

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU - FURB
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - ECV

GUSTAVO MENDES DA SILVA

**EQUIPAMENTO PARA DOSAGEM DOS AGREGADOS DE MASSAS EM
CANTEIROS DE OBRAS – DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO**

BLUMENAU / SC

2019

GUSTAVO MENDES DA SILVA

**EQUIPAMENTO PARA DOSAGEM DOS AGREGADOS DE MASSAS EM
CANTEIROS DE OBRAS – DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade Regional de Blumenau, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Geog. Paulo Barral de Hollanda Gomes Vieira, Me.

BLUMENAU / SC

2019

GUSTAVO MENDES DA SILVA

**EQUIPAMENTO PARA DOSAGEM DOS AGREGADOS DE MASSAS EM
CANTEIROS DE OBRAS – DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade Regional de Blumenau, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: __/__/____

BANCA EXAMINADORA

Paulo Barral de Hollanda Gomes Vieira, Me.
Universidade Regional de Blumenau
Orientador

José Agnaldo da Silva, Esp.
Universidade Regional de Blumenau

Carina Henkels
Universidade Regional de Blumenau

BLUMENAU / SC

2019

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus acima de tudo, pois sem ele na minha vida eu não estaria aqui para escrever este Trabalho de Conclusão de Curso e aos meus pais e irmã que são as pessoas mais importantes da minha vida, sempre me auxiliando com tudo que eu preciso para me tornar uma pessoa melhor. Em seguida, gostaria de agradecer sem sombra de dúvidas, o meu orientador Paulo Barral de Hollanda Gomes Vieira que foi para mim como um segundo pai, me auxiliou em diversas visitas, pesquisas e estudos realizados a campo, sempre muito prestativo e atencioso, me motivando a seguir em frente e nunca desistir, diferente de outros professores que encontramos ao decorrer da graduação, com certeza não poderia ter escolhido um orientador melhor para meu TCC, um verdadeiro exemplo de Professor para a instituição, que procura sair da rotina monótona de ensino, procurando trazer alternativas enriquecedoras dentro da graduação. Gostaria de agradecer também aos meus amigos Gustavo Petri e Letícia Pires que me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho e foram também criadores e membros da equipe que apresentou o novo dosador de agregados na 5ª Feira de Inovação e Empreendedorismo na FURB; ao meu amigo Victor Haag, por me ajudar e dispor do seu tempo em me ajudar a desenvolver o desenho 3D do Protótipo 02 no *Software Autodesk® Revit*, sou extremamente grato por isso; ao meu amigo Ivan Lucas de Assunção, por me auxiliar com orientações e estudos durante o andamento do meu TCC e ao aluno de Engenharia Mecânica Thiago Luebke, estagiário do Laboratório de Computação Científica – LCC/FABLAB por auxiliar na impressão em 3D do Protótipo 02. Não poderia deixar de agradecer também ao coordenador do EFEX, Luiz Alessandro Silva por disponibilizar a CNC de corte a laser para cortar chapas de fibras de eucalipto tornando possível a montagem em escala 1/3 do Protótipo 02. Agradeço também a Coordenadora do curso de Design Valéria Ilsa Rosa e ao responsável pelo almoxarifado Jeferson da Maquetaria de Design por disponibilizar alguns materiais e espaço para montagem do Protótipo. Não posso esquecer também de agradecer aos Professores Carina Henkels e José Agnaldo da Silva, ambos membros da minha banca, que sempre me ajudaram quando precisei com recomendações e esclarecimento de dúvidas recorrentes, sou extremamente grato pela ajuda que eles ofereceram a mim, transmitindo seus conhecimentos e experiências, ajudando a me tornar o profissional que almejo ser daqui para frente. De coração, meus sinceros agradecimentos a todos vocês.

RESUMO

A construção civil constantemente preza pela saúde e segurança do funcionário na realização de suas atividades. A ergonomia é a adaptação do trabalho para o ser humano. Para o trabalhador, é importante considerar a ergonomia para suas atividades, pois trabalhar em situação adequada, preserva sua saúde e evita problemas que prejudicariam sua qualidade de vida, aumentando conseqüentemente sua produtividade no trabalho. A Padiola é um recipiente retangular de dosagem de agregados muito utilizada no canteiro de obras, feita normalmente de madeira com restos de formas de concretagem. No entanto, pouco se progrediu ao longo dos anos em relação ao método de dosagem atual. As únicas melhorias encontradas na padiola convencional, foram em relação ao material de fabricação, passando a existir modelos construídos em metal, mas mantendo seu princípio de funcionamento. Desta forma, seu método construtivo atual não consegue entregar um padrão de ergonomia aceitável, como também não possui uma precisão na dosagem do traço na produção de concreto e argamassa. Desta maneira, este trabalho trará pesquisas e estudos realizados para o aperfeiçoamento do método atual de dosagem de agregados utilizado no canteiro de obras, apresentando um protótipo de um equipamento e pesquisas que buscam auxiliar na diminuição de desperdícios de agregados, aumentar a precisão na dosagem, reduzir algumas patologias encontradas nessa etapa construtiva, a retirada de um funcionário para executar a atividade e o melhoramento da postura do funcionário no momento de despejo dos agregados na betoneira, reduzindo também o esforço deste funcionário na utilização do equipamento frente a Padiola convencional. Este protótipo servirá para entender o funcionamento do sistema proposto, encontrar eventuais dificuldades no seu funcionamento, compatibilizar sua estrutura frente a uma betoneira e principalmente servir de modelo para futuros aperfeiçoamentos e amadurecimento do equipamento proposto, que buscar ser uma inovação no método de dosagem dentro do canteiro de obras. Portanto, no estudo em questão, busca-se o desenvolvimento de um produto que consiga suprir essas dificuldades, desenvolvendo um protótipo que servirá de estudo para a melhoria do método de dosagem no canteiro de obras futuramente. O protótipo desenvolvido neste trabalho foi todo concebido em madeira, prevendo a facilidade na montagem de um exemplar em tamanho real com materiais mais acessíveis caso seja realizado futuramente, tendo em vista a realização de testes práticos para sua compatibilização mais detalhada frente a uma betoneira. No entanto, no desenvolvimento deste protótipo o peso final do equipamento atingiu um valor elevado, por possuir muitas peças com seções em madeira maciça, sendo assim, recomendado para estudos e protótipos futuros a utilização de estruturas metálicas que permitem a diminuição das seções das peças.

Palavras-chave: Padiola; ergonomia; protótipo; canteiro de obras; construção civil.

ABSTRACT

Civil construction constantly values the health and safety of the employee in carrying out his activities. Ergonomics is the adaptation of work to the human being. For the worker, it is important to consider ergonomics for their activities, because working in an appropriate situation, preserving their health and avoiding problems that would impair their quality of life, consequently increasing their productivity at work. Padiola is a rectangular dosing container for aggregates that is widely used at the construction site, usually made of wood with remains of concreting forms. However, little progress has been made over the years in relation to the current dosage method. The only improvements found in the conventional Padiola, were in relation to the material of manufacture, happening to exist models constructed in metal, but maintaining its principle of operation. In this way, its current constructive method can not deliver an acceptable ergonomic standard, nor does it have an accuracy in the dosage of the trace in the production of concrete and mortar. In this way, this work will bring research and studies carried out to improve the current dosage method of aggregates used in the construction site, presenting a prototype of an equipment and researches that seek to assist in the reduction of waste of aggregates, to increase the precision in the dosage, to reduce some of the pathologies encountered at this construction stage, the removal of an employee to perform the activity and the improvement of the employee's posture when the aggregates were dumped in the concrete mixer, also reducing the employee's effort to use the equipment in comparison to conventional Padiola. This prototype will serve to understand the operation of the proposed system, to find possible difficulties in its operation, to reconcile its structure with a concrete mixer and mainly to serve as a model for future improvements and maturation of the proposed equipment, that seek to be an innovation in the dosage method within the construction site. Therefore, in the study in question, it is sought the development of a product that can overcome these difficulties, developing a prototype that will serve as a study to improve the method of dosing at the construction site in the future. The prototype developed in this work was all designed in wood, providing for the ease of assembly of a real-life specimen with more accessible materials in the future, in order to carry out practical tests for its more detailed compatibility with a concrete mixer. However, in the development of this prototype the final weight of the equipment reached a high value, because it has many pieces with sections in solid wood, being therefore recommended for studies and future prototypes the use of metallic structures that allow the sections decrease.

Keywords: Padiola; ergonomics; prototype; construction site; construction.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Fração Percentual/Participação;
”	Polegadas
>	Maior;
±	Mais ou Menos;
≥	Maior ou Igual;
®	Símbolo de marca registrada;
¼	Fração;
2D	Em duas dimensões;
3D	Em três dimensões;
45°	Ângulo de quarenta e cinco graus;
5 ^a	Indicador de Gênero Feminino;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
AGIT	Agência de Inovação Tecnológica;
CA	Concreto Armado;
CCT	Centro de Ciências Tecnológicas;
cm	Centímetros;
cm ²	Centímetro quadrado;
CNC	Controle Numérico de Computador;
ECV	Curso de Engenharia Civil;
EfeX	Espaço de Formação e Experimentação em Tecnologias para Professores
FURB	Fundação Universidade Regional de Blumenau;
Geóg	Geógrafo;
ISO	Organização Internacional de Normalização;
kg	Quilograma;
kg/m	Quilograma por metro;
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado;
L	Litros;
mat.	Matutino;
m	Metro;
m ²	Metro quadrado;
m ³	Metro cúbico;

ME	Mestre;
mm	Milímetros;
mm ²	Milímetros por metro quadrado;
Mpa	Megapascal;
NBR	Norma Brasileira;
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health;
n°	Número;
NR	Norma Regulamentadora;
Ø	Diâmetro;
p.	Página;
Prof	Professor;
R\$	Real;
SC	Santa Catarina;
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso;
USA	<i>United States of America</i> – Estados Unidos da América.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Latão de 18 Litros utilizado para dosagem	19
Figura 2 - Utilização da Pá para dosagem.....	20
Figura 3 - Equipamento para transporte de materiais na obra “Girica”	20
Figura 4 - Padiola Convencional feita em Madeira.....	21
Figura 5 - Padiola Convencional CSM® em Aço.....	22
Figura 6 – Postura incorreta no levantamento da padiola.....	23
Figura 7 – Postura correta no levantamento da padiola.....	24
Figura 8 - Preenchendo a Padiola com Agregado.....	25
Figura 9 - Empilhamento de duas Padiolas para amenizar esforço.....	26
Figura 10 - Preenchimento de cimento na Padiola Média	26
Figura 11 - Levantamento da Padiola Grande em uma altura menos desfavorável.....	27
Figura 12 - Despejamento da Padiola Grande acima da altura do ombro.....	27
Figura 13 - Levantamento da Padiola Grande posta ao chão	28
Figura 14 - Colocação de água na mistura	28
Figura 15 - Colocação de Saco de Cal hidratada na betoneira	29
Figura 16 - Levantamento e Colocação do Cimento com a Padiola Média na betoneira	29
Figura 17 – Colocação de areia com a Padiola Grande na betoneira	30
Figura 18 - Primeiros rascunhos e esboços antes do desenvolvimento do Protótipo 01	32
Figura 19 - Padiola Convencional em Aço de Tamanho Pequeno.....	34
Figura 20 - Padiola Convencional em Aço de Tamanho Médio.....	34
Figura 21 - Padiola Convencional em Aço de Tamanho Grande	35
Figura 22 – Gabarito 01 de Traço de Argamassas	36
Figura 23 - Gabarito 02 de Traço de Argamassas.....	37
Figura 24 - Gabarito de Traço de Concreto.....	38
Figura 25 - Protótipo 01 do novo equipamento de dosagem apresentado na 5ª Feira de Inovação e Empreendedorismo	40
Figura 26 - Betoneira 01 de 400 Litros.....	44
Figura 27 - Croqui de Betoneira 01 de 400 Litros	44
Figura 28 - Dimensões da Betoneira 01 de 400 Litros	45
Figura 29 - Betoneira 02 de 400 Litros.....	46
Figura 30 - Dimensões da Betoneira 02 de 400 Litros	46
Figura 31 - Angulações do tambor da Betoneira 02 de 400 Litros	47

Figura 32 - Latão para recipiente do Protótipo 02	48
Figura 33 - Protótipo 02 em 3D e sua usabilidade	50
Figura 34 - Vista Lateral do Protótipo 02 e suas Peças	51
Figura 35 - Vista Traseira Parcial do Protótipo 02 e suas Peças	52
Figura 36 - Vista Superior do Protótipo 02 e suas Peças	52
Figura 37 - Vista Lateral, Traseira e Superior do Sistema de Giração do Protótipo 02 e suas Peças.....	54
Figura 38 - Diferenciação entre as Estruturas de Sustentação e Giração do Protótipo 02.....	55
Figura 39 - Peças solicitadas na locomoção do Protótipo 02	56
Figura 40 - Vista Lateral do Protótipo 02 frente a uma Betoneira e seu princípio de funcionamento	57
Figura 41 - Fecho metálico para fixação do recipiente na Estrutura.....	58
Figura 42 - Vista Superior do Protótipo 02 demonstrando as peças em torno do Eixo de Giração	60
Figura 43 - Vista Superior do Protótipo 02 demonstrando a disposição frente a Betoneira e seu limite.....	61
Figura 44 - Amostra da Madeira Guariúba	64
Figura 45 - Vista Traseira da alça inferior do Recipiente do Protótipo 01	66
Figura 46 - Protótipo 01 feito na Impressora 3D - Sem Escala	67
Figura 47 - Protótipo 02 feito na Impressora 3D - Escala 1/10	68
Figura 48 - Protótipo 02 feito de chapas de fibras de eucalipto - Escala 1/3	68
Figura 49 - Colocação de agregado na Padiola no canteiro de obras.....	71
Figura 50 - Variante do Protótipo 02 com Roda de 30cm de diâmetro	72
Figura 51 - Estrutura de Giração e Fixação do Recipiente de dosagem.....	73

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 - Cálculo do volume das Padiolas de Aço	38
Tabela 1 - Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.....	59
Tabela 2 - Peso e Volume das Peças do Protótipo 02	62
Tabela 3 - Características das Barras	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVO GERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3. PROBLEMÁTICA	16
1.4. JUSTIFICATIVA	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1. MÉTODO DE DOSAGEM ATUAL.....	18
2.2. DIFICULDADES ERGONÔMICAS DO MÉTODO ATUAL.....	23
2.3. FUNCIONAMENTO NO CANTEIRO DE OBRAS DA PADIOLA CONVENCIONAL	25
2.4. A IMPORTÂNCIA DE PROTÓTIPOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3.1 PADIOLA CONVENCIONAL E TRAÇOS UTILIZADOS	33
3.2. PROPOSTA INICIAL DO NOVO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO – PROTÓTIPO 01	39
3.3. BETONEIRAS CONSIDERADAS NO ESTUDO.....	42
3.4. RECIPIENTE DE DOSAGEM CONSIDERADO PARA PROTÓTIPO 02	48
4. RESULTADOS E ANÁLISES	50
4.1. PEÇAS DA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO DO PROTÓTIPO 02	53
4.2. PEÇAS DA ESTRUTURA DE GIRAÇÃO DO PROTÓTIPO 02	54
4.3. CONSIDERAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO 02	55
4.4. PESO DA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO E DE GIRAÇÃO	61
4.5. PREÇO ESTIMADO PARA MONTAGEM DO PROTÓTIPO 02.....	64
4.6. ERGONOMIA DO PROTÓTIPO 02 FRENTE AO MÉTODO CONVENCIONAL	65
4.7. MONTAGEM DOS PROTÓTIPOS EM ESCALA REDUZIDA	67
5. CONCLUSÃO	69

REFERÊNCIAS	75
APÊNDICES	78
APÊNDICE 01: Detalhamento Das Peças Do Protótipo 02.....	79
APÊNDICE 02: Detalhamento Do Sistema De Giração Do Protótipo 02.....	80
APÊNDICE 03: Peças Da Estrutura De Sustentação Do Protótipo 02.....	81
APÊNDICE 04: Peças Da Estrutura De Giração Do Protótipo 02.....	82
APÊNDICE 05: Renderizações em 3D do Protótipo 02.....	83
ANEXOS	84

1. INTRODUÇÃO

O concreto e a argamassa são materiais imprescindíveis na construção civil no método convencional. Constituídos basicamente de brita, areia, cimento, cal e água. Possuem como diferença no preparo dessas misturas os agregados graúdos, no concreto, e o cal na argamassa.

Para as diferentes aplicações e finalidades destes dois materiais, é importante controlar a dosagem dos agregados para manter o padrão de resistência e qualidade desejada, em todas as betonadas feitas na obra.

O traço desejado é definido com base na resistência calculada pelo projetista, este define a proporção de agregados em relação ao cimento e para isso, deve ser realizada o processo de dosagem.

A padiola é um equipamento feito em campo muito útil, por determinar as medidas sempre com as mesmas proporções, evitando assim a diferença de resistência e densidade na produção do concreto e da argamassa.

No entanto, a padiola convencional feita de madeira ou aço, necessita de 2 (dois) operários para despejar o conteúdo na betoneira, não sendo muito prática e ergonomicamente incorreta de ser manuseada.

Possuindo apenas um tipo de controle de dosagem, que é sua capacidade total, o medidor de agrados comum é construído de acordo com o traço pré-definido. Normalmente com base em um saco de cimento, o que acaba limitando o trabalho nos momentos em que se precisa fazer uma quantidade menor de concreto ou argamassa.

Pode-se citar também o uso de latas de tintas vazias de 18 Litros ou baldes para fazer a dosagem dos materiais, e mesmo não necessitando de um segundo funcionário para despejar os agregados na betoneira, acaba do mesmo modo que a padiola convencional, não sendo conveniente, tanto na sua utilização, por exigir grande esforço em levantar a lata/balde do chão, quanto no momento de despejo dos agregados, ignorando o fator ergonômico na realização da atividade, sem muita comodidade.

O protótipo do equipamento em estudo, o qual é uma melhoria do recipiente de medição (padiola) convencional, busca examinar estas dificuldades, prevendo a melhoria na qualidade de vida e de trabalho do funcionário, a possibilidade de reduzir um funcionário para executar essa atividade, como também um controle de dosagem mais apurado e detalhado dentro do recipiente da padiola, proporcionando maior precisão e qualidade.

A ergonomia no momento de despejar o agregado na betoneira e a existência de um bico despejador evitando maiores desperdícios, também são o diferencial deste produto.

Com o desenho do protótipo, poderá realizar estimativas de como seria seus benefícios frente ao uso da Padiola comum, sua aplicabilidade no canteiro de obras, o quão prático e funcional ele poderá ser, a preservação da saúde do utilizador e se conseguirá oferecer um ganho na produtividade da construção.

Neste trabalho será apresentado 2 (dois) protótipos para a nova maneira proposta de dosagem de materiais no canteiro de obras, os protótipos serão denominados de Protótipo 01 e Protótipo 02 para facilitar o entendimento.

O Protótipo 01 foi desenvolvido durante a participação na 5ª Feira de Inovação e Empreendedorismo, proporcionado pelo CCT da FURB, a partir daí buscou-se novas pesquisas para desenvolver um segundo protótipo que pudesse dar continuidade aos estudos, aprimorando o método de dosagem no canteiro de obras.

Desta forma, os estudos realizados neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) irá concentrar-se no desenvolvimento do Protótipo 02, com o intuito de apresentar um estudo prévio para futuras pesquisas a respeito do melhoramento do método convencional de dosagem no canteiro de obras, para posteriormente ser capaz de oferecer um equipamento apto a ser utilizado em obra, podendo substituir a maneira convencional de dosagem de agregados na produção do concreto e da argamassa com a padiola convencional, a lata de tinta ou o balde, mantendo assim o mesmo padrão de resistência e qualidade.

Portanto, torna-se importante o estudo e desenvolvimento de um protótipo para futuramente desenvolver um produto em sua versão final, que solucione os problemas de utilização atuais e traga uma inovação na maneira de padronizar a dosagem de agregados no canteiro de obras, com a redução de desperdícios, maior precisão na dosagem e no aumento da qualidade de vida do funcionário, prevendo o aumento da produtividade e a diminuição as despesas.

1.1. OBJETIVO GERAL

Propor um equipamento de dosagem para o canteiro de obras prevendo a melhoria do método convencional, apontando vantagens e desvantagens frente a padiola comum e os outros métodos encontrados no canteiro de obras.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Apresentar um protótipo para a melhoria do método convencional de dosagem e seu funcionamento;
- b) Determinar a capacidade, eficiência e possíveis desvantagens do novo equipamento na resolução dos problemas encontrados pelos métodos convencionais de dosagem;
- c) Desenvolver um equipamento que padronize o processo de dosagem visando a melhoria da ergonomia frente ao método convencional.

1.3. PROBLEMÁTICA

O método atual de dosagem no canteiro de obras ainda é muito antiquado, ignorando a crescente evolução presente nos tempos atuais sobre o cuidado com a saúde e bem-estar do trabalhador, desta maneira, é necessária a pesquisa sobre a inovação nesta etapa construtiva que parece ter sido esquecida no passado e não tido a devida atenção.

Portanto, para o protótipo em estudo, as problemáticas a serem analisadas serão: Qual a real eficiência e viabilidade de mudar o método atual de dosagem no canteiro de obras? Será capaz de ser prático e funcional? Conseguirá oferecer uma melhora na precisão de dosagem?

1.4. JUSTIFICATIVA

O aumento no cuidado relacionado à segurança no trabalho perante os diversos métodos construtivos realizados na construção civil é algo cada vez mais presente no dia a dia de uma obra. Conforme Dul e Weerdmeester (2004, p. V) Cada vez mais, os cidadãos estão reclamando por melhores condições de trabalho e de vida.

Neste contexto, a ergonomia é indispensável para a garantia na qualidade do serviço, a produtividade e o bem-estar dos trabalhadores. Por este motivo, surgiu o interesse na pesquisa

por melhorias no método de dosagem de agregados atual, em razão de ser algo defasado para a realidade de hoje.

Deste modo, havendo conhecimento da necessidade de melhorias nesta etapa construtiva, percebeu-se a oportunidade de inovação no setor, sendo assim, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), dará início aos estudos e análises para um futuro equipamento que pretende mudar as condições de trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será apresentado os métodos convencionais de dosagem de agregados e suas maneiras de utilização, a importância de protótipos na construção civil para a melhoria do mesmo, as pesquisas e visitas realizadas na fase de estudos em busca de uma solução para as necessidades vistas, o uso e as dificuldades encontradas, como também, proposto uma nova maneira de padronização do processo de dosagem adaptando os traços existentes para esse novo formato.

2.1. MÉTODO DE DOSAGEM ATUAL

A preocupação com a qualidade e resistência do concreto é muito importante para obter um resultado positivo nos bens materiais da construção civil, visto que, a todo o momento busca viabilizar e satisfazer as necessidades e desejos dos futuros compradores cada vez mais exigentes. Desta forma, o concreto torna-se um material de grandes possibilidades oferecendo alta resistência a compressão, fácil trabalhabilidade e flexibilidade, capaz de se adequar a diferentes formas e geometrias.

O concreto é obtido através da mistura adequada de cimento, agregado fino, agregado graúdo e água, e a correta dosagem destes materiais é de extrema importância para atingir a devida resistência (CARVALHO, 2001, p. 25).

“As diversas características que o concreto endurecido deve apresentar para que possa ser utilizado dependem fundamentalmente do planejamento e dos cuidados na sua execução. O planejamento consiste em definir as propriedades desejadas do concreto, analisar e escolher os materiais existentes ou disponíveis, estabelecer uma metodologia para definir o traço (proporção entre os componentes), os equipamentos para a mistura, o transporte, o adensamento e a cura” (CARVALHO, 2001, p. 25).

Da mesma forma que o concreto, a argamassa também é um material muito utilizado em obra, composta de cimento, areia, cal e água, sua principal função é de unir os materiais da construção, deste modo, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) cita na Norma Brasileira (NBR) 13.529 (ABNT, 2013, p. 6), a argamassa é “uma mistura homogênea de agregado(s) miúdos, aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. Portanto, a argamassa se diferencia do concreto pelos seus constituintes e suas aplicações.

Dentro do canteiro de obras, a fabricação *in loco* do concreto e argamassa, é necessário o controle da dosagem e manuseio dos agregados para que eles atinjam sempre as características e resistências desejadas. Conforme descrito na NBR 7212 (ABNT, 2012, p. 3), dosagem é o “proporcionamento em massa ou em volume dos materiais para obtenção do concreto”. Assim, a dosagem pode ser realizada nas grandezas de massa ou volume de acordo com um traço determinado com o intuito de quantificar os agregados para sua mistura.

Para a determinação do traço a ser utilizado no canteiro de obras, é necessário estabelecer uma relação entre os agregados e a quantidade de cimento. Desta maneira, o indicado seria a utilização de uma balança para a medição dos materiais e obtenção do traço, no entanto, é mais comum/habitual medir em volume fazendo um comparativo com um saco de cimento de 50kg.

Deste modo, em prol de um melhor controle na dosagem dos agregados e desempenho prático, são utilizadas caixas de medição chamadas popularmente de padiola, feitas normalmente de restos de madeiras encontradas na obra e construída para ser manuseada por dois trabalhadores.

No entanto, existe outras maneiras habitualmente utilizadas no canteiro de obras para dosar o agregado que será utilizado na betoneira, o indicado é a própria utilização da padiola, mas pode ser encontrado outras maneiras, tendo como exemplo o uso de latões de tintas vazios de 18 Litros. A Figura a seguir demonstra um exemplo de latão de tinta utilizado.

Figura 1 - Latão de 18 Litros utilizado para dosagem



Fonte: DIVERSA (2019).

Outra maneira utilizada no canteiro é a própria pá utilizada para recolher os agregados. No entanto, essa é a maneira mais inadequada para essa ação, não havendo nenhuma precisão na dosagem. A figura a seguir representa a situação mencionada.

Figura 2 - Utilização da Pá para dosagem



Fonte: NOBRETEC (2019).

Existe também uma espécie de carrinho de mão com um fundo maior e curvo chamado popularmente de “Girica”, que serve para o transporte de argamassas e outros materiais na obra, no entanto é apenas para o transporte horizontal de um ponto ao outro, portanto, sua função não deve ser confundida com um dosador. A figura a seguir demonstra esse equipamento.

Figura 3 - Equipamento para transporte de materiais na obra “Girica”



Fonte: REALFORT, (2019)

A utilização deste equipamento é apenas para o transporte de materiais e massas dentro da obra, não sendo possível ter o controle da dosagem em seu recipiente.

Desta forma, tendo verificado as alternativas mais utilizadas no canteiro de obras para a dosagem e transporte de agregados, a figura a seguir demonstrará a padiola usual feita em madeira, onde é feita a dosagem dos agregados em volume unitário.

Figura 4 - Padiola Convencional feita em Madeira



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme sugerido na NBR 9639 (ABNT, 1991, p.5), “a base da padiola convencional deverá possuir 45x35cm, com altura variável conforme traço desejado”. Para um traço tomando como referência um saco de cimento de 50kg, a profundidade da padiola deverá ser de aproximadamente 28cm.

No entanto, a utilização desta padiola é algo que, para os padrões atuais está ultrapassado, não existindo alternativas eficientes e baratas para este equipamento, que ainda necessita de dois operários para sua utilização e possui traço único definido na sua construção, dificultando a utilização para quantidades menores de concreto utilizando um saco de cimento de 25kg por exemplo.

Por conta disto, busca-se a elaboração de um equipamento que sirva como evolução natural da padiola comum, com as devidas melhorias e solução destas questões encontradas na padiola atual, tornando sua utilização mais cômoda e conveniente.

Pode-se citar também a existência das padiolas feita em aço, esse tipo de equipamento possui o mesmo princípio de uso da padiola convencional feita em madeira, no entanto, é mais difícil de se encontrar disponível para compra no comércio. A Figura a seguir é de um exemplar feito em aço com capacidade de volume de 36 Litros, este modelo é disponibilizado no mercado pela empresa CSM®.

Figura 5 - Padiola Convencional CSM® em Aço



Fonte: LEROY MERLIN, (2019).

2.2. DIFICULDADES ERGONÔMICAS DO MÉTODO ATUAL

O termo ergonomia relaciona-se a maneira em que uma pessoa interage com instrumentos de trabalho ou um maquinário. Pensar em ergonomia é preservar a qualidade de vida, dentro e fora do expediente.

Apesar disso, o setor da construção civil dispõe de diferentes atividades para a execução das obras que podem contribuir para a diminuição da segurança e saúde, entre elas o levantamento e transporte manual de carga, atividades que se executadas de maneira incorreta e sem treinamento e devido controle, podem contribuir para o desgaste dos discos vertebrais, entre outros problemas de saúde por conta da falta de ergonomia nas atividades realizadas.

Conforme Dutra (2017), “O setor da construção civil é conhecido por frequentemente apresentar condições de segurança e saúde precárias no canteiro de obras. Trata-se de um dos segmentos da economia mais autuados por fiscalizações do Ministério do Trabalho e Emprego”. Como exemplo, as figuras abaixo demonstram as posturas exercidas na utilização da padiola comum.

Figura 6 – Postura incorreta no levantamento da padiola



Fonte: NARESI, 2012.

A figura acima, apresenta padrões antropométricos não aconselháveis para realizar essa função e é frequentemente exercida no canteiro de obras pelos funcionários, embora possa ser evitada, dificilmente é praticada.

De acordo com o item 17.2.2 da Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho (NR) 17, o trabalhador não deverá exercer o levantamento, transporte e descarga de materiais cujo peso possa comprometer sua saúde ou sua segurança, por esse motivo buscasse a melhoria

nessa etapa no método construtivo. A figura a seguir demonstra a maneira correta e aconselhável para realizar o levantamento da padiola disposta ao chão.

Figura 7 – Postura correta no levantamento da padiola



Fonte: NARESI, 2012.

Esta seria a postura ideal para realizar o levantamento da padiola convencional diretamente disposta ao chão, algo bem distante da realidade e dificilmente praticada pelos trabalhadores.

A boa postura e a ergonomia, como também a organização do canteiro de obras são muito importantes no dia a dia do ambiente de trabalho, e não devem ser ignoradas. Conforme o item 17.1.1 da NR 17, “As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho”.

Atualmente, o peso máximo sugerido para levantamento de cargas está limitado a 51 libras¹ ou 23,13kg, levando em consideração o uso das boas práticas de postura. Esse valor foi definido pela Equação de levantamento de peso do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) – *United States of America* (USA), e representa o peso máximo recomendado.

O cuidado com a ergonomia no trabalho traz benefícios não só para o operário, mas também para a construtora pois diminui as chances de erros, reduz os custos com tratamento de doenças, como também previne problemas futuros de saúde do funcionário, aumenta a produtividade, entre outros benefícios.

¹ 1 (uma) Libra (lb) equivale a 0,453592kg.

Desta maneira, muitas construtoras se preocupam com a saúde de seus funcionários e buscam cada vez mais aperfeiçoar a segurança e bem estar dos operários, logo, torna-se válido a inclusão do equipamento em estudo no mercado atual, visto que a padiola comum ainda não teve uma evolução e melhoria em relação a outros equipamentos e ferramentas utilizados na construção civil.

Portanto, para a construção do futuro equipamento de dosagem e o desenvolvimento do protótipo em questão, uma das melhorias propostas é a sua evidente evolução na utilização do equipamento com foco na ergonomia e utilização.

2.3. FUNCIONAMENTO NO CANTEIRO DE OBRAS DA PADIOLA CONVENCIONAL

Em visita a uma obra localizada no Bairro Centro de Blumenau, foi possível acompanhar o processo de utilização de uma Padiola convencional. No local, era utilizada a Padiola em aço com três tamanhos variados para diferentes traços e serviços. A imagem a seguir demonstra o funcionário preenchendo a Padiola de tamanho Grande com Areia fina.

Figura 8 - Preenchendo a Padiola com Agregado



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Nesta etapa, analisou-se que após o preenchimento do recipiente, o funcionário colocou uma segunda Padiola sobre a primeira, conforme figura a seguir, a fim de amenizar os esforços para levantar o recipiente do chão com a ajuda de outro funcionário.

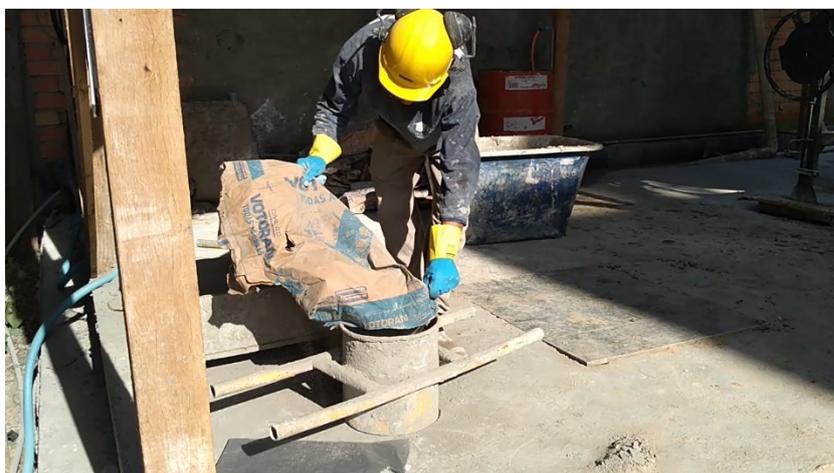
Figura 9 - Empilhamento de duas Padiolas para amenizar esforço



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Enquanto esse primeiro funcionário está preenchendo as padiolas grandes com o agregado fino, o segundo funcionário está completando a quantidade de cimento na Padiola de tamanho médio (Figura 10), conforme especifica o traço arbitrado pela construtora utilizado na obra.

Figura 10 - Preenchimento de cimento na Padiola Média



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Logo em seguida, após o preenchimento das Padiolas com os agregados, os dois funcionários se preparam para levantar as Padiolas (Figura 11), começando com a mais conveniente, por estar em uma altura mais adequada.

Figura 11 - Levantamento da Padiola Grande em uma altura menos desfavorável



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Mesmo mantendo a Padiola em uma altura mais favorável, ainda assim o funcionário acaba curvando-se para frente, posição que deve ser evitada sempre que possível. Em seguida, os funcionários se direcionam até a betoneira para então despejar o agregado (Figura 12), observa-se também a posição inadequada das mãos e cotovelos que estão acima do nível dos ombros, situação não aconselhada conforme disposto na literatura de DUL & WEERDMEESTER, p.26, 2004.

Figura 12 - Despejamento da Padiola Grande acima da altura do ombro



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Esse mesmo processo é feito com a segunda Padiola grande (Figura 13), dessa vez posta diretamente no chão, aumentando ainda mais a tensão na parte superior do corpo.

Figura 13 - Levantamento da Padiola Grande posta ao chão



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Após despejar a areia na betoneira, é posto água na mistura. O recipiente utilizado para a dosagem de água no traço foi um balde de aproximadamente 15L, sua capacidade foi medida com o cálculo de volume, com as medidas de 28cm de diâmetro e 24,5cm de altura. No entanto, para a confecção de argamassas nesta obra, era considerado a umidade do agregado no dia e a consistência da mistura, sem ter um valor fixo na quantidade de água a ser utilizada.

Figura 14 - Colocação de água na mistura



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Posteriormente, com a rotação do tambor desligada, é posto um saco de Cal hidratada (Figura 15) dentro da betoneira, então, liga-se a betoneira novamente e adiciona mais algumas medidas de água.

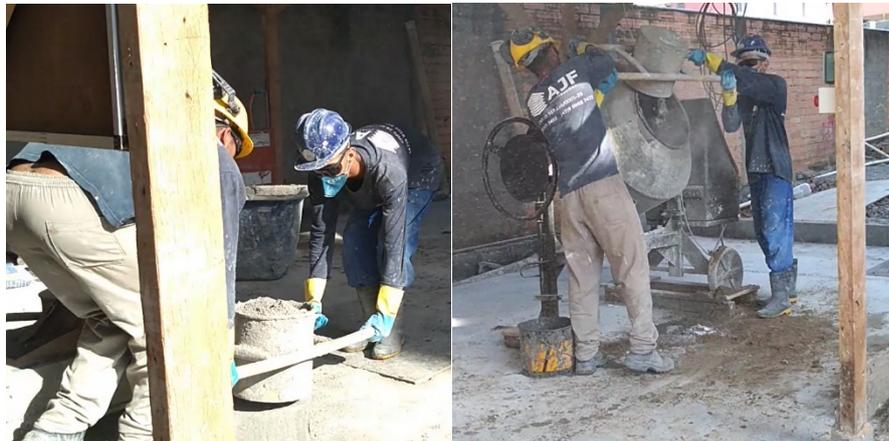
Figura 15 - Colocação de Saco de Cal hidratada na betoneira



Fonte: Elaborado pelo autor, (2019).

Logo em seguida, adiciona-se na betoneira a medida de uma Padiola Média, preenchida anteriormente com cimento (Figura 16). Novamente pode-se observar a dificuldade em erguer do chão o equipamento e a carência da ergonomia nas atividades exercidas, mesmo sendo uma padiola de tamanho reduzido.

Figura 16 - Levantamento e Colocação do Cimento com a Padiola Média na betoneira



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Posteriormente, adiciona-se na mistura, mais uma quantidade de água e mais um saco de Cal hidratada. Para a colocação da Cal, o tambor da betoneira precisou ser novamente desligado, evitando a dispersão da poeira. Com isso, liga-se novamente a betoneira e adiciona-se mais umas doses de água.

Por fim, adicionou-se mais duas Padiolas Grandes com areia fina e uma com areia média dentro da Betoneira (Figura 17), finalizando a preparação do traço para Reboco Interno.

Figura 17 – Colocação de areia com a Padiola Grande na betoneira



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Observa-se que ao final de todo o processo, uma quantidade dos agregados utilizados no preparo da argamassa caiu no contrapiso e ficou de fora da betoneira. Esse material normalmente é recolhido e lançado junto à mistura. No entanto, essa ação pode causar futuras patologias na argamassa.

Pode-se citar como por exemplo o aparecimento de descolamentos pontuais no revestimento chamados de vesículas, que ocorrem devido a existência de impurezas nos agregados que poderiam estar no chão como torrões de argila, matérias orgânicas, entre outras.

Por essa razão, o novo equipamento de dosagem também irá auxiliar na diminuição de impurezas nos agregados, em virtude do bico despejador fixado em seu recipiente.

2.4. A IMPORTÂNCIA DE PROTÓTIPOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Primeiramente é importante entender o significado da palavra protótipo, conforme descrito no Dicionário *Online* de Português.

“Aquilo que se faz pela primeira vez e, normalmente, é usado como padrão, sendo copiado ou imitado; O que foi criado primeiro; o primeiro de; Produto unitário usado para testes feitos antes da fabricação em grande escala. Versão de um sistema que antecede à principal, normalmente reduzida, para ser aperfeiçoada” (DICIO, 2019).

Tendo em mente essa definição, considera-se muito importante trazer o cenário da inovação na construção civil, a elaboração de protótipos e produtos que possam acrescentar na produtividade e facilidade no canteiro de obras como também no trabalho como um todo.

Observando que a construção civil é uma profissão que historicamente tem dificuldades para se modernizar e com mercados cada vez mais competitivos, nota-se a importância do incentivo a iniciativas que iniciam desde a formação acadêmica dentro da universidade.

Por essa razão, a universidade como também o nosso governo, precisam investir na ciência e pesquisa, promovendo feiras no meio acadêmico, congressos, palestras, investimentos em equipamentos e materiais, como também no próprio mercado em si.

E para que esse desejo de melhoria no cenário atual aconteça, é necessário partir com iniciativas como essa abordada neste TCC, a elaboração de um protótipo de um equipamento que tem como finalidade ser uma inovação no método atual de dosar os materiais no canteiro de obras.

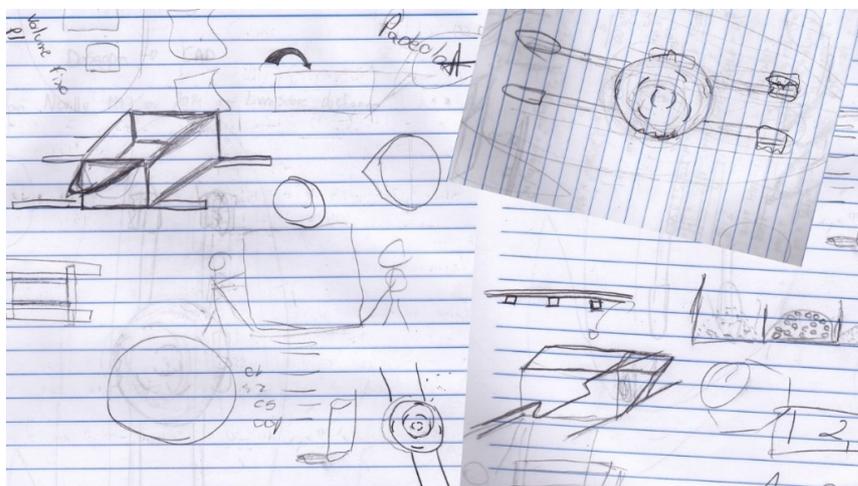
3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento de um produto, é necessário antes a criação de protótipos e pesquisas a respeito de sua funcionalidade e aplicabilidade, tanto na fase da elaboração do desenho, com suas medidas, angulações, capacidades e funcionalidades, como também na prática, no caso da confecção de um exemplar em tamanho real, realizando testes de resistência e eficiência.

Logo, os estudos em torno de um protótipo elaborado, servirá para ver aonde precisa ser melhorado nas pesquisas futuras e alcançar o objetivo final de desenvolver um produto apto a ser comercializado para a substituição do método convencional.

A título de curiosidade, antes de chegar na ideia e solução final encontrada para o Protótipo 01, foi feito diversos rascunhos e esboços a fim de encontrar uma solução que auxiliasse na diminuição de desperdícios de agregados e que pudesse contribuir para a melhoria da ergonomia do funcionário. A figura a seguir é um compilado de alguns rascunhos encontrados da época de sua concepção.

Figura 18 - Primeiros rascunhos e esboços antes do desenvolvimento do Protótipo 01



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Como pode ser visto na figura acima, inicialmente considerou-se apenas a colocação de um bico despejador no método convencional que auxiliaria na diminuição do desperdício de agregados, no entanto, conforme a ideia foi amadurecendo, procurou-se reduzir um funcionário da função como também reduzir o esforço deste funcionário ao levantar o recipiente posto

diretamente ao chão, a solução encontrada para isso foi a construção de uma estrutura de sustentação disposta em frente da betoneira para apoiar o recipiente de dosagem.

Com essa premissa, este TCC estudará as questões em torno do segundo protótipo desenvolvido a partir do primeiro e as sugestões de melhorias para pesquisas futuras, os resultados obtidos serão de extrema importância para o projeto, que servirá para a correção de eventuais dificuldades encontradas, garantindo assim a qualidade e utilidade do produto em sua versão final, apta a aplicação e comercialização para o cliente final.

3.1 PADIOLA CONVENCIONAL E TRAÇOS UTILIZADOS

No desenvolvimento deste TCC, foi visitado uma obra que utilizava a padiola convencional feita de aço, quando perguntando para o mestre de obras sobre sua origem, ele informou que a construtora solicitou a confecção destas padiolas para uma metalúrgica.

Esta construtora, que terá seu nome diretamente preservado neste TCC, trabalha com três padiolas com tamanhos distintos, uma para cada fim e traço necessário. As próximas imagens são fotos tiradas no local destas padiolas utilizadas por esta construtora.

Na obra desta construtora em questão, a padiola de tamanho menor, é utilizada na dosagem do cimento apenas para a determinação de traço no assentamento de tijolos e o Encunhamento, seu tamanho é relativamente pequeno como pode ser visto na figura a seguir.

Figura 19 - Padiola Convencional em Aço de Tamanho Pequeno



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Na Figura 20, pode-se ver a Padiola de tamanho médio que é empregada na obra apenas para a dosagem do cimento na execução do reboco interno.

Figura 20 - Padiola Convencional em Aço de Tamanho Médio



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A Padiola Grande, que pode ser vista na Figura 21, é a mais utilizada por eles na obra, principalmente para dosar areia fina e média, pó de pedra, areia reciclada e brita nº 1. Sua utilização é indispensável para determinar o traço do reboco interno e externo, diferentes tipos de chapisco, assentamento de tijolos, contra piso, massa forte, encunhamento, verga e contra verga e o concreto magro para viga baldrame ou base de bloco/sapata.

Figura 21 - Padiola Convencional em Aço de Tamanho Grande



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No canteiro de obras dessa construtora, é disponibilizado para os funcionários um gabarito bem visual e de fácil compreensão com os traços propostos para os diferentes tipos de aplicações do concreto e argamassa, como também, qual das três padiolas utilizar considerando uma betoneira de 400L, as figuras a seguir são fotos desses gabaritos tiradas do local.

Figura 22 – Gabarito 01 de Traço de Argamassas

TRAÇO DE ARGAMASSAS PARA BETONEIRA DE 400L				Revisão: 01 Data: 04/03/2015 Pág.: 1 de 2
REBOCO INTERNO			1 1 - AREIA FINA	2 2 - AREIA MEDIA
REBOCO EXTERNO			1 1 - AREIA FINA	2 2 - AREIA MEDIA
CHAPISCO				2 2 - AREIA MEDIA
CHAPISCO COM PÓ DE PEDRA			4 4 - PÓ DE PEDRA	2 2 - AREIA MEDIA
ASSENTAMENTO TUILOS				2 2 - AREIA MEDIA
ASSENTAMENTO TUILOS AREIA RECICLADA			5 5 - AREIA RECICLADA	2 2 - AREIA MEDIA

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Como pode ser visto neste primeiro gabarito de traços de argamassas, a primeira coluna especifica o tipo de serviço a ser realizado, a segunda coluna é sobre a quantidade de cimento necessário ou qual padiola utilizar para dosar o cimento, a terceira coluna diz respeito a quantidade de sacos de cal hidratada, a quarta e quinta coluna refere-se a quantidade de agregados miúdos ou grãos necessários junto da quantidade de padiolas de tamanho grande fundamentais para o traço.

A Figura 23 é a continuação desse gabarito de traços para a confecção das argamassas. A quantidade de água necessária em cada serviço varia dependendo da umidade da areia e da trabalhabilidade necessária do concreto.

Figura 23 - Gabarito 02 de Traço de Argamassas

TRAÇO DE ARGAMASSAS PARA BETONEIRA DE 400L				Revisão: 01 Data: 04/03/2015 Pág.: 2 de 2
<p>CONTRA PISO</p> 			 <p>2 2 - AREIA MEDIA</p>	
<p>MASSA FORTE - Chumbar caixa 2x4' elétrica e tubulação de gás</p> 		 <p>1 1 - AREIA FINA</p>		
<p>ENCUNHAMENTO</p> 			 <p>2 2 - AREIA MEDIA</p>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para a determinação do traço do concreto, também lhe foi feito um gabarito, como pode ser visto na Figura 24, onde neste, está especificado a quantidade de água necessária para não exceder ou faltar, prejudicando assim a resistência do concreto ou falhas na concretagem por ter água de menos.

Nos dois casos de concreto realizados nesta obra é indicado a utilização de 18 Litros para um traço de concreto com destino a verga, contra verga, bloco de sapata e viga baldrame.

Figura 24 - Gabarito de Traço de Concreto



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Quanto à capacidade das Padiolas, no local não possuía alguém que pudesse informar detalhes técnicos e parâmetros utilizados, para a ordem de confecção e construção das três Padiolas disponíveis na obra produzidas pela metalúrgica, portanto, foi obtido no local as medidas internas de cada Padiola a fim de determinar sua capacidade/volume em Litros conforme pode ser visto no quadro a seguir.

Quadro 1 - Cálculo do volume das Padiolas de Aço

Dimensões	Padiola Pequena	Padiola Média	Padiola Grande
d (cm)	20	27,5	39,5
r (cm)	10	13,75	19,75
h (cm)	23	28,5	32,5
V (Litros)	7,23	16,93	39,83

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Utilizando a fórmula de volume para um recipiente cilíndrico, e considerando as dimensões internas dos recipientes, foi obtido tais valores após realizada a visita na obra.

Considerando que para a confecção de uma padiola é utilizado a proporção a partir de um saco de cimento de 36L, obteve as seguintes observações.

Para a Padiola Grande encontrada nessa obra, entende-se que os quase 4L a mais (considerando que a padiola metálica encontrada no comércio possui 36L), são em decorrência de uma margem considerada para o recipiente nunca ser enchido até seu limite, no entanto, a utilização desta Padiola no canteiro de obras era feita até a borda.

Para a Padiola Média, o valor de quase 17L se aproxima aos 18L, valor considerando a utilização de meio saco de cimento.

Enquanto a Padiola Pequena, possuía menos de 8L, presumindo-se que seria para a utilização de um pouco menos de $\frac{1}{4}$ de um saco de cimento, que no caso seria de 9L.

3.2. PROPOSTA INICIAL DO NOVO EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO – PROTÓTIPO 01

Como descrito na introdução deste TCC, o Protótipo 01 foi desenvolvido durante a participação na 5ª Feira de Inovação e Empreendedorismo, proporcionado pelo CCT da FURB, a partir daí buscou-se novas pesquisas para desenvolver o segundo protótipo que pudesse dar continuidade aos estudos, aprimorando o método de dosagem no canteiro de obras.

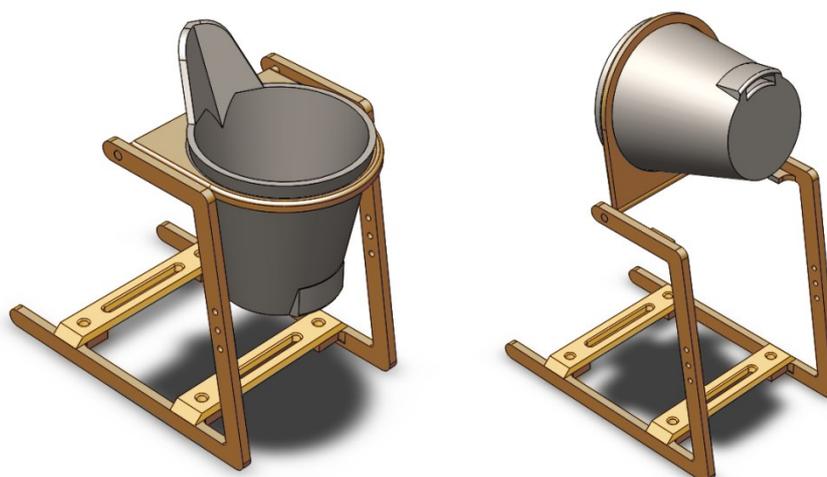
Para solucionar os problemas encontrados atualmente com a utilização da padiola comum, tornou-se necessário o desenvolvimento e criação de algo novo que possa suprir as necessidades encontradas na hora de dosar e despejar os agregados na betoneira para a fabricação de concreto e argamassa.

Por conta disto, para a concepção do Protótipo 01, foi proposta melhorias da caixa de medição (padiola) convencional, buscando solucionar as dificuldades em seu manuseio, aumentando a qualidade de vida do funcionário como também o avanço na produtividade do trabalho.

Idealiza-se no desenvolvimento do novo equipamento, a diminuição de um funcionário para executar essa atividade, como também um controle de dosagem mais apurado e detalhado dentro do recipiente da padiola que traz uma maior precisão e variedade na dosagem do traço.

A ergonomia no momento de despejar o agregado na betoneira e a existência de um bico despejador evitando eventuais desperdícios também são o diferencial deste produto. A figura a seguir demonstra a concepção e a materialização da ideia para o primeiro protótipo desenvolvido, como também seu princípio de funcionamento.

Figura 25 - Protótipo 01 do novo equipamento de dosagem apresentado na 5ª Feira de Inovação e Empreendedorismo



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Como visualizado na figura anterior, a solução encontrada para a redução de um funcionário na obra e preservação da ergonomia, foi a elaboração de uma estrutura que será disposta em frente a betoneira e suportará o recipiente de dosagem de agregados, a fim de evitar o agachamento incorreto dos funcionários para erguer a padiola.

Com a 4ª (quarta) colocação do Protótipo 01 na 5ª (quinta) Feira de Inovação e Empreendedorismo realizada na oitava fase da grade curricular de 2008 (mat.) pela universidade, semestralmente com iniciativa oriunda da disciplina de Sustentabilidade na Construção Civil de eixo integrador do CCT na área de Inovação, se obteve a oportunidade de obter o patenteamento do produto por meio da Agência de Inovação Tecnológica (AGIT) da FURB.

Após conversas, foi fechado contrato com a universidade que passou a ter a titularidade da patente integralmente, fazendo com que os donos da ideia passassem a ser caracterizados como inventores/criadores.

Para a construção de toda a estrutura da padiola, será necessária mais de um tipo de material, entre eles a madeira para fazer a base de sustentação do recipiente. Conforme Pfeil (2003, p. 2),

“A madeira comparada a outros materiais de construção convencionais utilizados atualmente, apresenta uma excelente relação resistência/peso [...] a madeira possui ainda outras características favoráveis ao uso em construção, tais como facilidade de fabricação de diversos produtos industrializados e bom isolamento térmico”.

Para a concepção do protótipo, a madeira foi escolhida por ser relativamente mais barata que uma barra de aço e acessível na condição de posteriormente for considerada a construção de um exemplar em tamanho real, e ter uma trabalhabilidade mais acessível, bem como apresenta ser um material resistente ao peso que será solicitado.

Considerando que esse é um estudo em torno de um protótipo para um equipamento que futuramente virá a ser um substituto do método de dosagem atual, a estimativa é da futura utilização de perfis de aço na fabricação da estrutura do equipamento em sua versão final, buscando melhor resistência e qualidade com a base estrutural da padiola feita de aço.

Pode-se observar a melhor qualidade do aço em relação à madeira na aplicação de estudo conforme a explicação de Pfeil (2008, p.1),

“Para estruturas em aço, são requeridas propriedades de boa ductilidade, homogeneidade e soldabilidade, além de elevada relação entre a tensão resistente e a de escoamento. A resistência à corrosão é também importante só sendo, entretanto, alcançada com pequenas adições de cobre. Para atender a estes requisitos, utilizam-se em estruturas os aços-carbono e os aços em baixo teor de liga ou microligados, ambos os tipos com baixo e médio teores de carbono. A elevada resistência de alguns aços estruturais é obtida por processos de conformação ou tratamentos térmicos.”

Com a utilização de perfis metálicos na construção do equipamento, espera-se futuramente uma melhora significativa em desempenho, resistência, qualidade e principalmente na diminuição do peso em decorrência da redução de volume de material utilizado, como também irá contribuir com o aspecto visual do equipamento. Como sugestão, isso poderá ser estudado mais a fundo em pesquisas de um futuro TCC visando o aperfeiçoamento deste protótipo feito em madeira.

Para a fabricação do recipiente da padiola, foi considerado desde o primeiro protótipo, a utilização de aço como material. Considerando que as dimensões do recipiente de dosagem do Protótipo 01 fossem algo bem específico, não foi descartada a possibilidade da utilização de

chapas de aço a serem cortadas, moldadas e soldadas para a construção sob medida do recipiente de dosagem da padiola, procurando deixar o resultado num formato semelhante ao de um balde.

O bico despejador, também seria soldado junto ao recipiente. Sendo assim, necessária a utilização da soldagem no processo construtivo, conforme Modenesi (2012, p. 6).

“O sucesso da soldagem está associado a diversos fatores e, em particular, com a sua relativa simplicidade operacional. Por outro lado, apesar desta simplicidade, não se pode esquecer que a soldagem pode ser muitas vezes um processo “traumático” para o material, envolvendo, em geral, a aplicação de uma elevada densidade de energia em um pequeno volume do material, o que pode levar a importantes alterações estruturais e de propriedades dentro e próximo da região da solda.”

Com finalidade de obter um bom resultado na soldagem dessas chapas metálicas, deverá ser utilizados materiais de qualidade para uma boa soldagem, tanto das chapas quanto dos eletrodos.

Tendo em vista que esse foi apenas o primeiro protótipo do novo sistema de dosagem, buscou-se aperfeiçoar o estudo, melhorando as características que serviram como base da concepção do equipamento.

3.3. BETONEIRAS CONSIDERADAS NO ESTUDO

Antes de iniciar o desenvolvimento do Protótipo 02, escolheu-se obter primeiramente as dimensões de betoneiras de 400L para auxiliar na compatibilização das dimensões do novo protótipo frente ao misturador de agregados.

Em vista disto, o acadêmico entrou em contato com 3 (três) empresas que fabricam Betoneiras na região, solicitando arquivos 3D e 2D de modelos de Betoneira com 400 L, compatibilizando assim as medidas do Protótipo 02 da Padiola com os exemplares deste equipamento disponíveis no mercado e que são mais habituais no canteiro de obras.

Estes arquivos facilitariam a verificação das medidas diretamente dentro de *softwares* utilizados para projetar o protótipo, todas as angulações e incompatibilidades físicas que a Padiola necessita satisfazer quando disposta em frente a Betoneira de estudo. Para assim, desenvolver o segundo protótipo da Padiola com as medidas e angulações certas, pretendendo deixá-la o mais perto do funcional e da versão final.

As três empresas que fabricam as betoneiras na região de Santa Catarina foram nomeadas neste trabalho por letras “A”, “B” e “C” visando a preservação de seus nomes diretamente.

A *Empresa A* possuía a Betoneira modelo MotoMil® Profissional MB-400P, sendo a única a retornar à solicitação atestando a impossibilidade de fornecimento dos arquivos por motivos de sigilo empresarial. A *Empresa B* com o equipamento *Betoneira Profissional 400L* e a *Empresa C* com o produto *Betoneira CS 400L* não se pronunciaram com a solicitação.

Além dos arquivos, foi solicitado também para as empresas, a doação ou empréstimo de uma Betoneira de 400L para a Universidade, que serviria para eventuais testes práticos de Padiolas e posteriormente somaria aos equipamentos já disponíveis no laboratório da Universidade Regional de Blumenau, a fim de aproveitar nas diferentes aulas da grade curricular do Curso de Engenharia Civil, visto que, atualmente a instituição sofre da falta de uma Betoneira semelhante ao modelo solicitado, na qual é a mais habitual em um canteiro de Obras.

No entanto não houve retorno positivo de nenhuma das três companhias, nem para o fornecimento dos arquivos e nem para o fornecimento de um exemplar do equipamento solicitado.

Visto que as pesquisas iniciais mudaram, por falta de fornecimento de arquivos por parte das empresas, optou-se por procurar modelos de betoneiras de 400L que se encontravam disponíveis em obras ou no comércio de Blumenau/SC e tomar suas medidas para então desenhar no *software* Autodesk® AutoCAD 2019. A primeira betoneira encontrada estava disponível para venda e era de uma das empresas que o acadêmico tentou contato inicial. A imagem a seguir é uma foto da Betoneira tirada no local que servirá como parâmetro para o desenho do Protótipo 02.

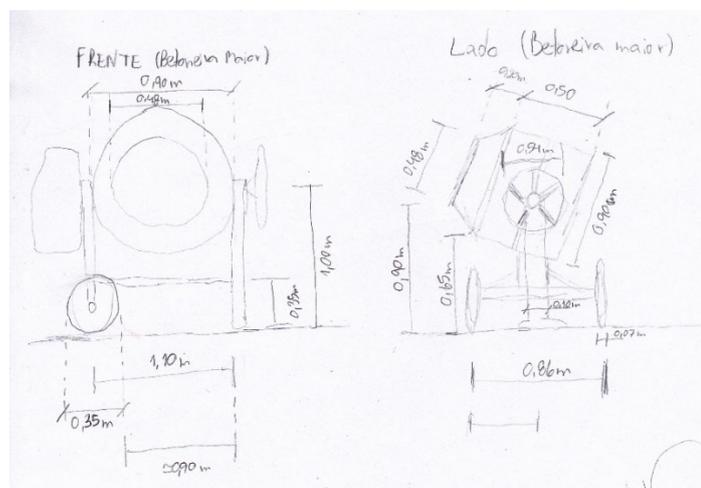
Figura 26 - Betoneira 01 de 400 Litros



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No estabelecimento, foi tirada todas suas medidas, com base nisso, será desenhada no Autodesk® AutoCAD, para então, conseguir desenhá-la o Protótipo 02 com suas peças em escala e compatibilizada com o equipamento em que ela precisará funcionar. A figura a seguir, demonstra o croqui inicial feito no dia:

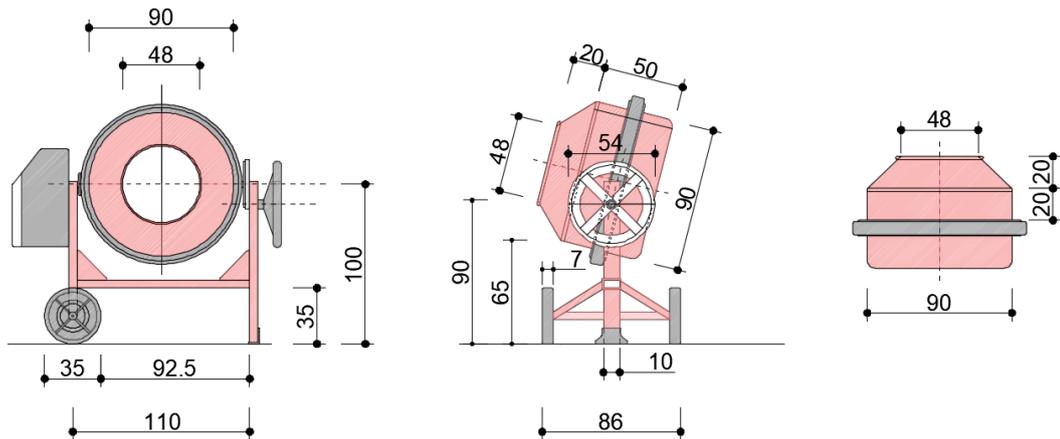
Figura 27 - Croqui de Betoneira 01 de 400 Litros



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Como pode ser visto acima, as medidas foram feitas considerando apenas uma angulação. A figura a seguir demonstra este croqui inicial passado para o *software* Autodesk® AutoCAD.

Figura 28 - Dimensões da Betoneira 01 de 400 Litros



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Posteriormente foi realizado novas medições em outra Betoneira de 400L com dimensões semelhantes a esta encontrada em uma obra em andamento dentro da universidade, desta forma, conseguiu-se pegar todas as angulações existentes do equipamento, facilitando o desenho do Protótipo 02.

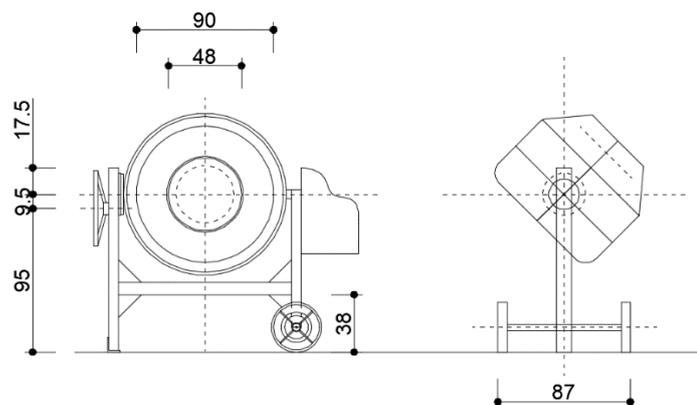
Figura 29 - Betoneira 02 de 400 Litros



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A betoneira em questão é da marca Fischer[®] modelo MOB 400 G2. Com todas as dimensões e parâmetros necessários, conseguiu-se pegar as medidas fundamentais para fazer um segundo desenho de betoneira (Figura 30) e conseguir compatibilizar o Protótipo 02 havendo duas betoneiras como referência.

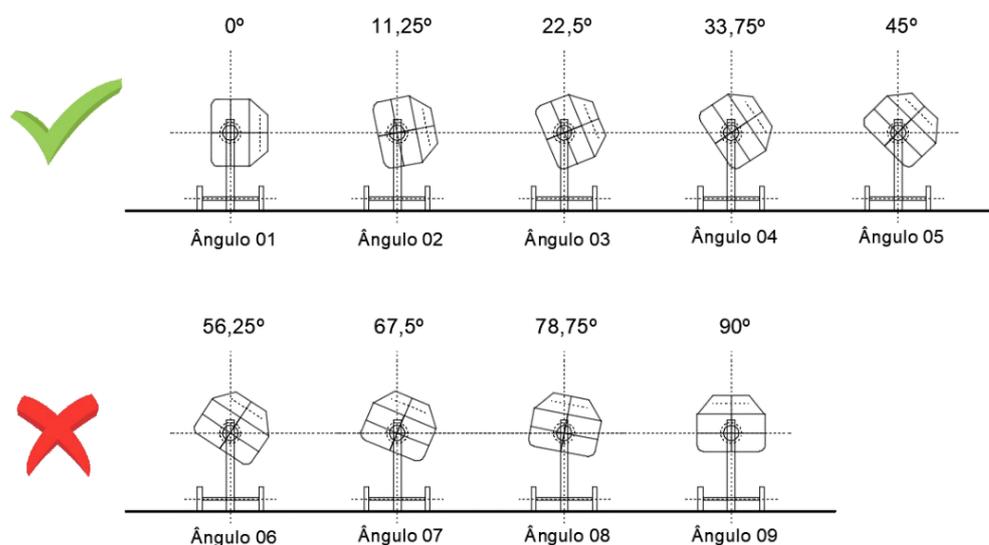
Figura 30 - Dimensões da Betoneira 02 de 400 Litros



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para a medição desta segunda betoneira, foi pegos somente as dimensões necessárias e as 9 (nove) angulações do tambor definidas pela engrenagem existente no eixo que é controlada pelo volante lateral. As referidas angulações estão dispostas na figura a seguir.

Figura 31 - Angulações do tambor da Betoneira 02 de 400 Litros



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Conforme pode ser visto na figura acima, as 5 (cinco) primeiras angulações da betoneira poderão ser utilizadas para o correto funcionamento do Protótipo 02 frente a betoneira. As 4 (quatro) angulações restantes não poderão ser utilizadas na hora de despejar os agregados.

No entanto a angulação mais utilizada no canteiro de obras para despejar os agregados é a angulação de 45°, que é atendida pelo Protótipo 02, sendo assim, a segunda versão do equipamento foi desenvolvida considerando o funcionamento habitual da betoneira.

No local, constatou-se também que a roda lateral da Betoneira, que serve para manobrá-la, irá causar um conflito com a base de sustentação idealizado no primeiro protótipo da Padiola, desta maneira, observou-se no local, a necessidade de mudar esse suporte, para algo em um formato que permita a aproximação da Padiola sem esbarrar na roda da Betoneira e mantendo ainda a estabilidade do recipiente de medição de agregados. A solução encontrada para esse impasse, será apresentada mais à frente neste trabalho.

3.4. RECIPIENTE DE DOSAGEM CONSIDERADO PARA PROTÓTIPO 02

Considerando a estrutura mais simples adotada no Protótipo 01 que foi desenvolvida apenas para concepção e materialização da ideia proposta, o Protótipo 02 (detalhado mais a frente), foi desenvolvido visando uma montagem mais técnica e próxima do que poderá ser o produto em sua versão final.

Analisando sua compatibilidade quando disposta frente a uma betoneira, ponto que não foi estudado no Protótipo 01, e trazendo uma montagem da estrutura mais realista, mantendo as peças feitas em madeira pretendendo facilitar sua montagem em tamanho real caso desejado, chegou-se a uma versão melhorada do equipamento.

Desta maneira foi pensado também sobre seu recipiente que seria de difícil construção, portanto, procurou-se no comércio, algo que pudesse servir como recipiente de dosagem para o desenvolvimento do segundo protótipo.

Sendo assim, foi encontrado para o segundo protótipo, um latão/tambor/tonel de aproximadamente 55 Litros (FIGURA 32), muito utilizado para armazenar combustível, óleo ou água, como também servir para outras funções como churrasqueiras e lixeiras.

Figura 32 - Latão para recipiente do Protótipo 02



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Foi pesquisado diferentes produtos que poderiam auxiliar na dosagem da Padiola, no entanto, a variedade dos recipientes disponíveis no mercado que conseguisse armazenar mais

de 35 Litros (Volume aproximado de uma padiola comum) eram poucas, desta maneira, o recipiente que encontrou-se para o desenvolvimento do Protótipo 02 da Padiola, foi este latão, encontrado facilmente para compra.

Deste modo, será considerado suas medidas originais para o desenvolvimento do design e emprego como recipiente de dosagem no Protótipo 02, é claro que sua capacidade será maior do que o necessário e sua altura poderia ser serrada para diminuição de medidas e peso, porém, está sendo considerada suas dimensões originais para facilitar na hipótese de ser montada em tamanho real.

O recipiente em questão possui 35,5cm de diâmetro interno e 37cm externo, suficiente para ser compatível com a boca de uma Betoneira que possui 48cm. Sua altura é de aproximadamente 57cm, sendo uma altura aceitável para não deixar o equipamento muito comprido. Desta forma, calculando o seu volume considerando as dimensões internas de 35,5cm de diâmetro e 56,5cm de altura e posteriormente convertendo para Litros, temos 55,92 Litros, valor maior do que o necessário para o desenvolvimento da Padiola que é de aproximadamente 35 Litros.

Portanto, para o desenvolvimento do Protótipo 02, o latão será utilizado em seu tamanho original, sem ser serrado, posteriormente, caso seja feito um Protótipo 03 o recomendado será adaptar essa altura para conter o volume semelhante ao de uma padiola habitual encontrada em canteiros de obras.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Com as dimensões e parâmetros necessários das betoneiras de 400 Litros obtidos, tornou-se possível a elaboração aprimorada do segundo protótipo da Padiola realizada nos *softwares* Autodesk® AutoCAD e Revit. Deste modo, fazendo as compatibilizações necessárias frente a Betoneira, desenvolveu-se o Protótipo 02 da Padiola conforme pode ser visto na Figura a seguir:

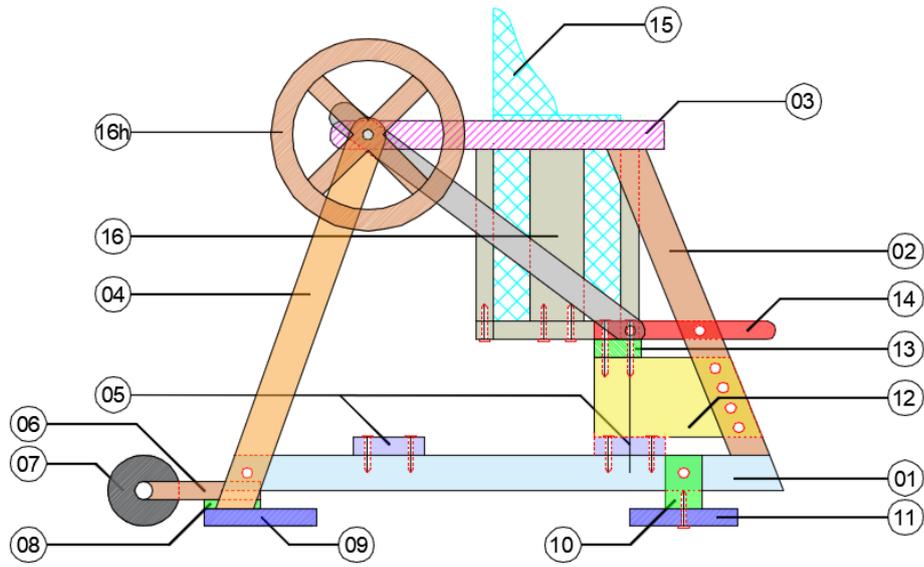
Figura 33 - Protótipo 02 em 3D e sua usabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Neste novo protótipo, foi considerado uma estrutura de sustentação em formato de cavaletes, idealizando o reforço da estrutura. O princípio de utilização é o mesmo do Protótipo 01, dispõe-se o equipamento frente a betoneira, preenche seu recipiente com os agregados necessários e em seguida gira-se sua estrutura central, onde se encontra o recipiente devidamente fixado, despejando os agregados dentro da betoneira.

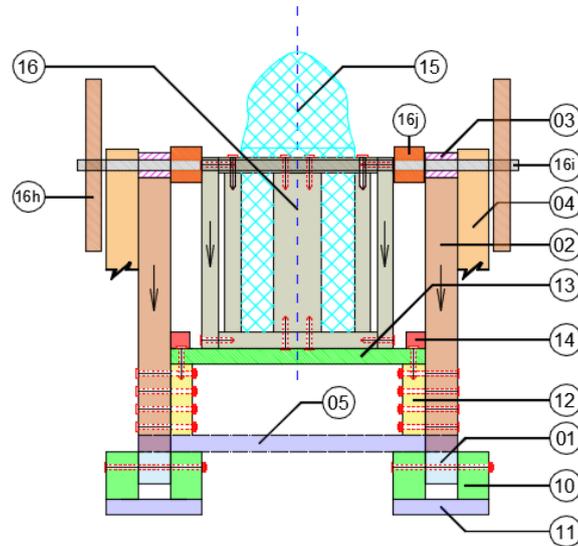
As figuras a seguir, ilustram as vistas deste protótipo, que poderá ser consultado com mais detalhes nos Apêndices deste trabalho.

Figura 34 - Vista Lateral do Protótipo 02 e suas Peças

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Esta vista lateral demonstra a grande maioria das peças necessárias nesse protótipo, a figura a seguir demonstra a vista traseira parcial.

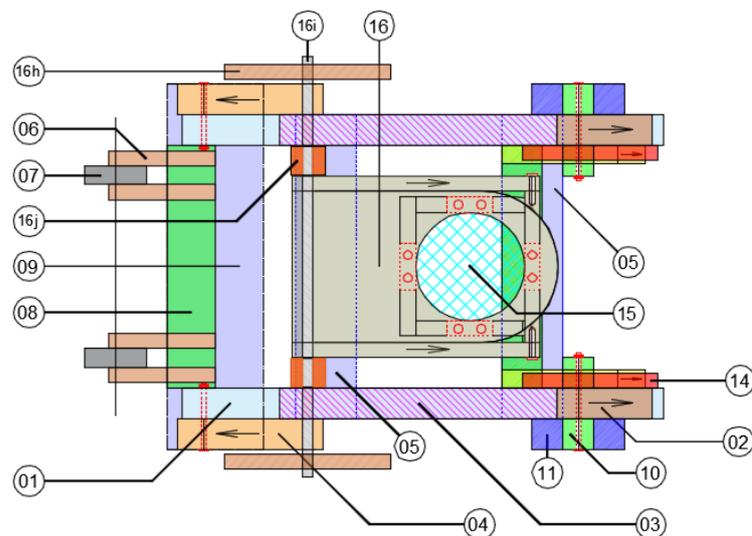
Figura 35 - Vista Traseira Parcial do Protótipo 02 e suas Peças



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A vista traseira foi desenhada parcialmente para facilitar o entendimento das peças nesta vista. A figura a seguir demonstra a vista superior do Protótipo 02.

Figura 36 - Vista Superior do Protótipo 02 e suas Peças



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Nesta vista superior, é capaz de visualizar todas as peças e suas respectivas numerações. Cada peça foi enumerada para facilitar sua compreensão.

Como pode ser visto nas imagens anteriores, cada peça desse projeto foi colorida com uma cor diferente e enumerada para facilitar a identificação e compreensão de cada peça que compõe o Protótipo 02 da Padiola. A seguir está a definição de cada peça.

4.1. PEÇAS DA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO DO PROTÓTIPO 02

Peça 01: Base Inferior do Suporte de Sustentação (2 Peças)

Peça 02: Base Lateral Traseira do Suporte de Sustentação (2 Peças)

Peça 03: Base Superior do Suporte de Sustentação (2 Peças)

Peça 04: Base Frontal do Suporte de Sustentação (2 Peças)

Peça 05: Reforços Centrais da Base (2 Peças)

Peça 06: Suporte de Fixação Lateral das Rodas (4 Peças)

Peça 07: Rodas Ø20cm (2 Peças)

Peça 08: Base Niveladora de Altura (1 Peça)

Peça 09: Base de Repouso Frontal (1 Peça)

Peça 10: Suporte de Fixação das Bases de Repouso Traseiras (4 Peças)

Peça 11: Base de Repouso Traseira (2 Peças)

Peça 12: Reforço Lateral (2 Peças)

Peça 13: Apoio de Descanso do Recipiente em Repouso (1 Peça)

Peça 14: Braço para Locomoção do Equipamento (2 Peças)

Peça 15: Recipiente Dosador de Agregados (1 Unid.)

Peça 16: Suporte de Fixação do Recipiente Dosador (Peça Inteira)

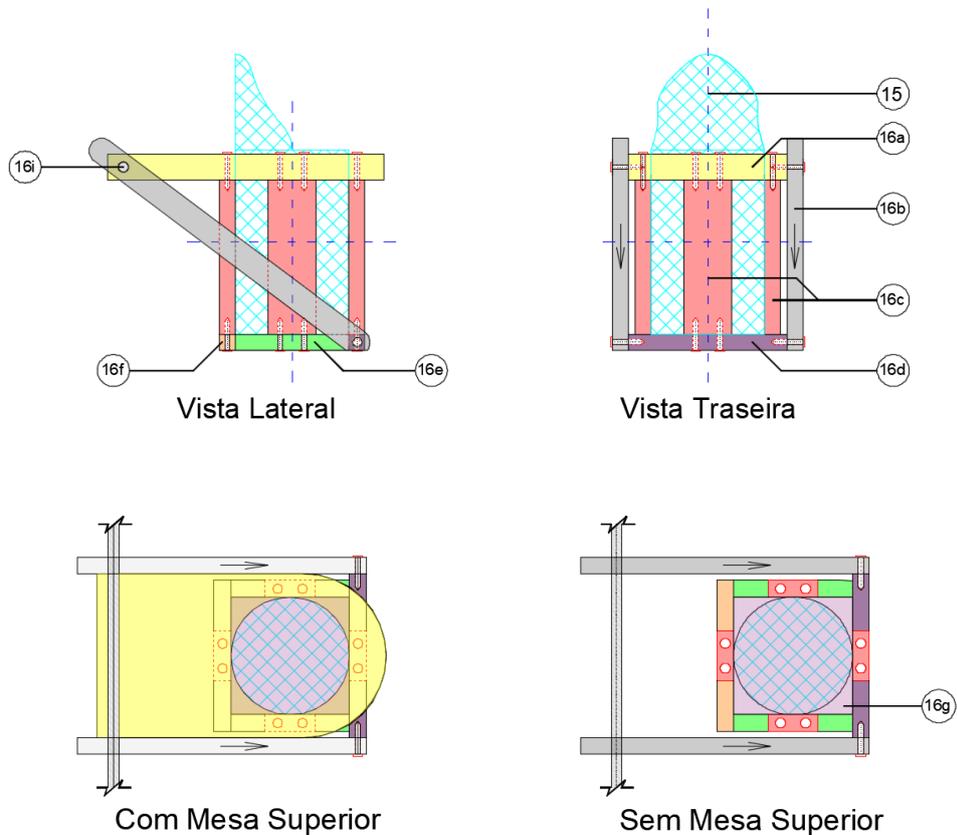
Peça 16h: Volante de Giração do Recipiente Dosador (2 Peças)

Peça 16i: Eixo de Giração do Recipiente Dosador - Aço-CA50 Bitola 32mm (1 Peça)

Peça 16j: Fixadores da Estrutura de Giração (2 Peças)

Conforme visto nas figuras anteriores, a Peça 16 serve como suporte de fixação do recipiente dosador, e é composta por outras peças próprias que também poderá ser consultada na figura a seguir ou nos Apêndices deste trabalho.

Figura 37 - Vista Lateral, Traseira e Superior do Sistema de Giração do Protótipo 02 e suas Peças



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

4.2. PEÇAS DA ESTRUTURA DE GIRAÇÃO DO PROTÓTIPO 02

Peça 15: Recipiente Dosador de Agregados (1 Unid.)

Peça 16a: Mesa de Sustentação do Recipiente (1 Peças)

Peça 16b: Reforço Diagonal do Recipiente (2 Peças)

Peça 16c: Suportes de Fixação Lateral do Recipiente (4 Peças)

Peça 16d: Reforço Traseiro do Recipiente (1 Peça)

Peça 16e: Reforços Laterais do Recipiente (2 Peças)

Peça 16f: Reforço Frontal do Recipiente (1 Peça)

Peça 16g: Reforço de Fundo do Recipiente (1 Peça)

Peça 16h: Volante de Giração do Recipiente Dosador (2 Peças)

Peça 16i: Eixo de Giração do Recipiente Dosador - Aço-CA50 Bitola 32mm (1 Peça)

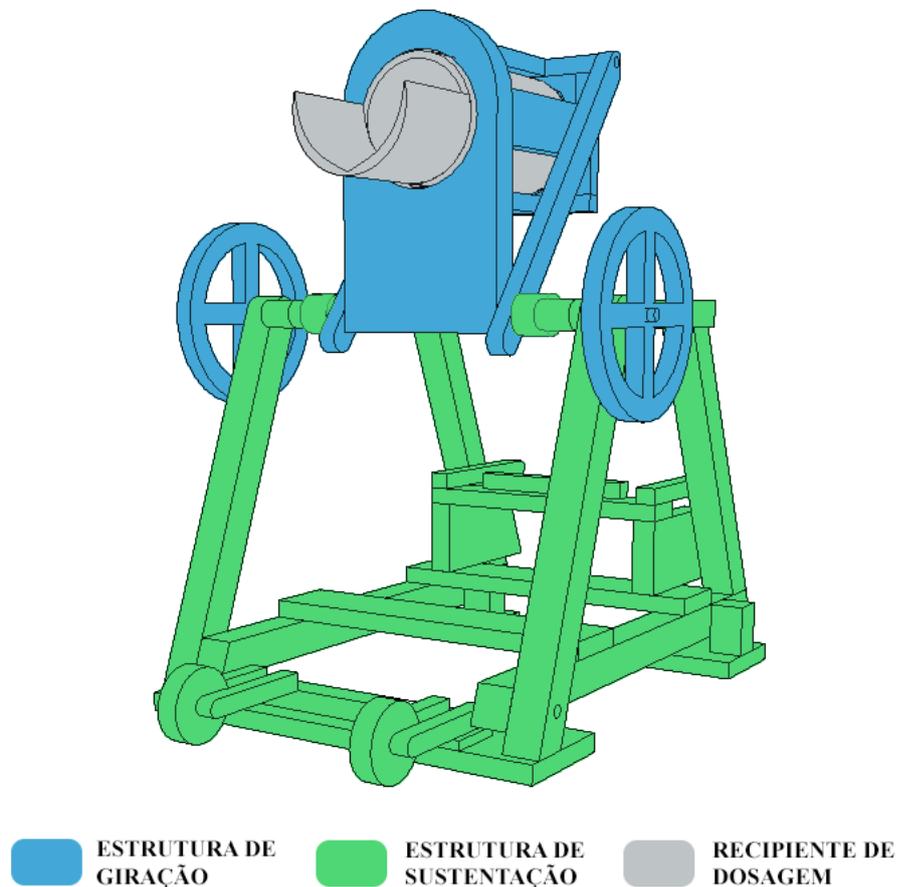
Peça 16j: Fixadores da Estrutura de Giração (2 Peças)

As dimensões e vistas individuais de cada peça poderá ser consultada em Apêndices no final deste Trabalho.

4.3. CONSIDERAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO 02

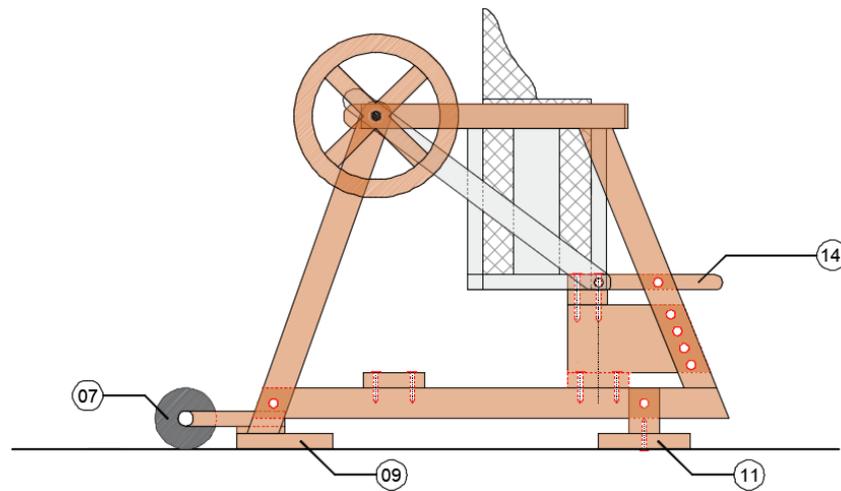
Para facilitar o entendimento, foi elaborado uma imagem para distinguir o que é “Estrutura de Giração” e “Estrutura de Sustentação” como pode ser conferido a seguir.

Figura 38 - Diferenciação entre as Estruturas de Sustentação e Giração do Protótipo 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na concepção deste segundo protótipo, foi definido para sua devida locomoção e posicionamento no canteiro de obras, o mesmo princípio de locomoção de um carrinho de mão. Assim, o funcionário conseguirá levantar a estrutura de sustentação segurando com as duas mãos as Peças 14, no qual irá suspender as Peças 09 e 11 que estavam em repouso no chão e fará com que as rodas (Peça 07) entre em serviço.

Figura 39 - Peças solicitadas na locomoção do Protótipo 02

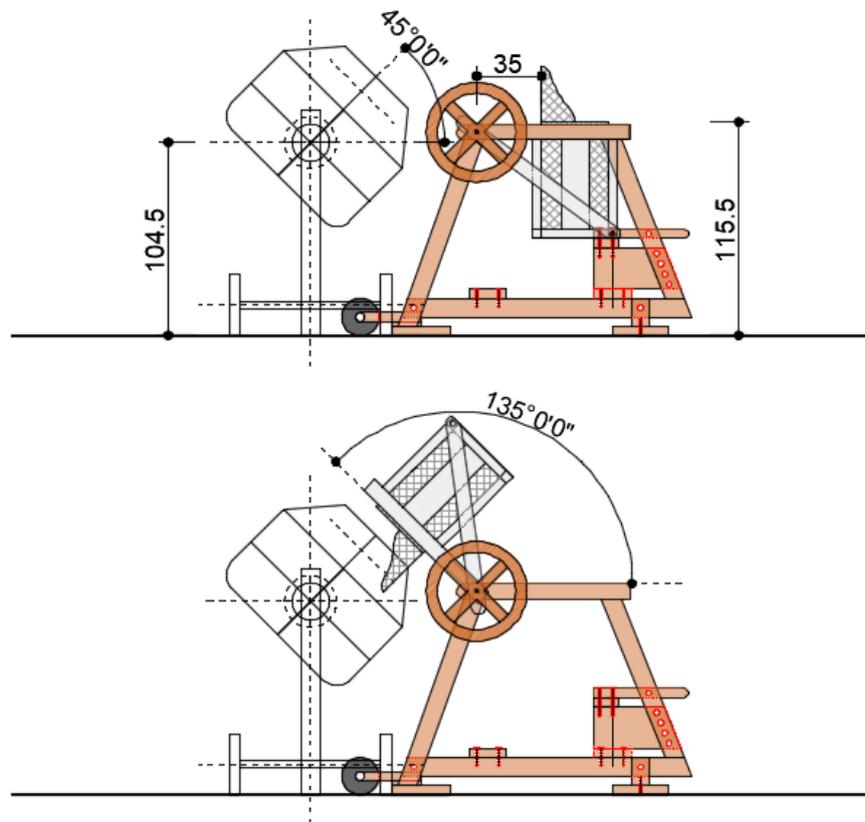
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Todas as peças que compõem a Peça 16 são da estrutura de giração do equipamento.

Foi considerado dois volantes de giração, um em cada lado do equipamento, prevendo o auxílio de outro funcionário na giração do sistema caso necessário.

A altura do recipiente de dosagem foi determinada com base na altura que ele alcançaria a abertura do tambor da betoneira quando disposta a 45°, desta forma, sendo capaz de despejar os agregados. A figura a seguir demonstra esse sistema de giração do Protótipo 02 e as dimensões adotadas para tornar esse sistema possível.

Figura 40 - Vista Lateral do Protótipo 02 frente a uma Betoneira e seu princípio de funcionamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Considerando uma distância de 35cm a partir do eixo de giracão (Peça 16i), e uma altura de 115,5cm da abertura do recipiente a partir do chão, foi possível atender a angulação necessária para tornar possível o sistema.

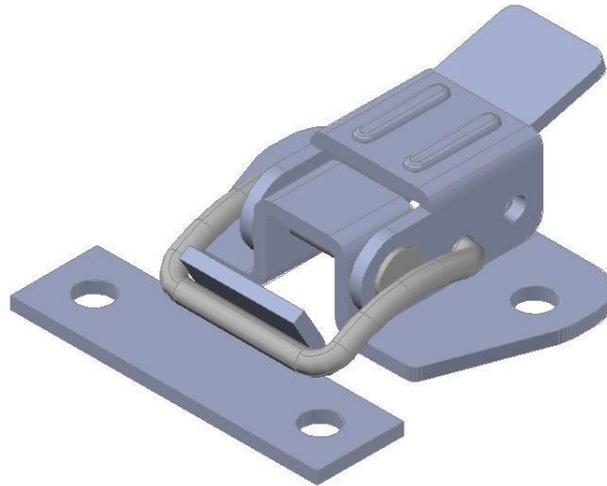
As angulações e disposições das peças foram definidas de modo a evitar a colisão e incompatibilidade com a estrutura da betoneira quando disposta a sua frente.

As Peças 09 e 11 foram desenvolvidas pensando na estabilidade, equilíbrio e permanência do equipamento no local de maneira que não ocorra movimentações indesejadas da estrutura do equipamento durante a giracão do recipiente de dosagem frente a betoneira.

Inicialmente havia sido previsto uma roda traseira no local da Peça 11 para o equipamento, mas no tempo em que decidiu-se adotar um sistema de locomoção semelhante ao de um carrinho de mão, essa roda traseira passou a não ter serventia e contribuir para o deslocamento indesejado do equipamento, por esse motivo, optou-se a sua substituição por uma peça plana.

O recipiente de dosagem poderá ser fixado por fecho/presilhas metálicas laterais na Peça 16a, desta forma, o recipiente não correrá o risco de desprender-se da estrutura de giração no momento do despejo dos agregados, a figura a seguir demonstra esse dispositivo.

Figura 41 - Fecho metálico para fixação do recipiente na Estrutura



Fonte: METAL FECHO (2019).

Enquanto para o Eixo de Giração (Peça 16i), foi previsto uma barra de aço com Diâmetro Nominal de 32,0 mm de Classe CA-25 ou CA-50 atendendo a NBR-7480 conforme tabela a seguir extraída desta Norma.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado

Categoria	Valores mínimos de tração				Ensaio de dobramento a 180 °		Aderência	
	Resistência característica de escoamento ^a f_{yk} MPa ^e	Limite de resistência ^b f_{st} MPa ^f	Alongamento após ruptura em 10 Φ ^c A %	Alongamento total na força máxima ^d A_{gt} %	Diâmetro do pino mm		Coeficiente de conformação superficial mínimo η	
					$\phi < 20$	$\phi \geq 20$	$\Phi > 10$ mm	$\Phi \geq 10$ mm
CA-25	250	1,20 f_y	18	-	2 ϕ	4 ϕ	1,0	1,0
CA-50	500	1,08 f_y	8	5	3 ϕ	6 ϕ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y ^c	5	-	5 ϕ	-	1,0	1,5

^a Valor característico do limite superior de escoamento f_{yk} da ABNT NBR 6118 obtido a partir do LE ou δ_u da ABNT NBR ISO 6892.

^b O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR ISO 6892).

^c Φ é o diâmetro nominal, conforme 3.4.

^d O alongamento deve ser atendido através do critério de alongamento após ruptura (A) ou alongamento total na força máxima (A_{gt}).

^e Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 MPa = 0,1 kgf/mm².

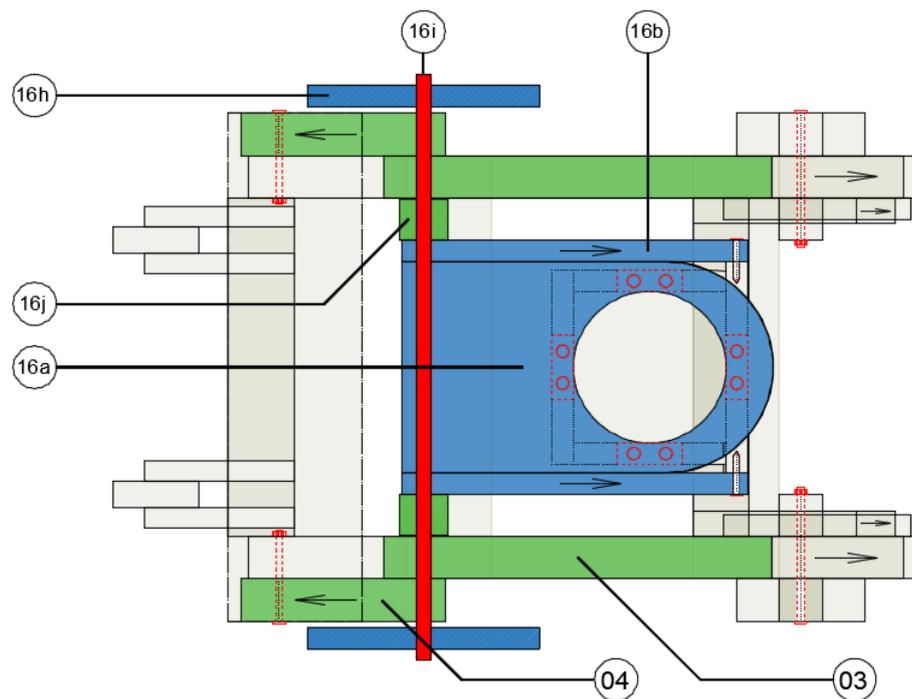
^f f_{st} mínimo de 660 MPa.

Fonte: ABNT, (2007).

Esta barra precisará ser fixada nas Peças 16a, 16b e 16h para o funcionamento do sistema de giração do equipamento. As Peças 03, 04 e 16j precisarão ter um diâmetro ligeiramente maior a fim de passar a barra de aço com folga. Recomenda-se que, para este protótipo em específico feito em madeira, o furo destas peças possua alguma proteção interna feita de chapa metálica ou até considerar a utilização de um rolamento, para não desgastar a madeira ou frear a barra de aço (Peça 16i) em sua giração.

A figura a seguir demonstra todas as peças mencionadas dispostas em torno do Eixo de Giração (Peça 16i).

Figura 42 - Vista Superior do Protótipo 02 demonstrando as peças em torno do Eixo de Giração



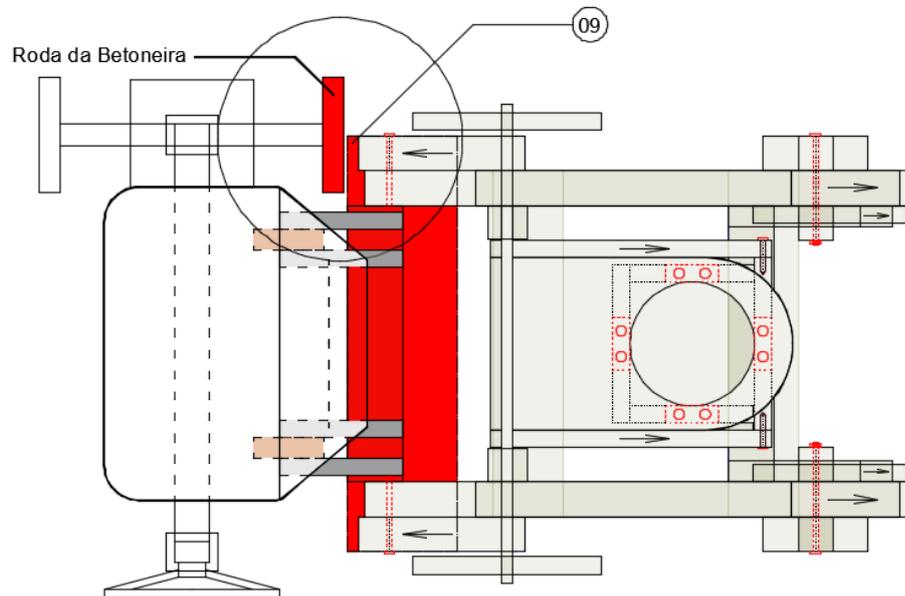
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A figura acima foi colorida de maneira a facilitar o entendimento, as peças em azul compõem a estrutura de rotação e são fixadas no eixo de rotação (Peça 16i), enquanto as peças verdes compõem a estrutura de sustentação e servem para suportar esse sistema.

Durante a realização da retirada de medidas da Betoneira 01, foi constatado também a incompatibilidade do suporte de sustentação do Protótipo 01 frente a betoneira, desta forma, considerou-se a mudança da parte frontal no Protótipo 02 de maneira que mantivesse uma distância considerável do eixo de rotação do recipiente a fim de evitar o tombamento frontal do equipamento.

A figura a seguir demonstra a solução adotada para que as rodas frontais conseguissem transpor a parte inferior da betoneira.

Figura 43 - Vista Superior do Protótipo 02 demonstrando a disposição frente a Betoneira e seu limite.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Como pode ser visto na figura acima, a Peça 09 encosta na roda da betoneira, enquanto as rodas da estrutura avançam para baixo do misturador de agregados. No Protótipo 01 a estrutura onde futuramente possuiria rodas, já esbarrava na betoneira, impedindo a aproximação do equipamento.

4.4. PESO DA ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO E DE GIRAÇÃO

Dado que o Protótipo 02 foi todo idealizado em madeira, inteiramente de peças maciças, seu peso final foi calculado considerando como seria sua utilização no canteiro de obras, mesmo levando em consideração que esse é um estudo de um protótipo e sua estrutura de madeira, para essa aplicação, não seria o indicado para ser levado no canteiro. A tabela a seguir demonstra os pesos unitários de cada peça e o peso total da estrutura.

Tabela 2 - Peso e Volume das Peças do Protótipo 02

Peças	Área		Comprimento		m ³	Peso Específico Madeira	Quantidade Peça	Peso Total
	cm ²	m ²	cm	m		kg/m ³	Unid.	kg
ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO								
1	1528,7194	0,15	10	0,1	0,02	800	2	24,46
2	942,4038	0,09	10	0,1	0,01	800	2	15,08
3	902,3892	0,09	8	0,08	0,01	800	2	11,55
4	1138,1997	0,11	10	0,1	0,01	800	2	18,21
5	1990	0,20	5	0,05	0,01	800	2	15,92
6	174,9265	0,02	5	0,05	0,00	800	4	2,80
7	314,1593	0,03	6	0,06	0,00	800	2	3,02
8	1246,9821	0,12	2,5	0,025	0,00	800	1	2,49
9	3748,789	0,37	5	0,05	0,02	800	1	15,00
10	150	0,02	10	0,1	0,00	800	4	4,80
11	900	0,09	5	0,05	0,00	800	2	7,20
12	953,6662	0,10	7	0,07	0,01	800	2	10,68
13	397,5	0,04	6	0,06	0,00	800	1	1,91
14	218,4629	0,02	5	0,05	0,00	800	2	1,75
TOTAL								134,86
ESTRUTURA DE GIRAÇÃO								
15	PESADO EM BALANÇA						1	5,45
Bico Peça 15	ADOTADO PESO ESTIMADO						1	0,50
16a	3029,0379	0,30	8	0,08	0,02	800	1	19,39
16b	828,0826	0,08	5	0,05	0,00	800	2	6,62
16c	750	0,08	5	0,05	0,00	800	4	12,00
16d	247,5	0,02	5	0,05	0,00	800	1	0,99
16e	177,5	0,02	5	0,05	0,00	800	2	1,42
16f	227,5	0,02	5	0,05	0,00	800	1	0,91
16g	1260,25	0,13	5	0,05	0,006301	800	1	5,04
16h	1363,0167	0,14	5	0,05	0,006815	800	2	10,90
16i	COMPRIMENTO * MASSA NOMINAL DA BARRA DE 32,0 mm						1	8,68
16j	90,4779	0,01	9,5	0,095	0,000860	800	2	1,38
TOTAL								73,28
SOMATÓRIO PESO (kg)								208,14
VOLUME DE MADEIRA (m³)								0,14

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

As áreas das peças foram obtidas através do *software* Autodesk® AutoCAD e multiplicadas pela espessura e quantidade de peças para obter o volume e peso de toda a estrutura.

A madeira considerada para toda a estrutura do Protótipo 02 foi a Guariúba, (*Clarisia Racemosa*), de alta resistência e durabilidade, outras informações sobre esta madeira poderão ser consultadas em Anexos no final deste trabalho.

O material das rodas do Protótipo 02 (Peça 07), foram constituídos com a mesma madeira utilizada na estrutura. Em virtude de obter um valor de referência no cálculo do peso total do protótipo.

O latão usado como recipiente de dosagem do Protótipo 02, foi pesado na balança do laboratório da universidade. Para a determinação do peso do bico despejador de agregados, foi estimado uma proporção considerando uma divisão do recipiente de aproximadamente 5kg em 5 vezes e depois a metade deste valor.

O peso da barra de aço utilizada como eixo de giração (Peça 16i), foi obtida através da tabela retirada da Norma 7480.

Tabela 3 - Características das Barras

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8,0	0,395	± 7%	50,3	25,1
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16,0	1,578	± 5%	201,1	50,3
20,0	2,466	± 5%	314,2	62,8
22,0	2,984	± 4%	380,1	69,1
25,0	3,853	± 4%	490,9	78,5
32,0	6,313	± 4%	804,2	100,5
40,0	9,865	± 4%	1256,6	125,7

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

Fonte: ABNT, (2007).

Considerando o uso de uma barra de diâmetro nominal de 32,0mm, foi obtido o peso da barra através da multiplicação da massa nominal pelo comprimento da peça de 1,375m.

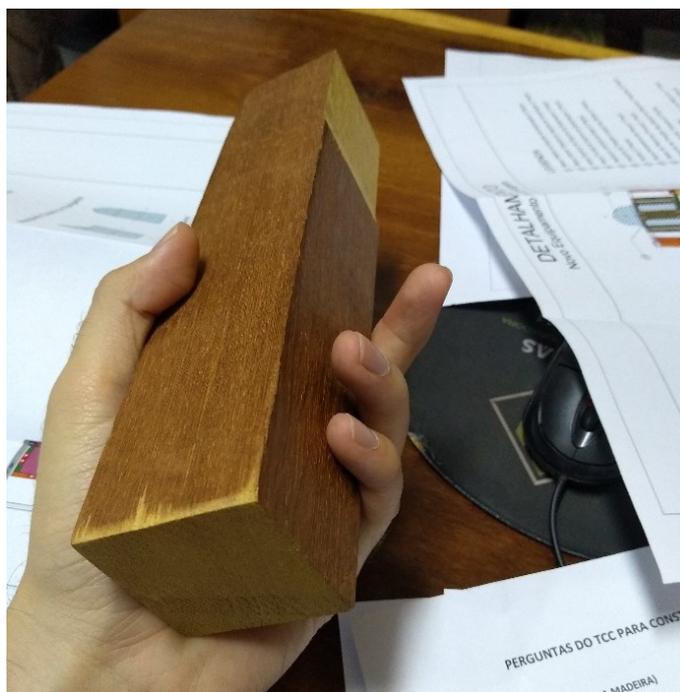
4.5. PREÇO ESTIMADO PARA MONTAGEM DO PROTÓTIPO 02

O acadêmico visitou uma madeireira da região para se informar do preço. No local foi informado que a melhor madeira utilizada pela empresa é a madeira de nome popular “Guariúba”, que oferece uma boa resistência e durabilidade.

Outro nome popular para esta madeira é “Oiticica Amarela” enquanto seu nome científico é “Clarisia Racemosa”, é uma madeira classificada como Dicotiledônea.

Nesta madeireira, foi informado que o valor cobrado por eles é de R\$ 3.500,00 o m³, este preço já é considerando o valor da madeira cortada no tamanho sobe encomenda. A figura seguinte, é uma foto de uma amostra da madeira disponível no local.

Figura 44 - Amostra da Madeira Guariúba



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Portanto, considerando o volume de 0,14m³ em madeira calculado na Tabela 02, o valor final das peças de madeira do Protótipo 02 consultado no período 01/2019, seria de aproximadamente R\$ 490,00.

No entanto, eles fornecem somente as peças com cortes retos, e angulação apenas de 45°, desta forma, precisaria levar para uma marcenaria para cortar as peças nas angulações e realizar os acabamentos necessários.

Foi consultado valores também para a realização destes serviços em marcenarias. O valor oferecido pelas oficinas da região foram em média R\$ 650,00, considerando o corte nas devidas angulações, acabamento e a montagem da estrutura.

O latão do recipiente de dosagem (Peça 15) foi encontrado no comércio pelo valor de R\$ 55,00 vendido no comércio como capacidade total de 50 Litros.

Para ter uma percepção de preço aproximado do Eixo de Giração (Peça 16i), foi considerado um Vergalhão CA-50 32mm (1.1/4") vendido apenas com 12 metros de comprimento e uma média de preço de R\$ 371,00.

Portanto, considerando que a peça utilizada no Protótipo 02 possui aproximadamente 1,4 metros, realizou-se uma regra de três para obter seu preço aproximado se vendido neste tamanho. Desta forma, o valor do vergalhão seria de aproximadamente R\$ 44,00.

No entanto é difícil encontrar algum lugar que venderia um tamanho tão pequeno de um vergalhão, logo, deve-se considerar seu preço cheio ou encontrar outra solução de material para o Eixo de Giração do equipamento.

O preço estimado para a montagem do Protótipo 02 é de R\$ 1239,00 considerando a compra do vergalhão em 1,4 m. E de R\$ 1566,00 considerando a compra de um vergalhão inteiro.

Lembrando que esse preço é para a montagem de um protótipo, considerando que ainda não é a versão finalizada do produto e possui sua estrutura em madeira. Material que não é indicado para o canteiro de obras, o qual apresenta durabilidade reduzida rapidamente ao longo de sua utilização.

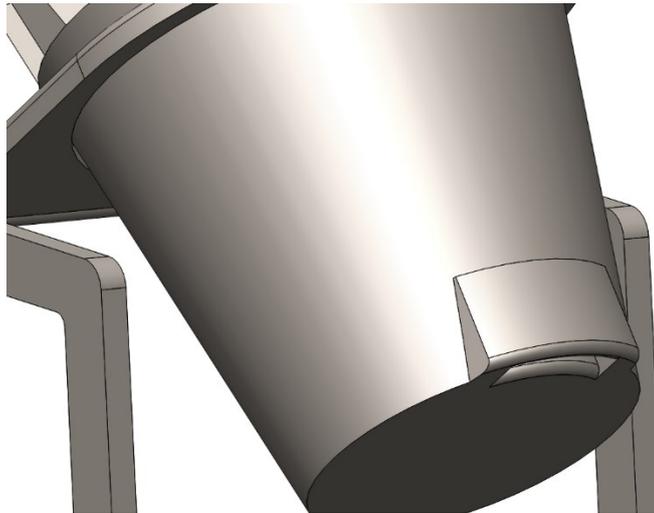
Lembrando que as características da Madeira escolhida, encontram-se em Anexos, no final deste trabalho.

4.6. ERGONOMIA DO PROTÓTIPO 02 FRENTE AO MÉTODO CONVENCIONAL

Diferente do previsto no Protótipo 01, a ação de girar o Sistema de fixação do Recipiente de Dosagem do Protótipo 02, é feita através de “volantes” laterais. Um em cada lado do equipamento.

No recipiente do Protótipo 01 havia sido feito uma alça inferior, semelhante as alças encontradas em baldes domésticos. No entanto, essa escolha mostrou-se não ser muito ergonômica quando realizada a rotação do recipiente para despejar os agregados.

Figura 45 - Vista Traseira da alça inferior do Recipiente do Protótipo 01



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Desta maneira, buscou-se uma forma mais eficiente para realizar essa função em relação ao Protótipo 01. Considerando o movimento de rotação com as duas mãos e braços próximos do corpo para minimizar o esforço realizado.

“Os pesos devem ser mantidos o mais próximo possível do corpo. Quanto mais o peso estiver afastado do corpo, mais os braços serão tensionados e o corpo tenderá para frente. As articulações (cotovelo, ombro e costas) serão mais exigidas, aumentando as tensões sobre elas e os respectivos músculos” (DUL & WEERDMEESTER, 2004, p. 6).

Sendo assim, quando comparado com a padiola convencional, a qual é levantada diretamente do chão, o Protótipo 02 dispõe de um recipiente suspenso, fazendo com que o funcionário não precise se agachar para segurar o recipiente, atendendo assim o item 17.2.2 da NR 17 que menciona que para a realização de atividades que envolvam transportes manuais de cargas, não deverá ser exigido nem admitido o esforço do trabalhador de forma a comprometer sua saúde ou sua segurança.

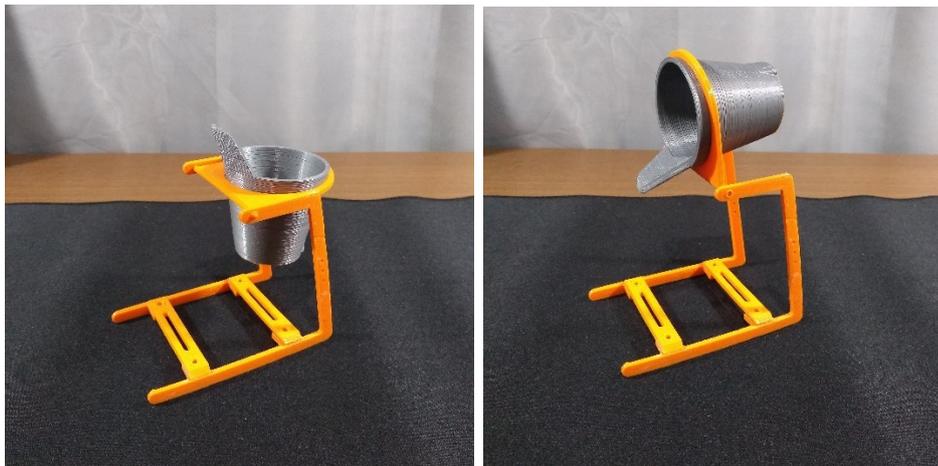
Atende também o item 17.2.4 da NR 17 sobre facilitar o transporte manual de cargas que deverão ser usados meios técnicos apropriados, desta maneira, os dois protótipos apresentados procuram trazer a melhoria na postura do funcionário que não deverá mais se agachar para pegar o recipiente posto diretamente ao chão.

4.7. MONTAGEM DOS PROTÓTIPOS EM ESCALA REDUZIDA

Durante o desenvolvimento deste TCC foi realizada a montagem em escala menor de dois exemplares do Protótipo 02, utilizando Impressora 3D para a produção das peças e CNC para cortes a laser em chapas feitas de fibras de eucalipto juntamente de algumas peças de madeira de pinho.

O Protótipo 01 também possuiu um exemplar montado em escala reduzida, com suas peças impressas em uma impressora 3D, sua montagem foi realizada para facilitar a explicação para o público durante a participação na 5ª Feira de Inovação e Empreendedorismo. A figura a seguir demonstra o modelo do Protótipo 01 desenvolvido sem escala.

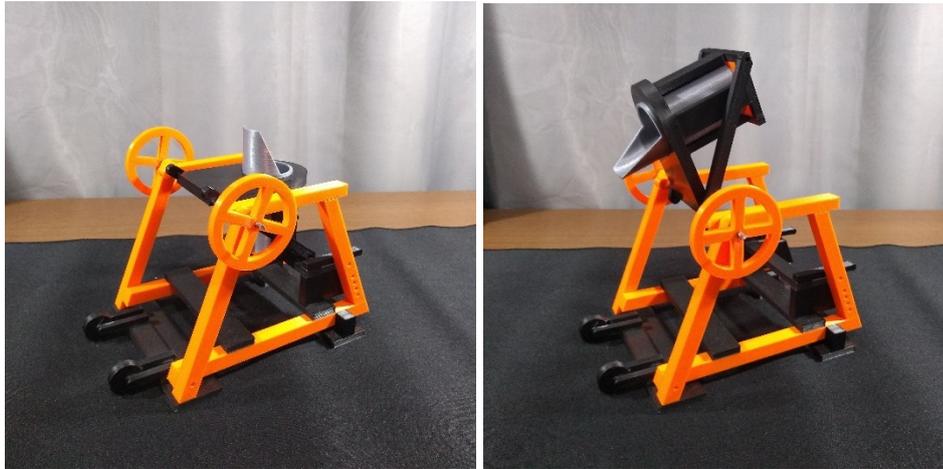
Figura 46 - Protótipo 01 feito na Impressora 3D - Sem Escala



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Para o Protótipo 02 foi desenvolvido dois exemplares em escalas reduzidas e diferentes entre si, o primeiro destes dois exemplares, também teve suas peças feitas em uma Impressora 3D disponibilizada gentilmente pelo LCC/FABLAB da instituição. A figura a seguir demonstra o primeiro modelo do Protótipo 02 desenvolvido em escala 1/10.

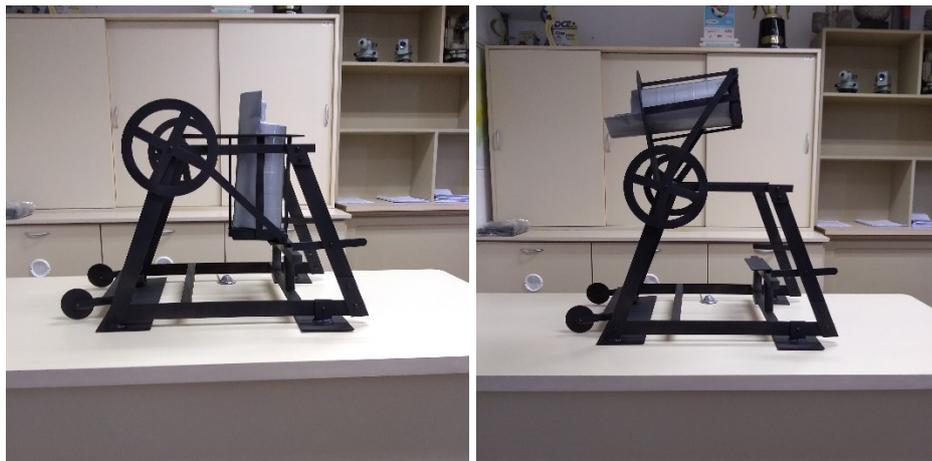
Figura 47 - Protótipo 02 feito na Impressora 3D - Escala 1/10



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O segundo modelo do Protótipo 02 foi feito utilizando chapas de fibras de eucalipto e para a confecção das peças, foi utilizado corte a laser de uma CNC disponibilizada gentilmente pelo coordenador do Espaço de Formação e Experimentação em Tecnologias para Professores (EfeX), outras peças em madeira de pinho foram utilizadas para reforçar a estrutura, disponibilizados pela maquetaria de Design da FURB. A figura a seguir apresenta o segundo modelo do Protótipo 02 feito em escala 1/3.

Figura 48 - Protótipo 02 feito de chapas de fibras de eucalipto - Escala 1/3



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Estes protótipos montados em escala reduzida foram e serão de grande ajuda, por facilitarem a explicação e o entendimento visual do projeto em desenvolvimento, para participações em feiras e eventos da construção civil promovido pela instituição.

5. CONCLUSÃO

Considerando um cenário onde as dificuldades encontradas no Protótipo 02 já tenham sido solucionadas, supõe que esse seria o passo a passo de utilização deste novo equipamento no canteiro de obras.

Com a nova padiola já disposta frente a betoneira, o funcionário preenche seu recipiente com o agregado desejado, caso o canteiro de obras não possua um bom planejamento e a disposição dos agregados encontram-se distantes da betoneira e padiola, será necessário a utilização de um carrinho de mão para o transporte desses agregados até próximo da nova padiola para sua correta dosagem.

Utiliza-se a graduação interna em Litros do recipiente de dosagem e preenche com o agregado conforme especifica o traço para a mistura desejada.

Despeja os agregados dentro da betoneira, repita o processo até terminar de realizar o traço necessário.

A água, o cimento e o cal, talvez necessite continuar sendo despejados na betoneira sem o uso da Padiola, pois são materiais aglomerantes, que servem para dar liga na mistura, desta forma, se os jogar dentro do recipiente de dosagem, poderá perder uma parcela de suas medidas.

No caso do cimento, caso necessite fazer uma dosagem menor que um saco de cimento inteiro, poderá ser realizada no recipiente da padiola, desde que o mesmo esteja limpo.

Sobre o peso do Protótipo 02, dado que ele foi todo idealizado em madeira, inteiramente de peças maciças, seu peso final para utilização em um canteiro de obras, acabou ficando um pouco elevado. Conforme visto na Tabela 02 elaborada pelo autor, o peso total aproximado da estrutura ficou em 208,14kg, se assemelhando ao peso de uma Betoneira de 400 Litros, sendo que 134,86kg é o peso somente da Estrutura de Sustentação e 73,28kg é o peso da Estrutura de Giração.

Considerando que uma betoneira comum possui aproximadamente 200kg, não é um valor muito distante do que já é encontrado no canteiro de obras. No entanto, considerando que esse foi o peso do Protótipo, recomenda-se que para futuros estudos, busque a diminuição desse peso, para tornar o equipamento intuitivo e prático em sua utilização no canteiro de obras.

Somente o peso da Estrutura de Giração do Protótipo 02, dificulta a sua utilização principal, levando em consideração que este é o valor da estrutura vazia, sem a colocação dos agregados em seu interior.

Desta maneira, deve-se levar em consideração para um futuro protótipo, a diminuição das dimensões e o uso de aço para sua estrutura, que auxiliaria na alta resistência mesmo com dimensões menores.

Comparando com a padiola convencional, a qual é levantada diretamente do chão, o Protótipo 02 dispõe de um recipiente suspenso, fazendo com que o funcionário não precise se agachar para segurar o recipiente, melhorando a situação encontrada com a padiola comum e atendendo o item 17.2 da NR 17.

Embora essa dificuldade tenha sido solucionada no decorrer do trabalho, criou-se outro obstáculo, na altura adotada do recipiente do Protótipo 02, o funcionário precisa erguer muito o cotovelo e o ombro para conseguir colocar os agregados dentro do recipiente com a pá, condição inexistente no método convencional.

Portanto, precisa ser desenvolvido nos próximos estudos uma maneira de contornar esse impasse, lembrando que é necessário atender à altura do eixo de rotação para que o recipiente consiga abastecer a betoneira.

Para estudos e protótipos futuros, existem algumas recomendações que será importante levar em consideração mencionados a seguir.

O equipamento conseguiu atender a angulação necessária para despejar os agregados dentro da betoneira. No entanto, para que isso fosse possível, desenvolveu-se um novo empecilho, a altura do recipiente pode não atender o quesito ergonomia, levando em conta a movimentação necessária do funcionário para preencher o recipiente de agregados e realizar a dosagem.

Para manter a boa postura e movimentação correta, as mãos e os cotovelos devem permanecer abaixo do nível dos ombros. Se for inevitável, a ação executada acima do nível dos ombros deve ter duração limitada (DUL & WEERDMEESTER, p.26, 2004).

Desta maneira, fica para próximos estudos a solução desta dificuldade encontrada mantendo a angulação necessária para atingir o tambor da betoneira. A figura a seguir apresenta uma situação encontrada no canteiro de obras que demonstra uma solução parcial da falta de ergonomia na padiola convencional e a elevação no cotovelo do funcionário erguendo a pá em uma altura de aproximadamente 80cm.

Figura 49 - Colocação de agregado na Padiola no canteiro de obras



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Como pode ser visto na figura acima, o funcionário sobrepõe duas Padiolas para diminuir o esforço ao levantar o recipiente. Outra questão a ser vista também, é a altura do cotovelo utilizando a pá nesta situação, considerando que a Padiola Grande utilizada nesta obra possuía 40cm de altura, totalizando 80cm, julga-se que essa seria a altura máxima ideal que o recipiente da padiola do Protótipo 02 deveria possuir em seu estado de repouso.

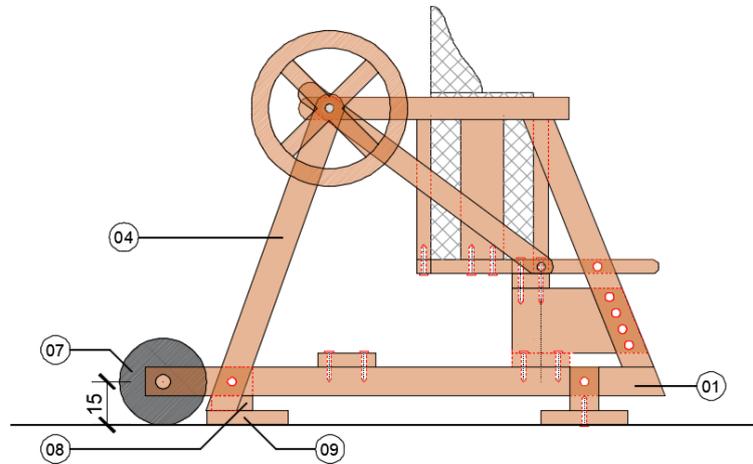
Outra questão a ser vista é sobre o peso do equipamento. Para este protótipo feito em madeira, se considerado sua construção em tamanho real, acaba ficando muito pesado para ser manuseado em um canteiro de obras. Desta maneira, recomenda-se para estudos posteriores, a utilização de perfis metálicos, diminuído as seções de todas as peças e o aperfeiçoamento do design e da ergonomia definidos para este protótipo, seguindo as premissas abordadas neste TCC.

O aumento no diâmetro das rodas de 20cm utilizadas nesse protótipo também precisa ser considerado, pois notou-se posteriormente que a locomoção do equipamento em terrenos irregulares seria facilitada com essa mudança.

O diâmetro das rodas considerado para o Protótipo 02 acabou ficando pequeno em relação a toda estrutura de sustentação do recipiente, desta maneira, recomenda-se para o próximo protótipo a consideração de rodas maiores, por ser mais adequadas para o canteiro de obras, talvez uma roda com o mesmo tamanho de uma roda de carrinho de mão, que é de aproximadamente 35cm de diâmetro.

Foi desenhado uma variante do Protótipo 02 considerando uma roda maior de 30cm de diâmetro podendo ser fixada no centro da Peça 01, como pode ser visto na figura a seguir.

Figura 50 - Variante do Protótipo 02 com Roda de 30cm de diâmetro



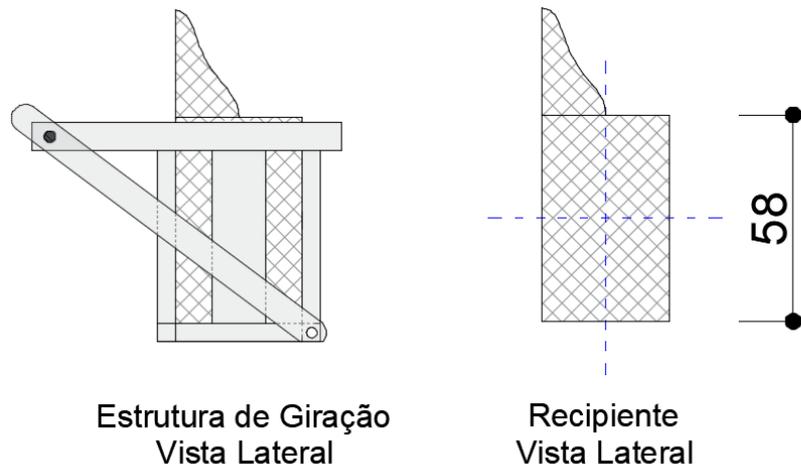
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No entanto decidiu-se preservar a roda original para manter as medidas das peças já definidas anteriormente, pois toda a estrutura desenhada para o Protótipo 02 não foi desenvolvida levando em consideração uma roda deste tamanho, logo, mesmo com as adaptações consideradas no desenho acima, não foi algo que pudesse considerar ideal, sendo necessária mudanças mais profundas na estrutura para admitir uma roda deste tamanho.

Sobre o peso e as dimensões da Estrutura de Giração, toda a estrutura que sustenta o latão utilizado como recipiente de dosagem, é feito com madeira maciça, tendo um peso próprio considerável. Visto que a intenção seja de diminuir ao máximo esse peso para que não adicione muito ao peso do agregado, aconselha-se que futuramente a utilização de perfis metálicos, por ter uma resistência superior à da madeira oferecendo seções com dimensões menores.

As medidas utilizadas para o recipiente de dosagem, foram consideradas a partir do latão encontrado no comércio, sem modificações. Portanto, diminuindo a altura excedente do latão de 58cm (Figura 50), diminuí também as dimensões das peças de toda a estrutura de giração, reduzindo assim, seu peso.

Figura 51 - Estrutura de Giração e Fixação do Recipiente de dosagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A figura acima demonstra a altura do recipiente e sua disposição na Estrutura de Giração adotada para o Protótipo em estudo.

Para o Protótipo 02, foi definido um sistema de pega semelhante ao utilizado em um carrinho de mão (Peça 14), facilitando a locomoção no canteiro. No entanto, não foi possível testar sua real eficiência, pela falta de um protótipo montado em tamanho real.

Ainda assim, presume-se que essa escolha pode ter sido um pouco prejudicada considerando que a Peça 05, Peça 13 e toda a estrutura de giração das Peças 16, atrapalhem o caminhar do funcionário, encurtando seus passos.

Desta maneira, recomenda-se estudar uma solução para essa dificuldade, algo que possa deixar os passos do funcionário livres e sem aumentar o comprimento da Peça 14, pois prejudicaria a colocação de agregado no recipiente e obstruiria o entorno do equipamento.

Importante observar que no desenvolvimento do Protótipo 02, a Peça 14, foi definida com dimensões de 5cm x 6cm, contudo, o recomendado é fazer com que essa peça seja cilíndrica ou levemente convexa para aumentar a superfície de contato com as mãos. O indicado é possuir diâmetro de 3cm e um comprimento de pelo menos 10cm para que possa exercer maior força com a palma das mãos, mantendo uma boa postura para as mãos e os braços (DUL & WEERDMEESTER, 2004, p. 25).

Foi determinado que o Recipiente de dosagem (Peça 15), será fixado à peça 16a através de presilhas metálicas laterais, no entanto, precisa ser estudado mais a fundo como será feita essa fixação da melhor maneira possível ou procurar alternativas para esta questão.

Um dos princípios do Protótipo 01, era a redução de um funcionário para realizar a função de dosagem dos traços na betoneira frente a padiola convencional, no entanto, com o desenvolvimento do Protótipo 02, reconsiderou-se esta questão após observar o elevado peso que a estrutura de giração estava apresentando.

Porém, não é algo que precise ser desconsiderado, visto que a intenção é reduzir o peso da estrutura nos próximos estudos e protótipos a serem desenvolvidos.

Desta maneira, recomenda-se que seja levado em consideração todos os obstáculos citados para o desenvolvimento de um próximo protótipo do novo equipamento de dosagem, buscando atender todas as questões de ergonômicas, seu peso e funcionalidade no canteiro de obras.

REFERÊNCIAS

[PROTÓTIPO]. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2018. Disponível em: [<https://www.dicio.com.br/prototipo/>]. Acesso em: 28/06/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro. 2013. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro. 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro. 2012. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificações. Rio de Janeiro. 2007. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9639**: Padiolas para transporte de materiais refratários – Padronização. Rio de Janeiro. 1991. 7 p.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Calculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 3. ed. São Carlos: EdUFSCAR, 2007. 415 p.

DIVERSA. Lata de criação de histórias – Como fazer. Disponível em: <<https://diversa.org.br/materiais-pedagogicos/lata-de-criacao-de-historias/como-fazer/>>. Acesso em: 06 jul. 2019.

DUL, Jan; WEERDMEEESTER, Bernard. **Ergonomia Prática**. 2ª. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 137 p.

DUTRA, Helena - SIENGE. **Ergonomia na construção civil: entenda sua importância**. 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/ergonomia-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

GROUP, Indeva. **NIOSH – Equação de Levantamento**. 2013. Disponível em: <<http://indevagroup.com.br/niosh-equacao-de-levantamento/>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

IBDA - Instituto Brasileiro De Desenvolvimento Da Arquitetura. **Melhorando a qualidade do concreto feito em obra**. 2012. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=41>>. Acesso em: 06 dez. 2018.

LEROY MERLIM. **Padiola 36L até 150kg Aço CSM**. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/padiola-36l-ate-150kg-aco-csm_89353404>. Acesso em: 20 jun. 2019.

Marques, Janaína Santos Saldanha. **Análise da qualidade do processo produtivo de concreto de uma empresa de pré-moldados na cidade de Pato Branco-PR**. Pato Branco – PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7805/1/PB_COECI_2016_2_26.pdf>. 2016. PDF. Acesso em: 06 dez. 2018.

Metal Fecho. **Fecho Metálico FPAZ-H1**. Disponível em: <<http://catalogo.metalfecho.com.br/product/fechos-industriais/fpaz-h1>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

NARESI JUNIOR, Luiz Antônio; GONÇALVES, Rogéria. **Ergonomia do trabalho em uma obra de contenção**. 2012. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/naresifundacoesgeotecnicas/115-ergonomia-do-trabalho-nas-obras-de-engenharia-geotecnica>>. Acesso em: 06 dez. 2018.

NOBRETEC. **Betoneira 400L**. Disponível em: <<https://www.nobretec.com.br/betoneira-400l/>>. Acesso em: 06 jul. 2019.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 - Ergonomia**. 2009. PFEIL, WALTER; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Aço**. 8ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora - Grupo Gen, 2009. 357 p.

PFEIL, WALTER; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira**. 6ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora - Grupo Gen, 2003. 224 p.

REALFORT. **Girica**. Disponível em: <<http://realfort.com.br/girica.php>>. Acesso em: 01 de junho de 2019.

SÃO PAULO. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. (Org.). **Informações sobre madeiras:** Oiticica-amarela. 2019. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/24-guariuba.htm>. Acesso em: 28 jun. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE 01: Detalhamento Das Peças Do Protótipo 02

APÊNDICE 02: Detalhamento Do Sistema De Giração Do Protótipo 02

APÊNDICE 03: Peças Da Estrutura De Sustentação Do Protótipo 02

APÊNDICE 04: Peças Da Estrutura De Giração Do Protótipo 02

APÊNDICE 05: Renderizações em 3D do Protótipo 02

ANEXOS