

## Relações entre a especificação de tolerâncias geométricas e a verificação de produto

### Relations between geometric tolerancing and product verification

Ademir Linhares de Oliveira<sup>1</sup>, André Roberto de Sousa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> GD&T Metrologia; <sup>2</sup> Instituto Federal de Santa Catarina

E-mail: alo@gdtmetro.com

**Resumo:** O desenvolvimento de processos de verificação geométrica de produto depende diretamente das tolerâncias geométricas especificadas, para as quais o principal documento normativo é a ISO 1101, que estabelece os símbolos e as regras de indicação. Neste trabalho, é apresentada a simbologia mais atualizada de tolerâncias geométricas e são determinadas as relações destes símbolos com a verificação de produto, enfatizando a necessidade de proficiência nas atividades de especificação geométrica e de interpretação de tolerâncias para a garantia de confiabilidade metrológica.

**Palavras-chave:** verificação, medição, especificação, tolerâncias geométricas, normas ISO GPS.

**Abstract:** The development of product geometric verification processes depends directly on the specified geometric tolerances, for which the main normative document is ISO 1101, which establishes the symbols and the rules of indication. This work presents the most updated symbols of geometric tolerances and the relations of these symbols with the product verification, emphasizing the need for proficiency in tasks of geometric tolerancing and of interpretation of drawing tolerances to ensure the reliability of measurement processes.

**Keywords:** verification, measurement, geometric tolerancing, ISO GPS standards.

#### 1. INTRODUÇÃO

A utilização da linguagem de especificação geométrica ISO GPS (*Geometrical Product Specifications*) em desenhos mecânicos permite comunicar de forma mais eficaz a especificação geométrica de produto às áreas produtivas, minimizando falhas de qualidade e custos associados. Entretanto, a linguagem ISO GPS apresenta complexidade significativa, em função

da quantidade elevada de símbolos e regras, das revisões constantes nas normas de referência e da pouca oferta de cursos de capacitação atualizados e focados nas necessidades específicas das indústrias. Uma falta de domínio no uso da linguagem ISO GPS tende a ocasionar falhas diversas nos processos de especificação ou de verificação geométrica de produtos, podendo resultar em especificações não representativas das intenções de projeto ou em processos de

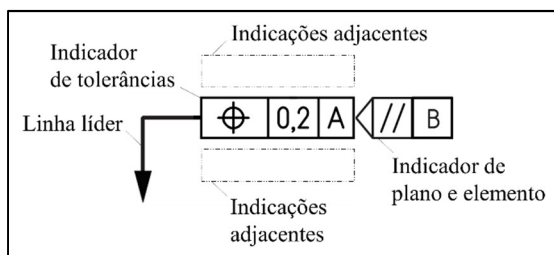
verificação mal definidos e incapazes de avaliar adequadamente a conformidade de produtos e processos [1,2].

Um processo de verificação ou medição pode ser dividido em várias operações [3]. Um entendimento das relações entre os símbolos definidos nas normas ISO GPS e as operações de verificação é importante para que a devida atenção seja dada aos aspectos relevantes do planejamento de um novo processo de medição. Entretanto, nenhuma proposta neste sentido foi identificada nas pesquisas realizadas na comunidade científica.

Este trabalho tem o objetivo de analisar as relações entre a simbologia geométrica da ISO 1101 e as operações de verificação de produto, com base no modelo de referência estabelecido na ISO 17450-1. No item 2, são descritos os fundamentos da especificação e verificação geométrica de produtos. No item 3, é apresentada a proposta de relações entre a especificação de tolerâncias geométricas e a verificação de produto. No item 4, são discutidos os resultados obtidos e apresentadas as conclusões.

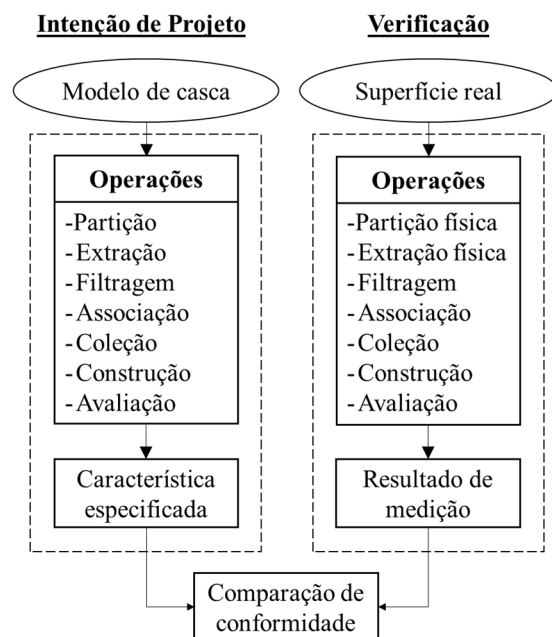
## 2. ESPECIFICAÇÃO E VERIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DE PRODUTOS

O emprego da linguagem ISO GPS ou GD&T (*Geometric Dimensioning and Tolerancing*) possibilita obter especificações mais exatas e completas frente às intenções de projeto e reduzir ambiguidades [4]. A figura 1 ilustra um indicador de tolerâncias com os seus campos de indicação.



**Figura 1.** Indicação de tolerâncias geométricas. Fonte: adaptado da ISO 1101 [5].

O modelo de referência para especificação e verificação geométrica de produtos é baseado em conjuntos ordenados de operações [6]. Operações são definidas a partir de expressões ou algoritmos visando resultar em parte de uma especificação [3]. Operações de verificação são implementadas na forma de uma medição ou por aparatos de medição. As principais operações de especificação e verificação são apresentadas na figura 2.



**Figura 2.** Operações de especificação e verificação. Fonte: adaptado da ISO 17450-1 [3].

A seguir, são detalhadas as operações de especificação e verificação.

- A **operação de partição** delimita a região pertencente a um elemento, a partes de um elemento ou a uma coleção de elementos. Regras detalhadas de partição ainda não estão disponíveis nas normas ISO GPS.
- A **operação de extração** visa obter um número finito de pontos para um elemento geométrico não ideal, tanto integral como derivado.
- A **filtragem** é um caso especial da operação de extração, realizada para distinguir entre os

domínios de aplicação (rugosidade, ondulação, forma e estrutura). Operadores padrão de filtragem ainda não estão definidos nas normas ISO GPS.

- A **operação de associação** visa ajustar elementos ideais sobre elementos não ideais, para restrições especificadas.
- A **operação de coleção** permite uma consideração simultânea de dois ou mais elementos que exercem uma função comum.
- A **operação de construção** permite gerar elementos ideais a partir de outros elementos ideais, considerando as restrições.
- A **operação de avaliação** permite obter o valor de uma característica (domínio da verificação) ou o valor nominal e seus limites (domínio da especificação).
- A **comparação de conformidade** permite verificar se o resultado de medição está dentro dos limites especificados.

A seguir, apresenta-se a proposta de relações entre os símbolos de tolerâncias geométricas da ISO 1101 e as operações de verificação.

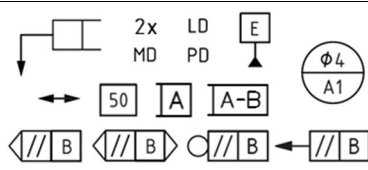
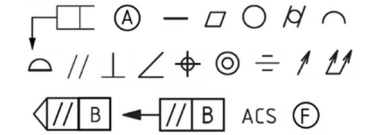
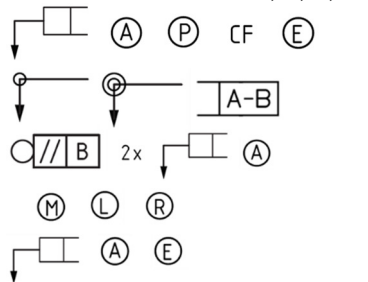
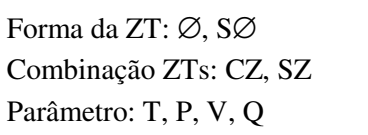
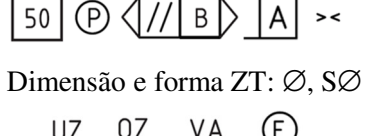
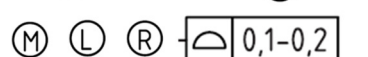
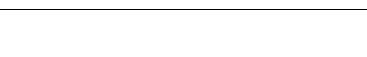
### 3. RELAÇÕES ENTRE OS SÍMBOLOS DE TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS E AS OPERAÇÕES DE VERIFICAÇÃO

Com o intuito de apoiar a definição de processos de verificação, neste trabalho foi realizada uma análise das relações entre os símbolos da ISO 1101 e as operações de verificação. A tabela 1 apresenta as relações obtidas para cada operação de verificação.

A operação “**partição física**” reúne vários símbolos cuja função básica é delimitar fisicamente a região do mensurando, como a linha líder, o indicador do número de elementos e as várias indicações de referências [7]. Indicações adjacentes podem ser utilizadas para definir a partição em regiões específicas dos elementos,

como através de diâmetro menor (LD), diâmetro maior (MD), diâmetro primitivo (PD) e das indicações do símbolo “entre” junto a dimensões teoricamente exatas.

**Tabela 1.** Relações entre a simbologia ISO 1101 e as operações de verificação até a associação.

Indicações em desenho	Operação de verificação
	Partição física
	Extração física
Tipos de filtro: G, S, SW, CW, RG, RS, OB, OH, OD, CB, CH, CD, AB, AH, AD, F, H Índices: comprimento de corte, frequência de corte, etc Tipo: (C) (G) (N) (T) (X) Método: C CE CI G GE GI N X Número referências: 0, 1, 2, 3	Filtragem
	Associação
	Coleção
	Construção
Forma da ZT: Ø, SØ Combinação ZTs: CZ, SZ Parâmetro: T, P, V, Q 	Avaliação do desvio geométrico
Dimensão e forma ZT: Ø, SØ UZ OZ VA (E) 	Avaliação de conformidade

A operação “**extração física**” é influenciada pelo tipo de elemento extraído (se integral ou derivado) e pelo símbolo da característica geométrica. Elementos derivados podem ser indicados pelo alinhamento da linha líder com a linha de cota ou através de simbologia específica e requerem procedimentos especiais. A extração pode ser definida para quaisquer pontos ou linhas ou para toda a superfície do elemento tolerado, de acordo com a característica geométrica. A extração também depende da especificação de plano de intersecção, símbolo ACS e elemento de direção. Por fim, as indicações de condição de estado livre ou de condições restritivas de sujeição impõem requisitos prévios a serem considerados na operação de extração [8].

A operação “**filtragem**” depende das indicações do tipo de filtro e de seus índices, informados no segundo campo do indicador de tolerâncias. A operação “**associação**” depende da indicação do tipo e do método de associação, do número de referências, do tipo de elemento tolerado (integral ou derivado), do elemento tolerado projetado, dos elementos de contato e do requisito de envelope (tolerância dimensional). A operação “**colecção**” depende da indicação de contorno total (*all around*), contorno global (*all over*), referências comuns, plano de colecção e do número de elementos. Elementos derivados requerem a operação de colecção para obtenção do elemento tolerado extraído. A operação “**construção**” depende da indicação de requisitos de máximo material, mínimo material e de reciprocidade, quando são utilizados o limite de condição virtual e o limite de condição resultante para fins de verificação. O requisito de envelope exerce papel análogo, mas para tolerâncias dimensionais. A obtenção de elementos derivados extraídos também requer a operação de construção.

A operação “**avaliação do desvio**” é afetada pelas indicações relacionadas à forma, orientação, localização e combinação de zonas de tolerância,

à definição do parâmetro de avaliação do desvio, às referências no indicador de tolerâncias e aos modificadores de referência que definem a classe de invariância (como o símbolo  $\gtlt$ , que indica restrição apenas de orientação). A operação “**avaliação de conformidade**” depende da dimensão e da forma da zona de tolerância, da indicação de zona de tolerância deslocada (*offset*) e de zona de tolerância variável ou com ângulo variável. A avaliação de conformidade também depende dos requisitos de máximo material, mínimo material, reciprocidade e de envelope.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram identificadas as relações entre a simbologia ISO GPS da ISO 1101 e as operações de verificação. Foi constatado que a grande maioria destes símbolos afeta uma ou mais operações, o que evidencia a necessidade de proficiência nas atividades de especificação geométrica e de interpretação de tolerâncias de desenho para a garantia de confiabilidade dos processos de medição.

As relações obtidas permitem apontar aspectos relevantes a serem considerados no planejamento da verificação de produto, a partir das especificações de tolerância dos respectivos desenhos mecânicos. Dada a complexidade existente na linguagem ISO GPS, o conhecimento destas relações potencializa a geração de processos de verificação mais consistentes frente às intenções de projeto e com menores incertezas de medição, refletindo-se em uma potencial redução no número de falhas de avaliação de conformidade e nos custos decorrentes.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Oliveira, A. L. de. Proposta de um método para especificação de tolerâncias dimensionais de produção de peças plásticas injetadas. f. Universidade Federal de Santa Catarina,

- [2] OLIVEIRA, A. L. de; DONATELLI, G. D. Historical measurement data reuse and similarity analysis for dimensional production tolerancing of injected plastic parts. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, pp. 1–15, 2017.
- [3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 17450-2: Geometrical product specifications (GPS) -- General concepts -- Part 2: Basic tenets, specifications, operators, uncertainties and ambiguities. 18 pp., 2012.
- [4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14405-2: Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Part 2: Dimensions other than linear sizes. 23 pp., 2011.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1101: Geometrical product specifications (GPS) -- Geometrical tolerancing -- Tolerances of form, orientation, location and run-out. 145 pp., 2017.
- [6] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 17450-1: Geometrical product specifications (GPS): General concepts: Part 1: Model for geometrical specification and verification. 63 pp., 2011.
- [7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 5459: Geometrical product specifications (GPS) -- Geometrical tolerancing -- Datums and datum systems. 81 pp., 2011.
- [8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 10579 - Geometrical product specifications (GPS) -- Dimensioning and tolerancing -- Non-rigid parts. 6 pp., 2010.