

FACULDADE REDENTOR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MARIA DE LOURDES MARTINS FARIA LADEIRA
MARIANNA DE OLIVEIRA RODRIGUES

DISPOSITIVO PARA TRANSPORTE DE PRODUTOS CERÂMICOS



Itaperuna
2011



MARIA DE LOURDES MARTINS FARIA LADEIRA
MARIANNA DE OLIVEIRA RODRIGUES

DISPOSITIVO PARA TRANSPORTE DE PRODUTOS CERÂMICOS

Projeto apresentado à Faculdade
Redentor como parte dos requisitos para
Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Sérgio Souza Dias

Co-orientadora: Amanda Camerini Lima

Itaperuna

2011



Sociedade Universitária Redentor

BIBLIOTECA

Reg. 164 / 000001203

Data: 27/06/18

Nº de Chamada: _____

Natureza: Projeto

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição: Faculdade Redentor

Área de Concentração: Engenharia Mecânica com ênfase em Projetos Mecânicos

Aprovado em: 01/04/2011

Banca Examinadora

Orientador: Sérgio de Souza Dias

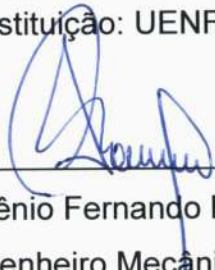
Engenheiro Mecânico

Instituição: UFF

Profª Dsc Amanda Carmerini Lima

Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais

Instituição: UENF



Prof. Glênio Fernando Daniel

Engenheiro Mecânico

Instituição: Escola Naval / UFRJ

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Neide e Marcos.

Maria de Lourdes Martins Faria Ladeira

DEDICATÓRIA

À minha família por ter aceitado se privar de minha companhia em favor dos meus estudos, concedendo-me a oportunidade de uma realização ampla.

Especialmente à minha mãe pelo carinho e dedicação.

Aos amigos que me acompanharam ao longo deste árduo caminho.

E, finalmente, à DEUS pela oportunidade e privilégio que nos foram dados em compartilhar tamanha experiência e, ao frequentar este curso, perceber e atentar para a relevância de temas que não faziam parte, da minha vida.

Marianna de Oliveira Rodrigues.

AGRADECIMENTO

Agradeço à DEUS por ter me dado forças para poder alcançar meus objetivos vencendo tantos obstáculos. Por isso me dediquei todo esse tempo.

Aos meus pais por confiarem em mim, o meu muito obrigada e dedico esse título a vocês.

Ao meu namorado Alessandro, por compreender a minha ausência e por sempre estar ao meu lado.

Aos meus orientadores Sérgio Souza Dias e D.Sc Amanda Camarine Lima por terem acreditado no nosso trabalho, proporcionando dedicação e interesse. Ao meu coordenador Glênio Daniel, que foi super atencioso e sempre esteve disposto a nos ajudar.

Aos meus amigos que me acompanharam e me ajudaram em todos os momentos de minha vida, cinco anos de luta com todos eles, não foi fácil não. Obrigada por tudo.

Ao meu amigo Alexandre Gomes que me ajudou bastante no meu projeto, obrigada.

Ao meu amigo Juvenil Junior, que sempre esteve do meu lado ajudando e me motivando com os meus estudos.

Maria de Lourdes Martins Faria Ladeira.

AGRADECIMENTO

Ao nosso Orientador e Prof. Sergio Souza Dias pelo incentivo, simpatia e presteza no auxilio às atividades e discussões sobre o andamento e normatização desta Monografia de Conclusão de Curso.

Especialmente a Professora Amanda Camerini Lima pelo seu espírito inovador e empreendedor na tarefa de multiplicar seus conhecimentos, sem a qual nossa Monografia não teria a mesma qualidade.

Aos demais idealizadores, coordenadores e funcionários da Faculdade Redentor.

A todos os professores pelo carinho, dedicação e entusiasmo demonstrado ao longo do curso.

Aos colegas de classe pela espontaneidade e alegria na troca de informações e matérias numa rara demonstração de amizade e solidariedade.

Marianna de Oliveira Rodrigues

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade dimensionar uma vagoneta, que será utilizada para o transporte de produtos cerâmicos em seu processo de fabricação, propiciando facilidade e redução dos esforços dos trabalhadores. A vagoneta será utilizada na olaria, a fim de aumentar a produtividade e evitar desperdícios. As suas características serão obtidas por meio da busca contínua da economia, facilidade de transporte e da saúde física dos operários. O material a ser utilizado na fabricação da vagoneta será o aço 1020 que tem como características boa soldabilidade e baixo custo.

Palavras-chave: Produtos cerâmicos, Vagoneta, Economia.

ABSTRACT

This work aims to scale a trolley, which will be used to transport ceramic products in its manufacturing process, besides providing the ease and decrease the efforts of workers. Therefore, the material to be used in the manufacture of the trolley is the SAE 1020, it contains a good weldability and low cost. The trolley will be used on pottery in order to increase productivity, making crop production to grow every day. Its characteristics are obtained through the constant search for economy, ease of transportation and physical health of workers.

Keywords: Ceramic Products, Trolley, Economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Telha Cerâmica tipo Romana.....	17
Figura 2: Telha Cerâmica tipo Portuguesa.....	17
Figura 3: Argila	20
Figura 4: Estocagem a céu aberto.	22
Figura 5: Laminador e Misturador	24
Figura 6: Prensas	26
Figura 7: Vagoneta do Projeto	30
Figura 8: Componentes estruturais da vagoneta	31
Figura 9: Roda da vagoneta.....	32
Figura 10: Rolamento de esferas da vagoneta	33
Figura 11: Detalhe da viga de base da vagoneta do projeto	34
Figura 12: Detalhe das cantoneiras da vagoneta do projeto	34
Figura 13: Detalhe das colunas da vagoneta do projeto.....	35
Figura 14: Telha Romana	41
Figura 15: Perfil U	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Propriedades dos aços.....	31
Quadro 2: Cantoneiras de Abas Iguais (64 a 102 mm)	41
Quadro 3: Propriedades de chapa de Aço 1010	42
Quadro 4: Perfis U	45

LISTAS DE SÍMBOLOS

b	Largura da chapa
f_y	Tensão de escoamento o aço
h	Altura da chapa
i_x	Raio de giração, referido ao x
i_z	Raio de giração, referente ao z
i_y	Raio de giração, referido ao y
I_x	Momento de inércia da seção afetiva do perfil
I_y	Momento de inércia em torno do eixo y
M_{rd}	Momento fletor resistente de cálculo
M_{sd}	Momento fletor solicitante de cálculo
Q	Carga total majorada
t_o	Espessura da chapa
V_{sd}	Esforço cortante
W_t	Módulo de resistência referido ao bordo tradicional
W_x	Comprimento de inércia do perfil em relação ao eixo x
W_y	Comprimento de inércia do perfil em relação ao eixo y
y_t	Altura do centro até a base de tensões da alma do perfil

LISTAS DE ABREVIATURAS

ABC	Anuário Brasileiro de Cerâmica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
NBR	Norma Brasileira
NSK	Indústria especializada em produzir rolamento
NR	Norma Regulamentadora
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 HISTÓRICO.....	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	18
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	18
2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS TELHAS	19
2.1 INTRODUÇÃO	19
2.2 PROCESSO PRODUTIVO	20
2.2.1 Matérias- Primas	20
2.2.2 O processo produtivo.....	21
2.2.3 Extração	21
2.2.4 Preparação da Matéria-Prima e da Massa.....	22
2.2.5 Conformação das peças	25
2.2.6 Secagem	26
2.2.7 Queima.....	28
2.2.8 Seleção	29
2.2.9 Descarte	29
2.2.10 Expedição e Transporte.....	29

3 VAGONETA	30
3.1 COMPONENTES DA VAGONETA INTRODUÇÃO.....	30
3.1.1 Material utilizado.....	30
3.2 RODA.....	32
3.3 ROLAMENTO	32
3.4 VIGA DE BASE	33
3.5 CANTONEIRA.....	34
3.6 COLUNAS.....	35
4. METODOLOGIA	36
4.1 CARGAS ATUANTES.....	36
4.1.1 Cargas Permanentes.....	36
4.1.2 Cargas Variáveis	36
4.1.3 Majoração de Cargas Atuantes.....	36
4.2 DIMENSIONAMENTO DA VIGA DE BASE DA VAGONETA.....	36
4.3 DIMENSIONAMENTO DA CANTONEIRA	39
5. RESULTADOS	41
5.1 DIMENSIONAMENTO DA VIGA DE BASE DA VAGONETA.....	41
5.2 DIMENSIONAMENTO DA CANTONEIRA	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6.1 CONCLUSÃO.....	49
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO 1: DESENHO DA VAGONETA	54

1 INTRODUÇÃO

A vagoneta é uma ferramenta de transporte para a movimentação de produtos cerâmico, utilizadas na linha produção da Olaria. O transporte é facilitado, proporcionando maior rendimento na fabricação e evitando desperdício dos produtos cerâmicos.

O equipamento faz esse transporte sobre trilhos (de metal) de maneira a ficar mais leve e para que possa ser empurrado ou puxado pelos funcionários. A vagoneta transporta 8 telhas por gavetas, sendo que, contém 26 gavetas no total.

O equipamento auxilia o processo de fabricação dos produtos cerâmicos além de propiciar facilidade de transporte, rapidez e aumento na produção. Para isso será feito o dimensionamento adequado neste equipamento.

1.1 HISTÓRICO

No Brasil, o uso de telhas cerâmicas e tijolos maciços existe desde o descobrimento. Inicialmente as telhas eram conformadas manualmente com mão-de-obra escrava, onde estes as moldavam nas suas pernas (coxas). Tal registro pode ser constatado através de antigas peças que apresentam a forma da estrutura óssea humana. (ANICER, 2000)

Atualmente, segundo dados da ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, o setor cerâmico brasileiro é composto por mais de 7.000 (sete mil) indústrias.

Conforme estimativas feitas pela ABC- Anuário Brasileiro de Cerâmica (2002), o setor de cerâmica vermelha apresenta os seguintes dados sócio-econômicos:

- Nº de unidades produtoras: 7000 indústrias;
- Nº de peças produzidas/ano: 30,5 bilhões;
- Quantidade produzida (em massa): 65 milhões de toneladas./ano;
- Matéria-prima processada: 82,5 milhões de toneladas./ano;
- Produção média por empresa: 365.000 peças/mês;
- Empregos diretos: 220.000;
- Produtividade: 12.000 peças/operário ao mês;

- Faturamento anual: 4,2 bilhões de reais.

Nas olarias utiliza-se a argila como matéria prima na fabricação de peças cerâmicas. No Brasil existem diversos tipos de olarias, sendo algumas próprias para a fabricação de tijolos ou telhas, onde para produção destas usa-se energia elétrica ou mesmo animal.

Dentre os diversos tipos de telha existentes podemos citar:

- a francesa;
- a capa e canal;
- a italiana;
- a portuguesa;
- a romana.

A olaria para a qual, se destina esse projeto, situa-se na cidade de São José de Ubá, estado do Rio de Janeiro, rodovia RJ-186, km 60. Atualmente a olaria São José de Ubá encontra-se em construção, daí a necessidade de se projetar um sistema de transporte de telhas eficiente, que utilize de maneira mais adequada o espaço disponível para esta movimentação e que diminua o tempo e a quantidade de mão-de-obra para realização deste trabalho.

Na olaria, o transporte das telhas a ser utilizado é a vagoneta, que transportará telhas do tipo romanas e portuguesas. Segundo os dados da ANICER a telha romana é a mais utilizada em construções populares e, portanto, de uso mais intensivo pelos consumidores. Este tipo de telha é mostrada na figura 1. Já a telha portuguesa tem um design com encaixes modernos e sofisticados, permite maior estabilidade e proporciona maior qualidade no produto. Este tipo de telha pode ser visto na figura 2.



Figura 1: Telha Cerâmica tipo Romana. Fonte: Inmetro, 2010.



Figura 2: Telha Cerâmica tipo Portuguesa. Fonte: Joseitatelhas, 2010.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo geral o dimensionamento de um equipamento para transportar telhas das prensas até os fornos. O projeto visa, também, a possibilidade de diminuindo os esforços e visando melhorar a condição de trabalho dos trabalhadores.

Este projeto tem como objetivo geral o dimensionamento de um equipamento para transportar telhas das prensas até os fornos. O projeto visa, também, a possibilidade de diminuindo os esforços e visando melhorar a condição de trabalho dos trabalhadores.

1.3.1 Objetivo Geral

1.3 OBJETIVO

Figura 2: Telha Cerâmica tipo Portuguesa. Fonte: Josefatelhas, 2010.

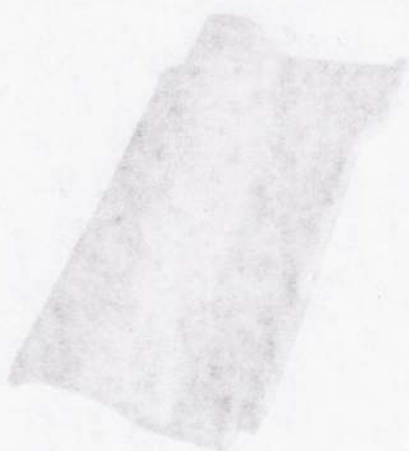


Figura 1: Telha Cerâmica tipo Romana. Fonte: Immetro, 2010.



1.2.2 Objetivo Específico

- Realizar revisão bibliográfica sobre cerâmica vermelha, pois será o material a ser transportado.
- Escolher o material a ser utilizado no equipamento, através de suas características mecânicas.
- Dimensionar os componentes da vagoneta, para verificar se o equipamento suporta o peso total.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, as indústrias da cerâmica vermelha aumentaram sua produção para atender o mercado, com isso há necessidade de uma modernização de seus equipamentos.

O trabalho surgiu através da constatação da falta de um equipamento, para diminuir a quebra de peças cerâmicas durante a sua movimentação na linha de produção de uma olaria.

Por este motivo, o equipamento a ser dimensionado foi idealizado, para reduzir em grande parte o desperdício na produção, aumentando assim sua produtividade e diminuindo a mão-de-obra, pois atualmente este transporte é feito manualmente por funcionários, acarretando sérios problemas.

O equipamento transportará as peças cerâmicas desde sua prensagem até a queima nos fornos.

2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS TELHAS

2.1 INTRODUÇÃO

O processo de fabricação apesar de ser antigo, sofreu poucas transformações ao longo dos anos. Nas décadas de 50 a 60 foram desenvolvidas novas tecnologias para melhorar a produtividade e apesar dessa mudança, pouco se tem feito com o objetivo de modernizar e melhorar a produtividade das empresas de cerâmica estrutural. (ABCERAM, on line)

No final do século XIX e início do século XX houve um processo de especialização nas empresas cerâmicas, que gerou uma separação entre a olaria produtora de tijolos e das telhas cerâmicas produtora de manilhas, tubos, azulejos, louças e potes, cerâmicos. (ABCERAM, on line)

Com isso, a necessidade da empresa melhorar o transporte na fabricação, é importante para que os trabalhadores possam produzir mais, visando sempre à satisfação do cliente.

A competição entre empresas aumenta e os consumidores, com mais opções tornam-se cada vez mais exigentes com a qualidade do produto. Neste intenso movimento, crescem as atenções quanto à qualidade (que num conceito moderno encontra-se sempre associada à produtividade), apontada como fator decisivo da competitividade (PICCHI, 1993).

O mercado conta com cerca de 7000 mil empresas entre olarias e cerâmicas, sendo responsável por mais de 220 mil empregos diretos e gerando um faturamento anual de 4,2 bilhões de reais (ANICER).

Portanto, há uma necessidade de modernizar a fabricação com métodos que resultem em maiores produções e menores custos, ou seja, realizar melhorias nos equipamentos, observar a satisfação dos clientes e suas necessidades de atender esse mercado cada vez mais exigente e competitivo.

2.2 PROCESSO PRODUTIVO

2.2.1 Matérias- Primas

A principal matéria prima para a produção de blocos e telhas é a argila. As indústrias de cerâmica vermelha empregam dois ou mais tipos de argilas para a obtenção de uma massa com as características desejadas. (GOMES,1988).

Santos (1989), define argila como um material natural, terroso, de granulometria fina, que geralmente adquire, quando umedecido em água, certa plasticidade. A figura 3 mostra uma fotografia de uma jazida de argila.



Figura 3 – Vista de uma jazida de argila.

Fonte: <http://www.coladaweb.com/geografia/xisto-betuminoso>

Segundo a ABNT (NBR 6502/95), as argilas são compostas por partículas de diâmetro inferior a 0,002mm, que apresentam plasticidade quando úmidas e, quando secas, formam torrões dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos.

Os elementos básicos da argila para a cerâmica vermelha são os argilosminerais que são uma mistura de caulinita, illita e /ou montmorilonita. A caulinita é o principal argilomineral componente das argilas, sendo responsável pela elevada resistência mecânica dos produtos cerâmicos. A illita, muito utilizada em blocos, tijolos, telhas e lajotas, é responsável pela coloração avermelhada dos

2.2.8 Seleção

Com todo o processo concluído, as telhas são selecionadas para que possam ser eliminadas as peças defeituosas. (SANTOS, 1989).

2.2.9 Descarte

Em quase todo o processo de fabricação de cerâmica, há algum tipo de descarte de resíduos, sendo este não mais reutilizado. (SANTOS, 1989).

2.2.10 Expedição e Transporte

Na expedição, depois de embaladas, as telhas produzidas são classificadas como produto acabado vendável, com embalagens exclusivas que possibilitam o meio de proteção e segurança, além de contar com o transporte selecionado, para que seja evitado a quebra e o desperdício.

Existem basicamente duas maneiras de enviar o produto; a granel, onde as peças seguem para o cliente soltas no caminhão e seu carregamento e descarregamento se dá manualmente e através de pallets, onde é embalada uma certa quantidade de unidades, que são colocadas no caminhão através de carrinhos transportadores ou mini-guindastes (muck).

Não há dúvidas que a segunda opção conserva melhor as características do produto, mas muitos fabricantes ainda não adotam este sistema, alegando os seguintes problemas:

- Alto custo da embalagem, onerando o preço do produto;
- Falta de equipamentos e alto custo de implantação;
- Falta de equipamentos adequados na descarga do produto no cliente, ocorrendo uma despaletização;
- Custo superior ao método convencional. (SANTOS, 1989).

3. VAGONETA

Vagoneta é um carro descoberto, que anda sobre trilhos, mais leve e simples do que um vagão, possível de ser conduzida por força manual. A figura 7 mostra a vagoneta.

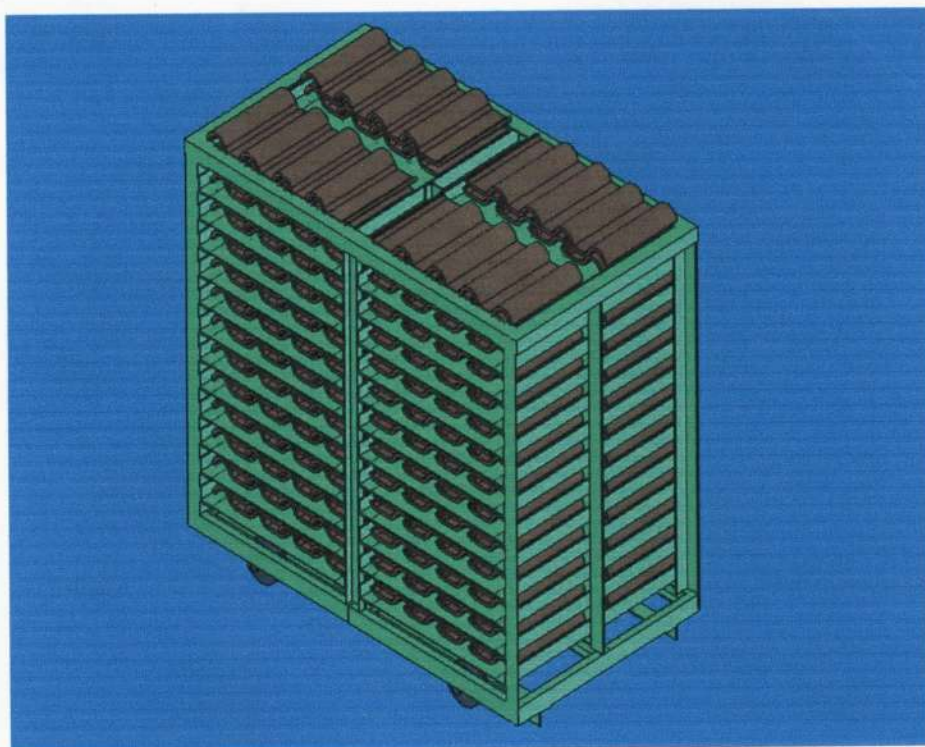


Figura 7: Vagoneta do projeto. Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

3.1 COMPONENTES DA VAGONETA

3.1.1 Material utilizado

O aço SAE 1020 é um aço de baixo carbono, com 0,2% em peso de carbono, possui ductilidade e tenacidade muito grande. Possui boa soldabilidade e boas propriedades mecânicas. (NORTON, 1973)

A Ferrita e a Perlita são os constituintes morfológicos do aço 1020.

3. VAGONETA

Vagoneta é um carro descoberto, que anda sobre trilhos, mais leve e simples do que um vagão, possível de ser conduzida por força manual. A figura 7 mostra a vagoneta.

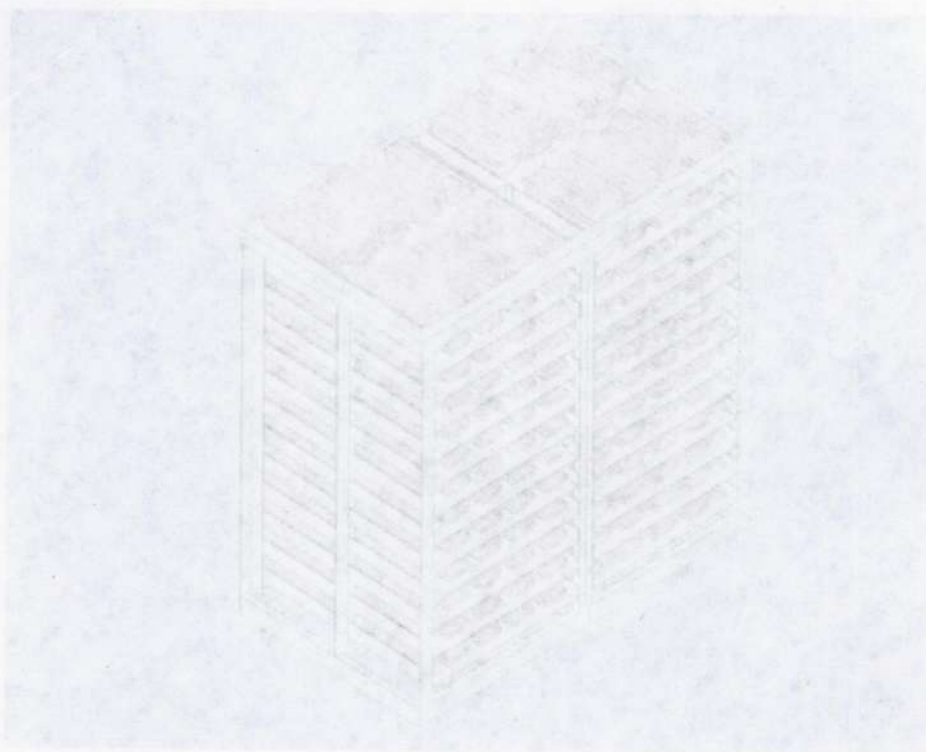


Figura 7: Vagoneta do projeto. Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

3.1 COMPONENTES DA VAGONETA

3.1.1 Material utilizado

O aço SAE 1020 é um aço de baixo carbono, com 0,2% em peso de carbono, possui ductilidade e tenacidade muito grande. Possui boa soldabilidade e boas propriedades mecânicas. (NORTON, 1973)

A Ferrita e a Perlita são os constituintes morfológicos do aço 1020.

Aço SAE	Limite de resistência (Mpa)	Limite de escoamento (Mpa)	Alongamento em 50 mm (%)	Redução da área (%)
1015	425	325	37	70
1020	440	345	36	68
1030	520	345	32	61
1040	590	375	28	55

Quadro 1: Propriedades dos aços. Adaptado: Metal Handbook, 1981.

Os aços são amplamente utilizados na engenharia principalmente devido ao seu baixo custo e sua plasticidade permite obter peças de formas geométricas complexas com relativa facilidade.

O aço é indispensável na vida moderna, pois é usado em quase tudo que vemos ao nosso redor como em aviões, automóveis, navios, tubulação de água, rede integrada de telefonia, talheres, vergalhões, utilizado na construção das máquinas e equipamento, peças mecânicas, eixos, partes soldadas, conformadas ou cementadas, latas de conserva, barras laminadas e perfiladas etc. A figura 8 mostra os componentes estruturais da vagoneta.

- 1- Viga Longitudinal
- 2- Viga Transversal
- 3- Cantoneira Transversal
- 4- Cantoneira Longitudinal
- 5- Cantoneira Vertical
- 6- Coluna

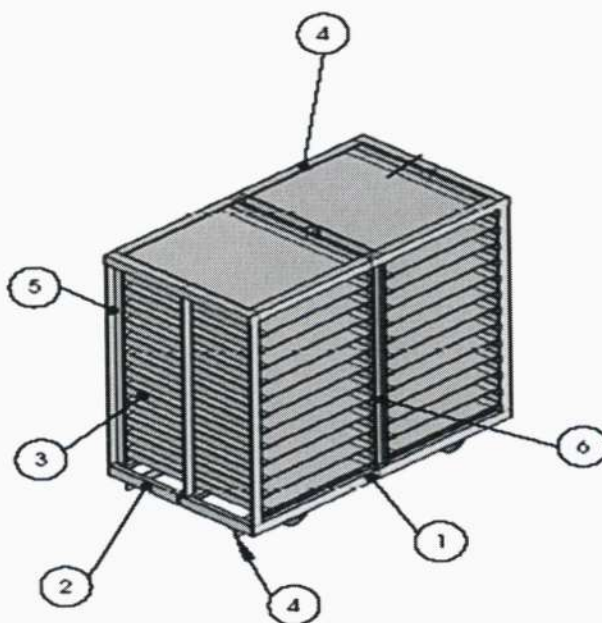


Figura 8 – Componentes estruturais da vagoneta. Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

3.2 RODA

Produzidas em ferro fundido cinzento, são projetadas para trabalhos exclusivos sobre trilhos ferroviários ou vigas, apresentando os perfis usinados, que proporcionam uma rodagem firme e precisa. Utilizadas em transportadores de porte, vagonetes, etc. (SANTA APOLINIA METALÚRGICA, on line)

A fabricante da roda selecionada é a Santa Apolonia Metalúrgica e Fundição. A roda usinada e com o rolamento acoplado, terá um custo de R\$37,00 cada. No entanto a fábrica disponibiliza um conjunto com roda, rolamento, anéis, trava e eixo no valor do conjunto a R\$47,00, sendo este mais vantajoso. A figura 9 mostra a roda da vagoneta.



Figura 9 – Roda da vagoneta. Adaptado:

<http://www.santapolonia.net/produtos/rodas/g/002.htm>

3.3 ROLAMENTO

As peças rodam melhor que deslizam isto porque quando as peças deslizam o atrito entre elas causa uma força que tende a deixá-las mais lentas. Porém, se duas superfícies puderem girar uma sobre a outra, o atrito será muito menor.

No projeto é usado o rolamento de esfera (conforme ilustrado na figura 10), pois é o tipo mais comum de rolamento para suportar cargas radiais. Sendo assim, o

rolamento utilizado é o Rolamento 6206, 4 rodas agüentam até 2500 kg de acordo com as informações da Santa Apolonia Metalúrgica e Fundição.



Figura 10 – Rolamento de esferas (NSK rolamento). Fonte: [http:// www.nsk.com.br](http://www.nsk.com.br)

3.4 VIGA DE BASE

A viga de base é a peça de sustentação da vagoneta, ou seja, é a viga principal, dimensionada para suportar a carga total solicitada pelos componentes da vagoneta. No projeto foi utilizada a viga metálica com Perfil U 76 x 35,8 x 4,32 para a composição da viga de base, conforme ilustrado na figura 11.

VIGA DE BASE

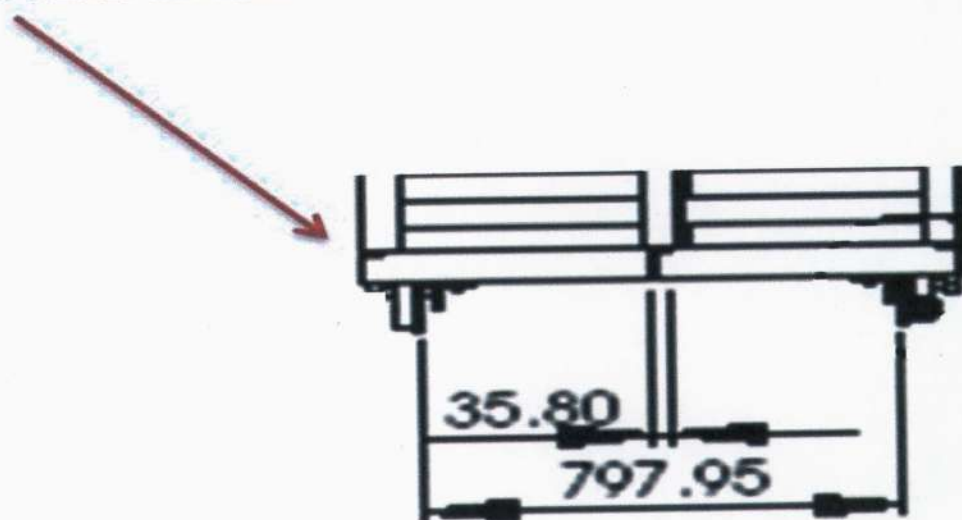


Figura 11 – Detalhe da viga de base da vagoneta do projeto. Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

3.5 CANTONEIRA

A cantoneira é a peça utilizada para sustentar as prateleiras onde são colocadas as telhas. Sendo assim, esta peça é dimensionada para suportar a carga solicitada pelas telhas para cada prateleira. No projeto foi utilizada uma viga metálica com Perfil L 64 x 64 x 6,3 para a composição da cantoneira conforme ilustrado na figura 12.

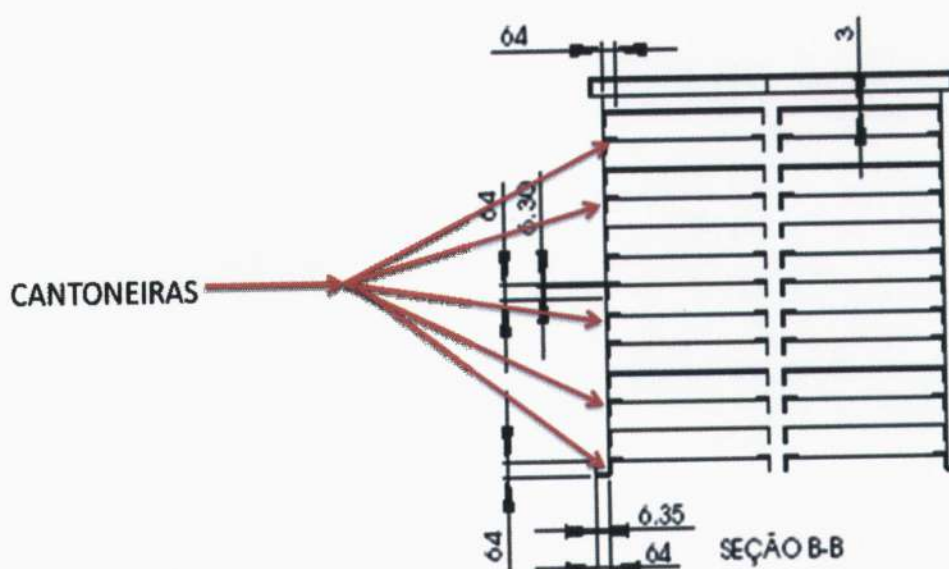


Figura 12 – Detalhe das cantoneiras da vagoneta do projeto. Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

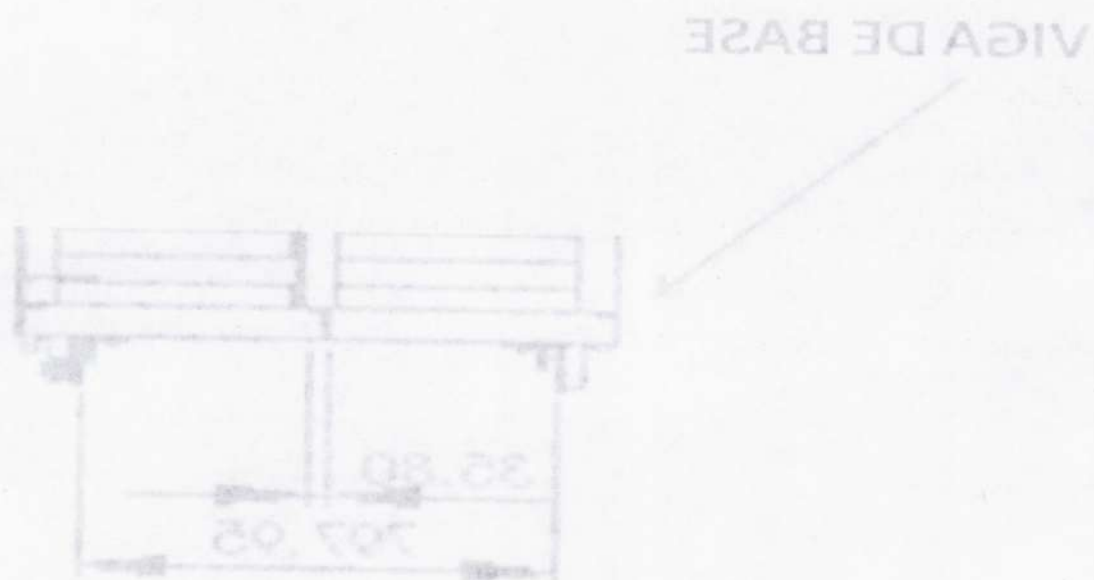


Figura 11 – Detalhe da viga de base da vagoneira do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal, 2011.

3.5 CANTONEIRA

A cantoneira é a peça utilizada para sustentar as prateleiras onde são colocadas as telhas. Sendo assim, esta peça é dimensionada para suportar a carga solicitada pelas telhas para cada prateleira. No projeto foi utilizada uma viga metálica com Perfil L 64 x 64 x 6,3 para a composição da cantoneira conforme ilustrado na

Figura 12

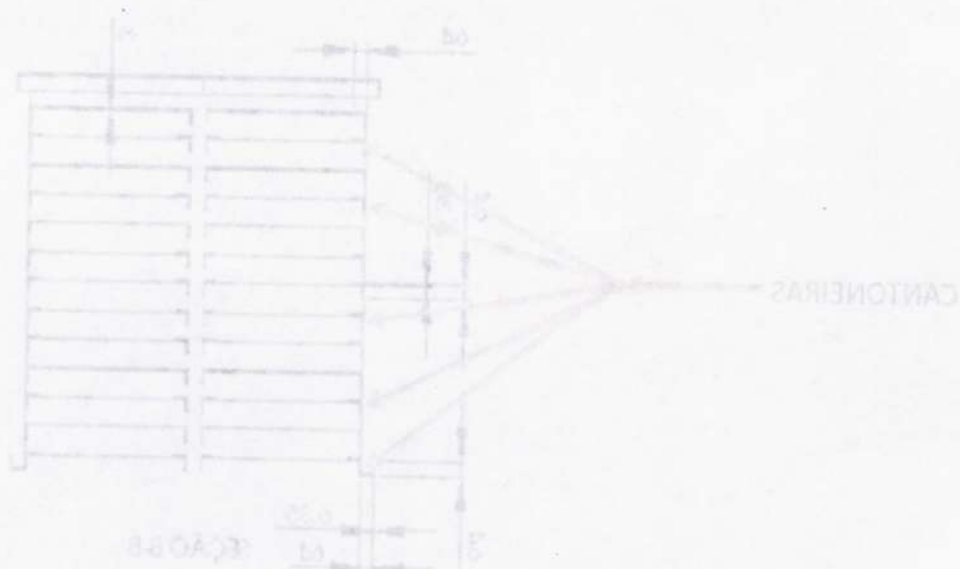


Figura 12 – Detalhe das cantoneiras da vagoneira do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal, 2011.

3.6 COLUNAS

As colunas são peças secundárias do projeto da vagoneta, uma vez que as peças dimensionadas para sustentação das cargas solicitantes são as cantoneiras e a viga de base da vagoneta. No projeto foi utilizada a viga metálica com Perfil U 76 x 35,8 x 4,32 para a composição da coluna, conforme ilustrado na figura 13.

COLUNA

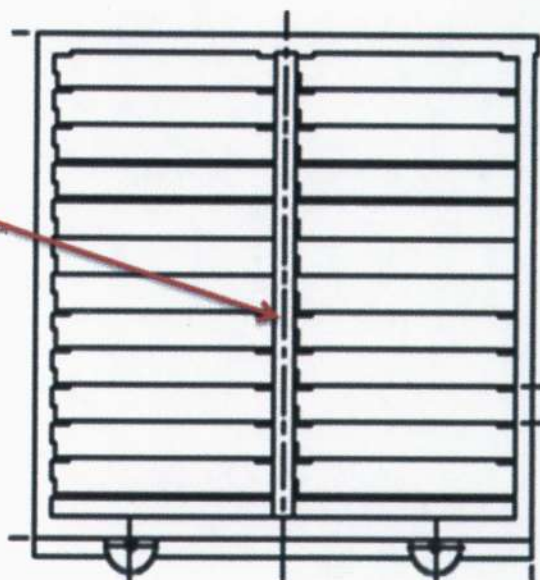


Figura 13 – Detalhe das colunas da vagoneta do projeto. Fonte: Acervo Pessoal, 2011.

3.6 COLUNAS

As colunas são peças secundárias do projeto da vagoneta, uma vez que as peças dimensionadas para sustentação das cargas solicitantes são as cantoneiras e a viga de base da vagoneta. No projeto foi utilizada a viga metálica com Perfil U 76 x 35,8 x 4,32 para a composição da coluna, conforme ilustrado na figura 13.

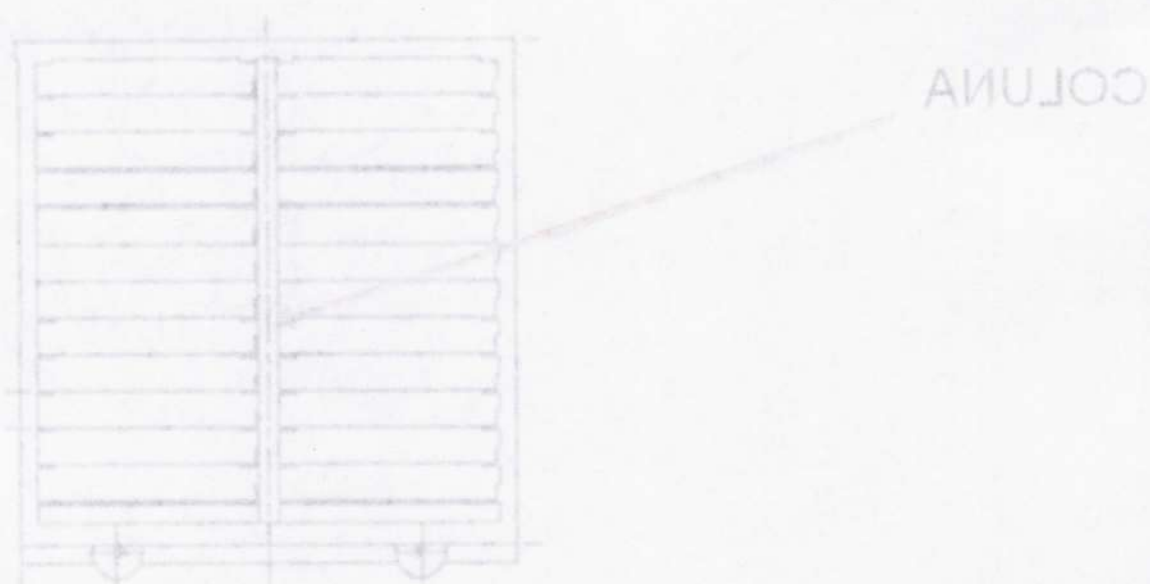


Figura 13 – Detalhe das colunas da vagoneta do projeto. Fonte: Arquivo Pessoal, 2011.

4. METODOLOGIA

4.1 CARGAS ATUANTES

4.1.1 Cargas permanentes

São as cargas exercidas pelas estruturas metálicas, ou seja, o peso total de todas as peças da vagoneta.

4.1.2 Cargas variáveis

São as cargas exercidas pelos esforços extras atuantes na estrutura, ou seja, as telhas que serão transportadas, que podem variar de peso, tamanho e quantidade.

4.1.3 Majoração das cargas atuantes

Para uma maior segurança, após a determinação das cargas atuantes, estas devem ser majoradas, de forma a garantir que a estrutura dimensionada resista perfeitamente a um eventual aumento dos esforços atuantes, evitando assim futuras falhas como flexão, cisalhamento e flambagem por uma possível mudança com ampliação das cargas atuantes.

Essa majoração de cargas é feita através de coeficientes de segurança de acordo com o esforço atuante (permanente ou variável).

4.2 DIMENSIONAMENTO DA VIGA DE BASE DA VAGONETA

A viga de base da vagoneta é a peça que suporta o somatório das cargas exercidas por todas as peças metálicas da vagoneta, e das cargas exercidas pelas telhas. Para um correto dimensionamento, os cálculos foram realizados com base na carga máxima possível atuante sobre a vagoneta.

4. METODOLOGIA

4.1 CARGAS ATUANTES

4.1.1 Cargas permanentes

São as cargas exercidas pelas estruturas metálicas, ou seja, o peso total de
todas as peças da vagoneta.

4.1.2 Cargas variáveis

São as cargas exercidas pelos efeitos extras atuantes na estrutura, ou
seja, as forças que serão transportadas, que podem variar de peso, tamanho e
quantidade.

4.1.3 Maiorção das cargas atuantes

Para uma maior segurança, após a determinação das cargas atuantes, estas
devem ser majoradas, de forma a garantir que a estrutura dimensionada resista
perfeitamente a um eventual aumento das forças atuantes, evitando assim falhas
tais como flexão, cisalhamento e flambagem por uma possível mudança com
ampliação das cargas atuantes.

Essa maiorção de cargas é feita através do coeficiente de segurança de
acordo com o esforço atuante (permanente ou variável).

4.2 DIMENSIONAMENTO DA VIGA DE BASE DA VAGONETA

A viga de base da vagoneta é a peça que suporta o somatório das cargas
exercidas por todas as peças metálicas da vagoneta, e das cargas exercidas pelas
folhas. Para um correto dimensionamento, os cálculos foram realizados com base na
carga máxima possível atuante sobre a vagoneta.

O dimensionamento de base da vagoneta se deu através da escolha do tipo de telha. Foi escolhida a telha do tipo romana, por conter o peso maior que a do tipo portuguesa, ou seja, concluindo que se a base da vagoneta suporta o peso das telhas escolhidas para base de cálculo, o seu dimensionamento será tido como satisfatório, significando que o perfil escolhido também suportará o outro tipo de telha estudada.

A telha romana, escolhida para o dimensionamento, apresenta as seguintes características:

Dimensão → 39 x 22 cm

Peso → 2,260 kg/unidade

Para início dos cálculos de dimensionamento, foi preciso determinar todas as cargas atuantes sobre a base da vagoneta, tais como a carga permanente e a carga variável.

Para determinação da carga permanente, foi considerado o peso próprio total das peças atuantes na base da vagoneta.

Para a carga variável, considerou-se o número de telhas e o peso de cada uma. Divide-se o peso total determinado pela dimensão do vão da peça dimensionada, obtendo assim a carga variável total para o perfil determinado.

Carga Variável = (nr. de telhas x peso da telha) / vão do perfil

Por medidas de segurança, as cargas determinadas devem ser majoradas, ou seja, ampliadas em porcentagem de acordo com sua equivalência. De acordo com a NBR 8800, as cargas permanentes apresentam coeficiente de segurança igual a 1,3 (ampliadas em 30% do seu valor real). Já as cargas variáveis apresentam coeficiente de segurança igual a 1,4 (ampliadas em 40% do seu valor real).

Com a majoração considerada, a carga total atuante para a peça considerada, apresenta-se na equação:

$$Q = 1,3.QP + 1,4.QV$$

Onde,

Q = carga total

QP = carga permanente

QV = carga variável

O dimensionamento de base de vagões se dá através da escolha do tipo de telha. Foi escolhida a telha do tipo romana, por conter o peso maior que a do tipo portuguesa ou seja, concludo que se a base de vagões suportar o peso das telhas escolhidas para base de cálculo o seu dimensionamento será tão como satisfatório, significando que o perfil escolhido também suportará o outro tipo de telha estudada.

A telha romana escolhida para o dimensionamento, apresenta as seguintes

características:

Dimensão $\rightarrow 39 \times 22 \text{ cm}$

Peso $\rightarrow 2,280 \text{ kg/unidade}$

Para início dos cálculos de dimensionamento, foi preciso determinar todas as cargas atuantes sobre a base de vagões, tais como a carga permanente e a carga variável.

Para determinação da carga permanente, foi considerado o peso próprio total das peças situadas na base de vagões.

Para a carga variável, considerou-se o número de telhas e o peso de cada uma. Divide-se o peso total determinado pela dimensão do vão da peça dimensionada, obtendo assim a carga variável total para o perfil determinado.

$\text{Carga Variável} = (\text{n.º de telhas} \times \text{peso da telha}) / \text{vão do perfil}$

Por medidas de segurança, as cargas determinadas devem ser majoradas ou seja, ampliadas em percentagem de acordo com sua evidência. De acordo com a NBR 8800, as cargas permanentes apresentam coeficiente de segurança igual a 1,3 (ampliadas em 30% do seu valor real), já as cargas variáveis apresentam coeficiente de segurança igual a 1,4 (ampliadas em 40% do seu valor real).

Com a majoração considerada, a carga total atuante para a peça considerada, apresenta-se na equação.

$$Q = 1,3.QP + 1,4.QV$$

Onde:

Q = carga total

QP = carga permanente

QV = carga variável

Com as cargas determinadas, foram calculados os esforços solicitantes máximos para a base da vagoneta, tais como o esforço do cortante máximo e do momento máximo para a peça considerada.

O cálculo do cortante se dá pela seguinte equação:

$$V_{sd} = (Q \cdot l) / 2$$

Onde,

V_{sd} = esforço cortante solicitante

Q = carga total

l = vão da base da vagoneta

O cálculo do momento se dá pela seguinte equação:

$$M_{sd} = (Q \cdot l^2) / 8$$

Onde,

M_{sd} = esforço do momento solicitante

Q = carga total

l = vão da base da vagoneta

Com os esforços solicitantes determinados, teve início o cálculo dos esforços resistentes da peça componente da base da vagoneta.

De acordo com a NBR 8800, o momento resistente do perfil se dá pela seguinte equação:

$$M_{rd} = 0,9 \cdot W_t \cdot f_y$$

Onde,

M_{rd} = momento resistente da peça

W_t = módulo de resistência referido ao bordo da peça

f_y = tensão de escoamento do aço

Com as cargas determinadas, foram calculados os esforços solicitantes máximos para a base da vagoneta, tais como o esforço de cortante máximo e do momento máximo para a peça considerada.

O cálculo do cortante se dá pela seguinte equação:

$$V_{sd} = (Q \cdot l) / 2$$

Onde:

V_{sd} = esforço cortante solicitante

Q = carga total

l = vão da base da vagoneta

O cálculo do momento se dá pela seguinte equação:

$$M_{sd} = (Q \cdot l^2) / 8$$

Onde:

M_{sd} = esforço de momento solicitante

Q = carga total

l = vão da base da vagoneta

Com os esforços solicitantes determinados, teve início o cálculo das estruturas existentes na peça componente da base da vagoneta. De acordo com a NBR 8800, o momento resistente do perfil se dá pela seguinte equação:

$$M_{rd} = 0,9 \cdot W_{pl,y} \cdot f_y$$

Onde:

M_{rd} = momento resistente da peça

W_{pl} = módulo de resistência referido ao bordo da peça

f_y = tensão de escoamento do aço

4.3 DIMENSIONAMENTO DA CANTONEIRA

O dimensionamento da cantoneira da vagoneta teve início também na escolha do tipo de telha. Assim como na base, também foi escolhida a telha do tipo romana, buscando novamente a maior carga possível para a estrutura.

Para início dos cálculos de dimensionamento, foi preciso determinar todas as cargas atuantes sobre a cantoneira, tais como a carga permanente e a carga variável.

Para determinação da carga permanente, foi considerado o peso próprio total das peças atuantes em cada cantoneira da vagoneta.

Para a carga variável, considerou-se o número de telhas e o peso de cada telha. Divide-se o peso total determinado pela dimensão do vão da peça dimensionada, obtendo assim a carga variável total para o perfil determinado.

$$\text{Carga Variável} = (\text{nr. de telhas} \times \text{peso da telha}) / \text{vão do perfil}$$

Por medidas de segurança, as cargas determinadas devem ser majoradas, ou seja, ampliadas em porcentagem de acordo com sua equivalência. De acordo com a NBR 8800, as cargas permanentes apresentam coeficiente de segurança igual a 1,3 (ampliadas em 30% do seu valor real). Já as cargas variáveis apresentam coeficiente de segurança igual a 1,4 (ampliadas em 40% do seu valor real).

Com a majoração considerada, a carga total atuante para a peça considerada, segue a seguinte equação:

$$Q = 1,3.QP + 1,4.QV$$

Onde,

Q = carga total

QP = carga permanente

QV = carga variável

Com as cargas determinadas, foram calculados os esforços solicitantes máximos para a cantoneira da vagoneta, tais como o esforço do cortante máximo e do momento máximo para a peça considerada.

O cálculo do cortante se dá pela seguinte equação:

4.2 DIMENSIONAMENTO DA CANTONEIRA

O dimensionamento da cantoneira da vagoneta teve início também na escolha do tipo de linha. Assim como na base, também foi escolhida a faixa de linha, buscando novamente a maior carga possível para a estrutura.

Para início dos cálculos de dimensionamento, foi preciso determinar todas as cargas atuantes sobre a cantoneira, tais como a carga permanente e a carga variável.

Para determinação da carga permanente, foi considerado o peso próprio total das peças atuantes em cada cantoneira da vagoneta.

Para a carga variável, considerou-se o número de telhas e o peso de cada telha. Divide-se o peso total determinado pela dimensão do vão da peça dimensionada, obtendo assim a carga variável total para o perfil determinado.

$$\text{Carga Variável} = (\text{n.º de telhas} \times \text{peso da telha}) / \text{vão do perfil}$$

Por medidas de segurança, as cargas determinadas devem ser multiplicadas por seja ampladas em porcentagem de acordo com sua relevância. De acordo com a NBR 8800, as cargas permanentes apresentam coeficiente de segurança igual a 1,3 (ampladas em 30% do seu valor real), já as cargas variáveis apresentam coeficiente de segurança igual a 1,4 (ampladas em 40% do seu valor real).

Com a majoração considerada, a carga total atuante para a peça considerada segue a seguinte equação:

$$Q = 1,3.QP + 1,4.QV$$

Onde:

Q = carga total

QP = carga permanente

QV = carga variável

Com as cargas determinadas, foram calculadas as ações solicitantes máximas para a cantoneira da vagoneta, tais como o esforço do cortante máximo e o momento máximo para a peça considerada.

O cálculo do cortante se dá pela seguinte equação:

$$V_{sd} = (Q \cdot l) / 2$$

Onde,

V_{sd} = esforço cortante solicitante

Q = carga total

l = vão da cantoneira da vagoneta

O cálculo do momento se dá pela seguinte equação:

$$M_{sd} = (Q \cdot l^2) / 8$$

Onde,

M_{sd} = esforço do momento solicitante

Q = carga total

l = vão da cantoneira da vagoneta

Com os esforços solicitantes determinados, teve início o cálculo dos esforços resistentes da peça da cantoneira da vagoneta.

De acordo com a NBR 8800, o momento resistente do perfil se dá pela seguinte equação:

$$M_{rd} = 0,9 \cdot W_t \cdot f_y$$

Onde,

M_{rd} = momento resistente da peça

W_t = módulo de resistência referido ao bordo da peça

f_y = tensão de escoamento do aço

Wt = módulo de elasticidade transversal

12

$$\begin{array}{r} 61 \\ \times 52 \\ \hline 122 \\ 305 \\ \hline 3172 \end{array}$$

5. RESULTADOS

5.1 DIMENSIONAMENTO DA VIGA DE BASE DA VAGONETA

Para o cálculo do dimensionamento da viga de base da vagoneta foi utilizada a telha romana, mostrada na figura 14, uma vez que esta será o produto mais pesado transportado pela vagoneta.



Figura 14 – Telha Romana. Fonte: <http://www.telhados.srv.br/tiposdetelhas.htm>

- Dimensões da telha: 39 cm x 22 cm
- Massa: 2,260 Kg/unidade

→ Carga permanente:

Peso Próprio Total:

Número de Cantoneiras: 52 de Perfil L 64 x 64 x 6,3

h x h mm	h mm	t _o mm	c mm	Peso kg/m	Área cm ²	I _x = I _y cm ⁴	W _x = W _y cm ³	i _x = i _y cm	i _z mín cm	i _z máx cm	x _g = y _g cm
64 X 64	63,5	6,3	12,7	6,1	7,68	29,1	6,4	1,95	1,24	2,45	1,83
64 X 64	63,5	7,9	14,3	7,4	9,48	35,4	7,8	1,93	1,24	2,43	1,88
64 X 64	63,5	9,5	15,9	8,8	11,16	40,8	9,1	1,91	1,22	2,41	1,93
76 X 76	76,2	7,9	15,9	9,1	11,48	62,4	11,6	2,33	1,50	2,94	2,21
76 X 76	76,2	9,5	17,5	10,7	13,61	74,9	14,0	2,35	1,47	2,92	2,26
76 X 76	76,2	11,11	19,1	12,4	15,68	83,3	15,7	2,30	1,47	2,91	2,31
76 X 76	76,2	12,7	20,6	14	17,74	91,6	17,5	2,27	1,47	2,86	2,36

Quadro 2: Cantoneiras de Abas Iguais (64 a 102 mm). Adaptado: (Walter Pful. Michile Pfeil) Estruturas de Aço, dimensionamento prático, 7ª edição atualizada.

O peso da cantoneira por metro está descrito no quadro 2 e, multiplicando pelo número de cantoneiras de 1m, temos o peso total das cantoneiras.

5. RESULTADOS

5.1 DIMENSIONAMENTO DA VIGA DE BASE DA VAGONETA

Para o cálculo do dimensionamento da viga de base da vagoneta foi utilizada a telha romana, mostrada na figura 14, uma vez que esta será o produto mais pesado transportado pela vagoneta.

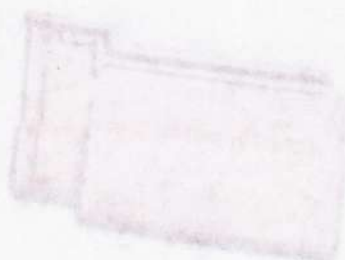


Figura 14 – Telha Romana. Fonte: <http://www.telhasoservipriocadtelhas.htm>

- Dimensões da telha: 39 cm x 22 cm
- Massa: 2,260 kg/unidade

→ Carga permanente:

Peso Próprio Total:

Número de Cantoneiras: 52 de Perfil L 64 x 64 x 6,3

h x b mm	h mm	b mm	e mm	Peso kg/m	Área cm²	$I_x = I_y$ cm⁴	$W_x = W_y$ cm³	$I_x = I_y$ cm⁴	$W_x = W_y$ cm³	$I_{xx} = I_{yy}$ cm⁴	$W_{xx} = W_{yy}$ cm³
64x64	63,5	63,5	12,7	6,1	7,98	26,7	8,4	1,86	1,24	2,45	1,83
64x64	63,5	79	14,3	7,4	9,48	36,4	7,8	1,83	1,34	2,48	1,88
64x64	63,5	95	15,9	8,8	11,16	48,8	9,1	1,91	1,32	2,41	1,93
76x76	75,2	75,2	15,9	9,1	11,48	62,4	11,8	2,33	1,50	2,94	2,21
76x76	75,2	95	17,5	10,7	13,61	74,9	14,0	2,35	1,47	2,85	2,26
76x76	75,2	111	19,1	12,4	15,88	83,3	15,7	2,30	1,47	2,91	2,31
76x76	75,2	127	20,8	14	17,74	91,8	17,5	2,27	1,47	2,98	2,36

Quadro 2: Cantoneiras de Abas Iguais (64 a 102 mm). Adaptado (Walter Pflü, Michèle Pfeil). Estruturas de Aço, dimensionamento prático, 7ª edição atualizada.

O peso da cantoneira por metro está descrito no quadro 2 e, multiplicando pelo número de cantoneiras de 1m, temos o peso total das cantoneiras.

O quadro 3 mostra as propriedades de chapas de aço 1010, que utilizará nos cálculos a seguir.

Bitola MSG	Espessura mm	Peso aproximado kg/m ²
30	0,30	2,40
28	0,38	3,04
26	0,45	3,60
24	0,60	4,80
22	0,75	6,00
20	0,90	7,20
19	1,06	8,48
18	1,20	9,60
16	1,50	12,00
14	1,90	15,20
13	2,25	18,00
12	2,65	21,20

Quadro 3: Propriedades de chapas de AÇO 1010. Fonte: www.refalaco.com.br/index2.htm

Peso total das cantoneiras: $6,1 \text{ Kg/m} \times 52 = \mathbf{317,2 \text{ Kg}}$

Peso total das cantoneiras: $6,1 \text{ Kg/m} \times (2 \times 1812,7) / 1000 = \mathbf{22,115 \text{ Kg}}$

(item 4 da LM).

Peso total das cantoneiras: $6,1 \text{ Kg/m} \times (4 \times 1693,65) / 1000 = \mathbf{41,325 \text{ Kg}}$

(item 5 da LM).

Peso total da viga "U": $6,1 \text{ Kg/m} \times (4 \times 1800) / 1000 = \mathbf{43,92 \text{ Kg}}$

(item 1 da LM).

Peso total da viga "U": $6,1 \text{ Kg/m} \times 4 = \mathbf{24,4 \text{ Kg}}$

(item 2 da LM).

Peso total da viga "U": $6,1 \text{ Kg/m} \times (2 \times 1693,65) / 1000 = \mathbf{20,66 \text{ Kg}}$

(item 6 da LM).

Número de gavetas: 26 gavetas

- O peso aproximado de 12 Kg/m² abaixo, foi retirado do quadro 3 acima.

$$12 \text{ kg/m}^2 \times 0,785 \text{ m}^2 \text{ (área da chapa da gaveta)} \times 26 \times 1 = 244,92 \text{ Kg}$$

(item 11 da LM).

$$\text{Peso Próprio Total} = 317,2 + 22,115 + 41,352 + 43,92 + 24,4 + 20,66 + 244,92.$$

$$\text{Peso Próprio Total} = 714,567 \text{ Kg}$$

$$V_{sd} = (Q \times l) / 2$$

$$\text{Peso Próprio Total} / 2 = 357,39 \text{ Kg}$$

$$357,39 \text{ kg} / 1,1 \text{ m (vão entre os apoios)} = 324,90 \text{ Kg/m} = 3,70 \text{ KN/m}$$

* LM - Lista de material do desenho no fim deste trabalho.

→ Carga variável:

Para cada gaveta serão transportadas 8 telhas. Multiplicando o número de gavetas (26) pela quantidade de telha transportada por gaveta, temos a capacidade total de telhas da vagoneta:

$$\text{Capacidade Total de Telhas: } 8 \times 26 = 208 \text{ telhas}$$

$$\text{Peso Total das Telhas: } 208 \times 2,260 \text{ (peso da telha)} = 470,08 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso Total das Telhas} / 2 = 235,04 \text{ Kg}$$

$$235,04 \text{ Kg} / 1,0 \text{ (vão da gaveta)} = 235,04 \text{ Kg/m} = 2,68 \text{ KN/m}.$$

→ Majorações das cargas atuantes: (30% para cargas permanentes e 40% para cargas variáveis).

$$Q = (1,3 \times \text{carga permanente}) + (1,4 \times \text{carga variável})$$

$$Q = 1,3 \times 3,7 + 1,4 \times 2,68$$

$$Q = 8,56 \text{ KN/m}$$

→ Esforços solicitantes máximos de cálculo:

Cortante:

$$V_{sd} = Q \times l / 2$$

$$V_{sd} = 8,56 \times 1,1 \text{ (vão da base)} / 2$$

$$V_{sd} = 4,71 \text{ KN}$$

Momento

$$M_{sd} = Q \times l^2 / 8$$

$$M_{sd} = 8,56 \times 1,1^2 / 8$$

$$M_{sd} = 1,30 \text{ KN.m}$$

→ Esforços Resistente de Cálculo:

Perfil usado para base – Perfil U 76 x 35,8 x 4,32

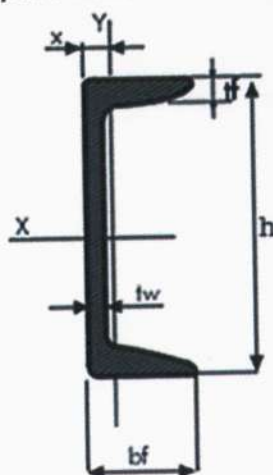
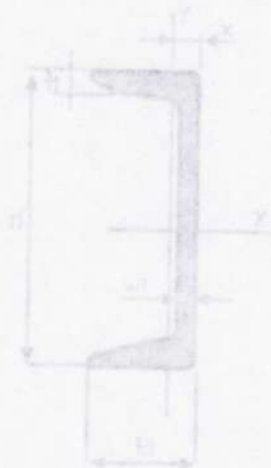


Figura 15: Perfil U Fonte: <http://www.favcomercial.com.br>.

Dados retirados do quadro 4 a seguir:

Dados retirados do quadro 4 a seguir

Figura 18: Perfil U Fonte: <http://www.favcomercial.com.br>



Perfil usado para base = Perfil U 75 x 35,8 x 4,32

→ Esforços Resistentes de Cálculo:

$$M_{ed} = 1,30 \text{ kN.m}$$

$$M_{ed} = 8,56 \times 1,12 \times 1,8$$

$$M_{ed} = 0 \times 1,8$$

Momento

$$V_{ed} = 4,71 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 8,56 \times 1,1 \text{ (vão da base) } \times 1,2$$

$$V_{ed} = 0 \times 1,2$$

Cortante

→ Esforços sollicitantes máximos de cálculo:

h x peso mm x kg/m	h mm (pol)	h ₀ , c, t _f mm	t ₀ mm	b mm	Área cm ²	h/t _f l/cm	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	x _g cm
76X6,1	76,2 (3")	62,4	4,32	35,8	7,78	3,06	68,9	18,1	2,98	8,2	3,32	1,03	1,11
76X7,4		15,9	6,55	38,0	9,48	2,89	77,2	20,3	2,85	10,3	3,82	1,04	1,11
76X8,9		6,9	9,04	40,5	11,4	2,71	86,3	22,7	2,75	12,7	4,39*	1,06	1,16
102X8,0	101,6 (4")	86,6	4,57	40,1	10,1	3,37	159,5	31,4	3,97	13,1	4,61	1,14	1,16
102X9,3		15,9	6,27	41,8	11,9	3,24	174,4	34,3	3,84	15,5	5,10	1,14	1,15
102X10,8		7,5	8,13	43,7	13,7	3,10	190,6	37,50	3,73	18,0	5,61	1,15	1,17
152X12,2	152,4 (6")	135,0	5,1	48,8	15,50	3,59	546	71,7	5,94	28,8	8,06	1,36	1,30
152X15,6		19,1	7,98	51,7	19,9	3,39	632	82,9	5,63	36,0	9,24	1,34	1,27
152X19,4		8,7	11,1	54,8	24,7	3,19	724	95,0	5,42	43,9	10,5	1,33	1,31
152X23,1			14,2	57,9	29,4	3,03	815	107,0	5,27	52,4	11,9	1,33	1,38

Quadro 4: Perfis U. Fonte: Walter Pful. Michile Pfeil Estruturas de Aço, dimensionamento prático, 7ª edição atualizada.

Peso = 6,1 Kg/m

t₀ = 4,32 mm – espessura da chapa

b = 35,8 mm – largura da chapa

h = 76 mm – altura da chapa

Área da seção = 7,78 cm²

I_x = 68,9 cm⁴

W_x = 18,1 cm³

i_x = 2,98 cm

I_y = 8,20 cm⁴

W_y = 3,32 cm³

i_y = 1,03 cm

x_t = x_g = y_t = 1,11 cm

W_t = I_y / y_t = 8,20 cm⁴ / 1,11 cm = 7,38 cm³

$$W_x = I_y \cdot y_t = 8,20 \text{ cm}^4 \cdot 1,11 \text{ cm} = 9,11 \text{ cm}^5$$

$$x_t = x_g = y_t = 1,11 \text{ cm}$$

$$I_y = 1,03 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 3,32 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 8,20 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 2,98 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 18,1 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 68,9 \text{ cm}^4$$

$$\text{Área da seção} = 7,78 \text{ cm}^2$$

$$h = 76 \text{ mm} - \text{altura da chapa}$$

$$b = 35,8 \text{ mm} - \text{largura da chapa}$$

$$t = 4,32 \text{ mm} - \text{espessura da chapa}$$

$$\text{Peso} = 0,1 \text{ Kg/m}$$

Quadro 4: Perfil U. Fonte: Walter Pölz, *Mitteleuropäische Stahl- und Eisenbauhandbuch*, 7.ª edição atualizada.

h x peso mm x kg/m	h mm (pol)	I _x C _x mm ⁴	I _y mm ⁴	b mm	Área cm ²	I _{xy} mm ⁴	W _x cm ³	I _x cm ⁴	W _y cm ³	I _y cm ⁴	I _{xy} cm ⁴	W _x cm ³	I _x cm ⁴	W _y cm ³	I _y cm ⁴	h cm	I _x cm ⁴
76 x 8,1	76,2	62,4	4,32	36,8	7,78	3,08	68,9	18,1	2,98	8,2	3,32	3,32	1,03	1,03	1,03	1,11	1,11
76 x 7,4	76,2	62,4	4,32	36,8	7,78	3,08	68,9	18,1	2,98	8,2	3,32	3,32	1,03	1,03	1,03	1,11	1,11
76 x 6,9	76,2	62,4	4,32	36,8	7,78	3,08	68,9	18,1	2,98	8,2	3,32	3,32	1,03	1,03	1,03	1,11	1,11
102 x 8,0	101,6	102,8	10,2	41,8	10,2	3,32	102,8	24,3	3,84	10,2	4,61	4,61	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
102 x 7,3	101,6	102,8	10,2	41,8	10,2	3,32	102,8	24,3	3,84	10,2	4,61	4,61	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
102 x 6,8	101,6	102,8	10,2	41,8	10,2	3,32	102,8	24,3	3,84	10,2	4,61	4,61	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
152 x 12,2	152,4	152,4	15,2	51,7	15,2	3,99	152,4	31,7	4,88	15,2	5,79	5,79	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
152 x 11,6	152,4	152,4	15,2	51,7	15,2	3,99	152,4	31,7	4,88	15,2	5,79	5,79	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
152 x 10,4	152,4	152,4	15,2	51,7	15,2	3,99	152,4	31,7	4,88	15,2	5,79	5,79	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
152 x 9,1	152,4	152,4	15,2	51,7	15,2	3,99	152,4	31,7	4,88	15,2	5,79	5,79	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30

→Momento Resistente do Perfil

$$M_{rd} = 0,9 \times W_t \times f_y = 0,9 \times 7,38 \times 180$$

$$M_{rd} = 1195,56 \text{ KN.cm} = \mathbf{11,95 \text{ KN.m}}$$

$$\mathbf{11,95 \text{ KN.m} > 1,30 \text{ KN.m}}$$

$M_{rd} > M_{sd} \rightarrow$ o resultado é satisfatório !

5.2 DIMENSIONAMENTO DA CANTONEIRA

- Dimensões da telha: 39 cm x 22 cm
- Massa: 2,260 Kg/unidade

→Dimensão da gaveta

$$A = (0,785 \text{ m} \times 1,00 \text{ m})$$

$$A = 0,785 \text{ m}^2$$

→Número de telhas por gaveta: 8 telhas por gaveta

Carga variável:

→Peso da telha para cada gaveta:

Peso da telha para cada gaveta: $8 \times 2,260 = 18,08 \text{ Kg} / 0,798 \text{ m}$ (vão da cantoneira) = $22,65 \text{ Kg/m} = \mathbf{0,258 \text{ KN/m}}$ → Peso máximo possível de telhas.

Carga Permanente:

→Peso dos Perfis

Cantoneira transversal = **6,1 Kg/m**

2 cantoneiras longitudinais = $2 \times 6,1 \text{ Kg/m} = 12,2 \text{ Kg/m}$

Chapa de aço 1010 (gaveta) = $12 \text{ Kg/m}^2 \times 1 \text{ m (vão)} = 12 \text{ Kg/m}$

Peso Total = $(6,1 + 12,2 + 12) \text{ Kg/m} = 30,3 \text{ Kg/m} = 0,345 \text{ KN/m}$

→ Majoração das Cargas Atuantes

$Q = 1,3 \times \text{carga permanente} + 1,4 \text{ carga variável}$

$Q = 1,3 \times 0,345 + 1,4 \times 0,258$

$Q \cong 0,81 \text{ KN/m}$

→ Esforços Solicitantes Máximos de Cálculo:

Cortante:

$V_{sd \text{ max}} = Q \times l / 2$

$V_{sd \text{ max}} = (0,81 \times 1,0) / 2 = 0,4 \text{ KN}$

Momento:

$M_{sd \text{ max}} = Q \times l^2 / 8 = (0,81 \times 1,0^2) / 8$

$M_{sd} \cong 0,10 \text{ KN/m}$

→ Esforços Resistente de Cálculo

Os dados para o cálculo abaixo foram extraídos do quadro 2.

Perfil L soldada em Aço 1020

64 x 64 x 6,3 mm – Cantoneira de abas iguais

Area da seção = $7,68 \text{ cm}^2$

Peso = $6,1 \text{ Kg/m} \times 3 (2 \text{ cantoneiras} + 1 \text{ gaveta}) = 0,197 \text{ KN/m}$

Os dados abaixo foram retirados do quadro 2.

$I_x = I_y = 29,1 \text{ cm}^4$

$W_x = W_y = 6,4 \text{ cm}^3$

$$i_x = i_y = 1,95 \text{ cm}$$

$$i_z = 1,24 \text{ cm}$$

$$i_{\max} = 2,45 \text{ cm}$$

$$x_t = y_t = 1,83 \text{ cm}$$

$$W_t = I_y / Y_t = 29,1 \text{ cm}^4 / 1,83 \text{ cm} = 15,90 \text{ cm}^3$$

→ Momento Resistente do Perfil

$$M_{rd} = 0,9 \times W_t \times f_y = 0,9 \times 15,9 \times 180$$

$$M_{rd} = 2575,80 \text{ KNcm} = 25,75 \text{ KNm}$$

$M_{rd} > M_{sd} \rightarrow$ resultado foi satisfatório

$25,75 \text{ KN m} > 0,10 \text{ KN m} -$ Perfil resistente aos esforços atuantes.

$$i_x = i_y = 1,92 \text{ cm}$$

$$i_z = 1,24 \text{ cm}$$

$$i_{max} = 2,45 \text{ cm}$$

$$x_t = y_t = 1,83 \text{ cm}$$

$$W_t = i_y \sqrt{A} = 29,1 \text{ cm}^3, 1,83 \text{ cm} = 15,90 \text{ cm}^3$$

→ Momento Resistente do Perfil

$$M_{rd} = 0,9 \times W_t \times f_y = 0,9 \times 15,9 \times 180$$

$$M_{rd} = 2575,80 \text{ KNcm} = 25,75 \text{ KNm}$$

$M_{rd} > M_{sd}$ → resultado foi satisfatório

25,75 KN m > 0,10 KN m – Perfil resistente aos esforços atuantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu em dimensionar uma vagoneta para transportar telhas do tipo romana e do tipo portuguesa, para isso foi feita uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa de campo, onde escolhemos o aço SAE 1020 para ser utilizado na estrutura da vagoneta, pois foi o aço que apresentou a melhor relação custo x benefício.

Material

- O material a ser escolhido foi o aço 1020, por conter características mecânicas necessárias para atuação no equipamento.

Dimensionamento

Dimensionamento da viga de base da vagoneta

- O resultado obtido para o dimensionamento da viga de base foi de $M_{sd} = 1,30 \text{ KN/m}$ e $M_{rd} = 11,95 \text{ KN/m}$. O valor de M_{rd} tem que ser $> M_{sd}$ para que o resultado seja satisfatório.

Dimensionamento da cantoneira

- O resultado obtido para o dimensionamento da cantoneira foi de $M_{sd} = 0,10 \text{ KN/m}$ e $M_{rd} = 25,75 \text{ KN/m}$. O valor de M_{rd} tem que ser $> M_{sd}$ para que o resultado seja satisfatório.

Com isso, o dimensionamento da vagoneta usando o modelo da telha romana, teve um resultado satisfatório. Com este equipamento haverá uma maior rapidez na fabricação das telhas, aumentando assim a satisfação dos trabalhadores, clientes e empresários.

No quesito segurança, também houve um grande ganho, pois a vagoneta é totalmente estável, com capacidade de carregar as telhas sem deixá-las cair ou soltar fragmentos, mantendo assim a limpeza e arrumação do ambiente de trabalho.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para trabalhos futuros um sistema automatizado para a movimentação da vagoneta, propondo atender uma olaria que tenha uma linha de produção automatizada facilitando o meio de transporte dos produtos de fabricação (telhas).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Anuário Brasileiro de Cerâmica 2002. São Paulo: 2002. 194p.

ABCERAM. Disponível em: www.abceram.com.br. Acesso em: 27 jan. 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8800 – Projeto e Execução de Estruturas de Aço, Rio de Janeiro.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Blocos Cerâmicos - Manual técnico. Porto Alegre: 2000. 4p. (a)

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Telhas Cerâmicas- Manual técnico. Porto Alegre: 2000. 4p. (b)

BSI – BRITISH STANDARD INSTITUTION. BS 3921: British Standard Specification for clay bricks. Londres: BSI, 1985.

CENTRO CERÂMICO DO BRASIL. Critérios do check List para avaliação de telhas cerâmicas, São Paulo, 2001.

CHAPA DE AÇO 1010: Disponível em: <http://refalaco.com.br/index2.htm>. Acesso em: 31 ago. 2010.

CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

Disponível em: <http://www.anfacer.org.br/principal.aspx?tela=ucTelaConteudos&idMenu=92>. Acesso em: 25 ago. 2010

Disponível em: <http://www.lajoteiro.com.br/telha-portuguesa/> Acesso em: 24 nov. 2010.

Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT102-Aula02.pdf> Acesso em: 05 ago. 2010.

Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/telha.asp>. Acesso em: 24 nov. 2010.

ESTOCAGEM A CÉU ABERTO Disponível em: <http://www.mercancia.com.br/produtos/1962> Acesso em: 07 ago. 2010.

FONSECA, J. F.; FERNÁNDEZ, T. H.; BERNARDIN, A. M. Manual para a produção de cerâmica vermelha. Florianópolis: UFSC/SEBRAE, 1994, 81 f.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Anuário Brasileiro de Cerâmica 2002. São Paulo: 2002. 194p.

ABCEAM. Disponível em: www.abceam.com.br. Acesso em: 27 jan. 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8800 - Projeto e Execução de Estruturas de Aço, Rio de Janeiro.

ANICER - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Blocos Cerâmicos - Manual técnico. Porto Alegre: 2000. 4p. (a)

ANICER - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Telhas Cerâmicas - Manual técnico. Porto Alegre: 2000. 4p. (b)

BSI - BRITISH STANDARD INSTITUTION. BS 3921: British Standard Specification for clay bricks. Londres: BSI, 1985.

CENTRO CERÂMICO DO BRASIL. Critérios do check list para avaliação de telhas cerâmicas. São Paulo: 2001.

CHAPA DE AÇO 1010. Disponível em: <http://refalaco.com.br/index2.htm>. Acesso em: 31 ago. 2010.

CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

Disponível em: <http://www.anicet.org.br/principal.aspx?rela=0> em: 25 ago. 2010.

TelaConteudo&idMenu=92. Acesso em: 25 ago. 2010.

Disponível em: <http://www.lajoleiro.com.br/telha-portuguesa/>. Acesso em: 24 nov. 2010.

Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinas/lan/AT102-Aula02.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2010.

Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidorprodutos/telha.asp>. Acesso em: 24 nov. 2010.

ESTOCAGEM A CÉU ABERTO. Disponível em: <http://www.mercancia.com.br/produtos/1962>. Acesso em: 07 ago. 2010.

FONSECA, J. F.; FERNÁNDEZ, T. H.; BERNARDIN, A. M. Manual para a produção de cerâmica vermelha. Florianópolis: UFSC/EEBRAE, 1994. 81 p.

GOMES, C. F. Argilas o que são e para que servem. Lisboa: Fundação Cal Gulbenkian, 1988. 457 f.

JAZIDA DE ARGILA: Disponível em: <http://www.coladaweb.com/geografia/xisto-betuminoso> .Acesso em: 11 nov. 2010.

LabTermo. Disponível em: <http://www.labtermo.ufsc.br/siteLabCET/Projetos/PMC73.htm>. Acesso em: 05 ago. 2010.

Laminador e Misturador. Fonte: [www.mssouza.com.br/?q=produtos/cerâmica](http://www.mssouza.com.br/?q=produtos/ceramica). Acesso em: 05 dez. 2010.

LATTES, G. Em busca da produtividade. Revista Mundo Cerâmico. São Paulo, Ano II, Número 12-A, 1994.

Metals Handbook, 1981, 9 ed, v. 4, Heat Treating; American Society for Metals Park Ohio 44073.

MOTTA, J. F. M.; ZANARD, A; CABRAL JÚNIOR, M. As matérias-primas cerâmica. Parte I. O perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. Cerâmica industrial, v. 6 n. 2, março / abril. São Paulo, 2001.

NORTON, F. H. Introdução à tecnologia cerâmica, tradução de Jefersson Vieira de Souza. São Paulo: Edgar Blucher, 1973. 324 f.

PICCHI, F.A.; AGOPYAN, V. Sistemas da qualidade na construção de edifícios. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/104. 24p. São Paulo, EPUSP, 1993.

Rolamento de esferas (NSK rolamento). Fonte: www.nsk.com.br. Acesso em: 05 dez. 2010.

SANTA APOLONIA METALÚRGICA. Disponível em: < <http://www.santapolonia.net/> >. Acesso em 05 dez. 2010.

SANTOS, Pêrsio de Souza. Ciência e tecnologia de argilas, 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Blücher, 1989.

SENAI. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Brasil, 2006. Disponível em :< <http://www.sbrt.ibict.br> >. Acesso em: 10 nov 2010.

TAPIA, R.S.E.C. et al. Manual para a Indústria de cerâmica vermelha Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, 2002. 92 p. (Série uso eficiente de energia)

Telha Cerâmica. Disponível em: <http://www.telhaceramica.com.br/> . Acesso: 11 set. 2010.

Terra Cerâmica. Disponível em: <http://www.felherceramica.com.br>. Acesso: 11 set. 2010.

SEBRAERJ. 2002. 92 p. (Série uso eficiente de energia)
TAPIA, R S E C. et al. Manual para a indústria de cerâmica vermelha Rio de Janeiro
SENAI Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Brasil, 2006. Disponível em: <
<http://www.sbt.rj.gov.br>> Acesso em: 10 nov. 2010.

SANTOS, Pêriso de Souza. Ciência e tecnologia de argilas. 2. ed. rev. e ampl. São
Paulo: Blücher, 1989.

> Acesso em 05 dez. 2010.
SANTA APOLÔNIA METALÚRGICA. Disponível em: < <http://www.santapolonia.net/>

dez. 2010.
Rolamento de esteiras (NSK rolamento). Fonte: www.nsk.com.br. Acesso em: 05

de Engenharia de Construção Civil. BT/PC/04. 24p. São Paulo, EPUSP, 1993.
Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento
PICCHI, F.A.; AGOPYAN, V. Sistemas de qualidade na construção de edifícios.

São Paulo: Edgar Blücher, 1973. 324 f.

Souza.

NORTON, F. H. Introdução à tecnologia cerâmica, tradução de Jefferson Vieira de

industrial, v. 6 n. 2, março / abril. São Paulo, 2001.
Parte I. O perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos. Cerâmica
MOTTA, J. F. M.; ZANARDI, A. CABRAL JÚNIOR, M. As matérias-primas cerâmicas.

Ohio 44073.

Metals Handbook, 1981. 9 ed, v. 4. Heat Treating; American Society for Metals Park

II, Número 12-A, 1994.

LATTES, G. Em busca da produtividade. Revista Mundo Cerâmico. São Paulo, Ano

Acesso em 05 dez. 2010.

Laminador e Misturador. Fonte: www.mssouza.com.br/?p=produtos/ceramica.

CETIP/Projeto/PMC73.htm. Acesso em: 05 ago. 2010.

LabTermo. Disponível em:

<http://www.labtermo.ufsc.br/labtermo.asp>

betuminoso. Acesso em: 11 nov. 2010.
JAZIDA DE ARGILA. Disponível em: <http://www.coladaweb.com/geografia/xisito->

Gulbenkian, 1988. 457 f.

GOMES, C. F. Argilas o que são e para que servem. Lisboa: Fundação Cal

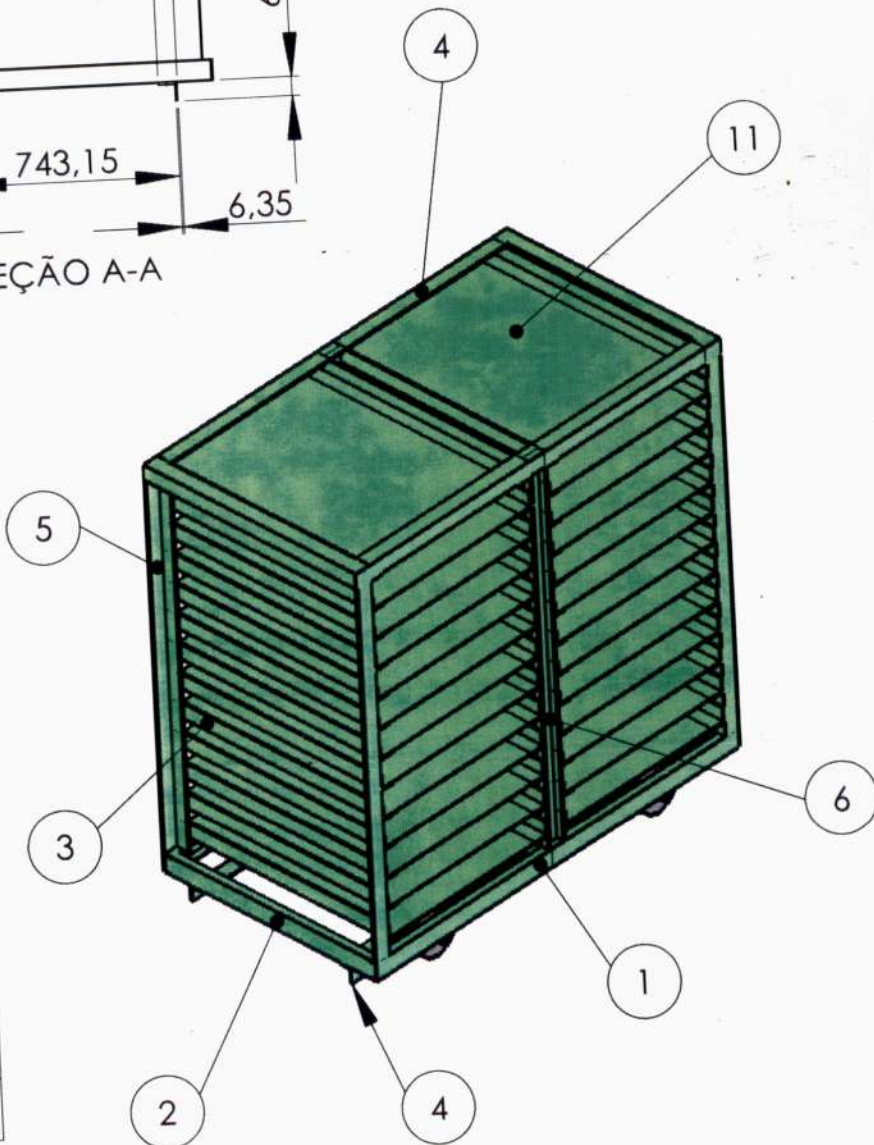
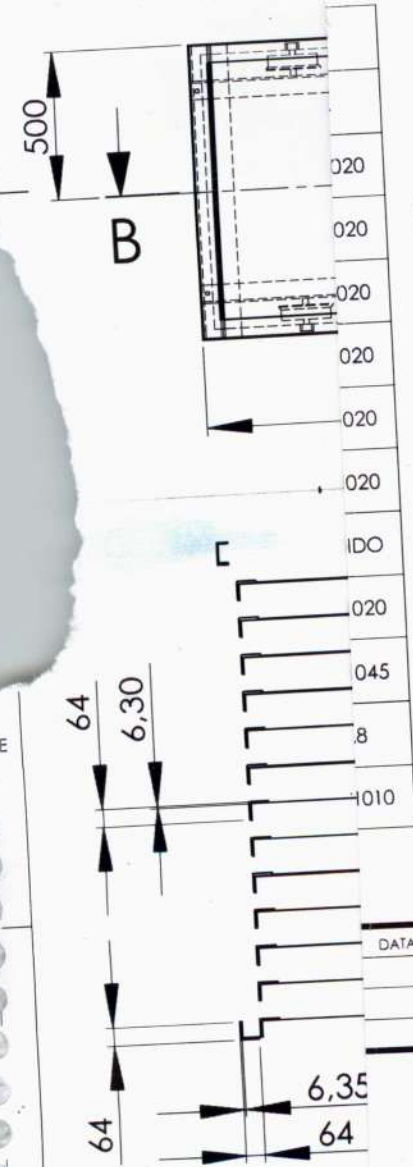
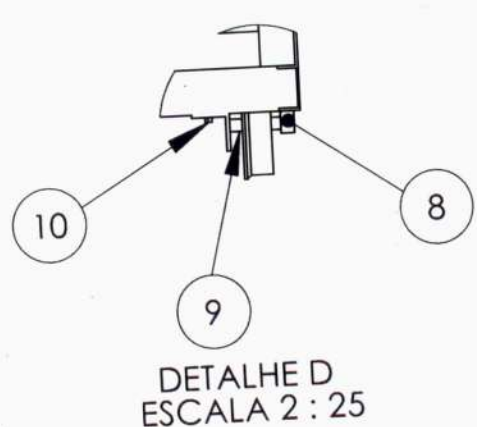
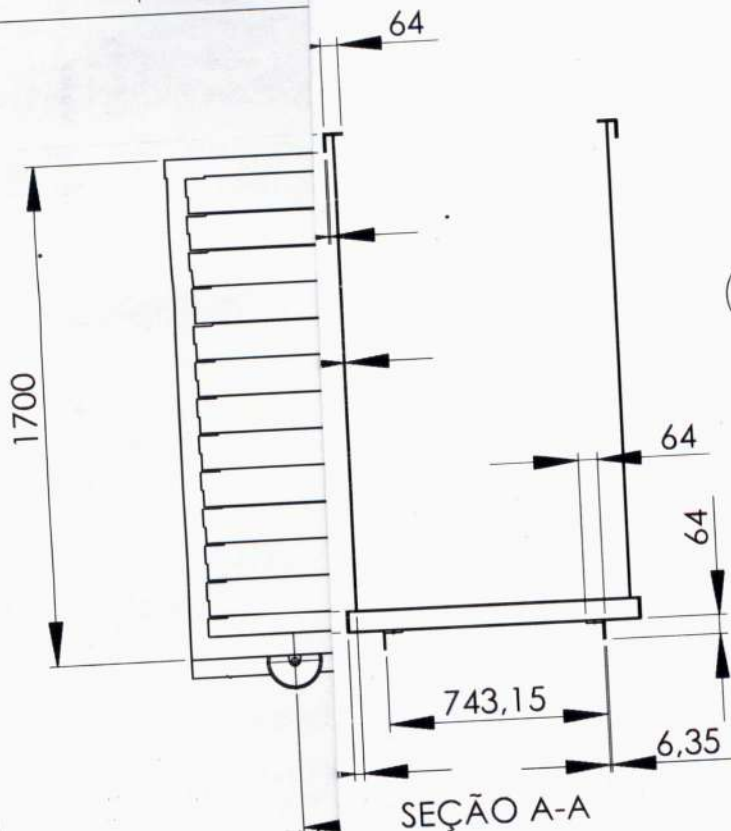
Telha Portuguesa. Disponível em: <http://www.joseitatelhas.com.br/joseita/telhas.html>. Acesso em: 24 nov. 2010.

Walter Pful. Michile Pfeil Estruturas de Aço, dimensionamento prático, 7º edição atualizada.

Walter Pini, Michèle Pini, Estruturas de Aço, dimensionamento prático, 7ª edição
Atualizada
Título Português Disponível em: <http://www.joseelias.com.br/joseelias.htm>
Acesso em: 24 nov. 2010.

DESENHO DA VAGONETA

DESENHO
DA
VAGONETA



DATA	ACAB. SUPERFICIAL:	DIM. BRUTO:	TRATAMENTO TÉRMICO / DUREZA:
PROJETO E DESENVOLVIMENTO			DES. Nº.
FC PROJETOS			
ESCALA: 1 : 25 E 2 : 25			FOLHA 1 DE 1

A2

