

apêndice - a

Chamada Pública de PD&I 01.2022

ETEC 1

PROJETOS DE DEMONSTRADOR DE MOLDES PARA VULCANIZAÇÃO DE PNEUS

Apoio

CONFIES

Coord. Técnica Linha IV

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

Coordenadora Linhas IV, V e VI

fundep fundação de
apoio da UFMG

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
E INOVAÇÕES

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

1. PROJETOS DE DEMONSTRADOR DE MOLDES PARA VULCANIZAÇÃO DE PNEUS

1.1. Texto de apoio – Introdução ao processo

Hoje existem duas configurações de moldes para pneus. Os moldes duas metades, também conhecidos como moldes convencionais, e os moldes segmentados ou moldes setoriais.

1.1.1. Moldes duas metades

Este tipo de molde se caracteriza por sua divisão em duas metades iguais e aproximadamente simétricas, superior e inferior, sendo utilizado em prensas de pratos, geralmente aquecidas com vapor de água. Além das duas metades, este tipo de molde possui anéis talão, (também superior e inferior, que indicam a zona de montagem das rodas), e ainda os flanges para fixação da câmara de vulcanização. Essa tecnologia geralmente é empregada para a construção de moldes para pneus da linha de motocicletas, bicicletas e linha agrícola.

1.1.2. Moldes segmentados

Este tipo de molde se difere dos convencionais, pois é dividido em segmentos, geralmente de 6 a 42 módulos radiais, complementares e adjacentes, que se unem de maneira circunferencial, formando uma estrutura complexa, de modo que cada molde apresenta em seu interior o padrão de ranhuras que dá forma à banda de rodagem. Além dos segmentos, este tipo de molde apresenta paredes laterais, (superior e inferior), anéis talão (também superior e inferior, que indicam a zona de montagem das rodas) e ainda os flanges para fixação da câmara de vulcanização. Os moldes a setores são montados em um dispositivo (container), também aquecido por vapor de água.

Antes da vulcanização, os setores são montados no container metálico construído com material de coeficiente de expansão térmica menor do que o molde, (responsável por realizar a interface entre vulcanizador e molde, articulando e guiando os componentes durante o processo de abertura e fechamento do vulcanizador), onde envolvem o pneu cru (verde), submetendo-o às condições específicas de temperatura e pressão de acordo com a especificação de cada produto em linha. Esta tecnologia geralmente é empregada para a construção de moldes para pneus da linha de passeio, caminhões e ônibus.

1.1.3. Processo de ventilação

Durante a vulcanização, os pneus são conformados visando atingir a forma desejada. Durante o aquecimento inicial, a borracha da superfície do pneu, em contato com o molde quente, tem sua viscosidade reduzida. Assim, com o aumento de temperatura e sob influência do fluxo de borracha, ocorrem pontos de pressão interna, caracterizadas por bolsas de ar, que ocorrem entre a carcaça do pneu cru (verde) e a estrutura do molde, onde danificam a estrutura do produto final. Desejando que o pneu seja vulcanizado com uma impressão perfeita do molde, é preciso que esse ar acumulado escape por um sistema de ventilação, baseado em respiros tradicionais ou na tecnologia *Spring Vent*.

A tecnologia ***Spring Vent***, (respiros tradicionais) geralmente se apresenta na forma de orifícios de pequenos diâmetros, perfurados na parede no molde (buchas inseridas). De forma geral, o ar aprisionado durante a vulcanização escapa através dos orifícios, levando consigo borracha viscosa, que é rapidamente curada no pequeno diâmetro do furo, que é obstruído, formando cabelos de borracha. Ao término da vulcanização, essas estruturas, ainda conectadas à superfície do pneu, são puxadas para fora dos orifícios durante o desmolde do pneu.

Devido à presença dos cabelos ou “pirulitos”, (como são conhecidos na indústria), esta tecnologia comumente utilizada pelos fabricantes de pneus, produz um produto final com baixo apelo visual. No Brasil, um produto que apresenta “pirulitos” é frequentemente tido como produto novo, entretanto, em outros mercados, a presença dos mesmos não é bem-vinda e requer adequações. Para isso, os pneus sob essa condição são submetidos à um *trimmer* (máquina ceifadora), capaz de aparar os “pirulitos”. No entanto, essa operação, além de elevar o tempo de produção, aumenta o custo do processo.

Além disso, caso, durante o desmolde do pneu, ocorram quebra de cabelos, o respiro é imediatamente bloqueado, prejudicando a saída de ar. Devido à baixa dimensão dos respiros, estes bloqueios podem não ser notados imediatamente, podendo causar problemas de qualidade em um lote de pneus subsequentemente produzidos.

A tecnologia ***Spring Vent*** consiste em uma alternativa de alto custo e difícil construção, porém com um apelo visual mais limpo, sem a presença dos “pirulitos”. Nesta tecnologia, a válvula de escape de ar do molde consiste basicamente em um cilindro que apresenta em seu interior uma mola e êmbolo, utilizando um mecanismo de abertura com mola e pistão com aproximadamente 0,30 mm de curso para o fechamento da válvula por completo.

O ***Spring Vent***, em contraste com os respiros tradicionais, não apresenta tampões ou pirulitos, implicando em um processo produtivo mais rápido e eficiente, e

com menor possibilidade de entupimentos. No entanto, isso irá depender da massa empregada no pneu pois, dependendo do seu composto, ela pode gerar pequenos cristais que acabam travando a mola e comprometendo o funcionamento da válvula. Esse tipo de ventilação está sendo aplicado em sua grande maioria na linha de passeio, linha agrícola e industrial continuam com o sistema de ventilação convencional momentaneamente.

1.1.4. Processo de limpeza

Durante os ciclos de vulcanização, além da aplicação de desmoldantes, é depositada sobre a superfície do molde uma fina camada de borracha residual vulcanizada. Após determinada quantidade de ciclos, variável de acordo com o tipo de molde ou de pneu, esta camada torna-se espessa e prejudicial ao produto vulcanizado, precisando ser removida. Esse processo pode ser realizado quimicamente ou por jateamento de gelo seco (criogênico) ou de granalha de aço, variando com as peculiaridades construtivas de cada molde.

Nos moldes tradicionais, a remoção da camada de borracha vulcanizada ocorre geralmente através do jateamento de granalha de aço ou vidro. Este método, amplamente utilizado na indústria, ocorre em uma cabine de jateamento, na qual a granalha é acelerada pneumáticamente por ar comprimido, atuando sobre o molde nela inserido.

Adicionalmente, moldes com o sistema de ventilação convencional têm a limpeza de seus furos de ventilação efetuada por brocas com o auxílio de um agente lubrificante, de acordo com o diâmetro do furo de respiro empregado em cada molde. Esse processo é realizado com o molde desmontado e disposto sobre uma mesa.

Devido à delicadeza das molas, utiliza-se nos moldes Spring Vent jateamento de gelo seco, também conhecido como limpeza criogênica. Esse processo tem sido utilizado em diversos setores industriais, como indústria alimentícia, plástica e de construção civil, devido à sua vantagem econômica, por não gerar resíduos e nem utilizar produtos químicos. No caso dos moldes com ventilação Spring Vent, a escolha do método é devida à sua característica não abrasiva, aliada à capacidade de sublimação do gelo seco, evitando, assim, o desgaste excessivo da superfície do molde.

O processo de jateamento de gelo seco ocorre através da aceleração por ar comprimido de pellets (pequenas pelotas) de CO₂ congelado, através de uma mangueira e uma pistola de jateamento. Essas pelotas, utilizadas como material de detonação, são aceleradas à velocidade que pode variar de 150 m/s a 300 m/s, causando impacto e consequente limpeza da superfície do molde, mantido por uma mesa quente a aproximadamente 150°C.

Ao colidirem com o molde, os pellets sublimam para a atmosfera na forma de CO₂ gasoso, sobrando assim nenhum material de limpeza. Dessa forma, divide-se limpeza criogênica em três etapas essenciais: choque térmico, fissuração e limpeza.

A primeira etapa de ação do jateamento por gelo seco é o choque térmico. Essa limpeza em baixa temperatura está baseada no choque microtérmico entre as partículas de CO₂ congeladas e a superfície do molde (150°C), na superfície da borracha contaminante, fazendo com que ela se contraia. O choque térmico causado pelo jato, aliado à contração da camada de sujidade, faz com que surjam rachaduras na superfície, caracterizando a fase de fissuração. Por fim, a limpeza ocorre devido à ação mecânica dos pellets que colidem em alta velocidade com a superfície de trabalho. Nesse momento, ocorre a penetração das pelotas nas fendas contaminantes, expandindo seu volume, de modo a remover eficientemente o material.

Em resumo, o molde para pneus deve ser projetado para suportar os esforços tanto da injeção de borracha e vulcanização, como dos processos de limpeza recorrentes.

1.1.5. Considerações adicionais do processo de fabricação

Na fabricação de moldes para pneus a primeira etapa do processo de maior utilização é a fundição, devido às geometrias complexas. A complexidade está relacionada à aplicação do pneu. Como exemplo, para moldes de pneus de passeio, deve ser considerado em qual terreno o pneu será utilizado/aplicado. Já na linha industrial de pneus para caminhões e ônibus, as considerações adicionais estão relacionadas a qual eixo o pneu irá trabalhar, trativo ou direcional e, dependendo da aplicação, os moldes deverão ter lâminas de aço inox tratadas e inseridas, inviabilizando a usinagem em bloco de aço ou alumínio laminado. A fabricação de moldes para pneus hoje é feita 100% por fundição com o objetivo de reduzir o tempo de usinagem e erosão. Nesses cenários, novas tecnologias e processos surgem para viabilizar estratégias de fundição de formas complexas a fim de reduzir tempo de usinagem e acabamento.

Para moldes em aço, o material aplicado na manufatura do molde é o aço **SAE1020** ou similar e, para moldes em alumínio, a liga geralmente utilizada é a **AA514.0**.

Esse aço é utilizado devido à sua flexibilidade e, por isso, é fácil de manipulá-lo, independentemente do método que desejar usar. Ele possui boa plasticidade, oferece facilidade para soldagem com métodos tradicionais, alta ductilidade e usinabilidade e dureza máxima de 260 HB. Sua capacidade de endurecimento é inferior aos outros aços de sua categoria por ser pouco carregado em elementos de liga. O processo de vulcanização pode se tornar agressivo quando o aço interage com os compostos da borracha; periodicamente, os moldes passam por intervenções de reparo, devido às

marcas de porosidades que surgem na superfície. Sua composição base é ferro, carbono, manganês e silício. Há ainda a presente na composição química elementos de resíduos que fazem parte do processo de fabricação, como o enxofre e o alumínio.

Dada a sua baixa durabilidade devido ao processo de vulcanização, sugere-se um tratamento superficial no molde, por teflon ou cromo. Com este tratamento, é possível conferir proteção adicional ao molde e maior longevidade, visto que sua superfície estará protegida contra corrosão e abrasão, além de ajudar no escoamento da massa/borracha, durante o processo de vulcanização, facilitando a moldagem.

As ligas de alumínio são materiais com propriedades metálicas elevadas como dureza, resistência à corrosão, entre outros. A maioria das ligas de alumínio contém 90% a 96% de alumínio, com elementos de liga adicionados para proporcionar uma combinação específica de propriedades e características.

A liga AA514.0 é pertencente à família 5xx, onde o principal elemento da liga é o magnésio. As adições de magnésio no alumínio geram ligas com excepcional resistência à corrosão devido à película de óxido da superfície tenaz de ocorrência natural, as quais são muito utilizadas em ambientes atmosféricos e químicos. Essas ligas também são excepcionalmente duras, absorvendo muita energia durante a fratura e, portanto, podem ser usadas em aplicações críticas, onde a dureza superior é vital, e são facilmente soldadas por meio de processos comerciais.

Sendo muito notável o acabamento fino que elas fornecem, elas são mais difíceis de serem fabricadas do que a série 3xx, por exemplo, e por isso normalmente são limitadas aos casos em que bom acabamento superficial é primordial.

Devido a todas essas características, são muito usadas na fabricação de moldes para vulcanização de pneus, que ocorre por injeção em moldes acabados de outros materiais. O molde de alumínio é tido como quase acabado, não sofrendo nenhuma conformação mecânica, sendo assim classificado como *ligas para fundição*. Este termo é utilizado para significar ligas que são geralmente utilizadas nas partes do molde com a forma final ou quase final e para o lingote a partir do qual são feitas tais fundições. De um modo geral, as composições da liga fundida não são utilizadas para subsequente laminação, extrusão, forjamento, ou outros processos para modelar metais, diferentemente das *ligas trabalháveis*, que são ligas que são conformadas mecanicamente.

1.2. Problema a ser resolvido

A fabricação de moldes para pneus envolve tecnologias, equipamentos e custos que, devido ao volume e grau de complexidade, não foram bem absorvidos pela cadeia de ferramentarias brasileiras. A montagem de uma célula de fundição e o custo de aquisição dos equipamentos para fundição e usinagem de aço e alumínio torna ainda

impeditiva a adoção por uma única empresa. Além disso, somam-se as necessidades de planejamento, projeto, montagem e tryout das ferramentas. Nessas condições, o ICT proponente será o responsável pela busca de parcerias, aquisição e introdução da nova tecnologia.

A interface com tecnologias e processos atuais demanda estudo e criação de uma metodologia para disseminação do conhecimento e viabilidade entre as empresas brasileiras. A proposta deverá conter descrição da metodologia e resultados esperados para, e somente para, as etapas definidas nas frentes de trabalho, que serão detalhadas a seguir.

Após todas as considerações feitas anteriormente, deseja-se, através deste projeto demonstrador para moldes de pneus, responder às seguintes perguntas:

- Como adaptar as tecnologias existentes dos processos de fundição de aço e alumínio existentes para aperfeiçoar a produção de moldes para pneus?
- Como reduzir os tempos de usinagem, erosão e retrabalhos após fundição do molde?
- Como gerar uma estrutura acessível para que as empresas possam desenvolver novos projetos e produtos com a nova tecnologia?
- Como integrar a nova tecnologia com as tecnologias atuais?
- Como desenhar métodos que integrem os processos?
- Como otimizar e redesenhar todo o processo produtivo afim de tornar competitiva a produção de moldes para vulcanização de pneus em território Nacional?

1.3. Objetivos específicos

1. Nacionalizar e popularizar as tecnologias de ponta para produção de moldes para pneus de baixa e alta complexidade geométrica, aumentando a competitividade da cadeia de ferramentaria brasileira.
2. Reproduzir as etapas de planejamento, projeto, construção, inspeção e acabamento de um molde para pneu, descrevendo e detalhando todos os procedimentos adotados, a fim de revelar gargalos e instruir futuras tentativas de replicação dos resultados obtidos.
3. Otimizar a produção de um molde de geometria complexa, não possível de ser produzido pelos métodos tradicionais, viabilizando técnica e economicamente o processo de manufatura e reduzindo o uso de recursos de pós-processamento, tempo de produção e defeitos.
4. Aprimorar e tornar disponível a infraestrutura para novos projetos de desenvolvimentos de moldes para pneus.

5. Propor sensoriamento e automação/robotização visando maximizar a vida útil dos moldes e aperfeiçoar o processo de produção de pneus e ampliando a conectividade entre processos produtivos.
6. Elaborar plano de transferência do conhecimento para as principais instituições de formação de mão-de-obra específicas para o setor de transformação de elastômeros, visando permear o conhecimento de forma ampla e acelerada em território nacional.

1.4. Detalhamento das frentes de trabalho

A fim de facilitar o planejamento, execução e gestão do projeto, esta demanda foi dividida em cinco frentes de trabalho. Cada frente de trabalho poderá ser responsabilidade de uma ou mais ICTs, sendo que a ICT proponente exercerá obrigatoriamente o papel de Coordenadora do projeto.

1.4.1. Frente 1. Planejamento

A prospecção tecnológica pode ser definida como um planejamento sistemático para mapeamento de desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, capazes de influenciar de forma significativa o planejamento de um produto ou processo de produção. Por meio de métodos quantitativos e qualitativos, os estudos de prospecção avaliam o panorama atual de um determinado setor, identificando aspectos de tecnologias concorrentes e lacunas a serem preenchidas, onde é possível que determinada tecnologia ou suas variações sejam competitivas. Nesse sentido, esses estudos são elementos-chave para o planejamento estratégico de um modelo de negócio, direcionando escolhas e tomadas de decisão com alto potencial de sucesso.

A **meta** desta etapa é elaborar uma prospecção da tecnologia para fabricação de moldes para pneus nacionalmente, comparando-a às empresas internacionais construtoras de moldes para pneus quanto a:

- Materiais utilizados;
- Métodos e Processos;
- Máquinas;
- Tempo de produção;
- Inspeção e controle;
- Custos;
- Problemas operacionais comuns.

1.4.2. Frente 2. Projeto

O projeto de um molde a ser fabricado deve prever, além de seus desenhos construtivos, sistema de ventilação, layout, sequência de passos, desenhos de perfil, desenho de características de letras, tolerâncias etc. A simulação do processo de fabricação em ambiente virtual promove grande agilidade ao processo. Através da construção de furos de processo, podem-se variar parâmetros como geometria, tempo e condições de usinagem e erosão, prevendo-se eventuais problemas no fechamento do molde após conclusão.

A proposição deste demonstrador é validar os conceitos para a construção de moldes para pneus diretamente de arquivos CAD 2D e 3D e validar a precisão de softwares de simulação nas condições da tecnologia existente já aplicada.

A **meta** desta etapa é realizar levantamento de todas as informações relevantes para projetar a manufatura do molde, valendo-se de tecnologia existente e de novas tecnologias disponíveis no mercado para a elaboração do projeto, selecionando os melhores parâmetros através de modelos. reduzindo o tempo de manufatura, aumentando a qualidade e gerando velocidade na entrega.

Deverão ser entregues:

- a. Desenhos 2D e 3D de todo projeto;
- b. Otimização do produto para o novo processo, caso seja idealizado um novo processo;
- c. Estudo de interface entre o novo processo e o processo tradicional;
- d. Estudo de limitações e potenciais do processo;
- e. Análise da precisão da simulação do processo atual e do novo processo;
- f. Relatórios de simulação;
- g. Arquivos de saída dos modelos, contendo cálculos de temperaturas, fluxos, geometria e outros dados a serem utilizados pelas empresas de fundição quando se utilizar de material fundido para a manufatura do molde;
- h. Possibilidades de sensoriamento do ferramental para controle preciso do processo;
- i. Plano de comunicação do conhecimento.

1.4.3. Frente 3. Matéria prima

A fundição em moldes de areia é a mais usada na produção de peças de aço e de ferro fundido, já que esses moldes são os que costumam suportar melhor as altas temperaturas de fusão. De todos os métodos usados em fundição de areia, a moldagem em areia verde em molde bipartido é o mais simples e o mais empregado, devido ao custo do material, boa estabilidade dimensional e flexibilidade das cavidades

produzidas. No entanto, os moldes bipartidos não têm flexibilidade suficiente em partes de geometria complexa, tais como canais curvos e detalhes internos. Tais problemas têm sido propostos para serem resolvidos através de manufatura aditiva (impressão 3D) de moldes de areia, ainda em desenvolvimento no mercado internacional e inexistente no Brasil.

A **meta** desta etapa é utilizar as técnicas mais eficientes de manufatura tradicional com modelo de isopor para contornar as limitações dos moldes de areia bipartidos para produção de moldes fundidos para pneus, reduzindo defeitos (rechupe, porosidade, trincas, segregação, tamanho de grão etc.) e sobremetal provenientes do processo de fundição. Deverão ser especificados os materiais utilizados e o projeto do molde, envolvendo, sempre que necessário, caracterização em laboratório e resultados de modelos físicos e matemáticos.

Deverão ser entregues:

- a. Estudos sobre viabilidade econômica;
- b. Análise da integração do processo em ambiente produtivo;
- c. Análise de interface com outros processos de fundição;
- d. Matriz de seleção de processo por complexidade e volume;
- e. Material aplicado para replicação do processo pelas indústrias brasileiras;
- f. Molde “demonstrador” fundido.

1.4.4. Frente 4. Construção

Após o recebimento do fundido, inicia-se o processo de usinagem da ferramenta. A fabricação deverá ainda integrar os achados da fase de planejamento referentes a materiais e processos na fabricação da ferramenta fundida, usinagem e montagem.

Deseja-se responder às seguintes perguntas:

- Como otimizar a programação de usinagem?
- Como otimizar caminho de ferramentas e tempo de usinagem?
- Quais os processos essenciais para garantir a fabricação precisa do ferramental?
- Como otimizar os processos de montagem e acabamento do ferramental?

Esta fase tem como **objetivos**:

1. Programação da usinagem de molde para pneus de maneira otimizada.
2. Usinagem de molde para pneus levando em consideração otimização de caminho de ferramentas, adoção de novas ferramentas de cortes e tecnologias.

3. Estudo do processo de montagem para otimização de tempo e layout.

O escopo deverá abordar em detalhes as etapas de programação CAM, usinagem, tratamentos térmicos e montagem, conforme diretrizes mostradas a seguir:

Programação CAM

A programação de usinagem é uma etapa crucial para obtenção de um ferramental de maneira otimizada. Baseada em uma fonte única de projeto deve-se gerar as estratégias mais adequadas visando desempenho e acabamento da ferramenta.

A programação deve ser integrada ao projeto para que possa ser iniciada de maneira concorrente com ao projeto do ferramental.

Deve-se levar em conta ainda a introdução de novas tecnologias, procedimentos, ferramentas e exploração de capacidade de máquinas CNC na busca pelo estado da técnica.

Deverão ser entregues os seguintes resultados:

- a. Roteiro de Usinagem;
- b. Conjunto ideal de ferramentas;
- c. Simulação de usinagem para verificação de colisões;
- d. Código NC otimizado de acordo com controlador da máquina CNC.

Como resultado da etapa de programação da usinagem além dos entregáveis necessários para sua realização espera-se definir uma metodologia replicável e otimizada que re-use tais conhecimentos e compartilhe melhores práticas.

Usinagem

A usinagem do ferramental e todos os seus componentes deve ser executada seguindo os padrões definidos pelo planejamento de processos e da etapa de programação CAM.

Novas estratégias de fixação, movimentação e manipulação de componentes devem ser estudadas buscando sempre a otimização do processo integrando novas tecnologias e procedimentos.

Deverão ser entregues os seguintes resultados:

- a. Análise do resultado de usinagem;
- b. Plano de inspeção possível de ser realizado ainda na máquina;
- c. Melhorias para processos de usinagens futuras;
- d. Componentes do ferramental prontos para montagem.

Na busca pela otimização dos processos além dos entregáveis necessários, espera-se a definição de soluções que integrem usinagem e inspeção para garantir a qualidade e reduzir etapas futuras de metrologia.

Tratamentos térmicos

O tratamento térmico tem como objetivo otimizar as propriedades físicas e mecânicas dos materiais, a fim de prolongar sua vida, melhorar o desempenho e uniformizar a microestrutura dos componentes. A **meta** desta etapa é especificar, para os moldes e seus componentes, se necessário tratamento térmico, os seguintes parâmetros:

- a. Temperaturas de:
 - i. Pré-aquecimento;
 - ii. Aquecimento;
 - iii. Retenção;
 - iv. Resfriamento;
 - v. Número de etapas.
- b. Meio de aquecimento (indução, em gás inerte, a vácuo, banho de sal etc.)
- c. Meio de resfriamento (ar, água, óleo ou banho de sal)

Alguns componentes podem demandar tratamentos superficiais, tais como cementação, nitretação, têmpera superficial, revestimento PVD, pintura etc. Todas as especificações desses tratamentos superficiais, quando necessárias, deverão ser descritas de modo que possam ser reproduzidas por outros grupos e empresas.

Montagem e Tryout

Após detalhamento das etapas de planejamento, projeto e construção, a montagem do ferramental de grandes dimensões chega a corresponder a 30% do tempo de fabricação. Portanto deve-se estudar novos processos para manipulação e movimentação de componentes assim como propor estratégias e layouts que possam dinamizar e reduzir o tempo dessa tarefa.

A **meta** desta etapa é propor novos modelos de montagem que permitam a redução do tempo de trabalho, aumentando a eficiência, assim como definir estratégias para redução das interações de tryout. Após finalizados os ajustes do molde demonstrador para pneu, espera-se que seja realizada a repetição, em cadência normal de produção industrial, das etapas de injeção e vulcanização de um conjunto de pneus conforme especificação de forma, material e propriedades finais do parceiro industrial produtor de pneus.

Deverão ser contabilizados os custos e tempos envolvidos nas etapas, identificando os gargalos tecnológicos, metodológicos e organizacionais dos processos. As peças do lote protótipo, deverão ser entregues com certificado de qualidade, atestando sanidade das peças, dimensional, geometria, visual e demais exigências para utilização dos pneus reproduzidos.

Deverão ser entregues os seguintes resultados:

- a. Metodologia para manipulação e movimentação de componentes;
- b. Proposição de layout;
- c. Estratégias de tryout;
- d. Ferramenta montada e validada;
- e. Lote de peças piloto com certificado de qualidade.

No intuito de otimizar os processos além dos entregáveis necessários, espera-se a definição de soluções que tragam os requisitos dessa etapa para as fases iniciais de planejamento e projeto para a criação de uma metodologia replicável.

1.4.5. Frente 5. Testes e Ensaios

Deve-se estabelecer quais os testes e ensaios serão necessários para validação do molde e processo, garantindo a confiabilidade e estabilidade.

Deseja-se responder às seguintes perguntas:

- Existem etapas que precisam ser adicionadas à certificação de qualidade do molde para prolongamento do tempo de vida?
- Quais os limites do processo de medição e testes antes da entrega aos fabricantes de peças?
- Quais os desenvolvimentos necessários?
- Quais os parâmetros que devem ser acompanhados para garantir a qualidade do produto?

No intuito de otimizar os processos de fabricação, além dessas questões espera-se a integração dos achados nessa etapa no planejamento e projeto de futuros moldes valendo-se do reaproveitamento de conhecimento. Os processos especificados deverão ser reproduzíveis por empresas já instaladas no Brasil e ferramentarias do ramo, seja com o uso de equipamento compartilhado ou com a instalação de equipamento próprio.