

## Especificação de tolerâncias de peças plásticas utilizando dados de medição de peças similares.

## Tolerances specification of plastic parts using measurement data of similar parts.

Ademir Linhares de Oliveira<sup>1,2</sup>, Gustavo Daniel Donatelli<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina; <sup>2</sup> GD&T Metrologia; <sup>3</sup> Fundação CERTI

E-mail: ademir.linhares@ufsc.br alo.gdt3d@gmail.com

**Resumo:** É proposta uma sistemática para a especificação de tolerâncias dimensionais e geométricas de produção para peças plásticas de engenharia, com base na utilização de dados históricos de medição de peças similares. Os critérios para definição de peças e características similares são baseados no sistema de pontuação da DIN 16742. Aspectos metrológicos exercem papel essencial na sistemática por influenciar diretamente a confiabilidade dos dados armazenados e a atribuição de tolerâncias. Destaca-se como principal benefício da proposta, a otimização potencial das tolerâncias especificadas frente aos processos produtivos efetivamente empregados.

**Palavras-chave:** especificação de tolerâncias; tolerâncias dimensionais e geométricas; peças plásticas de engenharia; peças similares; dados históricos de medição.

**Abstract:** A proposal is given for dimensional and geometric production tolerances specification for engineering plastic parts, based on historical measurement data of similar parts. The criteria for defining similar parts and similar characteristics are based on the DIN 16742 scoring system. Metrological aspects play essential role by influencing directly the data reliability and the tolerances assignment. A potential optimization of the specified tolerances for the processes actually used is highlighted as the main benefit of the proposal.

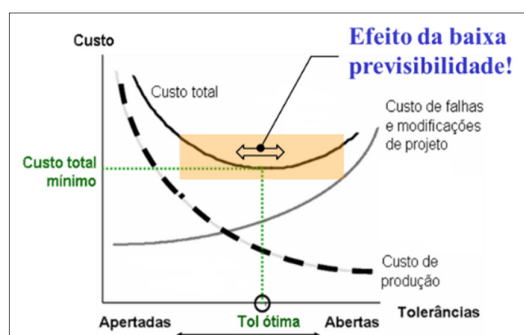
**Keywords:** tolerances specification; dimensional and geometric tolerances; engineering plastic parts; similar parts; historical measurement data.

### 1. INTRODUÇÃO

Materiais plásticos são utilizados para a fabricação de componentes diversos, inclusive para peças especiais de engenharia, visando melhorar a relação custo-benefício de um projeto mecânico. Em comparação às peças metálicas, as peças

plásticas, geralmente, tendem a ser mais instáveis geometricamente em função da menor resistência mecânica, da maior dependência à temperatura, da fluência e da contração variante no tempo [1]. Maiores esforços de gestão dimensional são muitas vezes necessários para tornar o projeto mecânico de peças plásticas mais robusto às

variações geométricas provenientes da produção e da utilização do produto em serviço. Neste sentido, a especificação de tolerâncias é fundamental para estabelecer limites máximos admissíveis de variação e orientar todo o desenvolvimento do processo produtivo [2]. Na prática, é bastante comum encontrar tolerâncias mal especificadas e desnecessariamente estreitas para peças plásticas de engenharia (PPEs). A especificação de tolerâncias não otimizadas reflete-se em um aumento potencial nos custos, conforme ilustrado na figura 1.



**Figura 1.** Efeito da tolerância sobre o custo [3].

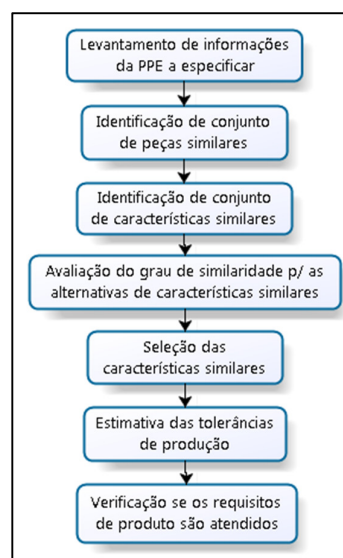
Falhas ou ambiguidades de especificação também ocasionam problemas na demonstração de conformidade ou de não conformidade [4]. Um processo de inspeção dificilmente poderá ser considerado confiável se for baseado em uma especificação não consistente frente aos requisitos a serem atendidos.

A norma DIN 16742:2013 é uma das principais referências atuais para a especificação de tolerâncias de peças moldadas por plásticos [5]. A norma fornece valores para tolerâncias mínimas atingíveis pela produção, incluindo tolerâncias dimensionais, de posição e de perfil. Estes valores foram baseados em várias medições de peças distintas, com significativa dispersão nos dados obtidos. A diferença média entre as tolerâncias para dois grupos consecutivos, para características não específicas do molde, é de 0,6 mm. Tal diferença, em geral, é considerada bastante significativa para aplicação em PPEs.

Neste trabalho, é apresentada uma estratégia alternativa a DIN 16742 para a especificação de tolerâncias dimensionais e geométricas de produção de PPEs, com base na utilização de dados históricos de medição de peças similares. Aspectos metrológicos exercem um papel essencial na sistemática desenvolvida por influenciar diretamente tanto a confiabilidade dos dados armazenados quanto a atribuição de tolerâncias.

## 2. PROPOSTA DE SISTEMÁTICA PARA ESPECIFICAÇÃO DE TOLERÂNCIAS DE PEÇAS PLÁSTICAS DE ENGENHARIA

A sistemática proposta de especificação de tolerâncias dimensionais e geométricas de produção de PPEs é uma alternativa ao método estabelecido pela DIN 16742. A sistemática baseia-se na utilização de dados históricos de medição de peças similares. Destaca-se como principal benefício desta sistemática, a possibilidade de se otimizar as tolerâncias especificadas frente aos processos produtivos que efetivamente serão empregados. A figura 2 ilustra os principais passos propostos para a obtenção das tolerâncias de uma nova PPE a especificar.



**Figura 2.** Passos principais da sistemática.

Inicialmente, são coletadas informações diversas relacionadas à nova PPE a especificar, visando identificar um conjunto de peças e características similares no banco de dados históricos de medição. Os critérios escolhidos para definição de “peças similares” e “características similares”, para o propósito em questão, foram baseados no sistema de pontuação da DIN 16742. Duas peças são consideradas similares quando apresentam as mesmas pontuações individuais para as seguintes avaliações de influências sobre o desempenho do processo de produção: 1- tipo de processo; 2- rigidez ou dureza do material plástico; 3- o valor calculado da contração; 4- efeitos da geometria e do processo sobre a contração do material; 5- nível de exatidão requerido, tecnologias e ações de garantia da qualidade.

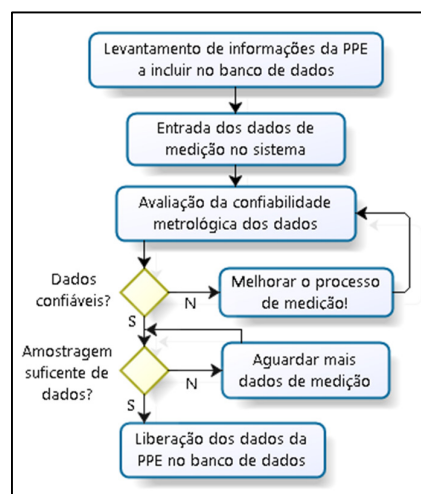
Duas características são consideradas similares quando estão situadas em um mesmo grupo de dimensões nominais da DIN 16742 e quando possuem a mesma classificação quanto à localização no molde: 1- característica específica do molde; 2- característica não específica do molde. A característica da segunda classe depende de elementos geométricos gerados por diferentes partes do molde, requerendo, em geral, maiores valores de tolerância.

Na sequência, as alternativas potenciais são analisadas mais detalhadamente e priorizadas quanto ao grau de similaridade, envolvendo vários aspectos. Por exemplo, um dos parâmetros a ser considerado é a compatibilidade entre a infraestrutura metrológica que se pretende utilizar para a nova PPE e as infraestruturas metrológicas efetivamente empregadas para as peças que compõem o banco de dados históricos de medição.

As tolerâncias de produção para a nova PPE são especificadas com base nos dados históricos de medição das características similares que tiveram os maiores índices de similaridade, através das dispersões e dos desvios das médias em relação às respectivas medidas nominais. As

tolerâncias obtidas ainda precisam ser verificadas quanto ao atendimento aos requisitos de produto. Melhorias no projeto ou no processo de produção são necessárias caso estes requisitos não sejam atendidos. Todas as características funcionais são diretamente especificadas. Características não funcionais são indiretamente especificadas através de tolerâncias gerais e, pela DIN 16742, não estão sujeitas à avaliação de conformidade.

Na figura 3, são apresentados os passos necessários para o cadastramento de uma nova PPE no banco de dados históricos de medição.



**Figura 3.** Cadastramento de nova PPE.

O cadastro de uma nova PPE no banco de dados históricos de medição requer o levantamento de informações diversas, incluindo informações metrológicas, de projeto, de produção e de garantia da qualidade.

Como regra geral, dados de medição referentes à avaliação de tolerâncias geométricas de localização devem ser armazenados através das respectivas coordenadas frente à origem do sistema de referências. Dados de medição de tolerâncias de forma e orientação e de características dimensionais devem ser armazenados da mesma forma como são medidos.

A confiabilidade dos dados de medição inseridos no sistema é essencial para a sistemática.

Nesse sentido, informações metrológicas e de garantia da qualidade são solicitadas, como por exemplo: meios de medição, condições ambientais de medição e de armazenamento das PPEs, estratégias de medição, estratégias de fixação, nível de exatidão requerido, dados de manutenção e calibração, capacitação da equipe técnica, etc.

Para analisar a confiabilidade metrológica dos dados e identificar eventuais problemas, propõe-se a elaboração de um protótipo de sistema especialista. Possíveis problemas a serem diagnosticados incluem:

- dados de medição discrepantes;
- dispersão ou desvio de medição incompatíveis à infraestrutura metrológica empregada;
- incompatibilidade dos meios de medição cadastrados com os níveis de exatidão requeridos;
- Estratégias de medição e de referenciamento inadequadas.

Caso seja identificado algum problema, o sistema fornece uma descrição do problema e respectivas recomendações para sua solução.

Os dados de medição de uma PPE ficarão disponíveis no banco de dados somente quando a confiabilidade metrológica for avaliada como aceitável pelo sistema e quando houver uma quantidade mínima estatística suficiente de dados.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentada uma proposta alternativa a DIN 16742 para a especificação de tolerâncias dimensionais e geométricas de produção de peças plásticas de engenharia, com base na utilização de dados históricos de medição de peças similares. O principal benefício da sistemática proposta está na possibilidade de otimização das tolerâncias

especificadas frente aos processos produtivos efetivamente empregados.

Os aspectos metrológicos exercem papel essencial na sistemática proposta, por influenciar diretamente a confiabilidade dos dados armazenados no sistema e também a atividade de atribuição de tolerâncias.

A sistemática permite obter tolerâncias de produção para PPEs ainda na fase de projeto preliminar [6], o que possibilita a antecipação das análises de viabilidade de projeto e a orientação ao desenvolvimento de todo o processo produtivo.

Como desenvolvimentos futuros, constam o detalhamento da proposta para implementação em programa computacional e a condução de estudos de casos com dados reais de medição de PPEs.

### REFERÊNCIAS

- [1] Malloy, R. A. Plastic Part Design for Injection Molding, An Introduction. Germany: 1994.
- [2] International Organization for Standardization. ISO 17450-1. Geometrical product specifications (GPS): General concepts: Part 1: Model for geometrical specification and verification. 2011.
- [3] Fundação Certi. Especificação de Tolerâncias Geométricas. Florianópolis. 1: 223 p. 2013.
- [4] International Organization for Standardization. ISO/TS 17450-2. Geometrical product specifications (GPS): General concepts: Part 2: Basic tenets, specifications, operators and uncertainties. 2002.
- [5] Deutsches Institut für Normung. DIN 16742 - Plastics moulded parts. Tolerances and acceptance conditions. Berlin, Germany: Beuth Verlag 2013.
- [6] Back, N.; Ogliari, A.; Dias, A.; Silva, J. C. Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem. Editora Manole, 2008.