



# DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A DETERMINAÇÃO DAS TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS EM SISTEMAS MECÂNICOS

*Reginaldo Andrilino de Carvalho Junior*<sup>1</sup>, *José Eduardo Ferreira de Oliveira*<sup>2</sup>, *Luiz Roberto Oliveira da Silva*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, Brasil, rjunior05@oi.com.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, jefocefetpe@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, Brasil, luizrob@cefet-rj.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa computacional em VBA (*Visual Basic for Application*) para o estabelecimento de tolerâncias geométricas em projetos mecânicos, visando dar suporte aos projetistas de maneira rápida, objetiva e com confiabilidade, dentro da indústria metal-mecânica, pois como não existem regras tão claras quanto ao estabelecimento dessas tolerâncias, as mesmas ficam geralmente a cargo da experiência do projetista, o que muitas vezes acaba impactando no custo de fabricação e medição das peças em função de tolerâncias demasiadamente estreitas ou no desempenho do produto por causa de tolerâncias muito largas, desnecessariamente. Os valores de tolerâncias geométricas relativos aos desvios geométricos (de forma, posição ou combinados) foram obtidos através de pesquisa bibliográfica atualizada, considerando normas, artigos e livros com os quais foi feita uma análise crítica dos seus conteúdos, confrontando os valores obtidos nas diferentes fontes e analisando-os criticamente de acordo com as exigências funcionais das peças a serem toleranciadas, levando-se em conta a forma de fixação, os tipos de operações para se fabricar a peça, as suas dimensões e as máquinas-ferramentas utilizadas.

**Palavras chave:** tolerâncias geométricas, usinagem, VBA.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de fabricação industrial nos permite a utilização dos desvios dimensionais e geométricos na especificação de peças. A inserção desses desvios vem ganhando a devida importância com o passar do tempo dentro da indústria, em função da exigência que o seu uso traz para a fabricação economicamente viável. No entanto, a ausência de regras claras para a sua utilização, faz o uso destas tolerâncias ficarem, muitas vezes a cargo da experiência do projetista, o que acaba impactando no custo final do produto. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa computacional, utilizando a linguagem VBA (*Visual Basic for Application*) para o estabelecimento das tolerâncias geométricas para os desvios de forma, posição e combinados com base em determinadas condições de fabricação, visando ajudar os projetistas na inserção das tolerâncias geométricas nos projetos mecânicos, tornando a fabricação industrial mais ágil, prática, com resultados mais realísticos e otimizados.

O programa que está sendo desenvolvido em VBA procura estabelecer valores padronizados e atualizados de tolerâncias geométricas, por meio de dados obtidos de uma extensa pesquisa bibliográfica [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13], a partir de diferentes processos de usinagem, como por exemplo, o torneamento, a retificação e o mandrilamento.

No período inicial de trabalho buscou-se encontrar valores atualizados para os desvios geométricos, a partir de normas técnicas e em outros documentos, nos quais algumas tolerâncias geométricas são relacionadas e especificadas de maneira diferente (relação entre a função das peças e as tolerâncias geométricas, por exemplo).

Encontrar especificações diferentes, em relação às tolerâncias geométricas, é significativo, uma vez que isso amplia a gama de possibilidades para utilização das tolerâncias geométricas dentro da indústria, não deixando de considerar, sobretudo, uma análise crítica em determinados valores, principalmente, com relação àqueles obtidos em catálogos e referências mais antigas. Ao mesmo tempo em que esta pesquisa estava sendo realizada, a parte de programação em VBA era desenvolvida e testada para um melhor aproveitamento e validação dos seus recursos.

## 2. METODOLOGIA

O procedimento utilizado para criar o programa consiste na utilização do VBA (*Visual Basic for Application*) que é um aplicativo presente no *Microsoft Excel* que utiliza como linguagem de programação o *Visual Basic*. Esta linguagem, por sua vez, está associada aos recursos que o *Excel* oferece, principalmente nas fórmulas de cálculo e vínculo de células com objetos gráficos, como o botão de comando, o botão de opção, a caixa de texto. O VBA é um programa com interface simples e fácil de utilizar, pois permite se trabalhar com qualquer conjunto de dados e oferece métodos de controle e personalização para criar aplicativos. Além disso, é possível criar funções para executar cálculos repetitivos, assim como, a vantagem de possuir vários comandos e estruturas para testá-los. Ao ser utilizado junto com o *Excel* se torna possível integrar células, planilhas e fórmulas de arquivos diferentes, o que acaba tornando o programa eficaz e produtivo, por manter a integridade das informações obtidas. Foi possível utilizar com sucesso os valores dos desvios geométricos na programação em VBA, e posteriormente reproduzi-los em testes de aplicação.

### 3. RESULTADOS

A seguir é apresentada uma amostra dos resultados obtidos com o programa, além de tabelas obtidas com a pesquisa, com a utilização de informações, como por exemplo, os valores usuais recentes e padronizados sobre tolerâncias geométricas:

As tabelas 1 e 2 apresentam valores de tolerâncias geométricas adequados para diferentes funções das superfícies e de acordo com classes de tolerância, respectivamente. Já a figura 1 apresenta um exemplo de tela do programa em desenvolvimento para o estabelecimento dos desvios de geométricos.

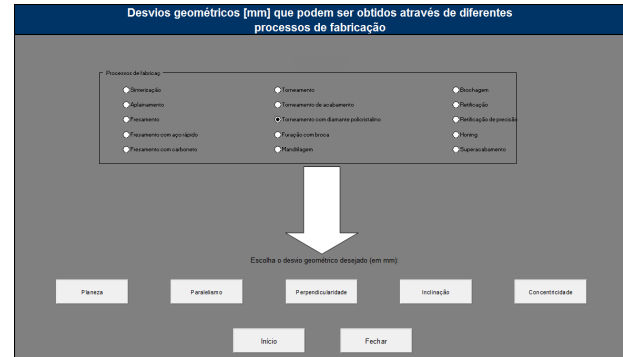
**Tabela 1. Valores (indicativos) de tolerâncias geométricas (em mm) adequados para diferentes funções das superfícies [1]:**

Funções	Superfícies em bruto sem contato	Superfícies com contato fixo	Centragem. Guiamento. Contato com atrito, de pequena ou média velocidade. Alta exatidão.	Contato com atrito de grande velocidade. Vedação. Alta exatidão.		
				Grosseira	Corrente	Precisão
Retitude	0,05 / 100			0,02 / 100		0,01/100
Planeza	0,06 a 0,03 / 100			0,03 a 0,02 / 100		0,01/100
Circularidade	0,05			0,02		0,01
Cilindricidade	0,1 / 100			0,05 / 100		0,02/100
Paralelismo	0,1			0,05		0,02
Perpendicularidade	0,1			0,05		0,02
Inclinação	0,1			0,05		0,02
Localização	Variáveis de acordo com a realização: apoio, nônio, leitor óptico,...					
Coaxialidade	0,3 com mais do que um aperto	0,1 com mais do que um aperto		0,005 com um único aperto		
	0,02 com um único aperto	0,01 com um único aperto				
Simetria	0,2			0,1		0,05

**Tabela 2. Tolerâncias gerais para retitude e planeza (com dimensões em mm), segundo a NBR ISO 2768-2: 2001 [2].**

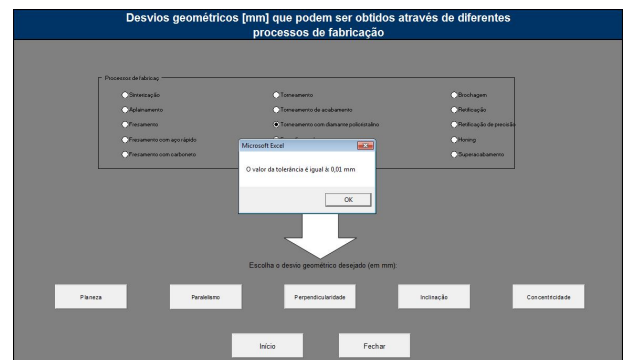
Classe de tolerância	Tolerância para retitude e planeza para faixas de dimensões nominais					
	Até 10	Acima de 10 até 30	Acima de 30 até 100	Acima de 100 até 300	Acima de 300 até 1000	Acima de 1000 até 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Na figura 1 são apresentados os objetos gráficos que recebem os códigos de programação, isto é, os botões de comando, abaixo das setas. A cada seleção diferente feita nos botões de opção, localizados acima das setas, os botões de comando exibirão valores de tolerâncias geométricas, ao serem pressionados de acordo com a escolha feita. Como ilustração foi selecionada a 8ª opção (Torneamento com diamante policristalino), referente aos processos de fabricação por usinagem, e em seguida, pressionado o botão de comando denominado Paralelismo (uma das tolerâncias geométricas).



**Fig. 1. Tela desenvolvida no Excel junto com a programação em VBA.**

Na figura 2 é apresentado o valor usual de tolerância geométrica após a seleção do processo de usinagem e, posteriormente, do desvio geométrico desejado.



**Fig. 2. O valor do desvio geométrico (em mm) para usinagem externa através do torneamento, após a seleção do método de usinagem.**

Na figura 3 é apresentado em detalhe, o valor de saída da tolerância geométrica.

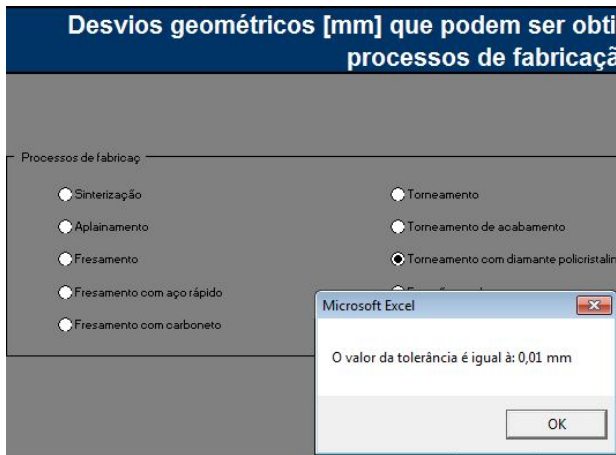


Fig. 3. O valor usual para o desvio de paralelismo.

As figuras 4 e 5 mostram em detalhes a tela inicial do programa e a forma de acesso para as outras telas do mesmo, respectivamente, por meio de botões de comando.

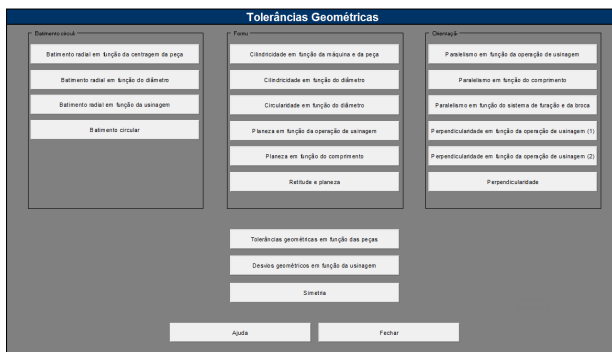


Fig. 4. Tela inicial do programa.

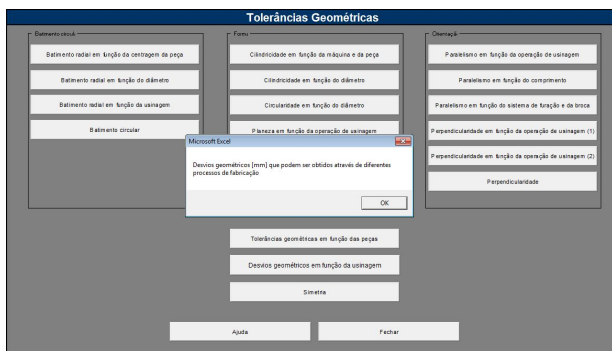


Fig. 5. Uma das mensagens que antecedem a abertura de uma nova tela do programa.

#### 4. DISCUSSÕES

Como pode ser visto, através das figuras do programa mostradas neste trabalho, as telas criadas com a utilização do VBA, seguem a estrutura das tabelas sobre tolerâncias geométricas, que estão referidas na bibliografia. Uma das idéias principais, para formar as telas do programa, consiste em facilitar o acesso e simplificar o uso do programa. A estrutura de formação destas telas é baseada na organização das tabelas sobre tolerâncias geométricas. Logo, tudo que for feito em relação ao programa, não fugirá às características condizentes com o objeto de pesquisa. A relação básica utilizada neste programa, que funcionou com êxito, consiste em fazer a relação direta entre o método, as dimensões da peça e o processo de usinagem com o respectivo valor do desvio geométrico necessário para execução do trabalho dentro da indústria. Algumas telas do programa ficaram com mais botões de comando do que outras (tela inicial, por exemplo), por que dependendo do processo de fabricação, da quantidade de métodos de usinagem e da tolerância geométrica empregada, houve como consequência mais especificações e mais vínculos entre os objetos do Excel. Mesmo com este fato, decorrente da pesquisa, foi possível organizar de forma eficiente e precisa as informações relativas às tolerâncias geométricas para um melhor uso do programa.

#### 5. CONCLUSÕES

A pesquisa encontra-se atualmente em fase de análise e revisão final. Tudo aquilo que foi feito antes através da programação em VBA, acabou servindo como modelo para algumas telas, mas, em outras, houve algumas alterações devido aos fatores que regem a utilização de cada tolerância geométrica através dos processos de fabricação industrial. O programa alcançou os resultados esperados e está funcionando corretamente, em relação ao que foi feito nestes dez meses de trabalho. A transição entre as telas do programa, feita através da programação em VBA, também funciona com êxito, permitindo uma navegação fácil, tornando acessível tudo o que for relacionado às tolerâncias geométricas, sem comprometer os dados da programação. Com o arquivo de ajuda em formato de texto, pretende-se ainda criar um arquivo de instalação do programa, que além de necessário será útil para tirar possíveis dúvidas, relativas à utilização do programa.

Com este programa espera-se contribuir tecnologicamente para o processo de fabricação industrial, tendo em vista um maior acesso e aplicação dos valores usuais de tolerâncias geométricas. Depois de todos os testes com o programa, em seu processo de desenvolvimento, almeja-se testá-lo, na prática, em um ambiente industrial para poder avaliar melhor seus benefícios de utilização dia a dia num ambiente real de trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- [1] R.S. TAVARES, João Manuel. *CFAC: Requisitos de Toleranciamento*. Universidade do Porto - FEUP, 2010. Disponível em:

<<http://paginas.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC-G/Downloads/Apontamentos/Requisitos%20de%20Toleranciamento.pdf>>. Acesso em: 01 set.. 2010.

- [2] AGOSTINHO, LIRANE e ANTÔNIO. *Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1977.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 2768-2 – Tolerâncias Gerais - Parte 2: Tolerâncias geométricas para elementos sem indicação de tolerância individual*. ABNT, 2001.
- [4] ÁLVAREZ, J. P.; PÉREZ BENEDITO, J.L.; MARTÍNEZ, S.P. *Expresión Gráfica em la Ingeniería – Ingeniería Gráfica*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica, 2009.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional and geometrical tolerances for moulded parts — Part 2: Dimensional and geometrical tolerances and machining allowances for castings*. ISO, 1997.
- [6] OPEN COURSE WARE. *Tolerancias generals dimensionales*. Universidad Politécnica de Madrid, 2006.
- [7] ROMERO, Javier; GÓMEZ G., Jorge I. Redalyc. *Una mirada a las normas sobre dimensionado y tolerado geométrico em hispanoamérica*. Universidad Nacional de Colombia, 2008.
- [8] LATVIJAS STANDARTS. *LVS EN ISO 8062-3/AC – Geometrical Product Specifications (GPS) – Dimensional and geometrical tolerances for moulded parts – Part 3: General dimensional and geometrical tolerances and machining allowances for castings*.
- [9] REYES A., P. *Dimensiones e tolerancias geométricas*. Tecnología, Innovación y Competitividad de clase mundial, 2003.
- [10] BOURDET, P. *Tolérancement géométrique*. Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée, 2005.
- [11] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. *DIN EN ISO 4759-3 – Tolerances for fasteners – Part 3: Plain washers for bolts, screws and nuts – Product grades A and C (ISO 4759-3: 2000)*. EUROPEAN STANDART, 2000.
- [12] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 1101 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical tolerancing - Tolerances of form, orientation, location and run-out*. ISO, 2006.
- [13] ASME Y14.5M. *“Dimensioning and tolerancing”*. Revision of ANSI Y14.5M-1982. New York, 1994.