24, n.1, p.191-214, janeiro-abril, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/gkxxQTpNy5Mz68cXYb8Yw9p/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S. Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 14, nº 5, p. 307-312, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/pygZmYqm3yhqVTzhwXvrNb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2024.

SOUZA, A. F.; COELHO, R. T. **Tecnologia CAD/CAM - Definições e estado da arte visando auxiliar sua implantação em um ambiente fabril**. 2003, p. 02. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0504_0920.pdf. Acesso em: 29 nov. 2024.

VALADÃO, M. A. P.; SILVA, R. A. da. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Analisando os Direitos Coletivos e Difusos dos Catadores de Materiais, **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, Vol. 27, p. 01-20, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/7gSGwJXYc77J3XMxYhNQZxH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 mai. 2024.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. de V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade, **Eng Sanit Ambient**, Belo Horizonte-MG, vol.24, n.2, p. 219-228, mar/abr. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/MY53xbTzPxYhz783xdmKc8F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 mai. 2024.