

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JHONI TOALDO

**ANALISAR A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM NOVO
PROCESSO DE REVESTIMENTO EM POLIURETANO PARA COMPONENTES
AUTOMOTIVOS**

CAXIAS DO SUL

2013

JHONI TOALDO

**ANALISAR A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM NOVO
PROCESSO DE REVESTIMENTO EM POLIURETANO PARA COMPONENTES
AUTOMOTIVOS**

Relatório de Estágio II (MEC 0258D),
apresentado como requisito parcial à
conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica.

Supervisor: Prof. Ms. Eng. Celso Ferrarini

CAXIAS DO SUL

2013

JHONI TOALDO

**ANALISAR A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM NOVO
PROCESSO DE REVESTIMENTO EM POLIURETANO PARA COMPONENTES
AUTOMOTIVOS**

Relatório de Estágio II (MEC 0258D),
apresentado como requisito parcial à
conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica.

Supervisor: Prof. Ms. Eng. Celso Ferrarini

Aprovado em 19/06/2013

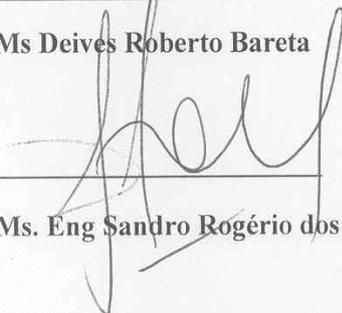
Banca Examinadora



Prof. Ms. Eng. Celso Ferrarini



Prof. Ms Deives Roberto Bareta



Prof. Ms. Eng Sandro Rogério dos Santos

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica de um novo processo de revestimento para componentes automotivos. Esta tecnologia é proveniente de uma película de poliuretano denominada Elastoskin, que proporciona peças com ótimo acabamento superficial, boas características mecânicas e geometrias complexas. A implantação deste processo está baseada em características técnicas do produto e processo, confrontado aos recursos oferecidos pela empresa. Este apresenta uma metodologia de análise baseada em ferramentas como FMEA e QFD, que auxiliam para a construção do projeto da célula produtiva. A análise econômica, dividida em três cenários, mostra que terá retorno se o cliente cumprir com os volumes de produção informados, caso contrário, não será viável a implantação deste projeto.

Palavras-chave: Revestimento. Poliuretano. Elastoskin. Acabamento Superficial. *Vacuum forming*.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the technical and economic feasibility of a new coating process for automotive components. The technology comes from a very thin polyurethane skin called ELASTOSKIN which provides parts with a great finishing surface, good mechanical characteristics and complex geometries. The deployment of this process is based on technical characteristics of process and product, matched the resources offered by the company. It presents an analysis methodology based on tools such as FMEA and QFD which help to build the productive cell project. The economic analysis, divided into three scenarios, shows that it will return if the client meets the informed production volumes, otherwise it will not be feasible to implement this project.

Keywords: Coating. Polyurethane. Elastoskin. Finishing surface. Vacuum forming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produtos fabricados pela empresa.....	15
Figura 2 – Revestimento de teto e laterais usado em cabine de colheitadeiras	15
Figura 3 – Lateral da porta do novo Ford Taurus.....	26
Figura 4 – Exemplo de máquina injetora de poliuretano	30
Figura 5 – Esquema de injeção de um cabeçote hidráulico de alta pressão	30
Figura 6 – Exemplo de produção em linha numa fábrica de bonecos.....	33
Figura 7 – Célula para injeção de poliuretano.....	34
Figura 8 – Molde para Fabricação de painel automotivo	36
Figura 9 – Etapas do processo de revestimento em poliuretano	43
Figura 10 – Molde e peça fabricados atualmente	44
Figura 11 – Exemplo de peça de grande porte	45
Figura 12 – Exemplo da peça final.....	45
Figura 13 – Fluxograma de implantação	47
Figura 14 – Formação do grupo projeto Elastoskin	49
Figura 15 – Esboço da célula produtiva	58
Figura 16 – Imagem do porta molde	59
Figura 17 – Esboço do <i>layout</i> final.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades típicas das espumas estruturais de PU	24
Tabela 2 – Propriedades físicas do PU Elastoskin	25
Tabela 3 – Características do produto e processo	48
Tabela 4 – FMEA parte 1	51
Tabela 5 – FMEA parte 2	52
Tabela 6 – FMEA parte 3	53
Tabela 7 – Tabela de similaridade.....	54
Tabela 8 – Ranking de classificação dos requisitos do projeto	56
Tabela 9 – Custos dos Equipamentos	60
Tabela 10 – Resultados obtidos.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz QFD	55
Quadro 2 – Análise financeira otimista	64
Quadro 3 – Análise financeira mediana	65
Quadro 4 – Análise financeira pessimista	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico comparativo da eficiência da pintura por transfêrencia	28
Gráfico 2 – Cenário otimista	62
Gráfico 3 – Cenário mediano	62
Gráfico 4 – Cenário pessimista.....	63

LISTA DE SIGLAS

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*
HLPV – *High Volume, Low Pressure*
ISO – *International Organization for Standardization*
NBR – Norma Brasileira
PDP – Processo de Desenvolvimento de Produto
PU – Poliuretano
PVC – Policloreto de vinil
QFD – *Quality Function Deployment*
RIM – *Reaction Injection Molding*
RPN – Número de prioridade de risco
TS 16949 – Norma Automotiva Mundial
VPL – Valor Presente Líquido
TMA – Taxa Mínima de Retorno
TIR – Taxa Interna de Retorno
IR – Imposto de Renda
CVT – Custo Variável Total
CFT – Custo Fixo Total

SUMÁRIO

1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO TRABALHO	13
1.1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA	16
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 Objetivo geral	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	19
2.1 A IMPORTÂNCIA DO PDP NA INDÚSTRIA	19
2.2 FERRAMENTAS PARA A ANÁLISE DO PROJETO	20
2.2.1 FMEA, Análises do Modo de Falha e seus Efeitos	20
2.2.2 QFD, Desdobramento da Função Qualidade	22
2.3 REVESTIMENTOS AUTOMOTIVOS EM POLIURETANO	23
2.3.1 Espuma rígida estrutural	23
2.3.2 Integral <i>Skyn</i>	25
2.3.3 Pintura por transferência	26
2.4 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A TECNOLOGIA	29
2.4.1 Injetora de Poliuretano	29
2.4.2 Sistema de Produção	31
2.4.3 Moldes para a tecnologia de revestimentos	35
2.5 CONCEITOS DE ENGENHARIA ECONÔMICA	36
2.5.1 Receita	37
2.5.2 Despesa	37
2.5.3 Depreciação	38
2.5.4 VPL (Valor Presente Líquido)	38
2.5.6 Custo Capital	39
2.5.7 Tempo de Análise	40
2.5.8 TMA (Taxa Mínima de atratividade).....	40
2.5.9 TIR (Taxa Interna de Retorno).....	40
2.5.10 IR (Imposto de Renda).....	41

3. PROCESSO ATUAL E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA IMPLANTAÇÃO DE UM NOVO PROCESSO DE REVESTIMENTO EM POLIURETNO	42
3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ATUAL	42
3.2 INTERVENÇÃO NO PROCESSO	46
3.2.1 Resultados obtidos na etapa 1	47
3.2.2 Resultados obtidos na etapa 2	48
3.2.3 Resultados obtidos na etapa 3	56
3.2.4 Resultados obtidos na etapa 4	61
3.3 RESULTADOS GERAIS OBTIDOS NESTA ETAPA	67
4. CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	69

1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO TRABALHO

1.1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos as empresas precisam renovar suas linhas de produtos, uma situação normal nos dias de hoje devido ao aumento de tecnologias e surgimento de novas matérias primas, que acabam deixando seus produtos defasados e, conseqüentemente, perdendo espaço no mercado de atuação.

Com esta preocupação, as empresas investem em profissionais e em novos desenvolvimentos para garantir espaço no mercado. O setor de desenvolvimento de uma empresa tem a função de dar continuidade nos produtos existentes e desenvolver novos produtos, seguindo uma tendência de mercado, e por outro lado, adaptar estas novas tecnologias à realidade de suas empresas.

Nas indústrias de poliuretano o cenário não é diferente. A concorrência com peças plásticas obriga os engenheiros a buscar novos produtos e tecnologias que proporcionem peças técnicas e com diferenciais como: acabamento superficial, peso, resistência mecânica, entre outras. O mercado automobilístico, como pode-se observar nos próximos parágrafos, é um grande consumidor de peças técnicas em poliuretano devido às características visuais e mecânicas serem favoráveis para a aplicação.

Na década de 70, o poliuretano começou a ganhar espaço na indústria automobilística, sendo atribuído em várias partes do veículo como revestimentos, bancos volantes, apoia braço, entre outros.

Atualmente, o poliuretano vem ganhando força no mercado automotivo devido aos recursos proporcionados pelo mesmo, e oferece aos designers e aos engenheiros a liberdade de criar conceitos e soluções inovadoras, com vastas possibilidades de aplicação. O aumento do conforto interno, aliado à segurança em caso de acidentes e redução de peso sem comprometimento das características de desempenho do veículo, torna o material um elemento importante na produção e montagem de automóveis. Amortecedores, molas suplementares de elastômeros micro celulares, enchimento de pneus resistentes à perfuração, espuma de estofados, painéis laterais e frontais são alguns exemplos de aplicação nos veículos. A opção do uso se deve a aspectos relacionados à segurança, tecnologia, design e leveza. No painel e no revestimento interno do teto, por exemplo, a capacidade de absorção de energia garante o isolamento sonoro. Peças externas arredondadas e macias ao toque oferecem

segurança ao pedestre em caso de acidente (PU – COMISSÃO SETORIAL DE POLIURETANO, 2012).

Os poliuretanos conquistaram mercados sofisticados, principalmente em forrações e revestimentos de painéis, mas os volumes de consumo tendem a aumentar bem mais nos próximos anos em decorrência dos novos desenvolvimentos e dos custos mais atraentes. Os volumes de PU empregados no interior dos automóveis crescem anualmente em níveis superiores aos alcançados na produção de veículos, mas deverão crescer ainda mais, acentuando-se, por exemplo, no mercado das pick-ups, produzidas com fileiras de assentos em PU (FEIPUR, 2006).

Segundo estimativas, cada veículo do tipo passeio já estaria consumindo, no mundo, entre 14 kg e 16 kg, em média, de PU. Nos Estados Unidos, esses volumes já estariam por volta de 17 kg, em média, por veículo. Na Ásia, entre 10 kg e 12 kg e, no Brasil, entre 12 kg e 13 kg. Das 400 mil toneladas/ano empregadas no mundo todo na fabricação de componentes em PU para o interior dos veículos, boa parte é utilizada na fabricação de bancos automotivos. As demais aplicações envolveriam revestimentos de painéis, volantes, tetos, encapsulamento de vidros, tapetes, componentes utilizados nos compartimentos dos motores e elementos de decoração (FEIPUR, 2006).

As aplicações automotivas do PU seguem, porém, muito além desse horizonte. Na Europa e Estados Unidos, o material já encontrou forte presença em batentes, suportes e filtros, em muitos casos substituindo também plastissóis de PVC, sendo amplamente utilizado em inúmeros componentes para isolamento termo acústico e como absorvedor de energia (PORTAL QUÍMICA, 2012).

Visando este mercado promissor, a direção da Espumatec coloca seu corpo de engenharia focada em desenvolver peças técnicas para a aplicação de interiores automotivos, buscando e investindo em novas tecnologias, proporcionando aos clientes novas opções para a aplicação dos produtos no mercado automotivo.

1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Espumatec Injetados em Poliuretano LTDA deu início às operações em 1990, na cidade de Caxias do Sul. Constituída por três sócios, com intuito de produzir peças em Poliuretano flexível para o mercado moveleiro. Com o passar do anos, a Espumatec dedicou-se ao desenvolvimento de novos produtos e mercados e hoje é referência na transformação de peças técnicas em poliuretano. Atualmente, possui duas plantas: uma delas

é dedicada só para espumas flexíveis e a outra para transformação de semi-rígidos, pele integral, RIM e rígido estrutural. Os principais clientes atuam nas áreas automotiva, agrícola, moveleira, esportiva e hospitalar.

Certificada na norma ISO 9001 desde 1998, a empresa atua no mercado interno e externo, exportando para países como Espanha e Argentina. Tendo um portfólio de produtos muito amplo e um *know how* em desenvolvimentos de peças técnicas em poliuretano, começou recentemente a atuar no mercado automobilístico fornecendo para montadoras como General Motors e Mercedes, através dos sistemistas. Já possuindo um cronograma para implementação da norma ISO TS16949, terá a possibilidade de aumentar ainda mais sua gama de clientes, fornecendo direto para montadoras de automóveis e caminhões. A figura 1 mostra alguns produtos fornecidos pela Espumatec.

Figura 1 – Produtos fabricados pela empresa



Fonte: Espumatec Injetados em Poliuretano, 2011.

Recentemente, a Espumatec teve seus produtos publicados em uma revista trimestral que aborda tecnologia e inovações sobre o ramo do poliuretano. A figura 2 mostra a foto do case de produtos da Espumatec fornecido para seu principal cliente agrícola, John Deere.

Figura 2 – Revestimento de teto e laterais usado em cabine de colheitadeiras.



Fonte: Revista Poliuretano Tecnologia & Aplicações Ed.489, 2012.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Com a grande evolução tecnológica e aumento de produtividade, as empresas necessitam constantemente de investimentos em novas tecnologias para poder se manter atualizadas no ramo de atuação. No caso da Espumatec, a tecnologia de revestimento em poliuretano tem um vasto campo de mercado a ser explorado, conforme Todd Green, gerente de desenvolvimento de mercado de polímeros automotivos da Basf Corporation, dos Estados Unidos, que ressalta que nos últimos cinco anos as montadoras têm investido em novos desenvolvimentos, priorizando o maior conforto dos motoristas e passageiros, reduzindo vibrações e ruídos e preocupando-se mais com a eficiência dos isolamentos acústicos (PORTAL QUÍMICA, 2012).

Cada vez mais o mercado automotivo, principalmente de ônibus e caminhões, almeja a um produto competitivo em nível de custo e arrojado no design, tanto exterior como interior. Uma das formas de obter este ganho é através do revestimento usado em veículos. Na maioria dos casos, estes revestimentos são produzidos por uma tecnologia denominada *Vacuum forming*, processo que envolve plástico, transformando folhas termoplásticas em formas tridimensionais através da aplicação de calor e pressão. Basicamente, durante o processo de *Vacuum forming*, o material plástico é aquecido até se tornar flexível e, em seguida, é colocado sobre um molde e aplicado vácuo entre as partes até que se obtenha a forma desejada (TECNOLOGIA DESIGN EM PLÁSTICOS, 2012).

Os revestimentos de poliuretano fabricados atualmente na Espumatec para o mercado de ônibus e máquinas agrícolas não permite ousar em geometrias muito complexas devido ao processo de fabricação ser limitado por um vinil de PVC. Este, quando conformado através de um molde de vácuo, acaba perdendo características de textura e conformação de raios. Outra característica do processo é a perda elevada de vinil, quando se trata de geometrias indefinidas, se tornando muitas vezes não competitivo em relação a peças de outros processos.

Tendo em vista este mercado, um dos principais clientes, no segmento de montadora de ônibus, solicita um processo de revestimento para o interior de seu veículo rodoviário.

Um processo que pudesse aliar características do processo fabricado pela empresa Espumatec, como: peso, acabamento superficial e propriedades termo acústicas, porém competitivo, a fim de viabilizar a troca com o processo usado atualmente, *vacuum forming*, que, segundo o cliente, não atinge os níveis de qualidade requeridos pela organização.

As peças de *vacuum forming* tornam o processo muito lento, e com acabamentos feitos manualmente pelos operadores, além do peso contribuir negativamente para o desempenho do veículo.

Essa necessidade transforma-se em uma oportunidade de desenvolvimento para a empresa empregar novos desenvolvimentos e aplicar tecnologias até então desconhecidas neste segmento de mercado.

Para atender as necessidades do cliente e viabilizar este negócio, a Espumatec, em parceria com o seu principal fornecedor de matéria-prima (PU), traz um processo totalmente inovador e sofisticado, este processo é composto por dois sistemas de poliuretano: um deles corresponde a uma fina camada de poliuretano que proporciona alto acabamento superficial e resistência ao rasgamento, sua espessura é controlada e seu desperdício é mínimo comparado a outros processos de revestimentos conformados. Em relação ao processo usado atualmente, reduz em até 35% nos custos de fabricação em peças de geometria complexas, pois usou-se o material somente no produto e não em *blank*, (folhas inteiras), reduzindo seu nível de perda à quase zero.

Com isto a empresa tem a possibilidade de produzir peças grandes e leves com alto nível de acabamento, tornando-se mais competitiva no mercado e o cliente terá uma redução de peso de aproximadamente 30% em relação às peças usadas atualmente, isto proporcionará um produto final, mais leve com uma série de benefícios e atrativos que irão aumentar sua competitividade no mercado rodoviário.

Portanto, a implantação deste processo de revestimento em poliuretano tem como objetivo instalar uma célula produtiva dentro de um parque fabril já existente, com recursos financeiros planejados para este projeto, garantindo os requisitos de qualidade solicitados pelo cliente, o que será crucial para aceitação do produto no mercado. E, além disso, aumentar o portfólio de produtos da empresa, mantendo-a competitiva no seu ramo de atuação.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica de um novo processo de revestimento em poliuretano para componentes automotivos.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar os requisitos técnicos de fornecimento dos componentes a serem desenvolvidos.
2. Avaliar as variáveis que interferem na aplicação do processo.
3. Esboçar a célula produtiva e respectivos valores.
4. Avaliar a viabilidade econômica do projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No início deste capítulo, aborda-se a importância do processo de desenvolvimento do produto (PDP) e as ferramentas utilizadas para auxiliar em seu desenvolvimento. Posteriormente, trata-se de materiais que fazem parte da tecnologia do revestimento em poliuretano, e por fim máquinas e equipamentos necessários para a sua fabricação.

2.1 A IMPORTÂNCIA DO PDP NA INDÚSTRIA

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), em definição, é um conjunto de atividades que tem como objetivo a transformação de necessidades de mercado em produtos economicamente viáveis. A partir das necessidades do mercado e considerando as estratégias competitivas da empresa se chega às especificações de projeto de um produto e de seu processo para tornar possível que a manufatura seja capaz de produzir o novo item (ROMANZINI, 2010).

O desenvolvimento de produtos é considerado um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das empresas, principalmente com a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedades de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Desenvolver produtos consiste no conjunto de atividades por meio das quais se busca, a partir das necessidades dos mercados e das possibilidades tecnológicas, considerando as estratégias competitivas da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo e de acompanhá-lo após seu lançamento. Assim, irão se realizar as eventuais mudanças necessárias a essas especificações, planejar a descontinuidade do produto no mercado e incorporar, no processo de desenvolvimento, as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006).

O Processo de Desenvolvimento de Produtos se caracteriza por alto grau de incerteza no início, porém, é neste momento que são realizadas as escolhas de soluções de projeto (materiais, conceitos, processos de fabricação, etc.), as quais determinam aproximadamente 85% do custo final do produto. É importante fazer com que mudanças ocorram nas fases iniciais do desenvolvimento, quando o custo das alterações é menor. Estima-se que são possíveis reduções de mais de 50% no tempo de lançamento de um produto, quando os

problemas de projeto são identificados e resolvidos com antecedência. Estima-se também que o atraso na detecção e correção de problemas, à medida que se avança o projeto para a produção e o consumo, representa um aumento do custo de alteração, que cresce em progressão geométrica de razão 10 a cada fase (SENHORAS *et al.*, 2007).

A intensificação destas exigências, no final dos anos 1980, levou ao surgimento de diversas propostas de mudanças maiores de como desenvolver produtos, as quais resultam em uma transformação significativa na gestão do PDP em um período curto de espaço de tempo. Essa abordagem tornou-se completamente como Engenharia Simultânea (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Esse movimento ajudou também a difundir a importância de utilizar técnicas sistemáticas de projeto para aumentar a produtividade do trabalho de engenharia e diminuir erros, foi nesse momento que ferramentas como *Quality Function Deployment* – QFD, Desdobramento da Função Qualidade -; a matriz de seleção de *Pugh*; a *Failure Modes and Effects Analysis* – FMEA, Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos, foram sistematizadas para trabalhar conjuntamente com o PDP (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Em resumo, o desenvolvimento de produtos envolve atividades que são realizadas em fases distintas, com o envolvimento de vários setores, objetivando atender às necessidades do cliente de acordo com um cronograma, e com base nisso, deve ser gerenciado e monitorado para posteriormente se trabalhar com melhoria contínua (ROMANZINI, 2010).

2.2 FERRAMENTAS PARA A ANÁLISE DO PROJETO

2.2.1 FMEA, Análises do Modo de Falha e seus Efeitos

Para entender por que precisamos desenvolver um método específico, que atualmente é conhecido como o FMEA, é só lembrar-se de um dos ditados mais populares: Lei de Murphy "tudo o que pode falhar, falhará" isto pode ser um bom ponto de partida. As técnicas de FMEA foram desenvolvidas pelo Exército EUA, para fornecer métodos de avaliação de confiabilidade e efeitos devido à falha de operação do equipamento. Mas os primeiros casos significativos de implementação do FMEA estão relacionados com o “boom” de aeronaves na indústria em meados dos anos 60 (IONESCU, 2011).

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA, é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo (TOLEDO, 2012).

Este é o objetivo básico desta ferramenta e, portanto, pode-se dizer que, com sua utilização, diminui as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, busca-se aumentar a confiabilidade, diminuindo a probabilidade de falha do produto ou processo (TOLEDO, 2012).

Segundo Toledo (2012), a metodologia pode ser aplicada tanto no desenvolvimento do projeto do produto como do processo. As etapas e a maneira de realização da análise é a mesma, ambas diferenciando-se somente quanto ao objetivo. Assim as análises FMEA's são classificadas em dois tipos:

FMEA DE PRODUTO: na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o Produto, dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou no processo decorrente do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto (TOLEDO, 2012).

FMEA DE PROCESSO: são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto (TOLEDO, 2012).

Há ainda um terceiro tipo, menos comum, que é o FMEA de procedimentos administrativos. Nele analisa-se as falhas potenciais de cada etapa do processo com o mesmo objetivo que as análises anteriores, ou seja, diminuir os riscos de falha.

O princípio da metodologia é o mesmo independente do tipo de FMEA e a aplicação, ou seja, se é FMEA de produto, processo ou procedimento e se é aplicado para produtos/processos novos ou já em operação. A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo (ROOS, 2008).

A determinação do nível crítico das falhas é realizada com base em três índices que são o índice de severidade dos efeitos dos modos de falha, o índice de ocorrência dos modos ou causas de falha e o índice de detecção dos modos ou causas de falha. A interpretação destes três índices, que em geral são apresentados em escalas de 1 a 10, vai resultar no RPN,

(número de prioridade de risco), que será responsável pelo ranking das falhas. RPN é o método tradicional de priorização dos modos ou causas de falha (ROOS, 2008).

2.2.2 QFD, Desdobramento da Função Qualidade

O QFD foi criado no Japão, principalmente pelos professores Mizuno e Akao. Desde então tem sido continuamente aperfeiçoado pelo grupo de professores Akao, hoje com base na Universidade de Tamagawa, em cooperação com empresas japonesas. A caracterização do método e a descrição do conteúdo tiveram a sua origem nos trabalhos de Akao em 1978, e Akao e outros autores em 1988 (CHENG *et al.*, 1995).

O método QFD pode ser aplicado tanto a produto (entendido como bens ou serviço) da empresa quanto a produtos intermediários entre cliente e fornecedor interno. Pode ser aplicado também tanto para remodelagem ou melhoria de produtos existentes quanto para produtos novos às empresas. A implantação do método QFD objetiva suas finalidades específicas: 1 – auxiliar o processo de desenvolvimento do produto, buscando, traduzindo e transmitindo as necessidades e desejos do cliente; 2 – garantir a qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto (CHENG *et al.*, 1995).

Os requisitos dos produtos são definidos e combinados com uma solução em forma de produto/serviço a ser oferecido e geram os parâmetros críticos, que devem ser gerenciados para que o produto em desenvolvimento realmente atenda às especificações propostas (ROZENFELD *et al.*, 2006). Uma forma de avaliar o atendimento é por meio das especificações-meta dos requisitos relacionados com a identificação dos parâmetros críticos, trazendo à empresa uma vantagem sobre os fenômenos físicos, mecânicos ou químicos que regem o funcionamento do produto (BIGUELINI *et al.*, 2011).

O modelo simplificado mais utilizado no QFD é composto por quatro matrizes: (i) a matriz da qualidade; (ii) matriz do produto; (iii) matriz de processos e (iv) matriz de recursos. Dessa forma, de acordo com Govers (1996), o uso do QFD fornece o suporte para as equipes de desenvolvimento de produtos, já que essas quatro matrizes relacionam a demanda do consumidor com as especificações de engenharia, possibilitando o projeto das partes do produto e a definição das especificações das variáveis dos processos de produção, bem como a alocação inicial de recursos operacionais (BIGUELINI *et al.*, 2011).

Algumas das consequências da ingerência do planejamento da qualidade mais comumente conhecidas são: 1- alto número de mudança de projeto; 2- lançamento do produto além do prazo 3- alto custo do projeto devido ao retrabalho; 4- grande possibilidade de não

atendimento das necessidades dos clientes; e 5- baixa moral gerada pelo mal estar e conflitos (CHENG *et al.*, 1995).

Os benefícios do QFD já comprovados pelo uso são: 1- Redução do tempo de desenvolvimento; 2- redução do número de mudanças de projetos; 3- redução de reclamações de clientes; 4- redução de custos perdas; 5- redução de transtornos e mal estar com funcionários; 6- aumento de comunicação entre departamentos funcionais; 7- crescimento e desenvolvimento de pessoas através do aprendizado mútuo; e 8- maior possibilidade de atendimento a exigência de clientes (CHENG *et al.*, 1995).

2.3 REVESTIMENTOS AUTOMOTIVOS EM POLIURETANO

2.3.1 Espuma rígida estrutural

As espumas rígidas em PU possuem uma estrutura polimérica altamente reticulada com células fechadas. Elas podem ser fabricadas com densidades tão baixas quanto 10 kg/m^3 , até quase sólidos com densidades de 1100 kg/m^3 (VILAR, 1999).

Usualmente, utilizando o processo RIM, (moldagem por injeção e reação), são produzidos artigos com densidades de 400 a 600 kg/m^3 . A baixa viscosidade da mistura reagente da espuma e a excelente fluidez da espuma em expansão permitem a obtenção de peças moldadas grandes e complexas sob baixa pressão dentro do molde. Peças moldadas de espuma estrutural de PU apresentam-se livres de marcas de afundamento, mesmo onde estruturas de reforço e insertos são moldados *in situ* (VILAR, 2012).

Segundo Hermínio Luvizari Neto, da divisão de poliuretanos da Brazmo (São Paulo, SP), as peças em poliuretano rígido estrutural resultam de uma mesma reação que promove diferentes densidades (normalmente duas medianas) na mesma peça. Como explica ele, as variantes em termos de densidade das peças em PU rígido estrutural são o resultado do empacotamento das moléculas reagentes de polioliol, isocianato e agentes auxiliares na superfície do molde. A entrada contínua de matérias-primas empurra as moléculas para a superfície, onde elas se aglutinam e formam películas extremamente densas e resistentes, com densidade, em média, de até 1000 kg/m^3 (CANAUD, 2007).

Por mais simples que seja, toda peça em poliuretano rígido apresenta duas densidades, distribuídas desigualmente no resultado final. Dessas densidades, a maior (que pode de 600 a 1.000 kg/m^3) aparece na superfície da peça. Essa densidade é resultado do empacotamento

(*overpacking*) de moléculas de poliuretano onde elas foram continuamente pressionadas pela própria reação do polioliol com o isocianato e os devidos reagentes auxiliares. A menor densidade aparece no núcleo da peça, resultando em moléculas microcelulares bem mais leves que as da superfície e com piores características em termos de resistência mecânica (CANAUD, 2007).

As propriedades mecânicas de uma espuma estrutural moldada dependem de sua forma e espessura como também da formulação e da densidade da espuma. Para propósitos de comparação e projeto, as propriedades físicas são determinadas de amostras cortadas de folhas moldadas planas, normalmente com aproximadamente 10 mm de espessura. Tipicamente, tais amostras têm um núcleo celular de densidade quase uniforme. As peles possuem entre 1 mm e 2 mm de espessura e as superfícies exteriores são quase sólidas. A estrutura permite uma combinação de alta dureza e alta temperatura de distorção ao calor com alta resistência de impacto (VILAR, 2012).

A tabela 1 mostra algumas das propriedades das espumas estruturais em poliuretano

Tabela 1– Propriedades típicas das espumas estruturais de PU

Propriedade	Método	Faixa de valores	Unidades
Encolhimento		0,4 a 0,6	%
Resistência à flexão	ASTM D790	26 to 35	MPa
Módulo de flexão	ASTM D790	800 to 1200	MPa
Resistência ao impacto	DIN 53453	10 to 22	J
Temperatura de distorção ao calor	ASTM D648	70 to 110°C	°C
Resistência à tensão	ASTM D638	12 to 29	MPa
Dureza da pele	ASTM D2240	72 to 80	Shore D
Condutividade térmica	ISO 2581	0,07 to 0,08	W/mk

Fonte: Química e Tecnologia dos Poliuretanos, 2002.

2.3.2 Integral skyn

As espumas de pele integral de PU são produzidas principalmente em densidades entre 200 a 800 Kg/m³ podendo chegar a 1100 Kg/m³. A produção de espumas integrais de PU alcança grandes volumes nos países industrializados, devido às suas propriedades. Por exemplo, a indústria automobilística tem aumentado o uso das espumas de PU com pele integral para satisfazer normas de segurança internas e externas (VILAR, 1999).

A espuma de PU com pele integral consiste de um coração celular recoberto por uma pele sólida de espessura e dureza controláveis e possuem excelente reprodução da superfície e textura do molde (VILAR, 1999).

Devido à troca de calor na parede mais fria do molde e ao aumento de pressão interna do molde super cheio, forma-se uma pele densa pela condensação do agente de expansão na parede. Maiores temperaturas do molde produzem peles mais finas. Peles mais grossas são obtidas pelo abaixamento da temperatura do molde, aumento do super enchimento, ou emprego de agente de expansão (ou mistura) com temperatura de ebulição mais elevada (VILAR, 2012).

Dentro desta família de pele integral temos o Elastoskin, uma pele de PU aromático pulverizado, usado para os acessórios de alta qualidade em interiores de veículos. O sistema é formado por dois componentes que são misturados antes do bico de pulverização, onde imediatamente começa a reagir e após sua aplicação na superfície do molde forma uma fina e controlada camada de pele (BASF ASIA PACIFIC, 2012).

A tabela 2 demonstra algumas propriedades físicas do PU Elastoskin para uma pele de 0,85 mm.

Tabela 2 – Propriedades físicas do PU Elastoskin

Características	Unidade	Valor Medido	Método
Densidade Total	Kg/m ³	960	DIN 53479
Pele (e=0,85mm)			
Resistência a Tração	N/mm ²	8.0	DIN EN ISO 527-3/2/100
Alongamento	%	180	
Resistência ao Rasgo	N/mm	16.0	DIN EN ISO 13927-2
Flamabilidade	MG	0.3 100°C	DIN 75201-B

Fonte: Technical Data Sheet, 2010.

Usado principalmente em painéis de instrumentos, tem seu custo menor do que outras tecnologias de revestimento como o PVC, e outros materiais de pele, e está bem posicionado para ser uma boa alternativa no processo de criação de superfície e decoração na indústria automotiva (BASF ASIA PACIFIC, 2012).

A figura 3 mostra um exemplo de aplicação desta tecnologia, o forro da porta do novo Ford Taurus, lançado recentemente. Como podemos observar, o Elastoskin tem um poder incrível de revelar formas e texturas existentes no molde.

Figura 3 – Lateral da porta do novo Ford Taurus



Fonte: Revista Global PUR, 2010

2.3.3 Pintura por transferência

A pintura por transferência é de grande importância para ter um produto com qualidade, principalmente quando se diz respeito ao aspecto visual do produto. Aplicada na cavidade inferior do molde, ela terá a função de proteger a peça contra raios ultra violetas, e dar a cor definida para a peça. Muito importante para ter um bom acabamento e baixo consumo de, é ter equipamentos que possam garantir sua aplicação a partir das suas características já determinadas para este processo. Abaixo alguns exemplos de equipamentos para aplicação desta matéria-prima.

Determinante para a escolha da tinta é a disponibilidade de pistolas modernas de aplicação, especialistas explicaram que o equipamento convencional usa alta pressão e dá uma falsa sensação de produtividade. No entanto, a taxa de transferência de tinta para os painéis fica entre 35% e 60%, exigindo assim mais camadas. A tecnologia evoluiu para pistolas HVLP (*high volume, low pressure*), que operam com máximo de 10 libras na capa de ar, alcançando taxas de transferência sempre superiores a 60% (QUÍMICA E DERIVADOS, 2012).

O sistema convencional de pintura é o mais antigo sistema que utiliza pistola para a pintura. No Brasil, este sistema é simplesmente conhecido como pistola de pintura. Neste tipo de pintura, com ar comprimido a atomização do produto é devido ao impacto com ao fluxo de ar, o qual leva o produto até a superfície. Junto à peça, o ar sofre um rebote, voltando com as partículas de tinta, causando um desperdício. A isto se dá o nome de “overspray” (TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA, 2001).

O *airless* criado nos anos 60, a fim de atender novos processos de atomização, é um método de pulverização cujo produto é perfeitamente atomizado sem a necessidade de ar. É composto por uma bomba que gera alta pressão (500 a 7000 Psi), que pulveriza o produto através de um bico especial, acoplado à pistola. Neste sistema, obtém-se uma melhor distribuição de tinta, menos poluição na área de trabalho e possibilidade de aplicar camadas mais espessas por demão (TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA, 2001).

O *airless* assistido surgiu por volta dos anos 70 para preencher a necessidade da escalada dos custos do material e do regulamento EPA (órgão regulador de poluição nos EUA). O *airless* assistido, dentro das condições ideais, combina as melhores qualidades da pulverização a ar. Pistolas de pulverização do sistema *airless*-assistido pulverizam o líquido com um bico especial similar a um bico *airless* (TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA, 2001).

No conceito mundial sobre poluição ambiental, houve a necessidade de numerosas mudanças incluindo a forma com a qual damos acabamento em nossos produtos. O HLPV é um sistema de pintura, como o próprio nome indica, aplica uma camada de tinta utilizando baixa pressão de ar 0,1 e 10 Psi (no bico da pistola) e alto volume (maior do que 40 Cfm, (pés cúbicos)). Esta tecnologia melhora significativamente o controle de spray, resultando por conseguinte um leque mais uniforme e maior eficiência de transferência (quantidade de tinta pulverizada/ quantidade de tinta perdida), que pode variar de 65 a 90% (TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA, 2001).

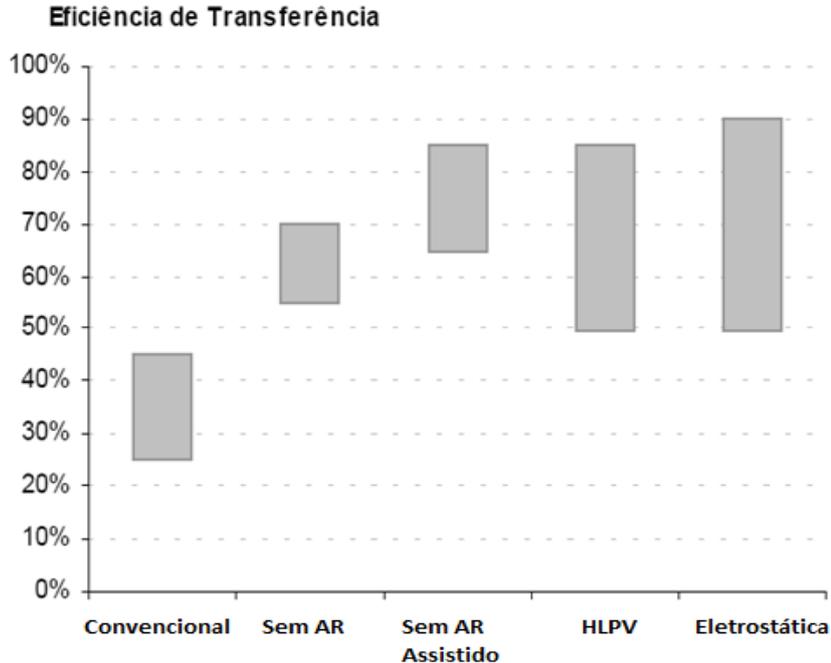
Durante a segunda guerra mundial, tintas e solventes eram escassos ou muito caros. Para preencher a necessidade e maximizar o uso desses materiais, a pulverização eletrostática foi criada. A camada primeiramente é pulverizada usando ar comprimido, *airless*, ou método de *airless*- assistido, porém com equipamentos preparados para a aplicação eletrostática.

As partículas devem passar através de uma nuvem de elétrons flutuantes (carga negativa), produzidas por uma fonte de alta voltagem como um gerador independente de força, cabo e eletrodo na pistola, ou um gerador operado por turbina localizada dentro da pistola de pulverização (TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA, 2001).

Sendo assim, cada partícula de material é carregada de 30 a 140 KV e 0-200mA, e irá procurar o objeto aterrado mais próximo (positivo), para completar o circuito elétrico. Este processo requer cuidados com como tintas a prova de fogo e treinamento a operadores (TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA, 2001).

A gráfico 1 mostra a comparação e demonstra o percentual de eficiência de transferência dos sistemas de pulverização analisados.

Gráfico 1 – Gráfico comparativo da eficiência da pintura por transferência.



Fonte: Tecnologia em processos de pintura, 2001

2.4 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A TECNOLOGIA

Aqui será comentado sobre as máquinas e equipamentos necessários para o processo de injeção de poliuretano, bem como a forma de construir sua disposição, ou seja, definir como posicioná-los para construir um *layout* eficaz, e obter seu melhor rendimento produtivo.

2.4.1 Injetora de Poliuretano

Um equipamento adequado para a indústria de espuma de poliuretano precisa executar as seguintes operações básicas: controle de temperatura dos componentes; dosagem precisa dos componentes e transporte ao cabeçote misturador; mistura dos componentes em um curto período de tempo e descarga dos componentes misturados (ORSIOLI, 2005).

A temperatura é controlada através de trocadores de calor, que são conectados à água gelada ou quente. A temperatura entre os componentes precisa ser mantida constante dentro de mais ou menos 1°C, para impedir diferenças de reatividade e na viscosidade. As temperaturas de trabalho estão normalmente entre 20 e 27°C. A dosagem apropriada dos componentes é controlada através de bombas calibradas que são do tipo deslocamento positivo, (preferidas para os casos de polióis viscosos e para espumas rígidas), ou do tipo centrífuga (ORSIOLI, 2005).

No caso das injetoras da pele integral, ou seja o Elastoskin, a temperatura do material precisa ser controlada entre 40 e 45°C no tanque, e também precisa ser controlada na cabeça de mistura aonde temperaturas elevadas que podem chegar até 80°C vão ajudar em uma mistura eficiente do material.

Os dois componentes básicos (isocianato e polioliol), são pré-condicionados em tanques separados com pressões e temperaturas programadas na máquina de injeção, onde nestes tanques possuem um sistema de recirculação contínuo para manter a homogeneização adequada aos compostos químicos antes da injeção (PACHECO, 2006).

Cada peça a ser injetada exige uma dosagem da quantidade e da proporção entre os componentes, esta dosagem pode ser feita pelo operador da máquina ou através de controladores lógicos programáveis, no caso de máquinas já automatizadas.

A figura 4 mostra uma máquina de injeção em poliuretano de alta pressão com os equipamentos básicos como painel elétrico, tanques de armazenagem, bombas de alta pressão e cabeçote de injeção.

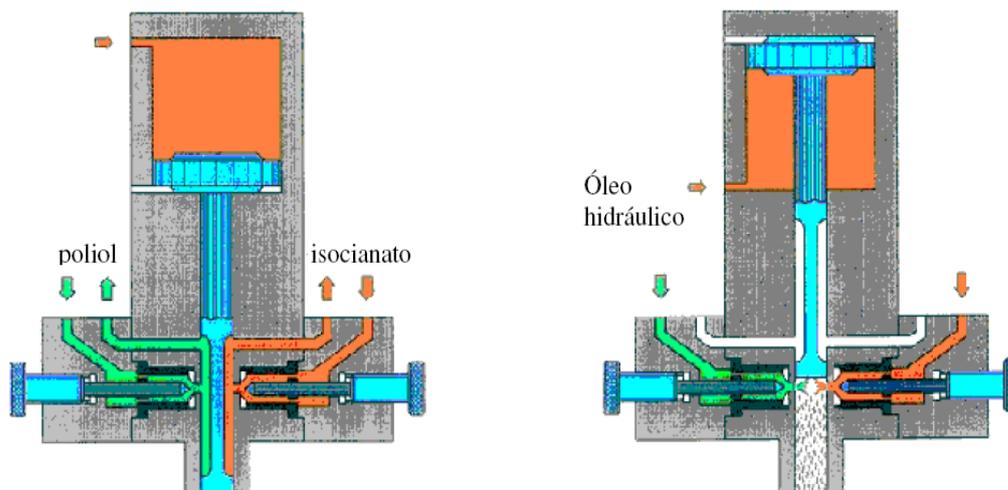
Figura 4 – Exemplo de máquina injetora de poliuretano.



Fonte: Krauss Maffei, 2012.

A tecnologia de Poliuretano tem seu "coração" no cabeçote de mistura, onde várias substâncias químicas são misturadas antes de serem derramadas no molde ou em um transportador (CANNON DO BRASIL, 2012).

Figura 5 – Esquema de injeção de um cabeçote hidráulico de alta pressão



Fonte: Estudo da relação entre os parâmetros do processo de injeção em alta pressão de espuma rígida de poliuretano na Indústria de Refrigeração, (2005).

O esquema ilustrado na Figura 5 mostra o momento da mistura dos materiais líquidos na câmara de mistura do cabeçote. A partir dos transdutores posicionados no cabeçote, tem-se

a leitura das três importantes variáveis do processo de injeção de poliuretano: tempo de injeção ou vazão dos materiais líquidos; pressão de injeção; e temperatura do material (ORSIOLI, 2005).

2.4.2 Sistema de Produção

Existem várias formas de classificar os sistemas de produção, sendo que as mais conhecidas são pelo grau de padronização dos produtos, pelo tipo de operação que sofrem os produtos e pela natureza do produto (TUBINO, 1999).

Para Tubino (1999), pode-se classificar o grau de produtos fabricados pelos sistemas produtivos em duas formas: sistemas que produzem produtos padronizados e sistemas que produzem produtos sob medida.

Os sistemas de produção, por sua vez, também pode se classificar segundo seu tipo de operação em dois grandes grupos: processos contínuos, que envolvem a produção de bens ou serviços que não podem ser identificados individualmente, e os processos discretos que envolvem a produção de bens ou serviços que podem ser isolados em lotes ou unidades, particularizando uns dos outros. Por sua vez, os processos discretos podem ser subdivididos em: processos repetitivos em massa, processos repetitivos em lotes e processos por projetos (TUBINO, 1999).

Neste caso deu-se enfoque a produtos padronizados e processo repetitivo em massa.

A padronização significa a eliminação de itens não padronizados pela atenção a todos os estágios no projeto do produto. Isto também significa a correspondência do projeto a processos padronizados de fabricação, a nacionalização de suprimentos de materiais por meio de compras, as especificações de qualidade e a métodos de trabalho determinados nos estudos de trabalho (HARDING, 1981).

Segundo Tubino (1999), produtos padronizados são aqueles bens ou serviços que apresentam alto grau de uniformidade, são produzidos em grande escala, seus sistemas produtivos pode ser organizado de forma a padronizar mais facilmente os recursos produtivos e os métodos de trabalho e controles, contribuindo para maior eficiência do sistema.

Os processos repetitivos em massa são aqueles empregados na produção em grande escala de produtos altamente padronizados. Normalmente a demanda pelos produtos é estável, fazendo com que seus projetos tenham poucas alterações no curto prazo, possibilitando a montagem de uma estrutura produtiva altamente especializada e pouco flexível, onde os altos investimentos podem ser amortizados durante um longo prazo (TUBINO, 1999).

Para que um negócio industrial seja bem sucedido em longo prazo, tem de ter uma produção de baixo custo. O manuseamento de materiais custa entre 30% a 75% dos custos totais da produção. Logo se, puder poupar algo no manuseamento de materiais, apenas por um melhor reajustamento dos departamentos, é já uma medida que melhora a eficiência da operação. A própria produtividade pode ser aumentada com um melhor reajustamento dos serviços de apoio. Sendo assim, o layout é uma parte importante no projeto de uma instalação para produção (ESCOLHA DO PROCESSO PRODUTIVO, 2012).

O objetivo primário por trás de um layout visionário é aumentar ou conservar a rentabilidade. Por coincidência, tal disposição também melhora a qualidade, o atendimento ao cliente, a satisfação dos empregados, etc (TUBINO, 1999).

Para Harding, (1981), o posicionamento dos equipamentos num layout de produtos ou processos é feito considerando três importantes aspectos: a) a taxa e a direção do fluxo de trabalho, b) o suprimento e a remoção dos materiais e c) o conforto e a conveniência do operador.

O layout do setor produtivo é responsável por grande parte dos desperdícios identificados pela filosofia da Produção Enxuta. Os tipos de desperdícios que estão relacionados são: de transporte, de movimentação e de estoque. O objetivo da Produção Enxuta é eliminar esses desperdícios, para isso são necessárias algumas mudanças na forma de arranjar os recursos produtivos na fábrica (PAÇO, 2006).

A abordagem de manufatura celular tem sua origem na tecnologia de grupo, que é o agrupamento de famílias de peças ou produtos com base na similaridade de forma e tamanho, processo e outros, envolvendo máquinas e processos semelhantes. Família de peças pode ser definida como coleção de peças similares devido à forma e tamanho ou a passos similares que o processo de fabricação exige. A manufatura celular resulta na tentativa de “linearizar o fluxo de materiais” numa produção contínua intermitente, representando um modelo que incorpora características intermediárias entre arranjo físico funcional e o linear, visando uma otimização dos recursos de manufatura (PAÇO, 2006).

O foco de manufatura de uma célula é determinado pelos atributos da família de peças que irão ser produzidas. Alguns critérios que podem ser usados para definir o foco da manufatura celular:

- Variedade de processos ou das peças;
- Volume de produção;
- Segmento de mercado;

-Grau de automação (técnica que objetiva de forma automática detectar e corrigir problemas no fluxo de produção) das atividades em célula;

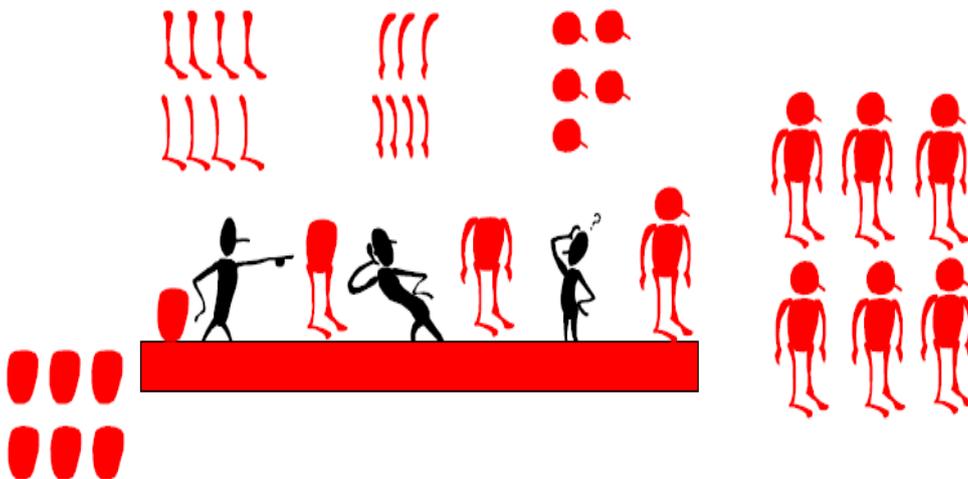
-Características das peças.

As vantagens da manufatura celular são devidas principalmente à proximidade de todas as máquinas requeridas para fazer uma família de peças, reduzindo a distância percorrida pelos lotes das peças (PAÇO, 2006).

Os layouts de linhas de produção são obtidos juntando as pessoas e o equipamento de acordo com uma seqüência pré-definida de operações a realizar num produto. Ao layout em linha costuma-se chamar linha de produção ou linha de montagem, porque normalmente são utilizados transportadores automáticos (com a forma de uma linha reta) que minimizam o transporte de material pelas pessoas (CARRAVILHA, 1998).

A figura 6 define o layout para uma linha, não se altera a direção do fluxo do produto, no entanto altera-se a eficiência da linha e alteram-se as tarefas destinadas aos operários individuais.

Figura 6 - Exemplo de produção em linha numa fábrica de bonecos



Fonte: Layouts Balanceamento de Linhas, 1998.

O sistema celular com foco no layout de produto tem menos movimentos comparando com layout funcional. Isto reduz a frequência de manuseio e custo em até 90%. O layout celular também reduz as filas, atrasos e confusão que acompanham as movimentações de materiais. As distâncias são mais curtas no layout celular, além de reduzir o custo, pois melhora a comunicação e permite os sistemas de controle visual (ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011).

Numa linha de moldagem de espumas, a maior parte da área é ocupada pelos portamoldes. Os sistemas de transporte dos moldes podem ser retos ou do tipo carrossel. Em muitos casos os moldes movem-se sob a cabeça misturadora. Em outros, o portamolde fica estacionário e a cabeça misturadora é móvel. É comum encontrar a cabeça misturadora montada em um robô ou outro sistema computadorizado, para otimizar o preenchimento dos moldes (VILAR, 2012).

Um exemplo de layout celular é do tipo “carrossel”, ou mesas giratórias, este sistema consiste em máquinas injetoras e operadores parado e uma máquina central que carrega os moldes levando-os até os pontos aonde será realizada a operação em questão. Estes equipamentos podem ser de fluxo contínuo, ou de fluxo contínuo com parada.

Na figura 7 pode-se observar um exemplo de célula de injeção de revestimentos de fluxo contínuo, onde máquinas injetoras estão acopladas em robô, aplicando de forma totalmente automatizada e precisa.

Figura 7 – Célula para injeção de poliuretano



Fonte: Frimo, 2012.

2.4.3 Moldes para a tecnologia de revestimentos.

Para produzir peças em PU rígido estrutural, era e ainda é, geralmente necessário usar moldes de alumínio ou aço, uma boa qualidade de matérias-primas e ter grande cuidado com as temperaturas e pressões envolvidas. Espessuras superiores a 1,5 cm aumentam demais a temperatura e a pressão no interior do molde, o que pode trincar ou até mesmo quebrar os moldes, afirma Luvizari (CANAUD, 2007).

Na indústria de espumas de poliuretano a pressão e a densidade média são parâmetros importantes para a construção do molde, assim a conexão entre eles não é desprezível. Saber a pressão de trabalho de um molde é essencial para o projeto do molde. A densidade é um requisito definido pelo cliente, a ligação entre a densidade e pressão é encontrada na prática industrial como uma estimativa empírica. Uma fórmula empírica para calcular a pressão de trabalho de um molde foi recomendada pelo fabricante do sistema de espuma. De acordo com eles a pressão estimada de trabalho, é a divisão da densidade livre do material, pela densidade do produto, este resultado é expresso em bar (GROB e MARAFOSVALVI, 2008).

Moldes simples ou complexos, gravados ou texturizados devem ter construção sólida e resistentes a pressões internas de 140 kPa. Moldes de alumínio fundido com boa selagem, e alta capacidade de remoção de calor são os mais usados. Deve existir sistema de alívio, porém uma extrusão mínima deve ser tolerada. A abertura deve ser em local em que a superfície da peça não será exposta. Recomenda-se um único ponto de injeção, com selagem firme (PEZZI, 2012).

O controle da temperatura das ferramentas é fundamental para a repetibilidade do processo. Cada formulação deve ter uma faixa de temperatura estabelecida, se a temperatura estiver abaixo do esperado, surgirão falhas na pele da peça. Em temperaturas elevadas a pele torna-se porosa. São típicas temperaturas entre 38° e 66°C (VILAR, 2012).

Apesar da relativamente baixa pressão de espumação de 1 a 2 bar, um molde para a produção de peças com grandes áreas de superfície (por exemplo, painéis de instrumento) deve poder resistir a uma força considerável. Então são necessárias braçadeiras robustas de alumínio ou aço de forma que as partes do molde possam ser firmemente seladas para prevenir flash. Uma variedade de mecanismos de fechamento é usada: parafusos operados mecanicamente, pinos, ganchos, ou dispositivos de fechamento controlados hidráulica ou pneumáticamente (VILAR, 2012).

A figura 8 mostra um molde para tecnologia de fabricação de painéis no processo Elastoskin, disposto em um porta molde totalmente automatizado, é capaz de produzir peças extremamente complexas e de alto nível de qualidade.

Figura 8 – Molde para Fabricação de painel automotivo.



Fonte: Frimo, 2012.

2.5 CONCEITOS DE ENGENHARIA ECONÔMICA

No exercício de sua profissão, os engenheiros e técnicos da área econômica-financeira frequentemente deparam com a escolha de alternativas que envolvem estudos econômicos. Não raro, a escolha é feita sem que o custo do capital empregado seja considerado adequadamente. Somente um estudo econômico pode confirmar a viabilidade de projetos tecnicamente corretos (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

Ao instalar uma nova fábrica, comprar novos equipamentos, ou simplesmente alugar uma máquina, isto é, ao fazer um novo investimento, uma empresa deve fazer uma análise da viabilidade do mesmo (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

2.5.1 Receita

Pode-se conceituar receitas como todos os recursos, em princípio, provenientes da venda de mercadorias ou de uma prestação de serviços. Entretanto, existem recursos, não necessariamente oriundos de vendas ou prestação de serviços – como por exemplo: aluguel de um imóvel, rendimentos de aplicação financeira, juros cobrados pelo atraso de duplicatas, etc, que são também considerados receitas (RECEITA X DESPESAS, 2013).

Para efeito de Análise de investimento, as receitas adicionais decorrentes de uma nova fábrica ou de um novo equipamento normalmente são apresentadas as operacionais, ou seja, o produto do aumento de produção pelo preço unitário (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

Normalmente, o valor contabilizado de uma nota fiscal não inclui os impostos federais, o que difere a receita bruta da receita líquida. Esta última normalmente é a considerada para nas análises (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

A receita total de uma empresa é a quantidade monetária adquirida após a venda de seu produto. Logo, fica evidente que a receita total depende de duas variáveis: o preço e a quantidade vendida. O lucro da empresa só aparecerá quando a receita superar os custos. Dessa forma, lucro (ou prejuízo) é resultante da diferença entre a receita e o custo. O lucro da empresa surgirá a partir do momento em que ela superar o chamado *break-even point* (ponto de equilíbrio), no qual se igualam receita e custos (CUSTOS, RECEITAS E LUCROS, 2008).

2.5.2 Despesa

Conceitua-se despesa como todo o gasto (sacrifício) que a empresa precisa ter para obter uma receita. São exemplos de despesas: os salários, água, luz, telefone, impostos, aluguéis pagos, juros pagos etc (RECEITA X DESPESAS, 2013).

Os custos operacionais, são custos relativos à produção dos itens fabricados. Novamente, os custos podem ser tratados de forma agregada, ou, ao contrário, detalhando cada um dos seus subcomponentes, como por exemplo: pessoal, insumos, transporte, energia, gerenciamento e administração, impostos e tributos, gastos diversos (MOTA, REGIS DA ROCHA, 2002).

Os custos de produção, por sua vez, são subdivididos em custos diretos e indiretos. Os custos diretos referem-se aos fatores diretamente utilizados na fabricação dos produtos e variam normalmente de forma direta com a utilização da capacidade de produção. Os custos

indiretos normalmente não variam proporcionalmente com a produção e podem até ser considerados como fixos em certos casos (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

Os custos de produção são os custos que um agente econômico (firma) enfrenta ao iniciar seu processo produtivo. É de fundamental importância para a firma o conhecimento e a análise de seus custos para a organização e implementação de estratégias de aumento de ganhos. O custo referente ao fator de produção variável é denominado custo variável total (CVT) ou, simplesmente, custo variável. Por outro lado, o custo referente ao fator de produção fixo é chamado custo fixo total (CFT) ou custo fixo (CUSTOS, RECEITAS E LUCROS, 2008).

O investimento fixo representa os equipamentos, as instalações industriais para a operação dos equipamentos (redes de energia, vapor, água, ar comprimido e outras), a montagem e o projeto quando houver, as construções civis necessárias e outros investimentos como moveis e transportadores (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

2.5.3 Depreciação

A depreciação é contabilmente definida como a despesa equivalente à perda de valor de determinado bem, seja por deterioração ou obsolescência. Não é um desembolso, porém é uma despesa e, como tal, pode ser abatida das receitas, diminuindo o lucro tributável, e consequentemente, o imposto de renda, este sim um desembolso real, e com efeitos sobre o fluxo de caixa (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

A legislação fiscal adota certos parâmetros, caso contrário todos iriam querer depreciar seus bens no menor tempo possível, beneficiando-se o quanto antes dos efeitos fiscais. Por isso a legislação brasileira permite que prédios sejam depreciados linearmente em 25 anos, equipamentos em 10 anos e veículos em 5 anos. Eventualmente estes prazos podem diminuir se justificada uma utilização mais dura. A instalação dos equipamentos é lançada como despesa (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

2.5.4 VPL (Valor Presente Líquido)

O valor presente líquido (VPL) é um dos instrumentos sofisticados mais atualizados para se avaliar propostas de investimento de capital. Reflete a riqueza em valores monetários do investimento, medida pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, a uma determinada taxa de desconto (KASSAI, 2000).

O VPL é um dos melhores métodos e o principal indicado como ferramenta para analisar projetos de investimento, não apenas porque trabalha com o fluxo de caixa descontado e pela sua consistência matemática, mas também porque seu resultado é em espécie (\$) revelando a riqueza absoluta do investimento. A dificuldade em seu uso está na identificação da taxa de desconto a ser utilizada que, muitas vezes, é obtida de forma complexa ou até mesmo subjetiva (KASSAI, 2000).

Interpretação do VPL:

- o projeto é viável, quando o VPL é maior do que zero.
- se o VPL fosse igual à zero, também indicaria que o projeto é viável, pois, ao contrário de que alguns possam interpretar, não significa resultado econômico igual à zero. Significa que o projeto além de pagar os investimentos, proporcionou um lucro exatamente igual ao mínimo esperado (KASSAI, 2000).

O verdadeiro objetivo da análise de VPL é comparar o valor presente de futuras oportunidades de investimento. Na teoria, o valor presente de um fluxo de receitas futuro (saída e entrada) deve ser positivo para justificar o investimento. Em outras palavras, se um negócio valer mais do que seu custo, o VPL será positivo. Uma análise do valor presente líquido, também denominada análise de fluxo de caixa com desconto, permite que o empreendedor faça comparações entre essas três escolhas (ANALISE ECONOMICA, 2012).

2.5.6 Custo Capital

O conceito de "custo de capital" é normalmente associado ao retorno que determinado investimento deve proporcionar, sendo definido como a taxa de remuneração exigida pelos investidores, tendo em conta o risco do negócio. Particularizando ao nível das empresas, o conceito de custo do capital prende-se com as decisões dos investidores sobre os ativos em que investir e a forma de financiá-los, tendo presente à maximização do valor da empresa (CUSTO DE CAPITAL, 2005).

O custo do capital é o rendimento requerido sobre os vários tipos de financiamento. Este custo pode ser explícito ou implícito e ser expresso como sendo o custo de oportunidade para uma alternativa equivalente de investimento. A determinação do custo de capital implica a necessidade de estimar o risco do investimento, analisando os componentes que conformarão o capital (como a emissão de ações ou a dívida). Existem diferentes formas de calcular o custo do capital, que dependem das variáveis utilizadas pelo analista (CONCEITO DE CUSTO CAPITAL, 2011).

2.5.7 Tempo de Análise

Pay Back é o tempo entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento. O *Pay Back* é uma das técnicas de análise de investimento mais comuns que existem. Consiste em umas das alternativas mais populares ao VPL. Sua principal vantagem em relação ao VPL consiste em que a regra do *Pay Back* leva em conta o tempo do investimento e conseqüentemente é uma metodologia mais apropriada para ambientes com risco elevado. Este método visa calcular o nº de períodos ou quanto tempo o investidor irá precisar para recuperar o investimento realizado. Um investimento significa uma saída imediata de dinheiro. Em contrapartida se espera receber fluxos de caixa que visem recuperar essa saída. O *Pay Back* calcula quanto tempo isso irá demorar. As pessoas (inclusive as que não tem muito conhecimento em finanças) usam constantemente esse método (PAY BACK CONSULTORIA, 2013).

2.5.8 TMA (Taxa Mínima de Atratividade)

A TMA é a taxa a partir do qual o investidor considera que esta obtendo ganhos financeiros. É uma taxa associada a um baixo risco, ou seja, qualquer sobra de caixa pode ser aplicada, na pior das hipóteses, na TMA (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

2.5.9 TIR (Taxa Interna de Retorno)

Por definição, a taxa interna de retorno de um fluxo de caixa é a taxa para qual o valor presente líquido do fluxo é nulo (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

A taxa interna de retorno é um índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo, necessitando, para isso, que haja receitas envolvidas, assim como investimentos (MOTTA e CALÔBA, 2002).

Dada uma alternativa de investimento, se a taxa de retorno, for maior que a taxa mínima de atratividade do mercado, a alternativa merece consideração. Caso contrário, a alternativa será rejeitada. Portanto ao rejeitar um projeto com nível de investimento I , esse volume de recursos será então investido para ser remunerado à taxa mínima de atratividade (MOTTA e CALÔBA, 2002).

2.5.10 IR (Imposto de Renda)

O imposto de renda é uma forma de imposto incidente sobre o lucro das corporações. No caso do brasileiro é um percentual que pode oscilar na faixa de 30 a 50% dependendo da política fiscal vigente, aplicado sobre o lucro apurado no final de cada exercício (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

O lucro é basicamente a diferença entre receitas e despesas, enquanto o que realmente interessa nos problemas de análise de investimento é fluxo de caixa real (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

Por isso devem-se comentar alguns fatores que apresentam características especiais, como a depreciação por exemplo, é uma despesa não correspondida por saída de caixa, a amortização de financiamentos é saída de caixa, mas não é despesa, vendas a prazo podem representar receitas num período, mas entrada de caixas em outro (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

A maneira mais fácil de verificar o imposto de renda na rentabilidade de uma alternativa de investimento consiste em montar uma planilha que parte do fluxo de caixa bruto, isto é ignorando o imposto de renda (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2000).

3. PROCESSO ATUAL E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NA IMPLANTAÇÃO DE UM NOVO PROCESSO DE REVESTIMENTO.

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ATUAL

O processo de revestimento produzido atualmente na empresa Espumatec proporciona a seus clientes peças técnicas com alto nível de acabamento e boas propriedades mecânicas. Isto levou a empresa a conquistar grandes clientes, principalmente no mercado automotivo e agrícola.

A peça fabricada neste processo consiste em duas partes: uma delas é um vinil de PVC, com textura e cores já definidas, que serve para dar acabamento superficial; a outra é um reforço de poliuretano injetado sobre o vinil, que o pressiona contra a parede do molde, dando a forma final da peça. Seu processo de fabricação consiste das seguintes etapas:

Na etapa um, é cortado um *blank* de PVC, de forma que o mesmo cubra toda a superfície do molde, e após é colocado em uma estufa onde fica acondicionado em uma temperatura que varia de 60 a 70 °C, para ficar mais flexível e ter um melhor desempenho no momento de sua conformação. O molde precisa estar aquecido a uma temperatura constante de aproximadamente 40 °C, temperatura ideal para a reação do poliuretano. Na etapa dois, o operador prepara este molde limpando e passando desmoldante na parte superior da ferramenta (macho), para que a peça não fique retida na tampa do molde, o que a danificaria completamente.

Na etapa três, o operador condiciona o *Blank* de PVC, cortado anteriormente, na parte da cavidade do molde (parte inferior), prende com uma espécie de régua e aciona o vácuo. Esta operação conforma o vinil de acordo com a geometria do molde. Em peças de geometrias muito complexas, o vinil tem dificuldade de conformação, devido à sua elasticidade não ser suficiente para a profundidade necessária da peça em questão, ou seja, raios não conformes, perda de textura e afinamento do vinil, se tornando frágil ao rasgo por sua tensão estar muito elevada.

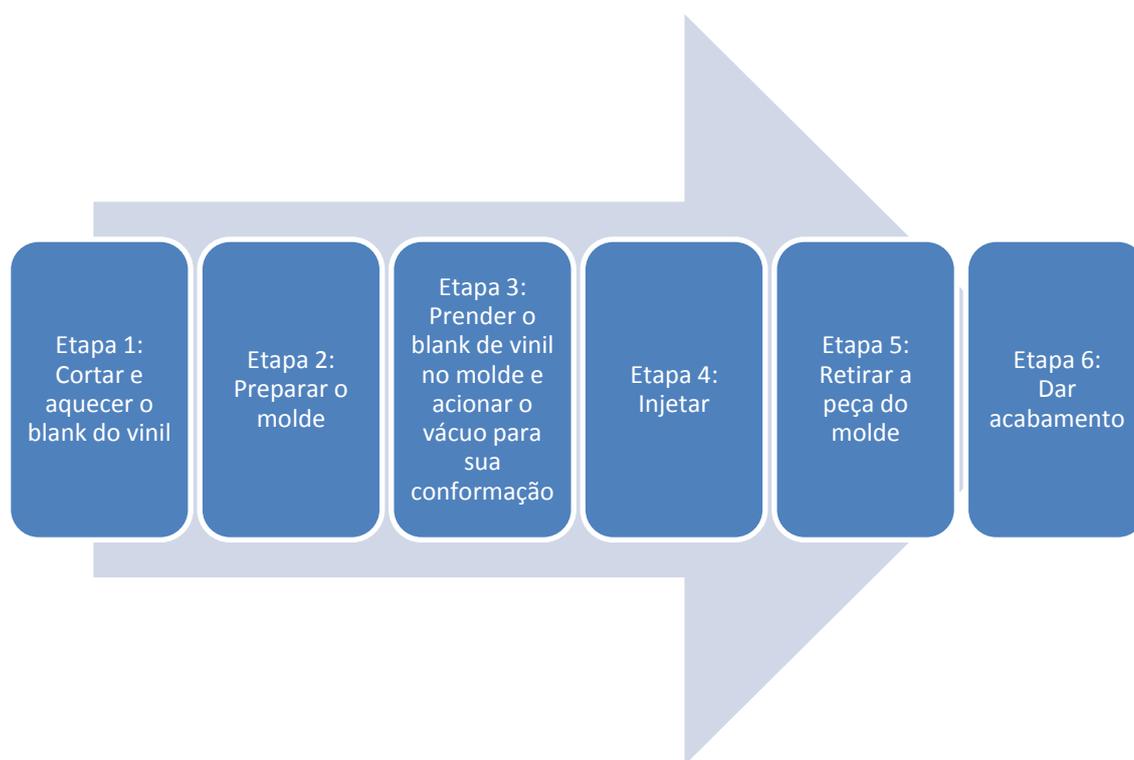
Com o vinil já conformado no molde, o operador da máquina seleciona a quantidade de material a ser injetada através de um seletor, etapa quatro, este regula a quantidade exata de poliuretano a ser injetada. A máquina por sua vez encaminha os materiais, Isocianato e Polioliol, através de bombas de alta pressão, até o cabeçote de mistura. Ambos passam por dois

orifícios minúsculos, se chocando a uma pressão de, aproximadamente, 150 bar. Neste momento ocorre a reação dos materiais e injeção no molde.

Na etapa cinco, ocorre a injeção, o material necessita de 4 a 7 minutos de cura, tempo este que varia conforme a quantidade de material injetada na peça. E por fim, na etapa 6, a peça é conduzida para o setor de acabamento, onde o excesso de material é removido e colocado para descarte.

Na figura 9, pode-se observar de forma exemplificada as etapas do processo produtivo do revestimento de poliuretano, praticado atualmente na empresa.

Figura 9- Etapas do processo de revestimento em poliuretano.



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A figura 10 mostra um exemplo de peças fabricadas com a tecnologia atual, neste caso, um painel de instrumentos para máquinas agrícolas, onde se pode observar claramente a quantidade de vinil que será desperdiçada na operação de acabamento desta peça.

A perda elevada de vinil em peças de geometria complexas é, hoje, um dos principais fatores que dificultam a viabilidade deste processo em novos desenvolvimentos. O custo desta matéria-prima é representativo para o produto, dependendo da sua espessura, e representa um percentual de aproximadamente 40% no custo da peça.

Figura 10 – Molde e peça fabricados atualmente.



Fonte: Espumatec Injetados em Poliuretano, 2012

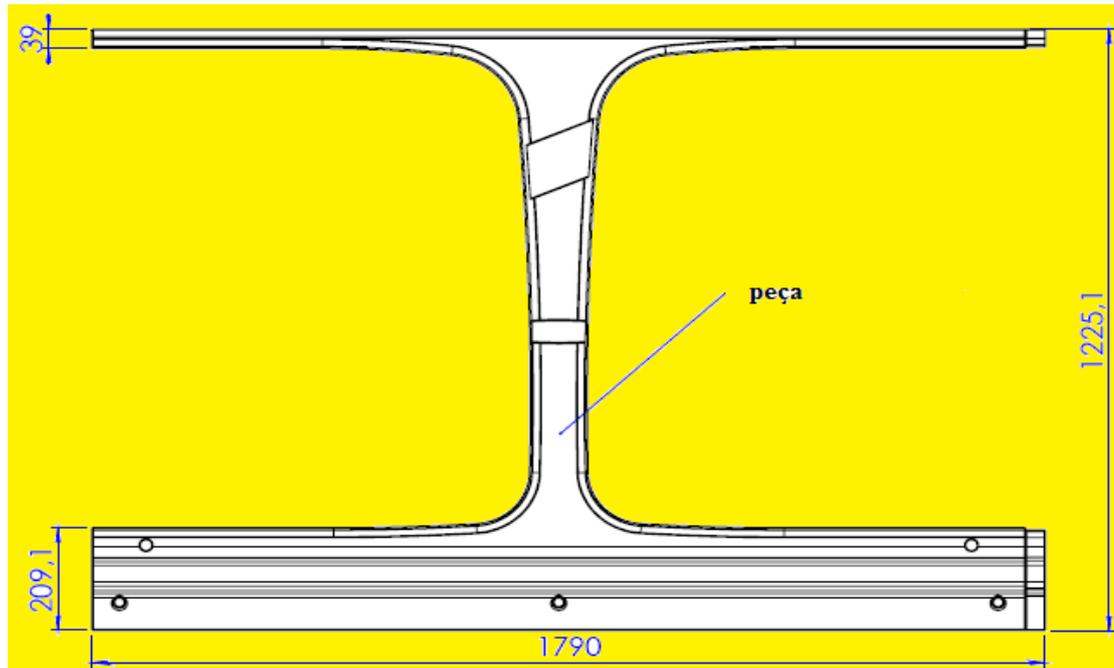
Este processo requer um tempo elevado para sua produção, sendo aplicado geralmente em peças de médio e baixo volume, pois seu custo produtivo é bastante elevado, inviabilizando peças de médio alto e alto volume.

Em peças de grande porte, como um entre janelas, por exemplo, este processo se torna completamente inviável, pois a área onde precisa de acabamento é muito menor do que a área do *blank*, folha de vinil necessária para poder fazer a peça.

A figura 11 mostra um exemplo de peças de grande porte. A região amarela representa a quantidade de material que deveria ser usada para fabricar a peça, ou seja, acaba perdendo uma grande quantidade de material, além de ter dificuldade de conformação de cantos e características particulares da peça. Comparando a área que realmente precisa de acabamento superficial com a área total do *blank*, (parte em amarelo), tem-se um desperdício de aproximadamente 70% de vinil.

A figura 12 mostra a peça final, superfície que realmente precisa de acabamento. Com estas duas figuras, pode-se observar a peça final (figura 12), versus a peça em estágio produtivo (figura 11), e ter uma relação do desperdício de material se optar pelo processo atual.

Figura 11- Exemplo de peça de grande porte.

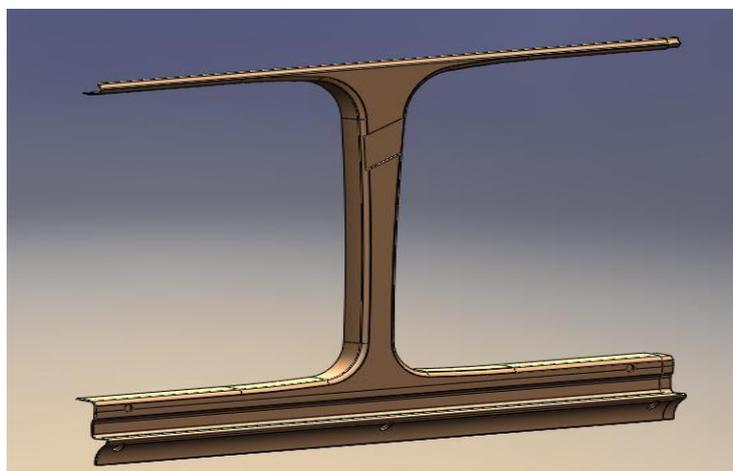


Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Porém, este processo proporciona à peça uma grande estabilidade dimensional, facilitando sua montagem e diminuindo tempos de processo. Segundo o cliente, comparando com peças de *vacuum forming*, o tempo de montagem de um ônibus rodoviário, por exemplo, é reduzido em aproximadamente 70%.

O peso também é outro ponto positivo deste processo. Devido à sua densidade ser mais baixa, na faixa de 350 Kg/m^3 , reduz em aproximadamente 50% o peso das peças em poliuretano versus peças plásticas termo-formadas, que podem chegar até 1100 Kg/m^3 .

Figura 12- Exemplo da peça final.



Fonte: Espumatec Injetados em Poliuretano, 2012

3.2 INTERVENÇÃO NO PROCESSO

A nova tecnologia tem como objetivo substituir o vinil usado no processo atual por uma pele de poliuretano integral, denominada Elastoskin. Esta pele, que será injetada por uma máquina injetora de poliuretano de baixa vazão, com seu cabeçote de mistura manipulado por um robô, possibilitará a aplicação da pele somente no produto que será fabricado, evitando os desperdícios gerados pelo processo anterior e viabilizando o projeto.

A pele de poliuretano tem uma grande capacidade de copiar texturas e raios que serão dispostos no molde onde será feita a injeção. É diferente do processo atual que, em geometrias complexas, existem dificuldades na conformação dos raios e perda na textura, devido ao repuxe excessivo.

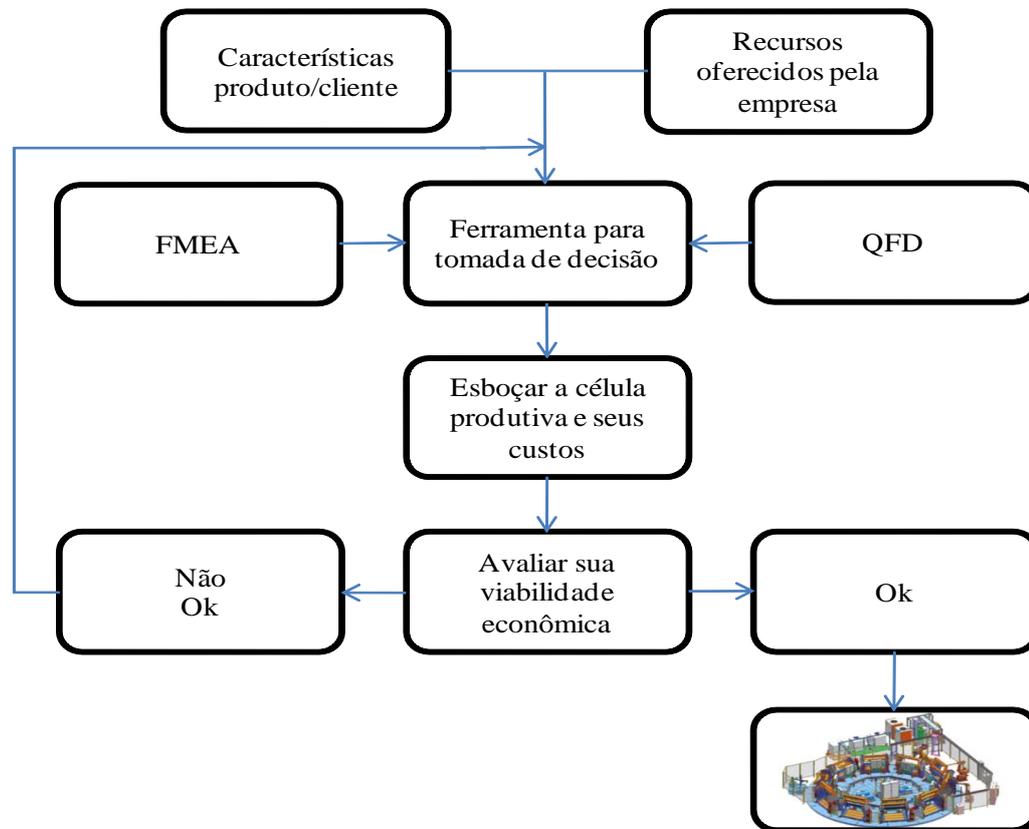
Este projeto requer uma célula produtiva automatizada que possibilite a garantia da qualidade e características do produto final. Além disso, deve-se aliar esta célula com as condições impostas pela empresa, para a realização do processo de implantação deste processo de revestimento.

A figura 13 mostra, detalhadamente, as principais etapas e serem seguidas na avaliação deste projeto, onde verifica-se a importância de uma tomada de decisão correta. Caso isto não aconteça, poderão ocorrer mudanças significativas no projeto, alavancando seus custos de implantação.

Este projeto respeitará quatro objetivos específicos. Inicialmente, levanta-se as características do produto, processo e requisitos impostos pela empresa. O restante deste trabalho tomará base nos dados coletados nesta etapa. Por isso é de grande importância o levantamento de dados coerentes, filtrando e escolhendo os principais, para não tornar o trabalho muito intenso e sem foco.

Posteriormente, na etapa dois, confronta-se os dados em ferramentas que possam auxiliar no esboço da célula produtiva na etapa. Isto possibilitará o levantamento dos custos, o que constituirá a etapa três. Finalmente na etapa quatro, será avaliada economicamente sua viabilidade, levando em consideração dados reais e mais de um cenário, para poder aumentar a possibilidade de decisão sobre este projeto.

Figura 13 – Fluxograma de implantação



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.1 Resultados obtidos na etapa 1

Etapa 1: levantar os requisitos técnicos do produto a ser fabricado, confrontando aos recursos oferecidos pela empresa para a implantação deste novo processo.

Nesta etapa, listou-se todos os dados técnicos dos produtos, considerando os dois materiais, o Elastoskin e o PU rígido, material que será usado de reforço no revestimento. Também consideraram-se as premissas de projeto impostas pela empresa, ou seja, recursos de fábrica e financeiros disponíveis para a realização do projeto.

Como a matéria-prima já está definida junto ao cliente, neste momento foram consideradas as suas características, que serão importantes para a montagem do produto, e que garantam sua qualidade junto ao consumidor final.

Na tabela 3 abordam-se os principais dados que irão interferir diretamente na escolha do modelo produtivo. É importante ressaltar que a máquina injetora para a espumação do PU rígido será realocada, ou seja, não será efetuada a compra deste equipamento.

A empresa possui uma máquina ociosa e reorganizará seu *layout* produtivo para otimizá-la, pois a mesma tem as características necessárias para a injeção deste material.

Tabela 3 – Características do produto e processo.

Grupo	Características	Requisitos
Produto	Espessura Controlada Elastoskin	Pele uniforme (1,5 mm)
	Temperatura de trabalho Elastoskin máquina (Reservatório)	Temperatura controlada (25 a 35 °C)
	Temperatura de trabalho Rígido estrutural máquina	Temperatura controlada (20 a 30 °C)
	Tempo de cura Elastoskin	Instantâneo
	Tempo de creme Elastoskin	Instantâneo
	Temperatura Molde PU rígido	Temperatura controlada (35 a 45 °C)
	Temperatura Molde Elastoskin	Temperatura controlada (65 a 75 °C)
	Pressão de expansão Elastoskin	Não existe(molde é injetado aberto)
	Pressão de expansão PU rígido	porta molde não poderá ceder
	Pressão de Injeção PU rígido	Controlador de pressão (150 bar)
	Pressão de injeção Elastoskin	Controlador de pressão (150 bar)
	Temperatura de trabalho Elastoskin cabeçote	temperatura controlada (70 a 80 °C)
Processo	Quantidade de peças a serem produzidas	Máximo 380 peças dia
	Quantidade de moldes a serem produzidos	7 moldes padronizados
	Sem manchas (falhas de pintura)	Pintura controlada (boa iluminação e aplicação)
	Variação dimensional	Conforme tolerancia desenho
	Acabamento superficial perfeito	Textura do molde sem falhas
	Quantidade de cores	4 cores
	Abertura da prensa (característica da peça)	Máxima possível(facilitar a injeção da pele)
	Injeção Do PU Rígido	Automatizada (baixa precisão)
	Injeção Elastoskin	Automatizada (Alta precisão)
	Peso das ferramentas	Menor possível
Precisão dos movimentos	Alta (devido a precisão de parada para a injeção)	
Empresa	Recursos Financeiros para este projeto	Valor total do projeto (disponibilizado pela empresa)
	Layout disponível para instalação da Máquina	300 M ² x 5 M de altura (área disponível pela empresa)
	Peso Equipamento	Menor Possível
	Segurança do equipamento	conforme NR 10 (Assinado por um eng.Segurança)
	tempo de vida útil do equipamento	10 anos
	Padronização dos componentes da máquina	Fácil reposição dos equipamentos
	Fácil acesso ao operador	Altura adequada para trabalho

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.2 Resultados obtidos na etapa 2

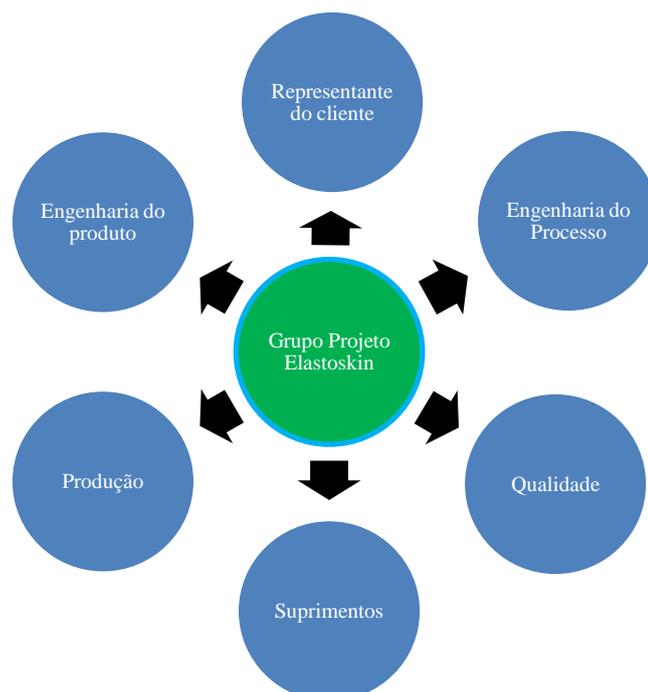
Esta etapa é muito importante para o sucesso deste projeto. Aqui, as soluções e dificuldades são expressas por um grupo de pessoas técnicas e que trabalham diariamente, tendo as soluções e dificuldades de cada processo em tempo real, ou seja, no chão de fábrica.

Primeiramente, formou-se um grupo para a realização do PFMEA da célula produtiva a partir dos dados obtidos na etapa um, característica do produto, processo produtivo e condições impostas pela empresa.

Dividiu-se o FMEA em duas partes, para simplificar o sistema de análise. Na primeira parte analisou-se somente as características do produto. Assim pode-se tomar uma decisão mais precisa em relação às máquinas injetoras, peças fundamentais para obter-se um processo de boa qualidade.

A figura 14 mostra o grupo formado por um representante do cliente, um representante da engenharia do produto, um representante da engenharia do processo, o responsável pela qualidade da empresa, uma pessoa de suprimentos e o supervisor do processo produtivo. A equipe reuniu-se semanalmente, totalizando dois encontros, para discutir e avaliar cada característica relacionada ao produto, mencionado na tabela 3.

Figura – 14 Formação do Grupo Projeto Elastoskin.



Fonte: elaborado pelo autor.

O preenchimento da primeira etapa do FMEA, relacionado às máquinas produtivas, foi simples e sem dificuldades em detectar as soluções para cada característica do produto. A equipe, com uma grande experiência, buscou suas respostas e opiniões em seu dia a dia, e dificuldades já passadas anteriormente. Um dos pontos mais discutidos, em relação ao produto, foi à eficiência em seu controle de temperatura, conforme explicado no próximo parágrafo, que mostra a importância da experiência do grupo para execução desta ferramenta, o FMEA de processo.

A temperatura dos tanques da máquina precisa ser mantida constante, por isso devemos ter controladores de temperatura com água quente e fria, eficientes e individuais, ou seja, para cada tanque. Hoje, as máquinas que estão ligadas somente com a água fria da geladeira externa têm dificuldade para aquecimento do material. Como temos somente água fria ligada ao tanque, seu aquecimento é feito por sua circulação em alta pressão, perdendo muito tempo de produção, e isso ocorre principalmente quando temos baixas temperaturas, situação extremamente normal para nossa região, devido ao nosso inverno ser muito rigoroso.

Outra colocação importante, que levou-se em consideração, foram visitas realizadas a processos similares que utilizavam estes materiais em seus produtos, em dois países europeus, Alemanha e Itália. Ambos produziam componentes para indústria automotiva, e observou-se que a injeção da película de poliuretano é feita somente através de manipuladores robotizados, para manter uma constância e qualidade de distribuição da película.

A tabela 4 mostra o FMEA parte 1, ou seja, o FMEA relacionado às características do processo focado no produto. O responsável de suprimentos, que fará a definição de preço junto aos fornecedores de máquinas e equipamentos, terá que repassar todas as informações necessárias para garantir os requisitos preenchidos no FMEA. A cotação deverá ser feita com fornecedores competitivos para obter o melhor custo benefício para esta célula.

Pode-se observar através do NPR, número de prioridade de risco, que classifica o ranking de falhas, o quanto é necessário a colocação de um robô para a aplicação da película. Caso contrário, teremos grande chance de ter problemas com esta operação.

Tabela 4 - FMEA parte 1

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL - FMEA DO PROCESSO											
FMEA: CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO				Nº.: 01		Responsável: JHONI TOALDO		Telefone:			
Data início: 20/02/2013				Revisão:		Preparado por: JHONI TOALDO					
Equipe: PROJETO ELASTOSKIN											
Função do processo	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha(s)	LEVEL	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha(s)	OCOR	Controles Atuais do Processo Prevenção	Controles Atuais do Processo Detecção	DETE	NPR	Ações recomendadas	Responsável e prazo
Espessura controlada Elastoskin / película de 1,5mm	Peças sem uniformidade de película	Falta de acabamento e resistência na peça	8	Injeção manual	8	Software para auxiliar na programação	Medições para controlar o processo	4	256	Acoplar cabeçote em um robot para a aplicação da película	Suprimentos ; 01/2013
Temperatura de trabalho elastoskin/reservatório Máquina / 25 °C	Máquina fora de relação devido à viscosidade do material	Película sem resistência à tração	8	Falha no controlador de temperatura	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	32	Controlador individual para cada tanque com aquecimento e resfriamento	Suprimentos ; 01/2013
Temperatura controlada na injeção do rígido estrutural / (20 a 30 °C)	Máquina fora de relação devido à viscosidade do material	Parte estrutural da peça sem resistência	8	Falha no controlador de temperatura	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	32	Controlador individual para cada tanque com aquecimento e resfriamento	Suprimentos ; 01/2013
Tempo de cura e creme Elastoskin / Instantâneo	Máquina fora de relação	Possíveis marcas no acabamento superficial da peça	6	Falha no inversor de frequência	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	24	Inversor de frequência com aferições periódicas	Suprimentos ; 01/2013
Temperatura molde PU rígido (35 a 45 °C)	Cura da peça afetada	Propriedades mecânicas da peça afetada	8	Falha no controlador de temperatura	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	32	Válvula solenoide na entrada do molde	Suprimentos ; 01/2013
Temperatura molde Elastoskin (65 a 75 °C)	Cura da película afetada	Propriedades mecânicas da película afetada	7	Falha no controlador de temperatura	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	28	Válvula solenoide na entrada do molde	Suprimentos ; 01/2013
Pressão de injeção PU rígido / 150 bar	Má mistura nos componentes ISO e Polioli	Propriedades mecânicas da peça afetada	8	Falha nas bombas de pressão do sistema e/ou componentes do cabeçote entupidos	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	32	Manutenção preventiva conforme periodicidade informada pelo fornecedor	Suprimentos ; 01/2013
Pressão de injeção Elastoskin (150 bar)	Má mistura nos componentes ISO e Polioli	Propriedades mecânicas da peça afetada	7	Falha nas bombas de pressão e/ou componentes do cabeçote entupidos	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	28	Manutenção preventiva conforme periodicidade informada pelo fornecedor	Suprimentos ; 01/2013
Temperatura de trabalho cabeçote elastoskin	Entupimento das micro saídas do cabeçote	Corte da injeção em meio ao processo	8	Falha no controlador de temperatura	2	Alarme sonoro e parada da máquina	Check list diário operador	2	32	Controlador individual para a cabeça de mistura	Suprimentos ; 01/2013

Fonte: elaborado pelo autor.

Seguindo com o desenvolvimento da célula, deu-se foco na parte do processo, ou seja, na forma com que estas peças serão produzidas, através de uma célula em linha, uma célula do tipo carrossel, ou em porta moldes individuais. Saberemos, ao fim desta etapa, quando teremos o esboço da célula produtiva.

Como na primeira parte do FMEA apresentada acima, os integrantes do grupo se reuniram em três encontros para elaboração da parte dois e três do FMEA. Esta etapa foi complicada. Por ser uma célula totalmente nova, os integrantes não tinham conhecimento e experiências de desenvolvimentos em outros projetos parecidos com este.

A tabela 5 mostra a segunda parte do FMEA de processo. Nesta, pode se observar, na primeira linha, que temos um tempo de quatro minutos para cada operação, devido ao tempo

de cura do PU rígido estrutural. Entendeu-se que é o maior tempo de operação e será o tempo limite para as demais tarefas a serem executadas na célula.

Tabela 5 - FMEA parte 2

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL - FMEA DO PROCESSO											
FMEA: CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO			Nº.: 01		Responsável: JHONI TOALDO			Telefone:			
Data início: 20/02/2013			Revisão:		Preparado por: JHONI TOALDO						
Equipe: PROJETO ELASTOSKIN											
Função do processo	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha(s)	SEVERIDADE	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) do Defeito	OCORRÊNCIA	Controles Atuais do Processo Prevenção	Controles Atuais do Processo Detecção	DETECÇÃO	NPR	Ações recomendadas	Responsável e prazo
Quantidade de peças a serem produzidas / 300 peças dia	Tempo máximo de 4 minutos para cada operação	Peça sucateada e não atendimento da produtividade	8	Falha de treinamento para operadores dos equipamentos de cada estação	10	Manutenção preventiva dos equipamentos e treinamento antecipado para operadores	Controle gerencial do processo	6	480	Treinamento para operadores e mecânicos que atuarão na célula produtiva	Supervisor produção; 02/2013
Quantidade de moldes a serem produzidos / 7 moldes	parada de máquina para set up de ferramentas	Não atendimento da produtividade	7	Porta moldes insuficientes	7	Adequar a máquina ao numero de porta moldes necessários	Adequar o número de ferramentas x quantidade de peças a serem produzidas	6	294	Levantar o número de peças/dia de cada ferramenta para estipular o número de porta moldes	Engenharia do processo; 12/2012
Falhas de pintura / sem manchas	Pintura com aplicação defeituosa	Peças com diferentes padrões de cores no mesmo veículo	8	Defeito na tinta de transferência e/ou aplicação da mesma	10	Confronto com o padrão de cor de cada peça	Inspeção visual do técnico da operação	8	640	Automatizar a aplicação e analisar a tinta usada	Engenharia do produto e processo; 12/2012
Iseto de variação dimensional	Porta molde com fechamento inadequado	Varição no dimensional das peças	8	Não montagem das peças no veículo	7	Garantir o fechamento hidráulico do equipamento através de travas e sensores	Inspeção através de medições periódicas	4	224	Projetar junto ao fornecedor porta molde que garanta o fechamento	Engenharia do produto; 12/2012
Acabamento superficial perfeito	molde de má qualidade com textura fora padrão definido	Peças com defeitos na textura, como micro bolhas e maracas	8	Peça não conforme segundo o padrão de textura definido pelo cliente	4	Laudo de qualidade do material da ferramenta	Inspeção visual e confronto com o padrão de textura	4	128	Fazer análise do material junto ao fornecedor e testar padrões de textura	suprimentos, engenharia do produto; 12/2012
Quantidade de cores / 4 cores	Peça com a cor trocada	Pintado com o equipamento trocado (outra cor)	8	peça divergente das demais	1	Cores identificado o equipamento correto	inspeção visual através de painéis orientativos.	2	16	Projetar poka yoke para evitar a troca de tintas	engenharia do processo; 12/2012
Abertura da prensa ou porta molde / máxima possível	Dificuldade de injeção devido à geometria da peça	Defeitos na peça como bolhas e falhas de injeção	8	peças impossibilitadas de montagem	1	Simulação de injeção antes de confeccionar os porta moldes	Testes piloto para verificar a eficiência	3	24	Abertura de suficiente para o robô poder fazer o seu percurso	engenharia do produto; 12/2012
Injeção do PU rígido	Dificuldade de injeção devido a geometria da peça	defeitos na peça como bolhas por falta de preenchimento	8	peças impossibilitadas de montagem	10	Injeção automatizada para evitar a falha de preenchimento do molde	Testes piloto para verificar a eficiência	5	400	Desenvolver um rígido com alta fluidez e automatizar a injeção do PU Rígido	engenharia do produto e processo; 12/2012
Injeção do elastoskin	Dificuldade de injeção devido a geometria da peça	Película sem uniformidade dimensional	6	peças com diferentes propriedades mecânicas devido a variação dimensional	10	Injeção automatizada para evitar a falha de preenchimento do molde	Testes piloto para verificar a eficiência	2	120	Automatizar a aplicação com robot de aplicação	Engenharia do produto e suprimentos; 12/2012
Peso das ferramentas de injeção	Dificuldade em seu manuseio e super dimensionamento dos porta moldes	Agregar custo no equipamento	2	Aumento da manutenção dos equipamentos	5	Projetar ferramentas em materiais leves e de boa qualidade	Testar e verificar sua eficiência quanto a requisitos técnicos como dureza e etc..	2	20	Utilizar uma liga de duro alumínio para a confecção do ferramental	Engenharia do produto; 12/2012
Precisão de parada	Parada da máquina fora da posição	Causar defeitos no molde por conta dos cabeçotes de injeção	8	Máquina sem mecanismos eficientes para realizar a parada	10	Projetar a máquina de forma que atenda este requisito	Testar a eficiência através de pontos localizadores com braço tridimensional	2	160	Projetar mecanismo robusto e que garanta a parada	Engenharia do produto; 12/2012

Fonte: elaborado pelo autor.

A tabela 6 mostra a parte 3 do FMEA do projeto, onde tem-se características impostas pela empresa. Esta etapa causou muita discussão entre os integrantes do grupo projeto Elastoskin. Como nesta etapa não se tratam de características relacionadas diretamente com o produto, precisa-se associar as pontuações de severidade, ocorrência e detecção ao comum

acordo dos integrantes. Afinal, são características muito importantes, tais como: recursos financeiros para este projeto disponibilizado pela empresa e *layout* disponível dentro de um parque fabril já existente. Ambas características, se avaliadas de forma incorreta, inviabilizam o projeto como um todo.

Tabela 6 – FMEA parte 3

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL - FMEA DE PROCESSO											
FMEA:Características da Empresa			Nº.: 01		Responsável: JHONI TOALDO			Telefone:			
Data início:20/02/2013			Revisão: 01		Preparado por: JHONI TOALDO						
Equipe: Elastoskin											
Função do processo	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha(s)	SEVER	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha(s)	OCOR	Controles Atuais do Processo Prevenção	Controles Atuais do Processo Detecção	DETEC	NPR	Ações recomendadas	Responsável e prazo
Recursos financeiros para este projeto	Viabilidade do projeto	Impedir o crescimento da empresa	6	Alto custo do equipamento	10	Projeto econômico que atenda às necessidades produtivas e de qualidade	Estudos detalhados dos componentes da máquina para viabilizar o projeto	5	300	Acompanhar o desenvolvimento e sugerir alternativas para o projeto	Suprimentos e engenharia do produto, 02/2013
<i>Layout</i> disponível para a instalação da máquina	Viabilidade do projeto	Impedir o crescimento da empresa	5	Evadir área pré-determinada para a construção do equipamento	9	Dimensionar equipamento de forma que atenda ao <i>layout</i>	Estudar o <i>layout</i> para melhor disposição dos equipamentos	5	225	Simular a área que será usada incluindo circulação estoque e etc..	Engenharia do processo, 02/2013
Peso do equipamento	Desniveleamento do Piso Fabril já existente	Quebra e parada da máquina	8	Excesso de peso do porta molde e dos moldes	5	Dimensionar equipamentos leves e resistentes	Protótipo para avaliar o peso do equipamento	5	200	Reforçar em áreas de fechamento de ferramentas	Supervisor de produção e suprimentos, 02/2013
Segurança do Equipamento	Acidente com operador da máquina	Parada da máquina	10	Interdição do equipamento e desabastecimento de linha	5	Projetar equipamentos de segurança de forma que evite acidentes	Parar imediatamente a máquina ao evadir a área de risco	1	50	Usar cortinas de luz para evitar acesso de operadores	Engenharia do produto, 02/2013
Tempo de vida útil do equipamento / 10 anos	Quebra precoce do equipamento	Reinvestimento de uma nova célula antes de sua depreciação	6	Modificação no resultado final do negócio	3	Manutenção preventiva dos equipamentos	Manutenção preditiva dos equipamentos	5	90	Projetar equipamentos robustos e duradouros	Engenharia do produto, 20/2013
Padronização dos equipamentos para manutenção	Parada de máquina por falta de peça	Falta de peça de mercado	8	Desabastecimento de linha	5	Projetar equipamento com peças de fácil reposição	Pesquisa de mercado para levantar estes itens	4	160	Usar marcas conhecidas e já usadas pela empresa	Engenharia do produto,02/2013
Fácil acesso ao operador	Ergonomia do operador	Afastamento por LER - lesão por esforço repetitivo	9	Passivo para a empresa devido ao afastamento de funcionários	5	Projetar equipamentos ergonomicamente corretos	Testar protótipo junto aos funcionários da empresa	5	225	Projetar plataforma de acesso para operadores	Engenharia do produto,02/2013

Fonte: elaborado pelo autor.

Com as três etapas do FMEA de processo preenchidas, precisou-se elencar os itens prioritários para a construção da célula produtiva. Para auxiliar nesta etapa, usamos a matriz QFD, função do desdobramento da qualidade, aqui cruzou-se as características do processo, que foram preenchidas na parte dois e na parte três do FMEA, com os requisitos impostos pelo cliente e pela própria empresa.

Usou-se o NPR obtido nas planilhas do FMEA para atribuir a importância ou o peso na matriz QFD que deve estar ordenado do maior para o menor conforme pontuação do FMEA, ou seja, maior valor terá o maior peso, e assim sucessivamente.

A tabela 7 mostra a tabela de similaridade entre o NPR do FMEA e a importância ou peso da matriz QFD que será aplicada a seguir.

Tabela 7 – Tabela de similaridade

Características do cliente	NPR	Importância ou Peso
Falhas de pintura	640	20
Quantidade de peças a serem produzidas	480	19
Injeção do PU rígido	400	18
Recursos financeiros para este projeto	300	17
Quantidade de moldes a serem produzidos	294	16
Layout disponível para a instalação da máquina	225	15
Fácil Acesso ao operador	225	15
Isento de variação dimensional	224	14
Peso total do equipamento	200	13
Precisão de parada	160	12
Padronização dos equipamentos para manutenção	160	12
Acabamento superficial perfeito	128	11
Injeção do Elastoskin	120	10
Tempo de vida útil do equipamento	90	9
Segurança do Equipamento	50	8
Abertura da prensa ou porta molde	24	7
Peso das ferramentas de injeção	20	6
Quantidade de cores	16	5

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

O quadro 1 mostra a matriz QFD do projeto Elastoskin, preenchida conforme características descritas acima. Nesta matriz, atribuí-se um ranking de classificação e, a partir desta, monta-se os itens prioritários para a construção da célula produtiva. No cruzamento das necessidades do cliente, com os requisitos do projeto, atribuiu-se pesos conforme o grau de importância relacionado com a necessidade: cinco para o mais importante, três para o mediano e zero para o de baixa importância.

Quadro 1 – Matriz QFD.

	Gri	Produção mensal	Quantidade de peças diferenciadas	Isenta de manchas	Conforme tolerância do desenho	Resistência da película	Molde e textura com qualidade	Facilitar na injeção da película	Automatizada	Automatizada	Diminuir estrutura do porta molde	Precisão de parada da máquina	Projeto tem que ser viável	Máxima área disponibilizada pela empresa	Manter o mesmo piso para a sustentação	Evitar acidentes	Depreciação	Componentes de fácil reposição	Ergonomicamente correta
Quantidade de peças a serem produzidas	20	5	3	3	3	3	3	3	5	5	3	5	5	5	3	3	1	0	3
Quantidade de moldes a serem produzidos	19	3	5	3	0	5	9	0	0	3	0	0	1	0	0	3	0	3	0
Pintura	18	3	5	5	0	1	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Variação dimensional	17	1	3	3	5	0	0	5	0	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Espessura controlada elastoskin	16	3	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acabamento superficial perfeito	15	5	3	0	0	5	5	5	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1
Abertura de prensa	15	5	3	0	1	0	0	5	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Injeção do PU rígido	14	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Injeção do Elastoskin	13	0	5	0	5	5	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso das Ferramentas	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Padronização de injeção	12	5	0	0	0	0	0	5	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Recursos financeiros para este projeto	11	3	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Layout disponível para a instalação	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Peso do equipamento	9	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	0	0	5	0	0	0	0
Segurança do equipamento	8	1	3	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	5	5	0	1	0
Tempo de vida útil do Equipamento	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0
Padronização dos Componentes da máquina	6	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Fácil acesso ao operador	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	0	0
Total		592	514	338	244	393	503	363	287	318	180	192	192	150	175	239	125	112	113
Classificação		1	2	7	9	4	3	5	12	11	17	15	16	8	0	6	8	4	3
Porcentagem		11,77%	10,22%	6,72%	4,85%	7,81%	10,00%	7,22%	5,71%	6,32%	3,58%	3,82%	3,82%	2,98%	3,48%	4,75%	2,49%	2,23%	2,25%

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se observar, através do percentual obtido em cada requisito do projeto, que os itens levantados são importantes para o projeto, pois tem-se uma diferença pequena entre os percentuais resultantes das operações feitas pela matriz QFD.

Para uma melhor visualização dos itens prioritários, elaborou-se uma planilha em ordem decrescente, simplificando a forma de visualização e deixando claro onde deve-se atuar com certa cautela e prioridade. A tabela 8 demonstra o ranking de classificação dos requisitos de projeto, o qual foi seguido para montar o layout produtivo e repassar demais informações para fornecedores.

Nesta tabela também informaram-se as especificações do projeto, ou seja, os requisitos do projeto expressados em dados concretos. Isto também auxiliou, esclarecendo as informações que serão repassadas para os fornecedores na próxima etapa deste trabalho.

Tabela 8 – Ranking de classificação dos requisitos de projeto

Ranking %		Necessidades dos clientes	Requisitos de projeto	Especificações do projeto
1	11,77%	Quantidade de peças a serem produzidas	Produção mensal	305 peças/dia
2	10,22%	Quantidade de moldes a serem produzidos	Quantidade de peças diferenciadas	7 peças
3	10,00%	Acabamento superficial perfeito	Molde e textura com qualidade	Conforme especificação do cliente
4	7,81%	Espessura controlada Elastoskin	Resistência da película	1,5 mm
5	7,22%	Abertura de prensa	Facilitar na injeção da película	Máxima possível
6	6,72%	Pintura	Isenta de manchas	4 cores
7	6,32%	Injeção do Elastoskin	Automatizada	Robotizada
8	5,71%	Injeção do PU rígido	Automatizada	Em 3 dimensões (x,y,z)
9	4,85%	Variação dimensional	Conforme tolerância do desenho	Norma DIN
10	4,75%	Segurança do equipamento	Evitar acidentes	Conforme NR 12
11	3,82%	Padronização de injeção	Precisão de parada da máquina	máximo 0,5 mm
12	3,82%	Recursos financeiros para este projeto	Projeto tem que ser viável	R\$ 1,700,000
13	3,58%	Peso das Ferramentas	Diminuir estrutura do porta molde	Máximo 2000 Kg
14	3,48%	Peso do equipamento	Manter o mesmo piso para a sustentação	Máximo 30t
15	2,98%	Layout disponível para a instalação	Máxima área disponibilizada pela empresa	300 m ²
16	2,49%	Tempo de vida útil do Equipamento	Depreciação	8 anos
17	2,25%	Fácil acesso ao operador	Ergonomicamente correta	Conforme NR 17
18	2,23%	Padronização dos Componentes da máquina	Componentes de fácil reposição	100% Itens comprados

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.3 Resultados obtidos na etapa 3

Etapa 3: Esboçar a célula produtiva e seus respectivos valores para lançar no estudo da viabilidade econômica que será realizado na etapa 4.

Com os dados obtidos na etapa anterior, teve-se base para estruturar nosso *layout* produtivo e definir as máquinas adequadas para garantir a aplicação dos produtos e, conseqüentemente, obter um produto com a qualidade desejada.

Na primeira parte da etapa dois, mostra que precisa-se de um controle efetivo e muito eficiente em ambas as máquinas, tanto na máquina de injeção do PU rígido quanto na do Elastoskin.

Como já informado na etapa dois, a máquina usada para a injeção do PU rígido já é de propriedade da Espumatec e está ociosa, mas precisou-se adequar dois controladores de temperatura em seus tanques para manter a temperatura controlada, visto que no FMEA parte um, uma das principais causas para afetar o tempo de cura é a temperatura dos materiais. Isto

implicaria diretamente no total de peças produzidas, item prioritário na segunda parte do FMEA.

Em relação à máquina do Elastoskin, optou-se em manter a mesma marca da máquina do PU rígido, para facilitar na compra de componentes de reposição, comum para as duas marcas, visto que o preço comparativo com os seus concorrentes não era significativo para inviabilizar o projeto. Para atender ao item mais crítico do FMEA parte um, precisa-se acoplar um robô para a injeção da película, ou seja, sem este não teremos resistência e uniformidade na aplicação da mesma.

Demais características informadas no FMEA parte 1 como, por exemplo, pressão dos materiais e relação de mistura, são itens extremamente controlados por ambas as máquinas, e quando tiver desvio nestes parâmetros, tem-se um alarme sonoro e parada instantânea da máquina.

Seguindo com a construção da célula produtiva, foram tomados, como base para seu esboço, os dados obtidos na tabela 8, ou seja, o ranking de classificação dos itens de maior prioridade. Como pode-se observar, o item prioritário é a quantidade de peças a serem produzidas, ou seja, capacidade de produção máxima, estipulado pelo cliente.

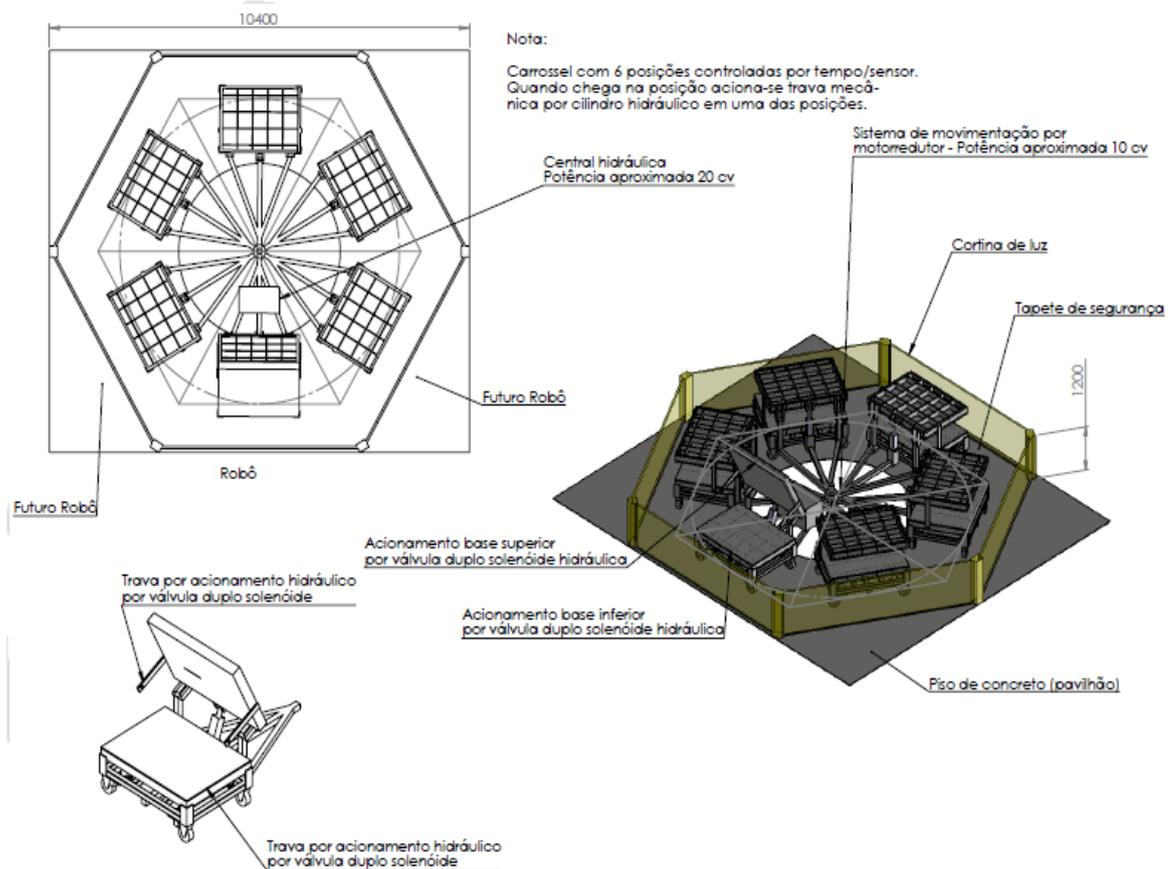
Partiu-se de um parâmetro muito importante para determinar o tempo máximo de operação, o tempo de cura. Este tempo é determinado pelo fornecedor da matéria-prima do PU rígido, o qual é estimado em, aproximadamente, quatro minutos.

Repassaram-se as demais informações para fornecedores capacitados e especializados em construções de células produtivas, e em conjunto procurou-se desenvolver uma célula que não se adequasse às necessidades mais críticas, mas sim de uma forma geral, que respeitasse a todos os requisitos do processo.

Foi descartada a possibilidade de uma célula em linha, pois devido ao tamanho dos porta moldes, o comprimento total da célula ficaria fora do proposto pela empresa. Outro fator importante é a parada precisa, com a máquina se movimentando, o custo para garantir uma parada precisa para o robô de injeção seria muito elevado, consumindo praticamente com todo o investimento disponibilizado pela empresa.

A figura 15 mostra um esboço da célula produtiva, somente a parte dos porta moldes. Os demais equipamentos serão agregados separadamente. Nota-se que já se considerou os equipamentos de segurança ao redor da célula produtiva, adequando-se ao item 10 da tabela 8.

Figura 15 – Esboço da célula produtiva



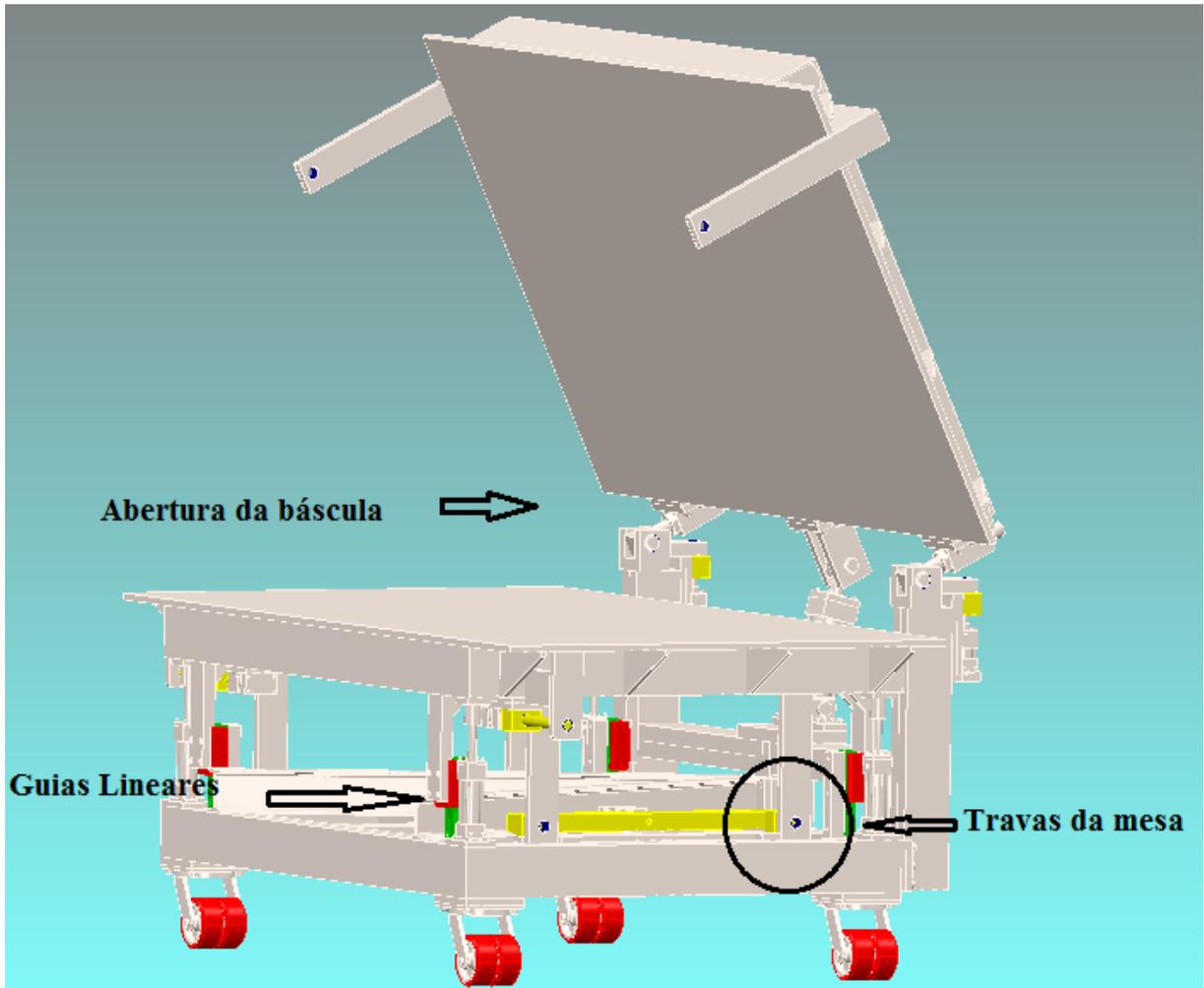
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode-se observar nos itens cinco e nove da tabela 8, estes estão relacionados diretamente com o porta molde. Por este motivo, o grupo se envolveu diretamente no projeto deste componente do carrossel. Para garantir o fechamento da prensa, item nove, solicitou-se travas que auxiliam na contra pressão que o material exerce contra o molde, evitando, assim, possíveis variações dimensionais.

Outro item refere-se à abertura total do porta molde. Este parâmetro foi testado via software de programação do robô de pintura e de aplicação da pele, onde constatou-se a necessidade de uma abertura mínima para evitar choques e, conseqüentemente, possíveis paradas de linha.

A figura 16 mostra o que especificamente foi relatado no parágrafo acima. É importante ressaltar que uma melhoria realizada no movimento vertical da mesa, subida e descida, usou-se, guias lineares para auxiliar este movimento. Caso contrário, se ficasse somente com os quatro pistões, teriam problemas de desalinhamento, podendo ocasionar a quebra da prensa e até mesmo a própria ferramenta.

Figura 16 – Imagem do porta molde.

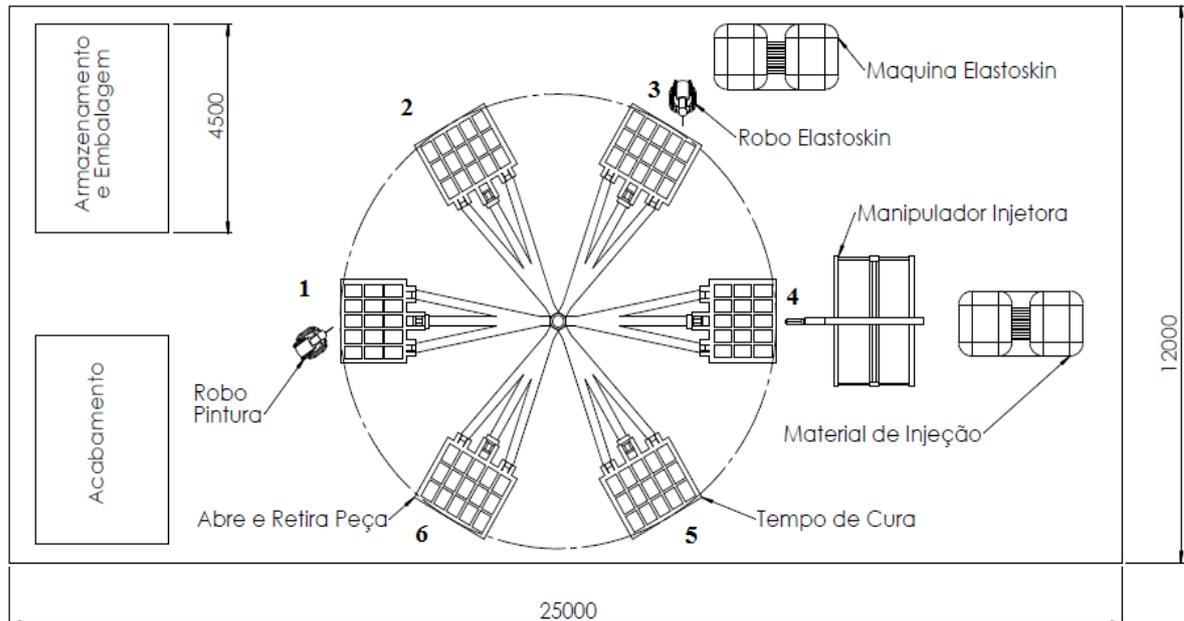


Fonte: Elaborado pelo fornecedor.

Antes de fazer o levantamento de custo, montou-se o *layout* final da célula produtiva, agregando todos os equipamentos periféricos ao carrossel, estipulando também uma área para acabamento e armazenagem de peças prontas e circulao de funcionários. O espaço ocupado por esta célula foi de 300 metros quadrados, ficando dentro do previsto, informado na tabela trs.

A figura 17 mostra o *layout* final. O carrossel funcionará com um conceito de *stop and go*, e cada parada do seu ciclo terá uma funo que está destacada na legenda da figura 17. Para a estao da pintura, será usado um robo específico para tintas inflamáveis, que precisa ser blindado, devido  exposio causada pela nvoa de tinta, na estao da injeo da pele um robo convencional. E, por fim, na estao do PU rígido um manipulado pneumático, já neste caso, apenas para duas dimenses.

Figura 17 – Esboço do layout final.

**Legenda**

- 1 - Pintura da peça
 2 - Secagem da tinta
 3 - Injeção Elastoskin
 4 - Injeção PU Rígido
 5 - Tempo para a Cura da Injeção
 6 - Abertura e retirada da peça

Dimensões em milímetros

Tabela 9 – Custo dos Equipamentos

Itens	Valores em R\$
Carrossel e porta moldes	R\$ 670.000,00
Máquina Elastoskin	R\$ 483.000,00
Máquina PU Rígido (<i>retrofit</i>)	R\$ 8.000,00
Controlador de temperatura máquina PU Rígido	R\$ 8.000,00
Controlador de temperatura dos moldes	R\$ 24.000,00
Robô Elastoskin	R\$ 180.000,00
Robô para pintura	R\$ 120.000,00
Manipulador máquina PU Rígido	R\$ 14.000,00
Equipamentos para pintura (para 4 cores)	R\$ 24.000,00
Mesas e dispositivos para acabamento	R\$ 10.000,00
Prateleiras para armazenagem de peças	R\$ 10.000,00
Exaustor para a pintura	R\$ 45.000,00
Preparação do Piso	R\$ 8.000,00
Preparação Elétrica e Hidráulica	R\$ 8.000,00
Outros Custos	R\$ 6.000,00
Valor Total	R\$ 1.618.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para finalizar esta etapa, levantou-se os custos para a confecção do layout final da célula produtiva, mostrado na tabela nove. Este custo será de extrema importância para avaliar a viabilidade econômica deste projeto, que será feita na próxima etapa deste trabalho. Cotou-se estes componentes em três fornecedores, porém, para simplificar, mostrou-se na tabela 9 somente os valores economicamente mais viáveis, sempre levando em conta o custo benefício e qualidade do produto.

3.2.4 Resultados obtidos na etapa 4

Etapa 4: Avaliar a viabilidade econômica do projeto, demonstrando de forma clara que este projeto será rentável para a empresa; ou se, após sua implantação, não terá o retorno esperado.

Nesta etapa avaliou-se a viabilidade econômica do projeto, levando em consideração alguns aspectos importantes para esta análise.

A vida de um veículo rodoviário é, em média, oito anos, partindo de seu lançamento até a troca de modelo do veículo. Em paralelo, assumiu-se uma rampa de crescimento para atingir o auge de fornecimento e, conseqüentemente, uma desaceleração de vendas em seus últimos anos de vida útil.

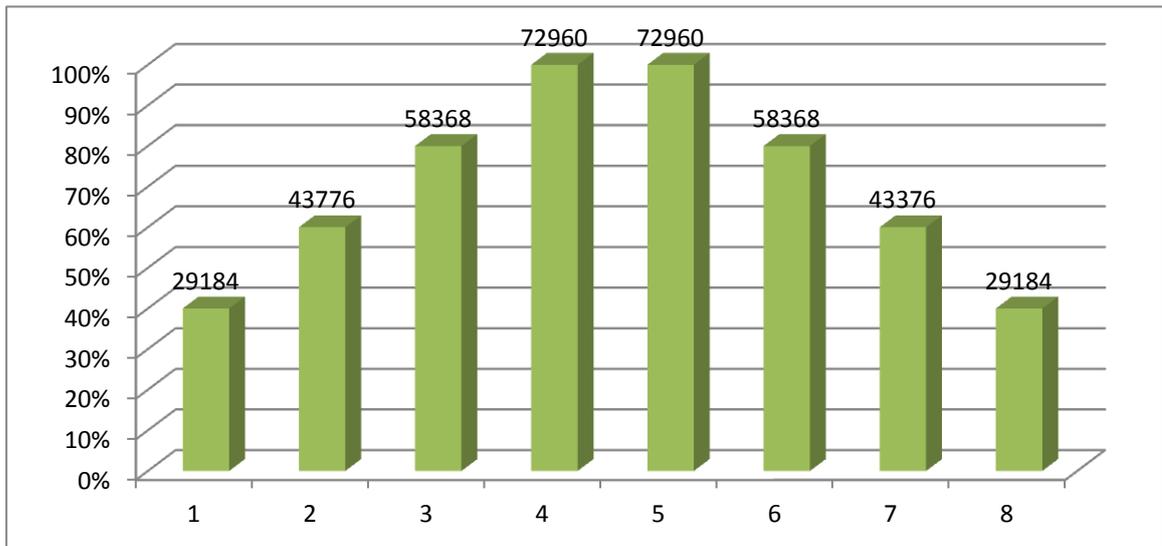
Considerou-se três cenários de mercado, para ter uma decisão mais precisa sobre a viabilidade do negócio. Uma primeira análise leva em conta a capacidade máxima de fornecimento, ou seja, a capacidade que foi informada na tabela três, que é de 305 peças por dia. Esta quantidade representa uma venda diária de seis veículos. Uma segunda análise, sobre uma venda de quatro veículos por dia, que representa 203 peças. Por último, uma venda 100 peças por dia, esta representa uma análise pessimista do projeto, considerando uma venda de apenas dois carros por dia.

Os gráficos que veremos a seguir representam a quantidade de peças fornecidas anualmente. No eixo horizontal, tem-se o tempo em anos e, no eixo vertical, a rampa de crescimento e decréscimo de vendas expressadas percentualmente.

O número de peças informado nos gráficos, refere-se à quantidade de peças produzidas anualmente, considerando uma média de vinte dias mensais.

O gráfico dois mostra a rampa de crescimento e decréscimo de vendas para o cenário da capacidade máxima informada, ou seis carros por dia. Nesta situação, a fábrica terá que implantar três turnos para atender esta produção.

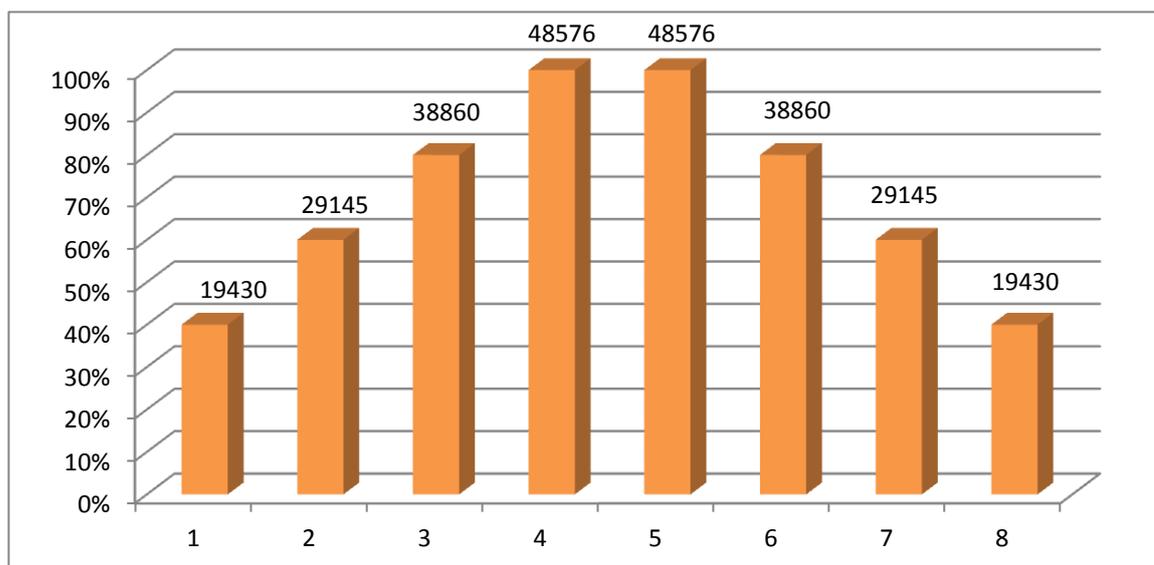
Gráfico 2 – Cenário Otimista.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico três mostra uma previsão mediana de vendas do veículo. Esta é equivalente a quatro carros por dia, abaixo do esperado pela empresa e pelo cliente. Neste caso, apenas dois turnos serão necessários para atender esta demanda.

Gráfico 3 – Cenário Mediano.

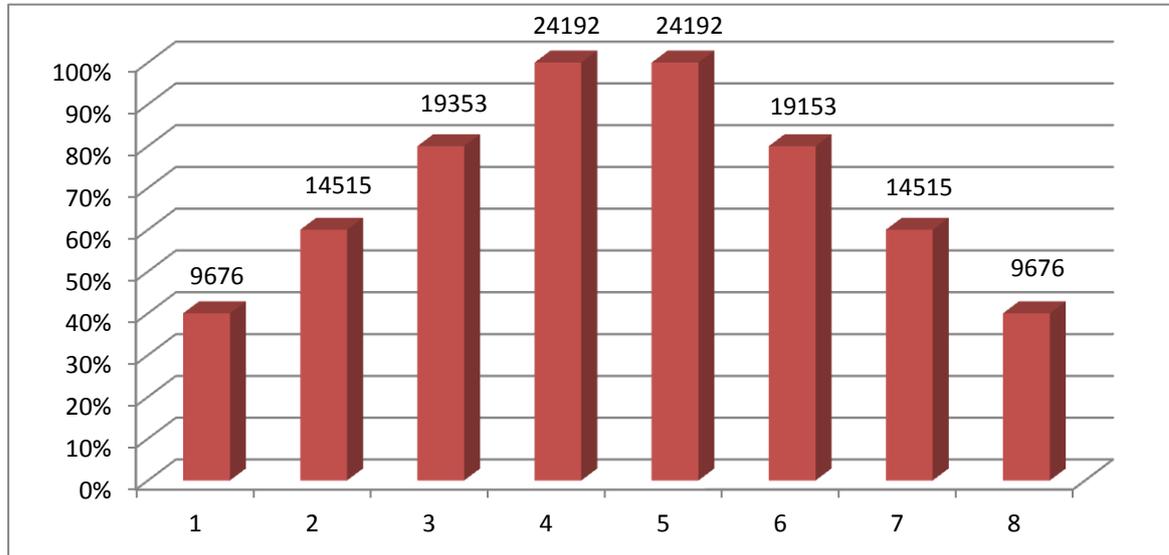


Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico quatro mostra uma situação pouco esperada, mas que precisa ser considerada. Trata-se de uma situação pessimista, de apenas dois carros por dia. Neste caso,

precisa-se de um turno de trabalho para suprir as necessidades de produção, ocupando apenas um terço da capacidade produtiva da máquina.

Gráfico 4 – Cenário Pessimista.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A receita e os custos das peças foram informados pelo setor de custos da empresa, não abre-se os custos individuais, pois fez-se uma análise geral do projeto. Os custos das peças são compostos por custos variáveis (matéria-prima, mão-de-obra direta e gastos gerais de fabricação) e custos fixos (energia elétrica e mão-de-obra indireta). A receita nada mais é que o custo total da peça reajustado através de um *mark-up*, determinado pelo setor comercial, com consentimento do cliente.

A TMA, taxa mínima de retorno, usada para este projeto, que é considerado de longo prazo, é de dez por cento. Isto se deve a uma meta atribuída pela empresa que pretende aumentar seu patrimônio líquido em torno deste percentual. O imposto de renda usado para o cálculo foi de trinta e quatro por cento, índice resultante da empresa estar enquadrada na modalidade de lucro real.

A depreciação dos equipamentos terá uma duração de oito anos, e será feita de forma linear. Para a realização da viabilidade econômica, dividiu-se o investimento total em oito parcelas, e será lançado na planilha como despesa.

Para finalizar à análise de viabilidade, apresenta-se nos quadros a seguir os resultados obtidos a partir dos cenários informados nos gráficos 2, 3 e 4. Lança-se os dados, e por fim,

teve-se como resultados para nossa análise, o VPL e a TIR de cada cenário, juntamente com o tempo de retorno do investimento, o *pay back*.

O investimento usado nesta análise, é um somatório de todos os componentes que serão usados para a construção da célula produtiva, aqui não foi considerado os créditos de impostos resultantes da compra dos equipamentos.

O valor deste investimento será disposto de recurso próprio oferecido pela empresa, portanto não está contemplado nestas análises, taxas financeiras de financiamento ou sistemas de amortização de crédito.

O quadro 2 expõe a análise financeira otimista, conforme produção descrita no gráfico 1, nota-se que para este cenário o tempo de retorno do investimento é baixo, o VPL e a TIR são atrativos, mostrando que, para este volume de produção, este projeto se torna viável para a empresa.

Quadro 2 – Análise financeira Otimista

Análise Financeira Otimista							
Período (anos)	Ano	Investimento	Receita Líquida	Custos	Depreciação	LL depois IR	Entrada de caixa
0		-R\$ 1.618.000,00					-1.618.000,00
1	2013		R\$ 2.169.160,56	R\$ 2.252.240,40	R\$ 202.250,00	-R\$ 285.329,84	-83.079,84
2	2014		R\$ 3.253.740,84	R\$ 2.754.360,60	R\$ 202.250,00	R\$ 196.105,96	398.355,96
3	2015		R\$ 4.338.321,12	R\$ 3.256.480,80	R\$ 202.250,00	R\$ 580.529,61	782.779,61
4	2016		R\$ 5.422.901,40	R\$ 3.758.601,00	R\$ 202.250,00	R\$ 964.953,26	1.167.203,26
5	2017		R\$ 5.422.901,40	R\$ 3.758.601,00	R\$ 202.250,00	R\$ 964.953,26	1.167.203,26
6	2018		R\$ 4.338.321,12	R\$ 3.256.480,80	R\$ 202.250,00	R\$ 580.529,61	782.779,61
7	2019		R\$ 3.253.740,84	R\$ 2.754.360,60	R\$ 202.250,00	R\$ 196.105,96	398.355,96
8	2020		R\$ 2.169.160,56	R\$ 2.252.240,40	R\$ 202.250,00	-R\$ 285.329,84	116.920,16
		TOTAL	R\$ 30.368.247,84	R\$ 24.043.365,60	R\$ 1.618.000,00	R\$ 2.912.517,99	R\$ 3.112.517,99
<i>Pay Back Simples</i>	3,5						
VPL	R\$ 1.446.585,91						
TIR a/a	27%						

Fonte: Elaborado pelo autor.

O quadro 3 mostra a análise mediana, conforme produção informada no gráfico 3. Esta análise se refere a um cenário que não considera a informação de vendas do cliente, uma análise mais conservadora. Nota-se que, nos dois primeiros e nos dois últimos anos, o resultado está comprometido. Isto se deve a receita do volume de peças produzidas não ser necessário para cobrir os custos do projeto.

Quadro 3 – Análise financeira Mediana

Análise Financeira Mediana							
Período (anos)	Ano	Investimento	Receita Líquida	Custos	Depreciação	LL depois IR	Entrada de caixa
0		-R\$ 1.618.000,00					-1.618.000,00
1	2013		R\$ 1.445.962,43	R\$ 1.730.226,65	R\$ 202.250,00	-R\$ 486.514,22	-284.264,22
2	2014		R\$ 2.168.943,64	R\$ 2.064.939,98	R\$ 202.250,00	-R\$ 98.246,33	104.003,67
3	2015		R\$ 2.891.924,86	R\$ 2.399.653,30	R\$ 202.250,00	R\$ 191.414,23	393.664,23
4	2016		R\$ 3.614.906,07	R\$ 2.734.366,63	R\$ 202.250,00	R\$ 447.671,03	649.921,03
5	2017		R\$ 3.614.906,07	R\$ 2.734.366,63	R\$ 202.250,00	R\$ 447.671,03	649.921,03
6	2018		R\$ 2.891.924,86	R\$ 2.399.653,30	R\$ 202.250,00	R\$ 191.414,23	393.664,23
7	2019		R\$ 2.168.943,64	R\$ 2.064.939,98	R\$ 202.250,00	-R\$ 98.246,33	104.003,67
8	2020		R\$ 1.445.962,43	R\$ 1.730.226,65	R\$ 202.250,00	-R\$ 486.514,22	-84.264,22
		TOTAL	R\$ 20.243.474,01	R\$ 17.858.373,11	R\$ 1.618.000,00	R\$ 108.649,42	R\$ 308.649,42
Pay Back Simples	5,3						
VPL	-R\$ 410.974,53						
TIR a/a	4%						

Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo com uma TIR positiva, pode-se observar através do VPL que o projeto se torna inviável, com uma TMA de 10% o acionista não consegue recuperar o valor investido.

O quadro 4 mostra uma análise pessimista para este projeto, levando em consideração uma produção diária de dois carros em seus picos máximos de produção, anos quatro e cinco, conforme observou-se no gráfico 4. Esta possibilidade é praticamente nula de acontecer, devido à participação do mercado que o cliente possui. Porém precisa-se estar ciente que se este cenário se concretizar, tem-se resultados negativos e ações terão que ser tomadas, como mudanças de *layout* e readequação de quadro de mão-de-obra indireta.

Quadro 4 – Análise Financeira Pessimista.

Análise Financeira Pessimista							
Período (anos)	Ano	Investimento	Receita Líquida	Custos	Depreciação	LL depois IR	Entrada de caixa
0		-R\$ 1.618.000,00					-1.618.000,00
1	2013		R\$ 722.981,21	R\$ 1.582.713,33	R\$ 202.250,00	-1.061.982,11	-859.732,11
2	2014		R\$ 1.084.471,82	R\$ 1.750.069,99	R\$ 202.250,00	-867.848,17	-665.598,17
3	2015		R\$ 1.445.962,43	R\$ 1.917.426,65	R\$ 202.250,00	-673.714,22	-471.464,22
4	2016		R\$ 1.807.453,04	R\$ 2.084.783,31	R\$ 202.250,00	-316.522,98	-114.272,98
5	2017		R\$ 1.807.453,04	R\$ 2.084.783,31	R\$ 202.250,00	-316.522,98	-114.272,98
6	2018		R\$ 1.445.962,43	R\$ 1.917.426,65	R\$ 202.250,00	-673.714,22	-471.464,22
7	2019		R\$ 1.084.471,82	R\$ 1.750.069,99	R\$ 202.250,00	-867.848,17	-665.598,17
8	2020		R\$ 722.981,21	R\$ 1.582.713,33	R\$ 202.250,00	-1.061.982,11	-659.732,11
		TOTAL	R\$ 10.121.737,01	R\$ 14.669.986,55	R\$ 1.618.000,00	-R\$ 5.840.134,96	-R\$ 5.640.134,96
Pay Back Simples	-						
VPL	-R\$ 4.368.334,60						
TIR a/a	-						

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que não temos *pay back* devido ao resultado final ser negativo. Da mesma forma que acontece com a TIR, sugere-se à empresa fazer um contrato de fornecimento com

seu cliente, com o intuito de garantir ao mínimo um volume produtivo de dois carros por dia. Se isto não acontecer, o volume investido passa a ser de responsabilidade do cliente.

3.3 RESULTADOS OBTIDOS NESTA ETAPA

Para finalizar esta etapa fez-se uma análise crítica em todas as necessidades dos clientes levantadas no início deste capítulo, e apenas três itens dos dezoito que foram levantados não respeitou as especificações do projeto. Na tabela 10, resultados obtidos, pode-se observar, através das cores verde e amarelo, que respectivamente representam, dentro do especificado e mais ou menos 10% do especificado, qual dos itens precisam de um plano de ação para atender o desejado, ou seja, as especificações do projeto.

Tabela 10 – Resultados Obtidos

Ranking %	Necessidades dos clientes	Requisitos de projeto	Especificações do projeto	Resultado
1 11,77%	Quantidade de peças a serem produzidas	Produção mensal	305	
2 10,22%	Quantidade de moldes a serem produzidos	Quantidade de peças diferenciadas	7 peças	
3 10,00%	Acabamento superficial perfeito	Molde e textura com qualidade	Conforme especificação do cliente	
4 7,81%	Espessura controlada elastoskin	Resistencia da pelicula	1,5 mm	
5 7,22%	Abertura de prensa	Facilitar na injeção da pelicula	Máxima possível	
6 6,72%	Pintura	Isenta de manchas	4 cores	
7 6,32%	Injeção do Elastoskin	Automatizada	Robotizada	
8 5,71%	Injeção do PU rígido	Automatizada	Em 3 dimensões (x,y,z)	
9 4,85%	variação dimensional	Conforme tolerancia do desenho	Norma DIN	
10 4,75%	Segurança do equipamento	Evitar acidentes	Conforme NR 12	
11 3,82%	Padronização de injeção	Precisão de parada da máquina	máximo 0,5 mm	
12 3,82%	Recursos financeiros para este projeto	Projeto tem que ser viável	R\$ 1,700,000	
13 3,58%	Peso das Ferramentas	Diminuir estrutura do porta molde	Máximo 2000 Kg	
14 3,48%	Peso do equipamento	Manter o mesmo piso para a sustentação	Máximo 30t	
15 2,98%	Layout disponível para a instalação	Máxima área disponibilizada pela empresa	300 m ²	
16 2,49%	Tempo de vida útil do Equipamento	Depreciação	8 anos	
17 2,25%	Fácil acesso ao operador	Ergonomicamente correta	Conforme NR 17	
18 2,23%	Padronização dos Componentes da máquina	Componentes de fácil reposição	100% Itens comprados	

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Esta análise foi realizada com base em um projeto, podendo sofrer modificações em seus resultados, após sua implantação. O item 4 da tabela acima apresentou uma pequena variação na espessura da película, teste realizado em laboratório do fornecedor, a espessura variou de 1,4 à 1,6 milímetros, segundo fabricante da matéria prima esta variação não afetará a resistência da peça, portanto se torna tolerável e aceitável para o projeto.

4. CONCLUSÃO

Pode-se analisar que, ao término deste trabalho de conclusão de curso, os objetivos propostos no início foram atendidos. Devido às informações pesquisadas e analisadas, a implantação dos objetivos se deu de forma gradativa no decorrer deste semestre, fazendo com que a empresa tome as decisões baseadas em informações sólidas construídas no decorrer deste projeto.

O trabalho contribuiu com o aprendizado, tanto para o autor quanto para a empresa, visto que a aplicação da parte prática envolve particularidades que a empresa possui. O envolvimento das pessoas é indispensável para a troca de idéias e análises, diante de cada realidade encontrada.

Espera-se que o trabalho contribua com a empresa, auxiliando na decisão correta a ser tomada, mediante esta proposta, espera-se participar da melhoria contínua das atividades da organização, sempre mantendo a atualização dos dados, com o intuito de monitorar e garantir o resultado proposto pelo projeto.

Seguindo a linha dos objetivos específicos, pode-se notar que a revisão bibliográfica foi realizada de forma coerente, procurando expor todos os tópicos e conceitos que foram abordados.

Apesar de finalizado dentro do prazo programado, apresentou algumas dificuldades, como por exemplo, na etapa um, quando foram levantados os dados de entrada, ou seja, as características do produto e processo, a proposta era levantar mais dados, principalmente no que se diz respeito ao processo produtivo, porém não teria tempo suficiente para cumprir as demais etapas do trabalho. Optou-se por trabalhar apenas com as principais características do produto e do processo, entretanto com um maior foco na suas análises.

A etapa dois foi de grande valia para a empresa, uma vez que sua sistemática de avaliação será adotada para os futuros projetos que surgirão no decorrer dos anos. A forma como foi avaliados e confrontados os dados obtidos na etapa um, exigiu uma grande dedicação da equipe do projeto Elastoskin, aflorando idéias e experiências já vividas, no âmbito industrial, pelos componentes do grupo. Conforme os dados eram preenchidos na tabela do FMEA, as soluções para suas causas potenciais de falha surgiam naturalmente e, sem maiores dificuldades para entrar em acordo que aquela era realmente a melhor solução.

A forma como foram confrontados os dados na matriz QFD deixou claro os principais itens a serem observados para o sucesso deste projeto. Uma vez que todos os dados são agrupados, fica mais fácil visualizar quais são os prioritários a serem trabalhados.

Na etapa três, o maior desafio foi colocar todas as características do projeto dentro de um uma verba disponibilizada pela empresa, visto que o custo de matérias-primas usadas para suas fabricações, por exemplo, o aço usado para a fabricação dos porta moldes, vem aumentando constantemente, tornando cada dia mais caro a construção dos mesmos. Precisou-se formar uma parceria eficiente com os fornecedores de equipamentos para projetar equipamentos viáveis e eficientes para a construção da célula. A experiência contou positivamente nesta etapa, contribuindo com detalhes como informado na figura 22 deste trabalho, que são de extrema importância para um bom funcionamento do conjunto. Concluiu-se, nesta etapa, que o proposto na etapa dois foi atingido com sucesso, ou seja, os itens de maior importância levantados na tabela 8 foram respeitados, e conseguiu-se ficar dentro do custo estipulado para o projeto.

Na etapa 4 mostrou-se, de forma simples, possíveis cenários, com o intuito de auxiliar na decisão correta, e mostrar quanto será o retorno real sobre este investimento. Esta análise julga-se muito importante, devido a oscilações provenientes do mercado econômico em que vive atualmente. Pode-se concluir que, se as previsões passadas pelo fornecedor se concretizarem, tem-se um resultado satisfatório, melhorando inclusive o resultado final da empresa. Para não prejudicar este resultado, por exemplo, no cenário mediano e pessimista, sugere-se à área comercial firmar um contrato com o cliente, com o intuito de cobrar o investimento total da célula, pois a célula é exclusiva para este projeto.

Por fim, conclui-se que o trabalho atingiu os objetivos propostos, mostrando e auxiliando, de forma clara, a empresa e os colaboradores envolvidos com este projeto que analisava a viabilidade técnica e econômica de uma célula de revestimentos em poliuretano para o processo automotivo.

REFERÊNCIAS

- ANÁLISE ECONOMICA. (2012). Acesso em 24 de março de 2013, disponível em: <https://sites.google.com/a/biomassa.eq.ufrn.../valor-presente-liquido>
- BASF ASIA PACIFIC. (2012) Acesso em 20 de Setembro de 2012, disponível em <http://www.asiapacific.basf.com/apex/AP/AsiaPacific/en/>.
- BIGUELINI, Cecília; BONATO, Samuel; ECHEVESTE, Márcia; WERLANG, Cristiane, **Gestão de Parâmetros Críticos no Desenvolvimento de Produtos Utilizando Desdobramento da Função Qualidade**. 2011.12f. Disponível em <http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/12849.pdf> Acesso em 22 de setembro de 2012.
- CANAUD Cristine. **Tecnologia do Poliuretano**, 2007.39f. Disponível em <http://sbri.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTM3>. Acesso em 06 de outubro de 2012.
- CANNON DO BRASIL. (2012). Acesso em 02 de outubro de 2012, disponível em <<http://www.cannondobrasil.com/minisiti/pagina.asp?idpagina=1804>>.
- CARRAVILHA Maria Antonia, **Layouts Balanceamento de Linhas**. 1998.23f. Disponível em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/574/2/760.pdf>. Acesso em 22 de setembro de 2012.
- CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**: São Paulo: Editora Atlas, 2000.
- CHENG, L. C. et al. **Planejamento da Qualidade**. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni: Editora Littera Maciel Ltda. 1995.261p.
- CONCEITO DE CUSTO CAPITAL . (2011). Acesso em 24 de março de 2013, disponível em: <http://conceito.de/custo-do-capital>
- CUSTO DE CAPITAL. (2005). Acesso em 24 de março de 2013, disponível em: <http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=158376>
- CUSTOS, RECEITAS E LUCROS. (2008). Acesso em 24 de março de 2013, disponível em: http://www.ivanpinho.com.br/downloads/economia_turismo/17417_Economia_e_Turismo_Aula_05_Vol_1.pdf
- ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. (2011) Acesso em 24 de Setembro de 2012, disponível em: http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com.br/2011_05_01_archive.html.
- ESCOLHA DO PROCESSO PRODUTIVO. (2012) Acesso em 22 de Setembro de 2012, disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~ee95078/trab/eg/layout.htm>.
- ESPUMATEC INJETADOS EM POLIURETANO. (2012). Acesso em 20 de agosto de 2012, disponível em <<http://www.espumatec.com.br>>.

FEIPUR (2006). Acesso em 20 de Agosto de 2012, disponível em <http://www.quimica.com.br/revista/qd456/feipur1.html>.

FRIMO. (2012). Acesso em 10 de outubro de 2012, disponível em: <http://www.frimo.com/>.

GLOBAL PUR. (2010) Acesso em 22 de Setembro de 2012, disponível em www.basf.com.br/default.asp?id=6349

GROB P., MRAFOSVALVI J., **Investigation of the pressure generated in the mouldcavity during polyurethane integral skyn foam moulding**, Hungria 2008. 8f. Disponível em: <http://www.expresspolymet.com/letolt.php%3Ffile%3DEPL-0000640%26mi%3Dc>. Acesso em 05 de outubro de 2012.

HARDING, Hamish Alan. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1981.

IONESCU Nicolae; VISAN Aurelian, **METHODOLOGY OF USING FMEA IN PRODUCT DEVELOPMENT**, Romênia, 2011.8f. Disponível em http://www.eng.utt.ro/auif/Lucrari_PDF_2011_1/Ionescu.pdf. Acesso em 05 de outubro de 2012.

KASSAI, José Roberto. **Retorno de investimento**. São Paulo: Atlas, 2000.

KRAUSS MAFFEI. (2012). Acesso em 02 de outubro de 2012, disponível em: http://www.kraussmaffei.com/en/site__2/.

MOTTA Regis da Rocha; CALÔBA Guilherme Marques. **Análise de Investimentos: Tomada de decisões em projetos industriais**: São Paulo: Editora Atlas, 2002.

ORSIOLI Douglas Augusto. **Estudo da relação entre os parâmetros do processo de injeção em alta pressão de espuma rígida de poliuretano na Indústria de Refrigeração**, 2005.17f. Disponível em <http://www.capoliuretanos.com.br/resources/Espuma%20R%C3%ADgida%20de%20PUR.pdf> . Acesso em 01 de outubro de 2012.

PACHECO, Marcos Fernando Molon. **Síntese e caracterização de elastômeros microcelulares de poliuretano**. 2006.80f. Dissertação (Mestrado em Materiais)-Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2011. Disponível em: http://tede.ucs.br/tde_arquivos/6/TDE-2006-12-22T120346Z-64/Publico/Dissertacao%20Marcos%20F%20M%20Pacheco.pdf. Acesso em 29 de setembro de 2012.

PAÇO, Tatiany da Rocha. **Avaliação do uso da simulação como ferramenta complementar no desenvolvimento do mapeamento do fluxo de valor futuro**. 2006.110f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, 2006. Disponível em: http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/1/TDE-2006-14T15:34:17Z-1287/Publico/DissTRP.pdf. Acesso em 29 de setembro de 2012.

PAY BACK CONSULTORIA. (2013). Acesso em 24 de março de 2013, disponível em: <http://www.paybackconsultoria.com.br/noticias/interna.aspx?idArtigo=11>.

PEZZI, Thiago. **Desenvolvimento de ferramentas com superfície antiaderente para o processo de integral Skyn**. Trabalho de conclusão de curso. UCS, Caxias do Sul, 2012.

PORTAL QUÍMICA. (2012). Acesso em 20 de agosto de 2012, disponível em <http://www.quimica.com.br/quimica/index.php?sessao=reportagem&id=56&pagina=2>.

PU – COMISSÃO SETORIAL DE POLIURETANO. (2012). Acesso em 16 de Agosto de 2012, disponível em <http://www.abiquim.org.br/poliuretanos/aplicacoes.htm>.

QUÍMICA E DERIVADOS. (2012) Acesso em 22 de Setembro de 2012, disponível em www.quimica.com.br/revista/qd423/tintas4.htm.

RECEITA X DESPESAS. (2013). Acesso em 24 de março de 2013, disponível em: <http://www.aplicms.com.br/are.htm>

REVISTA POLIURETANO TECNOLOGIA E APLICAÇÕES Ed.489. (2012). Acesso em 16 de Agosto de 2012, disponível em <http://issuu.com/editoradoadministradorltda./docs/pu49>

ROMANZINI, Daiane. **Estudo comparativo entre o processo de desenvolvimento de produtos praticados numa empresa e o modelo referência do APQP**. Trabalho de conclusão de curso. UCS, Caxias do Sul, 2010.

ROOS Cristiano; ROSA Leandro Cantorski da. **FERRAMENTA FMEA: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRÊS MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO**, 2008.11f. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_072_512_11242.pdf. Acesso em 06 de outubro de 2012.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SENHORAS, Elói Martins; TAKEUCHI, Kelly Pereira; TAKEUCHI, Katiuchia Pereira; , **Gestão da Inovação no Desenvolvimento de Novos Produtos**. 2007.15f. Disponível em http://www.aedb.br/seget/artigos07/418_artigos2007EGET_Inovacao&DesenvolvimentoProdutos2007.pdf. Acesso em 22 de setembro de 2012.

TECHNICAL DATA SHEET. (2010) Acesso em 20 de Setembro de 2012, disponível em www.polyurethanes.basf.de/.../Elastoskin_I_464.

TECNOLOGIA DESIGN EM PLÁSTICOS. (2012). Acesso em 21 de Agosto de 2012, disponível em <http://www.vacuum.com.br>

TECNOLOGIA EM PROCESSOS DE PINTURA. (2001) Acesso em 29 de Setembro de 2012, disponível em http://www.technospray.com.br/pdf/sistemas_pulverizacao.pdf.

TOLEDO José Carlos de; AMARAL Daniel Capaldo, **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha**, 2012.12f. Disponível em <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf> . Acesso em 05 de outubro de 2012.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção: A PRODUTIVIDADE NO CHÃO DE FABRICA**. Porto alegre: Bookmann, 1999.

VILAR, Walter Dias. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. 2012 Disponível em <http://www.poliuretanos.com.br>. Acesso em 22 de setembro de 2012.

VILAR, Walter Dias. **Química e tecnologia dos poliuretanos**. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria Técnica LTDA, 1999.