

Proposta de diretrizes para melhoria no processo de montagem de janela de ônibus urbano ¹

Lucas Zavistanovicz ²

Márcio Walber ³

Resumo

Este estudo objetiva analisar o processo de montagem da janela de ônibus urbano e apresentar uma proposta de diretrizes para melhorar esse processo. O processo atual de montagem de janela é manual, e funcionários necessitam realizar esforço excessivo para montá-la. Como resultado, tem-se elevada rotatividade no setor, elevados tempos de produção e riscos de danos aos componentes da janela. Foi realizado também um estudo das principais metodologias projetuais, dos conceitos do *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) e do acompanhamento do processo de montagem atual. A partir da utilização adequada da metodologia projetual e sua aplicação, foi desenvolvido o conceito de um dispositivo que permite que a aba da borracha seja facilmente dobrada, proporcionando o encaixe da janela na estrutura do ônibus de forma simples. Com a utilização desse dispositivo, esperam-se menores tempos de montagem, redução de funcionário no setor e queda nos índices de rotatividade, já que os funcionários não necessitarão esforço excessivo para montar a janela de ônibus.

Palavras-chave: Janela de ônibus. Metodologias de projeto. Montagem.

Abstract

This study aims to analyze the assembly process of urban bus window and submit a guideline proposal to improve this process. The current assembly process of bus window is manual, and employees need to perform excessive effort to assemble it. As a result, it has a high turnover in the industrial sector, high production times and risks of damage to the window components. It was also carried out a study of the main projectual methodologies, the concepts of Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) and the monitoring of the current assembly process. From the appropriate use of the projectual methodology and its application, it was developed the concept of a device which allows the rubber flap to be easily folded, enabling a bus window to be fitted in the urban bus structure on a simple way. Using this device, it is expected lower assembly times, reduction of employee in the sector and fall in turnover rates, since employees will not need excessive effort to assemble the bus window.

Keywords: Bus window. Project methodologies. Assembly.

¹ Resumo de dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto e Processos de Fabricação pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, Brasil. A dissertação foi defendida em 19.09.13.

² Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS. Professor da Universidade de Passo Fundo (UPF). E-mail: lucasz@upf.br

³ Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. Professor do Programa de Pós-Graduação em Projeto e Processos de Fabricação (PPGPPF) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS. E-mail: mwalber@upf.br

1 Introdução

Segundo a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU) (SÃO PAULO, 2012), o Brasil é o maior mercado mundial de ônibus, produzindo cerca de 50 mil unidades ao ano e também se destaca entre os maiores exportadores mundiais.

A partir de visitas técnicas realizadas pelos autores em empresa especializada na produção de ônibus urbano e rodoviário, observaram-se os inúmeros parâmetros de processos envolvidos na montagem de um ônibus urbano, sendo que muitos processos se caracterizam por ser de forma artesanal, ou seja, não existem equipamentos ou dispositivos específicos e automatizados para auxiliar na montagem de certos tipos de conjuntos ou peças, um exemplo disso é a montagem das janelas de ônibus da linha urbano.

Dessa forma, as empresas sempre estão na busca de novas soluções, realizando pesquisas e desenvolvendo projetos que minimizem esses problemas. Portanto, na maioria das vezes, tais projetos têm como fator limitante os custos, sendo que se consome tempo em soluções as quais, muitas vezes, não demonstram resultados expressivos.

Em função de tais processos de montagem da janela caracterizar-se como sendo manuais, o que ocorre é um grande impacto no sistema produtivo, com influência diretamente na produtividade e nas questões operacionais, implicando em tempos de montagem excessivos e rotatividade nos setores.

Com relação ao procedimento de montagem cabe ressaltar que, nos últimos anos, inúmeros conceitos vêm surgindo, a fim de permitir a simplificação dessa, sendo que pode-se destacar o trabalho de Lamb (2010), intitulado Estudo do Processo de Desenvolvimento de Produto e Geração de Atributos de Projeto de Ônibus Rodoviários: um Estudo de Caso, sendo, nesse trabalho,

realizada uma abordagem sobre a configuração do espaço interior do ônibus, desenvolvido a partir da identificação do usuário final e atendimento de suas necessidades.

Destaca-se ainda que vêm sendo muito utilizados os conceitos do *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA), os quais também buscam a simplificação dos componentes de um produto, sendo ambos conceitos muito importantes e que podem ser utilizados para qualquer novo produto, seja no segmento de ônibus ou no automotivo, sendo que, tais conceitos e artigos publicados são de grande contribuição científica para a pesquisa em questão, pois podem auxiliar no desenvolvimento de uma nova maneira de montagem das janelas de ônibus urbano.

Dessa forma, o artigo em questão abordará apenas um único processo de montagem entre os inúmeros existentes, sendo esse o processo de fabricação e montagem das janelas de ônibus urbano.

1.1 Objetivos

O presente artigo tem como principal objetivo apresentar a proposta de diretrizes para melhoria no processo de montagem de janela de ônibus urbano; bem como identificar as metodologias científicas mais difundidas na atualidade; aplicar metodologia científica, a fim de buscar a solução para o problema em questão; analisar o processo atual de montagem de janelas de ônibus urbano e propor novo conceito de montagem das janelas de ônibus urbano.

2 Revisão bibliográfica

Nos últimos anos, inúmeras metodologias projetuais surgiram devido a sua importância para a implementação de Sistemas Inteligentes de Projeto Auxiliado por Computador (*Intelligent Computer Aided*

Design System). Ao lado dessas, pode-se reconhecer metodologias já clássicas, formadas sem considerações acerca de sua implementação em ambientes computacionais. Finalmente, há metodologias de projeto conceitual que são propostas de adaptações de algumas metodologias clássicas para sua transferência para sistemas computacionais (ALMEIDA, 2000). Para Pahl *et al.* (2005), uma metodologia projetual deverá:

- possibilitar um procedimento orientado por problemas, sendo que poderá ser aplicada em qualquer atividade de projeto, independentemente da especialidade;
- incentivar invenções e conhecimentos;
- ser compatível com conceitos, métodos e conhecimento de outras disciplinas;
- não gerar soluções somente por acaso;
- permitir fácil transferência das soluções de tarefas semelhantes;
- ser apropriada para ser utilizada no computador;
- ser possível de ser ensinada e aprendida;
- facilitar o planejamento e o controle do trabalho.

Os princípios metodológicos projetuais, segundo Back *et al.* (2008), apoiam-se nos princípios da engenharia simultânea e no gerenciamento de projetos, sendo esse dividido em três macrofases: planejamento do projeto, elaboração do projeto do produto e implementação do lote piloto. As macrofases decompõem-se em oito fases, sendo que, ao final de cada fase, o resultado é sempre avaliado, permitindo que sejam detectados possíveis erros e, se necessário, possa-se corrigi-los e, enfim, dar seguimento para a próxima fase.

Segundo Back *et al.* (2008), a primeira fase de projeto é o planejamento do projeto. Dependendo das estratégias de negócio da empresa, ocorre a abertura de um novo projeto,

sendo que o planejamento de *marketing* é iniciado e aprovado. A segunda fase é o projeto informacional, onde são definidas as especificações de projeto do produto.

Na próxima fase, é necessário estabelecer a estrutura funcional do produto, portanto essa fase é denominada de projeto conceitual. Nessa fase, é definida a função global e as subfunções do sistema. A fase de projeto preliminar é uma fase em que deve ser tomada uma decisão final sobre um determinado conceito para o projeto, ou seja, é nesse momento que se estabelece qual das alternativas propostas apresenta a melhor concepção para o projeto.

Na fase de projeto detalhado, geralmente, o protótipo é testado e aprovado, são realizadas as especificações finais do produto e o detalhamento do plano de manufatura.

Já na preparação para a produção, os recursos necessários para a fabricação são obtidos, sendo que a fase de lançamento do produto inicia-se com a produção do lote inicial, que atenderá às primeiras solicitações dos clientes. A produção começa a ser acompanhada para verificar os padrões de qualidade e se o produto está conforme definido no escopo do projeto (PAULA, 2011). Na última fase, de validação do produto, o projeto é encerrado, sendo realizada a avaliação da satisfação do cliente, o monitoramento do desempenho do produto, entre outras informações relevantes às quais permitem a validação final.

A metodologia projetual proposta por Pahl *et al.* (2005) reflete a linha de pesquisa básica alemã na área de projeto de produtos, sendo o processo do projeto dividido em quatro etapas principais: classificação das necessidades, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

Na figura 1, visualizam-se as principais etapas da metodologia projetual proposta por Pahl *et al.* (2005), sendo que, em resumo, as fases são: definição da tarefa, concepção, projeto preliminar e projeto detalhado.

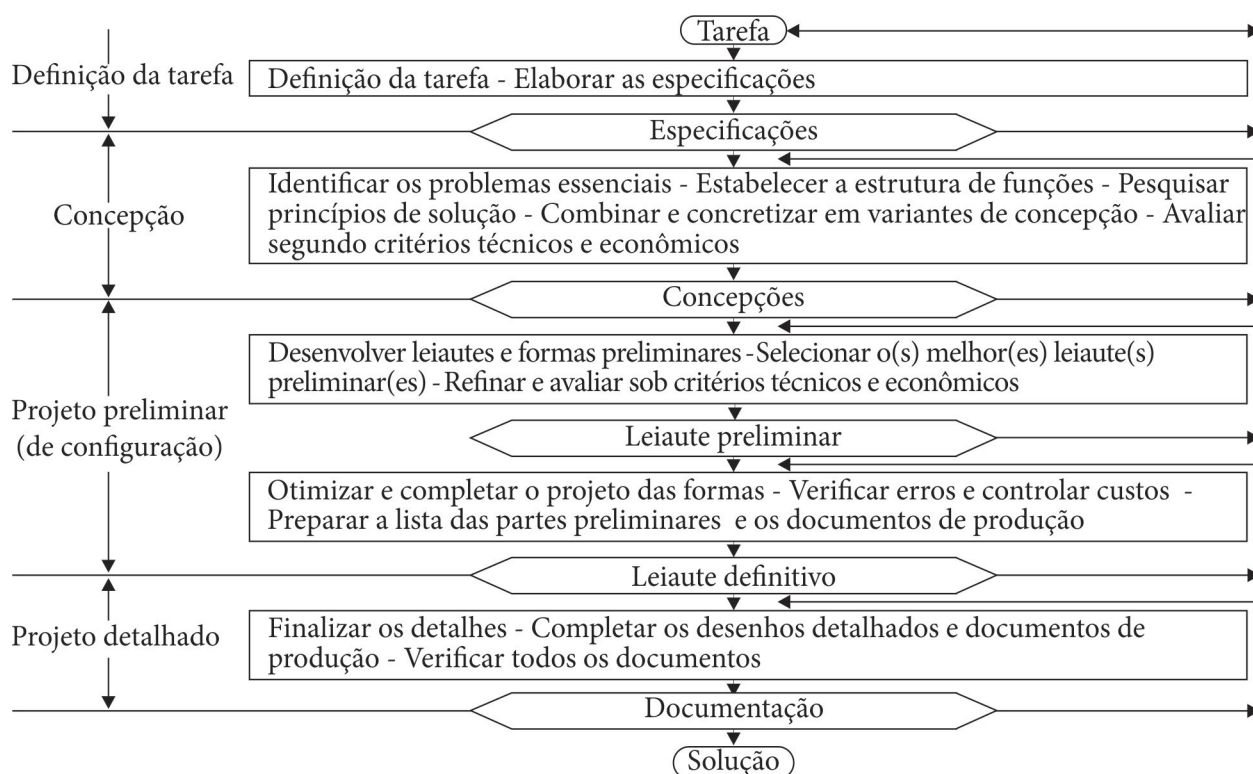


Figura 1 - Fases de projeto
 Fonte: Pahl *et al.* (2005, p. 90).

Cabe ressaltar que essas fases possuem subdivisões, com as respectivas tomadas de decisões entre cada uma das etapas. Nessa metodologia, é necessária a avaliação de cada uma das etapas, antes de passar à fase seguinte, ou seja, é uma maneira encontrada de garantir que não se esteja levando adiante erros cometidos em fases iniciais.

Sendo assim, tratando da aplicação prática da metodologia projetual de Pahl *et al.* (2005), após a definição tarefa, parte na qual se reúne o maior número de informações possíveis acerca do produto a ser desenvolvido, cria-se a lista de requisitos, classificando-os em obrigatórios ou desejáveis. Após, realiza-se a abstração, a fim de auxiliar na determinação da função global do sistema.

Quando a abstração é concluída, pode-se conhecer a função global e, partir daí, a mesma é desdobrada em subfunções que, posteriormente, são avaliadas através de critérios qualitativos. Realizada a avaliação de cada subfunção, segue-se com aquela que obteve maior pontuação e, na sequência, busca-se princípios de funcionamento

para cada variante, ou seja, um dispositivo pode ser acionado de diversas formas, seja manual, elétrico, pneumático ou hidráulico.

Como surgirão inúmeras soluções, realiza-se a combinação dos princípios de funcionamento através da matriz de compatibilidade e, a partir das soluções encontradas, criam-se desenhos de esboço com o objetivo de tomar uma decisão segura em relação ao conceito que terá o produto. No entanto, cabe ressaltar que, muitas vezes, um esboço não é suficiente para avaliar com eficácia a solução proposta, necessitando cálculos preliminares e de estudos cinemáticos.

Após a concretização das soluções em esboço, segue-se para o anteprojeto, que é o momento o qual é dado ênfase à implantação das definições concretas de configuração de subconjuntos e componentes específicos, surgindo o projeto preliminar. Em seguida, definem-se os portadores da função principal e secundária e, para tal, deve-se observar a função global e principalmente a lista de requisitos, pois a solução deve obedecer

sempre os requisitos de projeto. Após essa etapa, realiza-se todo o detalhamento do projeto, com os desenhos necessários para a produção.

2.1 Design for Assembly and Manufacturing (DFMA)

Segundo Canciglieri Jr. (2005), o projeto orientado para a manufatura e montagem visa propor uma maior compreensão das atividades de projeto, tendo como objetivo a utilização racional dos recursos disponíveis no chão de fábrica. O projeto orientado para a manufatura e montagem possibilita a redução do tempo de desenvolvimento do produto, minimizando, consideravelmente, os custos de desenvolvimento e reduzindo o tempo de introdução do produto no mercado.

Em decorrência disso, o DFMA é baseado em três questionamentos básicos: Existe necessidade de movimento relativo entre as partes? Existe necessidade de especificação de diferentes materiais por razões físicas/químicas? O componente deve ser desmontável para facilitar manutenção?

Nesse conceito, é importante verificar a possibilidade de integração de funções em componentes, pois componentes com funções integradas não necessitam ser montados. Em geral, possuem menor custo de fabricação se comparado às peças separadas. Nesse sentido, o projeto, para montagem, tem como principais diretrizes:

- elaborar o projeto para um número mínimo de componentes;
- utilizar componentes e processos padronizados;
- desenvolver uma abordagem de projeto modular;
- utilizar montagem empilhada;
- facilitar o alinhamento e a inserção de todos os componentes;
- eliminar parafusos, molas, roldas;
- eliminar ajustes;
- utilizar o princípio da engenharia simultânea.

Portanto, a partir da abordagem das metodologias projetuais, inclusive o DFMA, observa-se a importância dessas no desenvolvimento de novos produtos como ferramentas poderosas para o desenvolvimento de novos produtos.

3 Desenvolvimento

O desenvolvimento do trabalho ocorreu, a partir do acompanhamento do atual processo de montagem das janelas de ônibus urbano e da utilização dos conceitos propostos pelas inúmeras metodologia projetuais. O foco da pesquisa foi no processo de montagem da janela do ônibus urbano, pelo fato de ocorrer elevados tempos de montagem, os quais influenciam diretamente sob os outros setores, além do setor apresentar elevada rotatividade de funcionários, devido ao processo de montagem exigir esforço em excesso e ocasionar problemas de saúde ocupacional.

Cabe ressaltar que, a pesquisa em questão baseou-se na metodologia proposta por Pahl *et al.* (2005), sendo essa proveniente da Escola Alemã de Engenharia, a qual serve como guia para o desenvolvimento de novos produtos, considerando que os autores foram pioneiros na área e sua metodologia projetual é direcionada para sistemas e componentes mecânicos, justificando assim a escolha.

Ainda assim, no método de Pahl *et al.* (2005), como em Back *et al.* (2008), há intensa fundamentação teórica do assunto, demonstrando os procedimentos adotados em certa ordem, como elaboração da lista de requisitos, abstração, função global, bem como as etapas principais para realizar a busca de soluções e, sempre, ao término de cada etapa, apresentados exemplos práticos com problemas de engenharia, os quais são de fundamental importância para o desenvolvimento do assunto.

Pode-se destacar ainda outras metodologias projetuais, como é o caso de Baxter (2002), Back *et al.* (2008), entre outras, no entanto, a base de inúmeras delas advém de Pahl *et al.* (2005), sendo algumas direcionadas para o

design, enquanto que outras focam os aspectos mercadológicos e desenvolvimento sustentável seja em maior ou em menor grau.

Na pesquisa em questão, posteriormente, foi realizada rápida abordagem sobre o conceito do DFMA, sendo esse, atualmente, muito utilizado, pois busca a simplificação de componentes e utiliza o conceito modularização, sendo esse já abordado por inúmeros autores.

Com relação ao processo de montagem, foi realizado acompanhamento dos procedimentos em empresa localizada no município de Erechim – RS.

3.1 Componentes da janela de ônibus urbano

A janela do ônibus urbano é, na verdade, um conjunto, ou seja, é constituída de inúmeros componentes, sendo que cada um deles desempenha uma função específica. Na figura 2, visualiza-se a janela de um ônibus urbano, com suas partes principais.

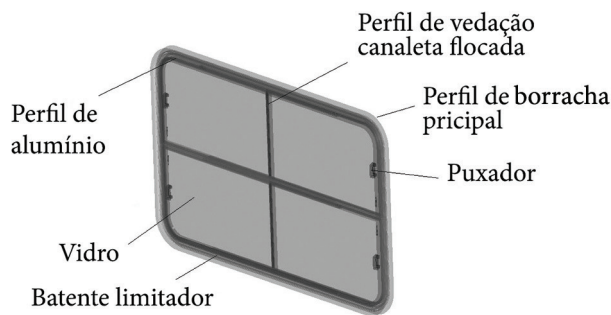


Figura 2 - Janela de ônibus urbano
Fonte: Os autores (2013).

3.2 Processo de montagem das janelas

Quando a janela é recebida para a montagem final, o primeiro procedimento a ser realizado é a passagem de um cordão no entorno de todo o perfil de borracha, conforme pode ser visualizado na figura 3. Na figura 4, a seguir, é realizada a aplicação de fluido lubrificante na estrutura do ônibus, a fim de facilitar a montagem.



Figura 3 - Envolvimento do cordão no perfil de borracha
Fonte: Comil (2010).



Figura 4 - Aplicação de lubrificante
Fonte: Comil (2010).

A janela é aproximada na estrutura do ônibus, conforme se pode visualizar na figura 5. O procedimento é realizado por dois colaboradores, sendo que os mesmos ficam sobre uma plataforma móvel.

No momento em que a janela é posicionada na parte externa, os funcionários impulsionam a mesma contra a estrutura e, na parte interna, um funcionário puxa o cordão, para permitir o encaixe do perfil de borracha na estrutura do ônibus, conforme a figura 6.



Figura 5 - Janela sendo posicionada para montagem
Fonte: Comil (2010).



Figura 6 - Montagem final
Fonte: Comil (2010).

Na figura 7, é possível observar o funcionário deferir pancadas com um martelo de borracha. Essa operação é necessária, pois seria impossível a janela realizar o encaixe na estrutura do ônibus. Cabe ressaltar que essa operação é realizada ao mesmo tempo em que o operador, na parte interna do ônibus puxe o cordão.



Figura 7 - Pancadas com martelo de borracha
Fonte: Comil (2010).

Tal procedimento envolve inúmeros inconvenientes, pois os colaboradores, ao deferir pancadas contra o vidro, podem quebrar o mesmo e acabar se ferindo, bem como, devido ao esforço excessivo, essa tarefa pode provocar elevada rotatividade no setor. Há outro inconveniente importante, pois para puxar o cordão também é necessário certo esforço, porque, em muitas ocasiões, não é possível a retirada desse cordão e o mesmo fica encoberto de forma definitiva, embaixo do perfil de borracha. Tal fato ocorre porque o esforço do funcionário não é suficiente, para que o mesmo seja retirado, mesmo utilizando luvas de proteção, as quais oferecem boa aderência.

Dessa forma, após análise do processo de montagem das janelas de ônibus urbano, pode-se constatar a real dificuldade encontrada pelos funcionários. Realizadas tais considerações, para a resolução do problema, será aplicada uma das metodologias científicas citadas anteriormente, a qual conduzirá a uma solução para a dificuldade atual.

Com relação ao tempo de montagem, considerando-se um ônibus urbano básico, e a utilização de cronômetro, observa-se, na tabela 2, a coleta de cinco tempos de montagem.

Tabela 1 - Tempos de montagem para janela de ônibus urbano

Tempos de montagem	
Tempo 01	5 min e 25 s
Tempo 02	5 min
Tempo 03	6 min e 10 s
Tempo 04	5 min e 40 s
Tempo 05	6 min e 12 s

Fonte: Os autores (2013).

Com base nas informações da tabela 1, é possível estimar um tempo médio de montagem de 5 min e 45 s. Considerando que um ônibus urbano básico dispõe de 12 janelas, serão necessários cerca de 65 min para a montagem dessas na estrutura do ônibus urbano.

3.3 Elaboração da lista de requisitos

Dessa forma, como a tarefa definida é a melhoria no processo de montagem de janelas de ônibus urbano, com base nas necessidades do cliente e dos funcionários que realizam a montagem, tais necessidades foram transformadas em requisitos de projeto. Logo após, foi criada a lista de requisitos, seguindo a linha mestra, conforme modelo de Pahl *et al.* (2005) exposto na tabela 2.

Tabela 2 - Lista de requisitos

Característica principal	Linha mestra com Obrigação/Desejo	lista de requisitos
1. Geometria	O	1.1 Atender as normas
2. Cinemática	O	2.1 Movimento linear
	O	2.2 Abertura para ambos os lados
3. Forças	O	3.1 Considerar forças atuantes no conjunto
4. Energia	O	4.1 Abertura manual
	O	5.1 Material de baixa densidade
5. Material	O	5.2 Durabilidade
	O	5.3 Vedação para evitar entrada de água e pó
6. Segurança	O	6.1 Prover de dispositivo para ejeção da janela
	D	7.1 Abertura e fechamento suave
7. Ergonomia	D	7.2 Boa visualização do ambiente externo
	O	7.3 Baixo ruído
8. Produção	D	8.1 Utilizar componentes padronizados
	O	8.2 Atender normas
	O	9.1 Verificar acabamentos
9. Controle de qualidade	O	9.2 Verificar alinhamento dos componentes
	O	9.3 Teste de estanqueidade
10. Montagem	O	10.1 Montagem fácil e rápida
	O	10.2 Montagem sem esforço excessivo
11. Operação	O	11.1 Possuir componentes simples
	O	12.1 Peças de fácil acesso no mercado
12. Manutenção	D	12.2 Peças simples
	D	12.3 Possuir poucos componentes
13. Custos	O	13.1 Custos de produção compatíveis
14. Reciclagem	D	14.1 Utilização de materiais com bom reprocessamento

Fonte: Os autores (2013).

3.4 Abstração

Na abstração, busca-se conhecer o geral e o principal, chegando ao ponto principal do problema. Dessa forma, para a abstração são necessárias cinco etapas: suprimir vontades mentalmente; considerar somente requisitos que afetam diretamente as funções e as principais condicionantes; converter dados quantitativos em qualitativos; nessa conversão, reduzi-los a asserções essenciais; ampliar, de forma adequada, o que foi percebido e formular o problema de forma neutra, quanto à solução.

Após o seguimento dos procedimentos da abstração o resultado da 5ª etapa é a fase de realização da montagem da janela do ônibus urbano, valendo-se de procedimento simples, o qual não venha danificar os componentes da janela.

3.5 Função global e estrutura de função

Como citado anteriormente, o procedimento de abstração encerra a interrelação funcional, ou seja, o objetivo visado. Dessa forma, como o presente artigo tem como objetivo

principal analisar o processo de montagem de janelas de ônibus urbano e, com isso, propor alternativas de melhoria, a função global será a montagem

da janela na estrutura do ônibus. A representação da função global (FG) e das subfunções, estão demonstradas na figura 8.

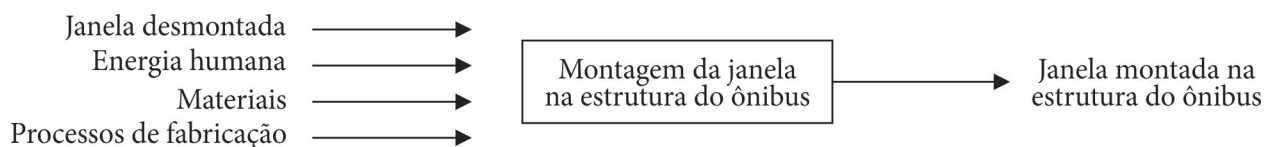


Figura 8 - Função global
Fonte: Os autores (2013).

Cabe ressaltar que, na figura 9, a função global pode ser dividida em duas estruturas de funções

independentes, já na figura 10, a estrutura de função para cada subfunção pode ser visualizada.

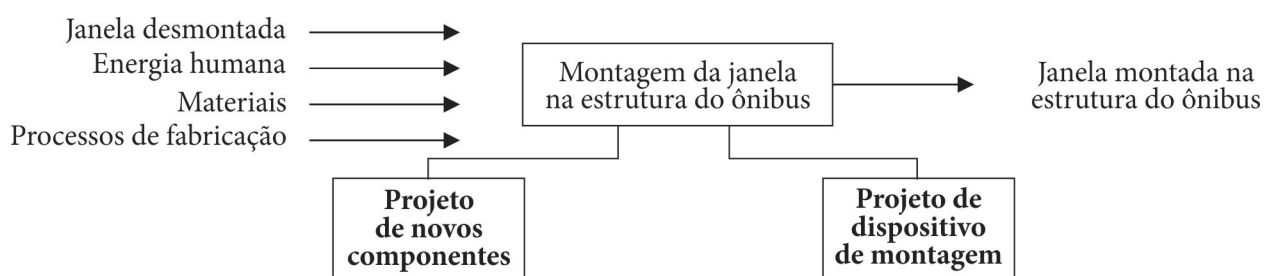


Figura 9 - Subfunções principais
Fonte: Os autores (2013).

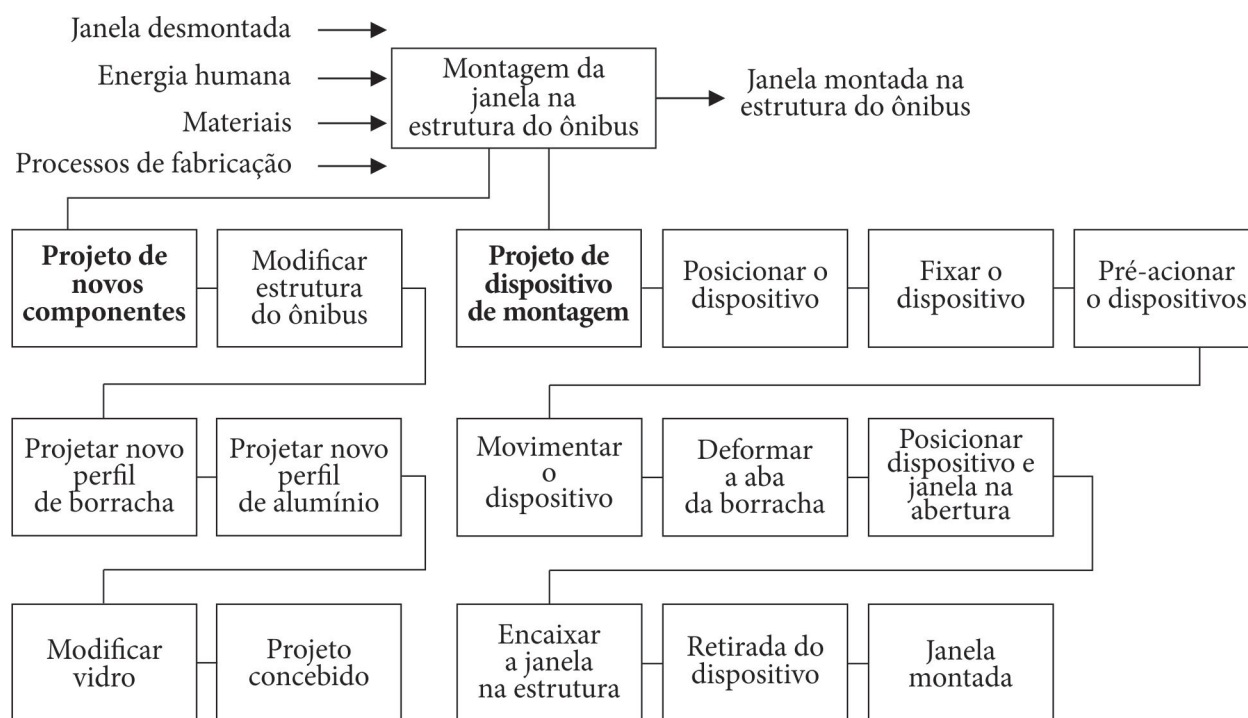


Figura 10 - Estrutura de função
Fonte: Os autores (2013).

Como não se conhece o impacto que cada uma dessas subfunções exercerá no processo, foram criados critérios de avaliação, de acordo com a norma VDI 2225 mencionada em Pahl *et al.* (2005), para uma avaliação grosseira de 0 a 4 pontos, sendo que alguns desses critérios foram retirados da lista de requisitos (boa vedação, baixo ruído interno, facilidade de montagem, facilidade de manutenção,

acessibilidade das peças e custos de fabricação), enquanto que outros foram atribuídos de acordo com experiência própria. A partir daí, então, através de análise comparativa, atribuiu-se valores para cada critério, sendo que aquele que obteve maior somatório será o indicado para dar seguimento ao trabalho. Os critérios e a respectiva avaliação com pontuação podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3 - Avaliação das subfunções

Critérios	Avaliação das subfunções	
	Projeto de novos componentes	Projeto de dispositivo de montagem
Aceitação no mercado	1	3
Acessibilidade das peças	2	4
Boa vedação	1	3
Custos de fabricação	1	2
Fácil manutenção	4	1
Fácil montagem	3	1
Mudança no processo atual	0	4
Ruído interno	2	3
Tempo de desenvolvimento	1	3
Tempo de montagem	2	3
Total	$\Sigma = 17$	$\Sigma = 27$
	Critérios qualitativos	
0 = Insatisfatória	2 = Suficiente	4 = Muito boa (ideal)
1 = Solução sustentável	3 = Boa	

Fonte: Os autores (2013).

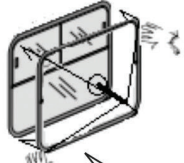
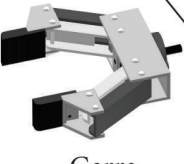

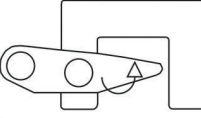


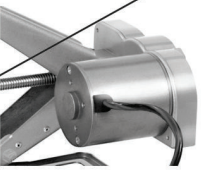



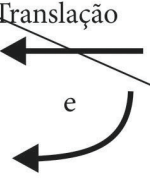
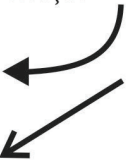
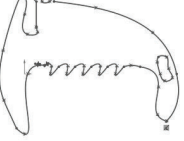



Em análise da tabela 3, o maior somatório obtido foi para a subfunção que aponta para a fabricação de um dispositivo de montagem da janela na estrutura do ônibus, sendo que a diferença para a outra subfunção foi relativamente elevada, portanto a criação do dispositivo de montagem apresenta-se mais vantajosa. É preciso salientar que o novo projeto dos componentes da janela ou da própria estrutura do ônibus urbano implicaria a mudança do processo produtivo, além da necessidade da troca ou da procura por novos fornecedores dos principais componentes da janela do ônibus urbano.

Portanto, com base na subfunção selecionada, na construção de um dispositivo para montagem das janelas do ônibus urbano, é preciso que sejam encontradas soluções, seguindo as seguintes recomendações:

- foi dada prioridade às funções principais, ou seja, funções que são determinantes da solução global do problema e também para aquelas funções que não tinham um princípio de solução;
- nos princípios de funcionamento desconhecidos, procurou-se obtê-los, a partir do efeito físico correspondente;

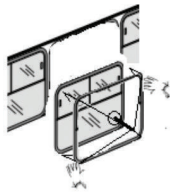
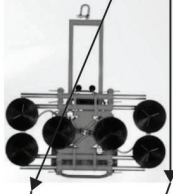

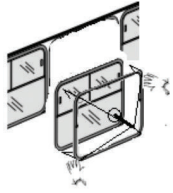
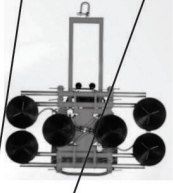






- as soluções foram anotadas e analisadas, restringindo algumas e generalizando outras;
- foram anotadas propriedades importantes, já reconhecidas, que estão ligadas diretamente com o princípio de funcionamento.

A seguir, como podemos perceber pela figura 11, desenvolveu-se a matriz com a apresentação e a combinação das soluções que foram realizadas, a partir da metodologia projetual.

Soluções		1	2	3	4
Subfunções					
1	Posicionar o dispositivo	 Manual			
2	Fixar o dispositivo	 Garra mecânica	 Garra pneumática	 Grampo de fixação	
3	Pré-acionar o dispositivo	 Manual	 Pneumático	 Elétrico	 Hidráulico
4	Movimentar o dispositivo	 Translação	 Rotação	 Translação e Rotação	 Rotação Angular
5	Deformar a aba da borracha	 Bolsa de dilatação	 Flexibilidade natural	 Raio interno na aba borracha	 Raio externo na aba

Continuação...

...continuação

6	Posicionar o dispositivo e janela na abertura do ônibus	 Manual	 Ventosa	 Talha	
7	Encaixar a janela na estrutura	 Manual	 Ventosa	 Talha	 Martelo borracha
8	Retirada do dispositivo	 Manual	 Pneumático	 Elétrico	 Hidráulico

V2 V1

Figura 11 - Soluções e combinação das soluções
Fonte: Os autores (2013).

Conforme a figura 11, a solução V1 consiste em um dispositivo automatizado o qual é posicionado manualmente no perfil de borracha, sendo que para pressionar a aba da borracha são utilizadas garras pneumáticas e, para realizar a operação, são executados dois movimentos simultâneos, um movimento de rotação e outro angular. A borracha de vedação vai deformar naturalmente e o dispositivo ficará preso no perfil de borracha, sendo o conjunto posicionado na estrutura do ônibus com o auxílio de ventosa é para transporte de materiais. Essa somente retirada, quando a janela estiver no lugar. Para a retirada do dispositivo de montagem, devem ser acionados comandos pneumáticos.

Na solução 2, o dispositivo é posicionado manualmente na aba da borracha e esse não é automatizado e, para pressionar a aba da borracha, será utilizado um grampo, o qual é dotado de uma alavanca. Após fixar o grampo na borracha de vedação, executa-se um movimento de rotação na alavanca. Com isso a borracha deformará naturalmente e a alavanca ficará presa em um gabarito externo, a fim de manter a borracha deformada. O transporte da janela até a estrutura do ônibus urbano será realizada com o auxílio de ventosa para transporte de cargas que somente retirada no final da montagem. Esse dispositivo será retirado manualmente.

Na figura 12, é apresentado um desenho de esboço para a variante V1, enquanto que, na figura 13, o desenho de esboço da variante V2.

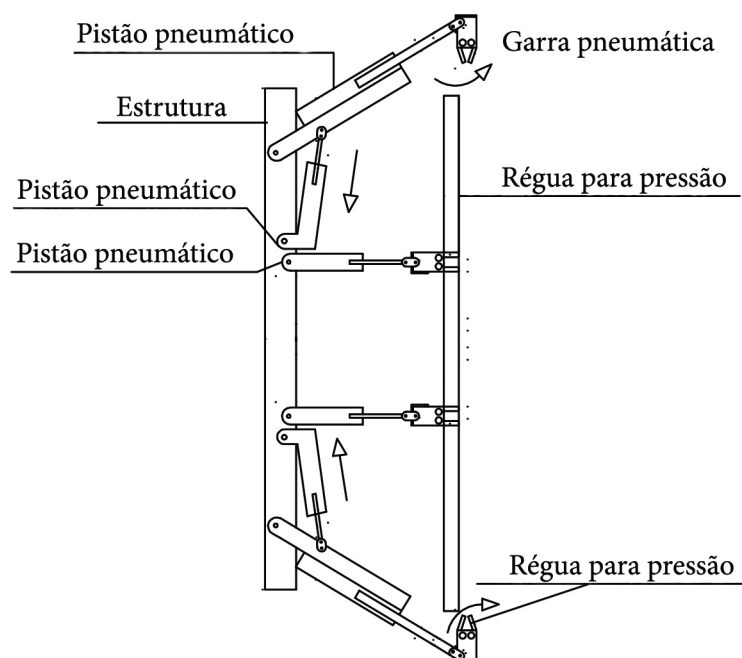


Figura 12 - Esboço variante V1
Fonte: Os autores (2013).

A solução V1 necessita de um dispositivo para realizar a dobra do perfil de borracha principal, sendo esse com princípio de funcionamento pneumático, dotado de garras pneumáticas presas a pistões pneumáticos. Quando as garras são acionadas, prendem o perfil de borracha, sendo, depois o pistão acionado, e, com isso, ocorre o movimento de rotação das garras pneumáticas. O pistão realiza ainda um movimento angular, a fim de baixar totalmente a aba do perfil de borracha, para que, durante a montagem, as garras pneumáticas não entrem em contato com a estrutura do ônibus. Pela disposição do esboço, verifica-se a necessidade de vinte (20) pistões pneumáticos e doze (12) garras pneumáticas, sendo todos esses componentes fixados a uma estrutura, através de parafusos e processo de soldagem.

A proposta da solução V1, ou seja, um dispositivo com princípio de acionamento pneumático é um tanto complexa e provavelmente de custo elevado, devendo considerar ainda a existência de outros inconvenientes associados.

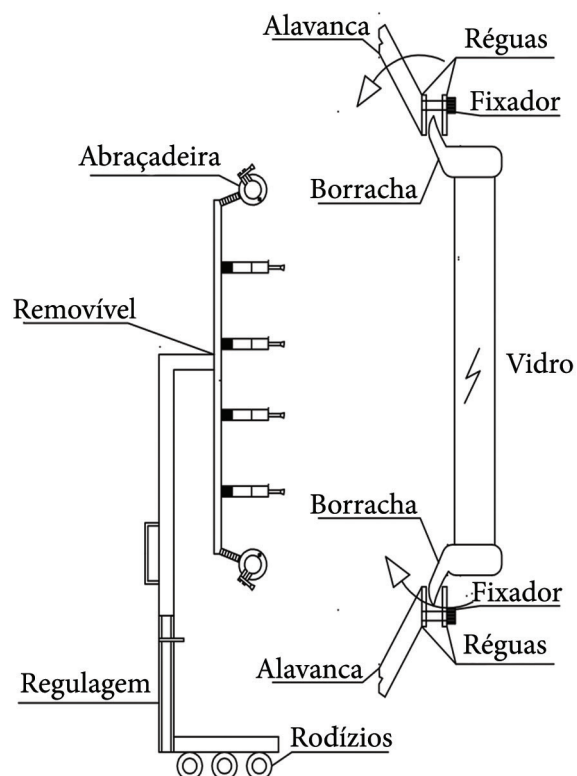


Figura 13 - Esboço variante V2
Fonte: Os autores (2013).

A solução V2 necessita de pares de réguas, as quais têm a função de exercer pressão no perfil de borracha. As réguas exercem pressão na borracha através de parafusos ou pinos de fixação rápida, os quais são fixados rapidamente com parafusadeira pneumática, elétrica e, no caso de pinos a fixação, pode ser manual. O dispositivo é dotado de oito (8) pares de réguas, pois a janela na extremidade possui um raio longo, sendo impossível a dobra simultânea da aba da borracha.

Ressalta-se ainda que as réguas estendem-se no comprimento da borracha, garantindo a aplicação de pressão de modo uniforme. A fixação das réguas com parafusos pode também ser substituída por grampos torpedo.

Destaca-se ainda que as réguas possuem uma alavanca, a qual permitirá ao funcionário realizar um momento para a dobra do perfil de borracha. Quando cada alavanca for acionada, ficará presa por abraçadeiras montadas em uma estrutura móvel. Após a execução dos desenhos de esboço, é necessário que as duas (2) variantes encontradas sejam avaliadas.

Utilizando o esquema de avaliação adotado por Pahl *et al.* (2005), a variante V2 possui o mais alto valor global, dessa forma, a variante V2 vai prosseguir para a fase de anteprojecto.

3.6 Anteprojecto

Na fase de concepção são geradas soluções básicas, portanto, na fase de anteprojecto, é preciso ser dado ênfase à implantação das definições concretas de configuração de subconjuntos e componentes específicos, sendo seguida a metodologia adotada por Pahl *et al.* (2005), onde em um primeiro momento, a partir dos requisitos dominantes, das condições espaciais e da identificação dos portadores da função, surge o projeto do desenho preliminar. Em seguida, buscam-se soluções para as funções auxiliares e os desenhos definitivos dos portadores da função principal, obtém-se o projeto do desenho detalhado e, por último, a partir da otimização e finalização

do projeto, sendo já verificados os erros e as influências perturbadoras, basta completar e verificar. Após, será tomada uma decisão, quanto ao projeto.

3.7 Portador da função principal

Os portadores da função principal, determinantes na configuração do sistema, são: fixar o dispositivo na aba da borracha e dobrar a aba da borracha.

Na figura 14, é possível visualizar um desenho de esboço para o portador da função principal.

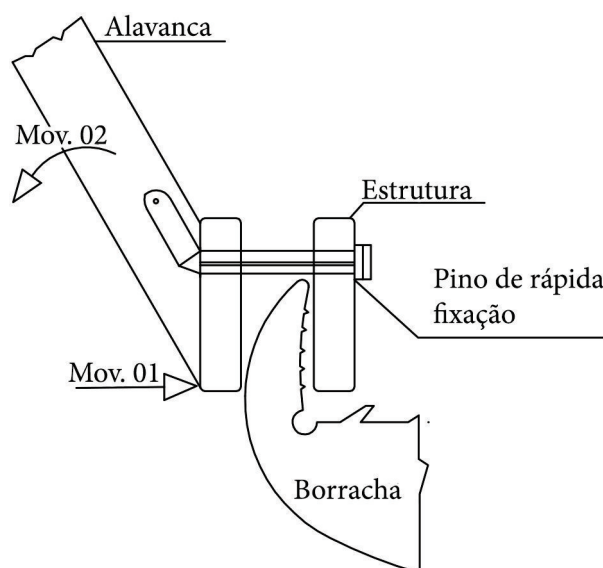


Figura 14 - Esboço para a função principal
Fonte: Os autores (2013).

O esboço final demonstra um dispositivo dotado de um conjunto de réguas, sendo utilizados grampos tipo torpedo, para pressionar a aba da borracha, sendo o dispositivo acionado manualmente, através de uma alavanca com ângulo de 30°, em relação à superfície das réguas.

3.8 Modelagem do dispositivo

A modelagem do dispositivo foi realizada, utilizando o *software* SolidWorks 2010, sendo apresentado, na figura 15, o conjunto final modelado.

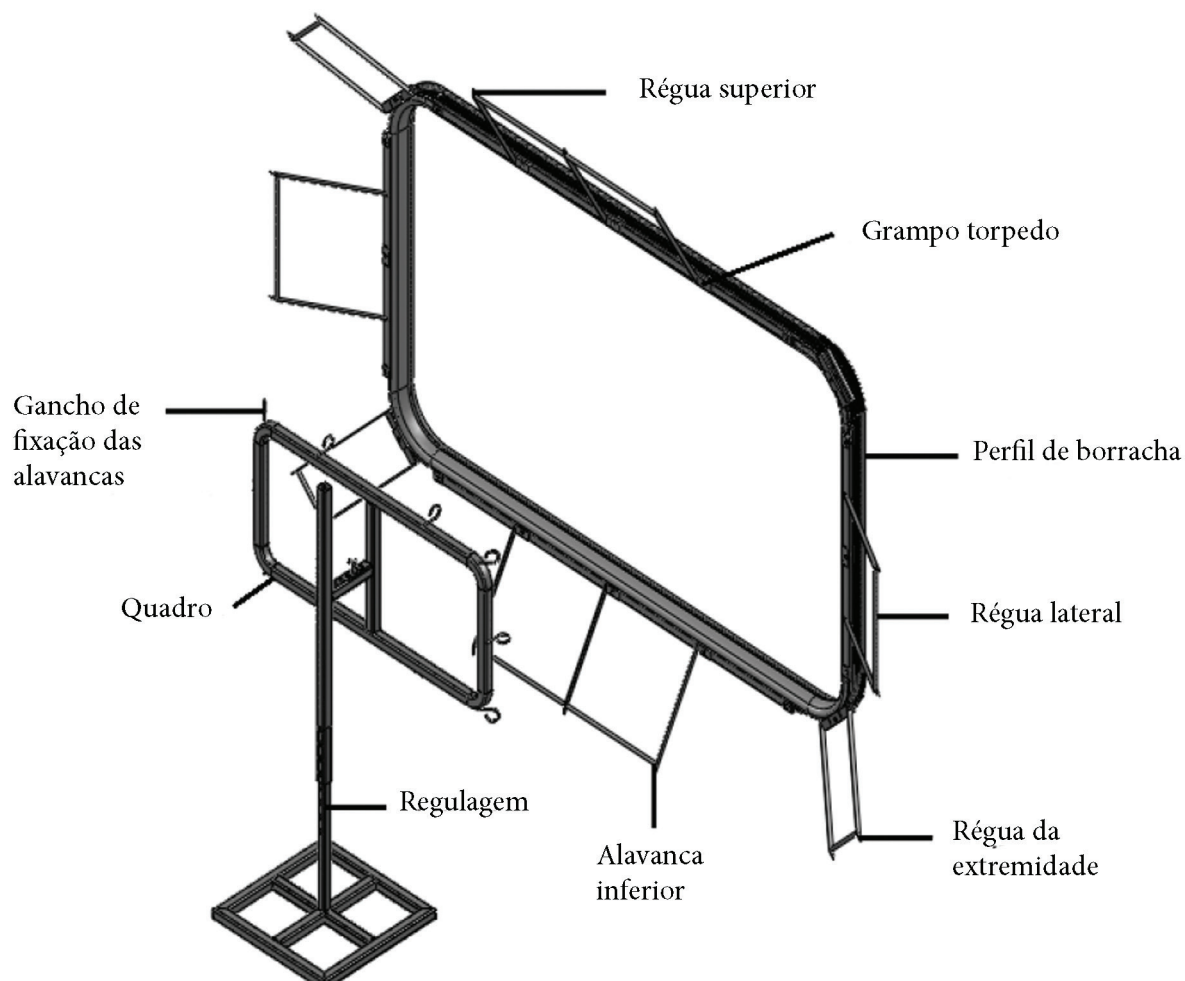


Figura 15 - Dispositivo de montagem
Fonte: Os autores (2013).

3.9 Simulação da dobra da aba da borracha

Conforme pode ser observado na figura 16, é possível perceber a deformação da

aba da borracha e a posição final das réguas e alavanca, lembrando que a borracha deverá permanecer deformada para possibilitar a montagem.

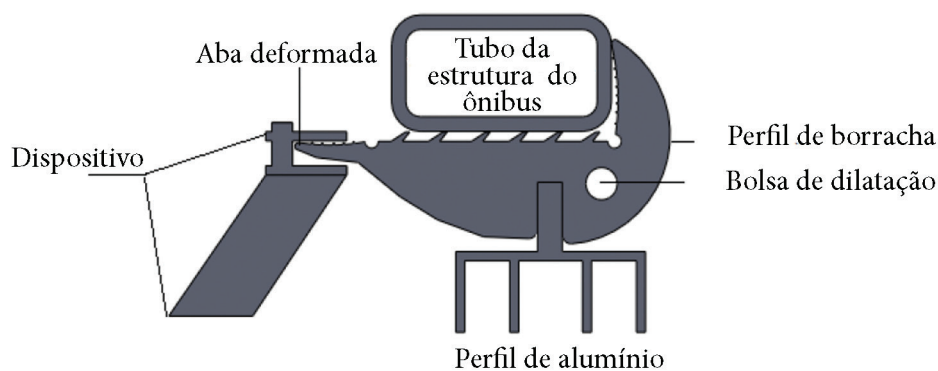


Figura 16 - Simulação da dobra da borracha
Fonte: Os autores (2013).

3.10 Análise sob a ótica do DFMA

Realizou-se também uma análise prática sob o ponto de vista do DFMA, com o objetivo de avaliar a possibilidade de simplificação da manufatura e montagem do produto.

A primeira proposta diz respeito à redução do número de partes do produto, no entanto, a janela de ônibus urbano não possui muitos componentes, sendo basicamente composta por perfil de alumínio, perfil de borracha, vidros e puxadores, mas considerando a dificuldade de manipulação da janela, propõe-se a utilização de um balancim pneumático, talha ou ventosa para o transporte do conjunto até a estrutura do ônibus.

No item 2, a simplificação dos componentes seria possível, a partir do estudo de um novo projeto da janela e também da própria estrutura do ônibus, porém isso implica a busca por novos fornecedores, sendo que nem sempre o fornecedor atual consegue atender um cliente de forma específica.

Na regra 3, a qual orienta para o projeto para um número mínimo de partes, é importante destacar que, quanto menor o número de componentes, mais fácil é a montagem e menor o custo. No caso da janela em questão, verificar a possibilidade de simplificação do perfil de borracha e perfil de alumínio com os respectivos fornecedores, fazendo com que ambos possam ser integrados de modo mais fácil e em tempo mais hábil. Propõe-se também a utilização de um batente limitador de abertura e fechamento mais compacto ou já integrado no próprio perfil de alumínio, observando a possibilidade com os fornecedores dos vidros e os puxadores da janela já serem fornecidos integrados aos vidros.

Outra solução de acordo com o DFMA, é a possibilidade de implantação do conceito de modularização, ou seja, buscar formas de agrupar os componentes da janela em módulos, diminuindo a complexidade e conseqüentemente facilitando a montagem, o que de fato parece promissor, já que pode se conseguir a simplificação do conjunto.

É importante também buscar alternativas de padronização dos processos de obtenção dos

componentes das janelas, sendo que muitos desses são fabricados por processos ainda artesanais, principalmente na dobra do perfil de alumínio, sendo que uma solução indicada seria a criação de gabaritos específicos para fabricação e montagem dos componentes. Analisando a estrutura do ônibus urbano, percebem-se inúmeras vezes, a variação das dimensões da abertura para recebimento das janelas, o que, de fato, pode levar a uma má vedação por parte da borracha e a uma trepidação excessiva.

De acordo com o item 6 do DFMA, buscar alternativas de componentes multifuncionais, os quais podem desempenhar inúmeras funções simultaneamente, como é o caso do perfil de alumínio, o qual carrega toda a estrutura da janela, além de possuir um canal para recebimento do perfil de borracha. Então, com base nessa linha de pesquisa, buscar maneiras do perfil de borracha, além de dar vedação ao conjunto, também atuar como suporte principal de todo o conjunto, com possibilidade de simplificação do perfil de alumínio ou, até mesmo, a sua eliminação.

Buscar maneiras de criar gabaritos, a fim de facilitar a fabricação dos componentes e também estudar, juntamente com fornecedores de perfil de alumínio, a possibilidade desse ser fornecido pré-pronto. Essa linha de raciocínio baseia-se no item 7 do DFMA.

Outro aspecto importante do DFMA é a eliminação de molas parafusos e outros elementos de fixação, no caso do puxador, como mencionado anteriormente, esse poderia ser fornecido já fixo ao vidro, o que, no caso de um ônibus urbano com dois vidros móveis, tem-se a eliminação de quatro (4) parafusos por janela. O batente limitador de abertura e fechamento poderia ser integrado no perfil de alumínio pelo próprio fornecedor.

Outra proposta, que segue a linha do DFMA, é a eliminação dos ajustes desnecessários, principalmente com utilização de gabaritos específicos para a dobra do perfil de alumínio, para o alinhamento das janelas de correr e colocação do perfil da canaleta flocada. Cabe ressaltar ainda que os parâmetros do processo de

soldagem podem ser reavaliados, a fim de verificar deposição excessiva de material e defeitos de soldagem nas peças, fazendo com que o funcionário, com o auxílio de lixadeira, necessite retirar esses excessos.

Com relação aos materiais, será utilizado todo o ferramental e conhecimento disponível na engenharia, ou seja, aplicar materiais mais leves e resistentes, verificar densidades das borrachas de vedação, realizar simulação gráfica de esforços, a fim de não gerar desperdícios de material e falhas.

Sendo assim, em análise geral das diretrizes do DFMA, percebe-se o quanto é importante seguir tais regras, com isso se consegue um menor tempo de desenvolvimento do produto, menores custos de produção, de tempos de fabricação, de preparação e de montagem.

3.11 Discussão e análise de resultados

Após inúmeras análises do processo de montagem da janela de ônibus urbano e posterior utilização de metodologia científica, percebe-se claramente a gama de possibilidades que essa fornece, gerando soluções convincentes as quais podem apresentar resultados muito expressivos.

A metodologia proposta por Pahl *et al.* (2005) foi utilizada no trabalho em questão pelo fato de ser referência para o desenvolvimento de novos produtos, além de possuir enorme versatilidade, pois pode ser utilizada também para processos de produção, caracterizando-se por ser uma metodologia bem sintética com quatro (4) fases de desenvolvimento.

Com relação ao tempo de montagem, para cada janela é consumido cerca de 5 min e 45 s, sendo que, com a utilização da ventosa para transporte de cargas e do dispositivo de montagem em conjunto, estima-se redução desse tempo, não descartando ainda a hipótese da eliminação de um funcionário no setor, pois um dos funcionários realizaria a tarefa de preparação do dispositivo e transporte da janela até a estrutura do ônibus, enquanto que o outro, na parte interna do ônibus, realizaria a tarefa de retirada do dispositivo no final do processo de montagem.

A modificação ou criação de novo projeto dos componentes, que constituem a janela do ônibus urbano ou da própria estrutura do ônibus, implica a necessidade de rever todo o processo de fabricação dos componentes, o que implica necessariamente a mudança de todo o processo produtivo já implantado.

A criação de um dispositivo que operasse com princípio de funcionamento pneumático, implicaria a instalação de uma rede de ar comprimido específica nesse setor. Se levássemos em consideração a necessidade desse dispositivo, ao final do processo, estar dentro do ônibus, não haveria espaço suficiente para a passagem das mangueiras de ar.

O projeto de novos componentes poderia deixar sérios questionamentos com relação aos requisitos de projeto, pois é fundamental garantir a boa vedação desse conjunto, sendo que, atualmente, não existem problemas associados a esse requisito de fundamental importância.

É fundamental a utilização de ventosa para o transporte de cargas ou balancim pneumático, sendo essa útil no posicionamento da janela, na estrutura do ônibus, eliminando assim o transporte manual, atualmente realizado por dois funcionários.

4 Conclusões

Após acompanhar o processo de montagem das janelas do ônibus urbano e, com o intuito de atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, conclui-se que a metodologia projetual é uma ferramenta poderosa, pois é útil no desenvolvimento de novos produtos, como é o caso desse aqui descrito.

Dentre as metodologias de projeto existentes, cabe ressaltar que muitas delas iniciaram a partir dos trabalhos de Pahl *et al.* (2005), pois demonstraram ser viáveis para o desenvolvimento de um conceito de um dispositivo de montagem de janelas de ônibus urbano. Algumas delas possuem foco nas questões ambientais e mercadológicas, porém outras, no *design* do produto.

No processo atual de montagem das janelas do ônibus urbano, observaram-se inúmeros

inconvenientes, um deles estava relacionado aos funcionários que necessitavam realizar esforço em excesso para concluir a operação de montagem, valendo-se de métodos totalmente artesanais.

Logo, a partir da utilização dos conceitos abordados e do dispositivo de montagem, espera-se a otimização dos tempos de produção com redução dos tempos de montagem, redução de um funcionário no setor e queda nos índices de rotatividade.

Referências

- ALMEIDA, J. F. Estudo e escolha de metodologia para o projeto conceitual. **Revista de Ciência e Tecnologia**. Piracicaba, v. 8, n. 16, p. 31-42, dez. 2000.
- BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produto: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo: Edgar Blücher, 2002.
- CANCIGLIERI JR., O. **Design for manufacture**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia da Produção) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.
- COMIL. 2010. Disponível em: <<http://www.comilonibus.com.br>>. Acesso em: 12 abr. 2013.
- LAMB, M. B. **Estudo do processo de desenvolvimento de produto e geração de atributos de projeto de ônibus rodoviários : um estudo de caso**. 2010. Dissertação (Mestrado em Design) – Escola de Engenharia e Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- PAHL, G. *et al.* **Projeto na engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- PAULA, J. O. **Análise do processo de desenvolvimento de produtos : um Estudo de Caso em uma empresa do setor de autopeças**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2011.
- SÃO PAULO. Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos. 2012. Disponível em: <<http://www.emtu.sp.gov.br>>. Acesso em: 02 dez. 2012.