

Tabela de conteúdo

Uso de tolerâncias geométricas	1
Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle do elemento	1
Introdução	1
Processo conceitual para avaliação de tolerâncias geométricas	2
Especificação versus Verificação	3
Elementos considerados e tolerados	6
Fases da avaliação	6
Comparações com a prática anterior	7
Estruturar sua rotina de medição para tolerâncias geométricas	8
Introdução	8
Definição e uso de referências	15
Uso da caixa de diálogo Definição de referência e sintaxe de comando	15
Referências únicas	18
Tipos de elementos que representam uma superfície plana	18
Tipos de elementos que representam uma superfície cilíndrica	19
Referências comuns	19
Padrões de referências	32
Definir tolerâncias geométricas e controlar relatórios	33
Sintaxe do modo de comando	33
Exemplo simples	33
Exemplo complexo	34
Bloco de comando alternativo 1	36

Bloco de comando alternativo 2	37
Bloco de comando alternativo 3	37
Bloco de comando alternativo 4	38
Caixa de diálogo Tolerância geométrica	39
Tipos de tolerância geométrica	77
Como o PC-DMIS soluciona e usa referências.....	172
Graus de liberdade restritos por um quadro de referência.....	174
Técnicas matemáticas de referência conforme a ASME Y14.5	176
Técnicas matemáticas de referência na ISO 1101.....	177
Modificadores de referências	179
Planos de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5	181
Planos de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101	181
Ilustrações de planos de referência: Filtragem, Melhor ajuste e Restrições de orientação	182
Planos de referência sem dados de superfície	185
Seções transversais de plano de referência	186
Amostras de plano de referência	188
Cilindros de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5	188
Cilindros de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101	189
Ilustrações de cilindros de referência: Restrições e não restrição de localização	190
Cilindros de referência sem dados de superfície, e eixos sem superfície.....	191
Seções transversais de cilindro de referência.....	192
Larguras de referência conforme a ASME Y14.5.....	194
Larguras de referência conforme a ISO 1101	194

Slots e entalhes de referência.....	195
Cones de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5.....	196
Cones de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101	197
Cones de referência sem dados de superfície	198
Esferas de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5.....	198
Esferas de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101	199
Esferas de referência sem dados de superfície, e pontos em 3D sem superfície	199
Padrões de referência.....	200
Referências comum: Cilindros coaxiais	204
Referências comum: Planos paralelos afastados	206
Referências com um modificador de material	207
Determinação do tamanho do limite de material	213
Referências com localização restrita comparadas a referências de maior precedência.....	220
Tipos de elementos com e sem dados de superfície	221
Introdução	221
Planos	222
Linhas	222
pontos	224
Cilindros	225
Círculos	225
Larguras	226
Slots e entalhes.....	226
Cones.....	227

Esferas	227
Tipos de elemento de forma livre	228
Elementos reversos	229
Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica	229
Especificações de tamanho	230
Tamanho global	230
Tamanho do local.....	231
Modificadores de tamanho ISO.....	232
Cálculos bônus.....	235
Relatório.....	236
Derivar o elemento tolerado	237
Tolerâncias simultâneas	256
Definir uma tolerância simultânea	256
Sintaxe do modo de comando.....	257
Comportamento	258
Recomendações de estruturação da rotina de medição	259
Comparação com práticas anteriores	259
Migração	260
Saídas de resultados de tolerâncias geométricas	260
Dados estatísticos.....	261
Saída do Excel.....	261
Expressões	261
Observações sobre rótulos de relatório para tolerância geométrica	264

Migração do XactMeasure	265
Introdução	265
Fluxo de trabalho sugerido	266
Relatório de migração	267
Observações importantes	268
Opções para controlar migração	269
Usar o comando de tamanho	271
Modos de comando.....	271
Elementos de entrada	273
Para dimensionar um elemento utilizando a opção TAMANHO:.....	276
Leitura do relatório	278
Modificadores ISO 14405-1 suportados.....	283
Usar modos de seleção GD&T para criar FCFs	284
Uso do modo de seleção de GD&T (do CAD).....	285
Uso do modo de seleção de GD&T (de arquivo).....	285
Sobre o OCR (Reconhecimento de caractere óptico) para criar FCFs (legendas)	291
Resolução de problemas de mensagens de erro e avisos	299

Uso de tolerâncias geométricas

Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle do elemento

Introdução

A fabricação de uma peça envolve requisitos funcionais. Tais requisitos são frequentemente referentes a formas, tamanhos, orientações e localizações de elementos — chamados de requisitos geométricos. Os elementos têm que atender aos requisitos geométricos seja individualmente ou com outros elementos.

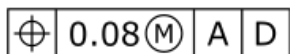
As tolerâncias geométricas informam precisamente quais são os requisitos geométricos. Um desenho ou modelo do CAD especifica as tolerâncias geométricas destas maneiras:

- Quadros de controle do elemento (ASME Y14.5)
- Indicadores de tolerância (ISO 1101)



Nota sobre terminologia: Os quadros de controle do elemento da ASME e os indicadores de tolerância da ISO têm aparência e funcionalidade similares. Devido a isso, usamos o termo "quadro de controle do elemento" com relação aos dois. Também usamos o termo "Padrão de dimensionamento e toleranciamento geométrico" (ou "Padrão GD&T"). Esse termo é referente aos dois padrões sobre o assunto (ASME Y14.5 e ISO 1101), apesar de o termo usado pela ISO ser "especificações de produto geométrico".

Um quadro de controle do elemento (também chamado de FCF/quadro de tolerância/legenda) usa números e símbolos em caixas retangulares, dessa maneira:



Embora o PC-DMIS possa verificar tolerâncias geométricas de acordo com qualquer padrão, essa operação fica mais fácil quando as tolerâncias são escritas de acordo com estes padrões específicos:

- ASME Y14.5 1994 / 2009 / 2018
- ASME Y14.5.1 1994 / 2019
- ISO 1101 : 2012/2017
- ISO 5459 : 2011
- ISO 5458 : 1998
- ISO 14405-1 : 2010
- ISO 17450-3 : 2016
- ISO 2692 : 2014
- ISO 1660 : 2017



Nota sobre terminologia: Para abreviar, referimos ao grupo de padrões da ASME como "ASME Y14.5" e ao grupo de padrões da ISO como "ISO 1101".

Processo conceitual para avaliação de tolerâncias geométricas

Uma tolerância geométrica sempre inclui estes itens:

- Um ou mais elementos tolerados
- Uma zona de tolerância para cada elemento tolerado
- Zero ou mais elementos de referência. Esses itens restringem como os elementos tolerados podem ser otimizados dentro da zona, ou zonas, de tolerância.

Ao avaliar uma tolerância geométrica, você precisa conhecer todas as dimensões básicas (ASME Y14.5) ou dimensões teóricas exatas (ISO 1101). Essas são as relações nominais entre todos os elementos em questão. Isso significa que todos os elementos têm que ter os valores nominais corretos (TEÓR). Se os nominais forem incorretos, as tolerâncias geométricas podem ser avaliadas incorretamente pelo PC-DMIS.



A maneira mais fácil de garantir que os valores nominais sejam corretos é construir a rotina de medição a partir do modelo do CAD.

Especificação versus Verificação

Os grupos de padrões da ASME e ISO para o GD&T são padrões de *especificação*. As tolerâncias geométricas são um tipo de especificação. Os padrões definem as especificações — o que as tolerâncias significam —, mas não explicam como verificar se uma peça atende a suas especificações.

O campo das especificações trabalha com informações *perfeitas*. A especificação é definida em termos da superfície real inteira. Há infinitos pontos com zero incerteza de medição.

O campo das verificações trabalha com informações *imperfeitas*. A verificação é definida em termos de pontos medidos. Eles são pontos finitos com incerteza de medição. Quando você escolhe técnicas matemáticas, sua meta é encontrar um resultado matemático de verificação o mais próximo possível da especificação. Em outras palavras, a especificação é o que você está tentando medir (a "mensuranda"), enquanto a medição é sua melhor aproximação possível da especificação. Algumas vezes, a melhor técnica matemática de verificação é muito diferente da técnica matemática de especificação.

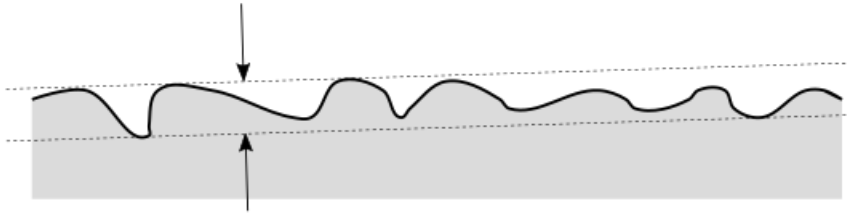
Devido a essa diferença entre especificação e verificação, os valores de referências e tolerâncias aparecem geralmente em pares. Por exemplo, são usadas tanto referências reais quanto referências medidas, assim como tolerâncias reais e tolerâncias medidas:

- Os valores de referências reais e tolerâncias reais são definidos pela especificação usando-se informações perfeitas sobre a superfície real.
- Os valores de referências medidas e tolerâncias medidas são aproximações aos valores de referências reais e tolerâncias reais baseados em dados medidos.

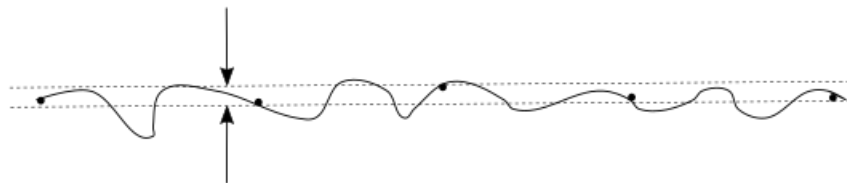
Infelizmente, não há padrões de verificação para o GD&T, portanto, é muito difícil comparar de maneira significativa diferentes softwares que buscam avaliar a mesma especificação. Diferentes softwares usam diferentes algoritmos para fazer a aproximação de valores de referências e tolerâncias reais, assim, os resultados de referências medidas e valores medidos são diferentes.

Por exemplo, a retilidade real de uma linha é baseada em informações perfeitas sobre a superfície. A retilidade medida é baseada nos pontos medidos. A retilidade medida pode ser menor do que a retilidade real se a altura real e os pontos mais baixos não forem medidos. Por outro lado, a retilidade medida pode ser maior do que a retilidade real se a incerteza dos pontos medidos for grande.

Eis uma ilustração de retilidade real de uma superfície. A seção transversal da superfície real inteira tem que estar entre duas linhas paralelas, onde a distância entre as linhas é mínima. A distância entre as linhas é o valor real.



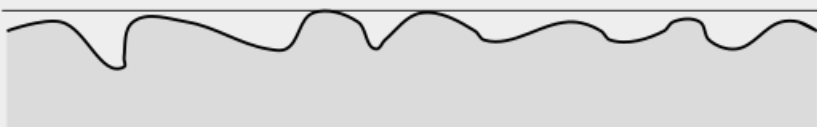
Eis uma ilustração de retilidade medida de uma superfície. Os pontos medidos na seção transversal da superfície tem que estar entre duas linhas paralelas. A distância entre as linhas é o valor medido. A linha fina sólida representa a superfície real (informação perfeita), enquanto os pequenos pontos representam os pontos de superfície medidos (informação imperfeita). Nessa caso, muitos poucos pontos foram medidos; portanto, o valor medido é menor que o valor real:



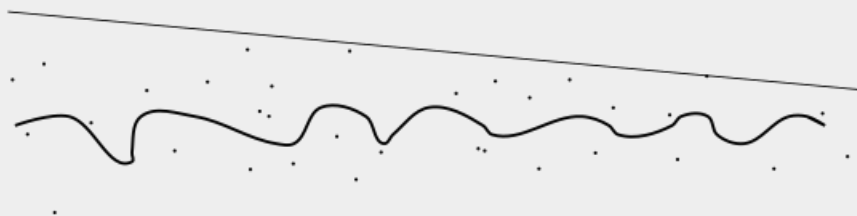
No campo da especificação, a ISO 5459 : 2011 nos diz que um plano de referência primária é definido como um plano de máximo e mínimo restritos. Esse plano é externo ao material. Ele entra em contato com pelo menos um ponto alto, e minimiza os desvios aos pontos baixos (após filtrar a superfície).

No campo da verificação, se medimos nossos pontos densamente (muitos pontos) e obtemos uma incerteza de medição muito menor do que o erro de forma, então o melhor algoritmo nessa situação de verificação é um algoritmo de máximo e mínimo restritos. Esse algoritmo garante que nosso plano de referência medido corresponde ao mais próximo possível ao plano de referência especificado. Por outro lado, no campo da verificação, se nossos pontos medidos têm uma incerteza de medição maior do que o erro de forma (situação comum), então provavelmente devemos usar um simples algoritmo de mínimos quadrados (não restritos). Isso porque quase todos os erros de forma medidos são na verdade erros de medição e, assim, o contato com os pontos altos vai posicionar o plano de referência bem afastado da superfície real. Nesse caso, mínimos quadrados simples são uma escolha melhor.

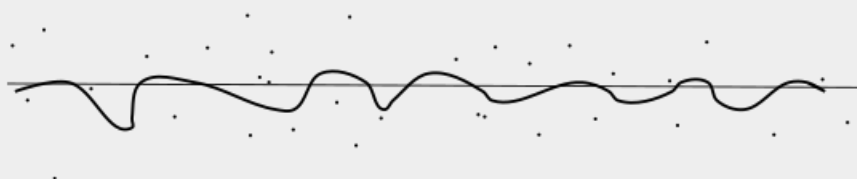
Este é um exemplo de um plano de referência primária contendo erro de forma. A referência real especificada pela ISO 5459 : 2011 é mostrada pela linha reta fina.



Este é um exemplo do mesmo plano de referência primária medido por um sensor em que cada ponto medido tem uma grande incerteza de medição. A linha ondulada sólida representa a superfície real. Se você usa a técnica matemática da especificação (máximo e mínimo restritos após a filtragem do vazio), a referência medida fica muito longe da referência real, como mostrado pela linha reta fina.



Este é um exemplo da mesma referência primária, com os mesmos pontos medidos, mas usando a técnica matemática de mínimos quadrados (não restritos). Essa referência medida é uma aproximação muito melhor à referência real.



Pode ser necessário usar durante a verificação algoritmos diferentes dos usados na especificação. Devido a isso, os comandos de tolerância geométrica oferecem *opções de técnica matemática* para que você controle quais algoritmos usar para a verificação. Pode ser difícil escolher qual é a melhor opção. A única maneira de estar certo de ter escolhido o melhor é fazer uma avaliação detalhada.

Passos recomendados para fazer uma avaliação detalhada

1. Selecione várias peças reais representando a variedade de erros que podem ocorrer no processo de fabricação.
2. Meça densamente todas as peças usando diversas seções transversais e um equipamento que tenha uma incerteza de medição muito menor do que o erro de forma.
3. Escolha técnicas matemáticas cujos resultados mais se aproximem da especificação.

4. Meças as mesmas peças de maneira igual à esperada na medição real das peças na produção. Use os mesmos sensores e estratégias de medição que planeja usar na realidade.
5. Escolha várias técnicas matemáticas e compare o quão bem cada uma se aproxima das medições feitas densamente e com alta precisão. Isso permite que você escolha a combinação de técnicas matemáticas que melhor se aproxima da especificação.

Tipicamente, a melhor opção depende da razão entre a incerteza da medição e o erro de forma. De qualquer modo, se a incerteza da medição é muito maior do que o erro de forma, você não é capaz de medir o erro de forma real com o seu sensor e, assim, o mais indicado é escolher algo simples, como mínimos quadrados, para as referências e técnicas matemáticas do elemento. Por outro lado, se a incerteza da medição é muito menor do que o erro de forma, o melhor é escolher técnicas matemáticas cujos resultados mais se aproximem da especificação.



A discussão sobre como escolher as técnicas matemáticas é totalmente separada da questão de o sensor ser capaz ou não de verificar as especificações. Esse tópico é complexo e não será discutido nessa documentação. Contudo, é fundamental que os engenheiros responsáveis pela verificação escolham sensores e estratégias de medição que sejam precisos o suficiente para verificar a especificação usando as técnicas matemáticas selecionadas.

Elementos considerados e tolerados

Há uma diferença entre os elementos considerados e os elementos tolerados.

Um elemento considerado é uma superfície medida que representa a superfície controlada. Você mede os elementos considerados na rotina de medição. Um elemento considerado é, na linguagem da ISO 1101, uma medição de um elemento integral real. Quando você usa o comando de tolerância geométrica, pode escolher os elementos considerados para cada tolerância.

O elemento tolerado é o elemento que vai dentro da zona de tolerância. O elemento tolerado é algumas vezes a superfície do elemento considerado. Outras vezes, ele é algo derivado da superfície do elemento considerado. Por exemplo, ele pode ser o eixo do envelope correspondente real não relacionado (ASME Y14.5) ou a linha mediana extraída (ISO 1101). Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Fases da avaliação

A avaliação real de uma tolerância geométrica possui várias fases:

Uso de tolerâncias geométricas

1. Medição das superfícies dos elementos considerados e das superfícies dos elementos de referência.
2. Computação das referências em sua ordem hierárquica de precedência.
3. Geração do elemento tolerado a partir do elemento considerado, se necessário.
4. Avaliação de cada elemento tolerado dentro de sua zona de tolerância. Isso é sujeito às restrições das referências.
5. Registro dos resultados avaliados

Na maioria dos casos, você é responsável pela fase 1 desse processo de avaliação. O comando de tolerância geométrica do PC-DMIS conduz as outras fases, de acordo com a ASME Y14.5 ou ISO 1101.

Devido à sua responsabilidade pela fase 1 do processo de avaliação, você tem que medir as superfícies o mais densamente possível, e com suficientes seções transversais, para que as referências medidas e os valores medidos fiquem bem próximos das referências reais e valores reais. Isso significa que você tem que compreender em profundidade as especificações, os pontos fortes e fracos dos equipamentos de medição e os tipos de erros que podem ocorrer no processo de fabricação.

Comparações com a prática anterior

O PC-DMIS 2020 R2 introduziu o comando de tolerância geométrica. Antes disso, o PC-DMIS tinha algumas funcionalidades de FCF que davam suporte a padrões mais antigos e eram limitadas.



Nota sobre terminologia: Essa documentação refere-se às antigas funcionalidades como "Medida exata" (XactMeasure). Isso porque em versões anteriores do PC-DMIS, a caixa de diálogo Quadro de controle do elemento tinha o texto "MedidaExata" na barra de título. O comando de tolerância geométrica atual tem o texto "Tolerância geométrica".

Há várias comparações à prática anterior nessa documentação. Elas comparam as funcionalidades e o comportamento da MedidaExata com as funcionalidades e o comportamento do comando de tolerância geométrica.

Estruturar sua rotina de medição para tolerâncias geométricas

Introdução

A partir do PC-DMIS 2023.2, quando você cria uma nova rotina de medição, a caixa de diálogo **Nova rotina de medição** requer que você selecione o padrão de GD&T apropriado (consulte "Criação de novas rotinas de medição", na documentação do PC-DMIS Core). O PC-DMIS aplica o padrão de GD&T que você seleciona (ASME Y14.5 1994, ASME Y14.5 2009, ASME Y14.5 2018 ou ISO 1101 2012/2017) para todos os comandos de tolerância geométrica e tamanho que você cria na nova rotina de medição. Para mais informações, veja a seção "Comparação com práticas anteriores - referência ao Padrão GD&T" abaixo.

Na maioria dos casos, para sua rotina de medição, recomendamos uma estrutura simples como esta:

1. Construa um alinhamento inicial para encontrar a peça no espaço 3D. Para mais informações, consulte o capítulo "Criação e utilização de alinhamentos" na documentação do PC-DMIS Core.
2. Meça todas as superfícies de elemento consideradas e superfícies de elemento de referência.
3. Defina os dados usando comandos de definição de referência.
4. Defina as tolerâncias de tamanho e tolerâncias geométricas especificadas usando comandos de tolerância geométrica.
5. Defina quaisquer tolerâncias simultâneas usando comandos de tolerância simultânea.

Você precisa criar as tolerâncias de tamanho e tolerâncias geométricas nas referências antes de qualquer tolerância geométrica que referencia essas referências. Isso ocorre porque as tolerâncias geométricas que referenciam uma referência frequentemente precisam saber sobre quaisquer tolerâncias de tamanho e tolerâncias geométricas nessa referência. Se você editar posteriormente alguma tolerância de tamanho em uma referência, confirme que todas as tolerâncias geométricas subsequentes que usam essa referência possuem as informações corretas de tolerância de tamanho da referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências" na documentação do PC-DMIS Core.



Quando você edita a tolerância superior ou inferior de um elemento na janela Edição ou na caixa de diálogo **Tolerância geométrica (Quadro de controle do elemento** ou guia **Valores nominais**) e o mesmo elemento é usado como referência ou como um elemento considerado, o PC-DMIS exibe uma mensagem perguntando se você deseja aplicar as mesmas mudanças a todos os comandos subsequentes que fazem referência a tal elemento.

Por exemplo:

Tolerâncias

A tolerância de tamanho para CIL1 foi mudada. Deseja aplicar a mesma mudança em todos os comandos subsequentes que fazem referência a CIL1?

Sim Não

Se você clica em **Sim**, o PC-DMIS atualiza as tolerâncias de tamanho para os comandos de tolerância geométrica abaixo da posição do cursor que faz referência ao mesmo elemento, seja um elemento considerado ou uma referência.

Se você clica em **Não**, o PC-DMIS atualiza somente as tolerâncias de tamanho editadas. O PC-DMIS não atualiza os respectivos comandos de tolerância geométrica abaixo da posição do cursor que usa o mesmo elemento editado, seja um elemento considerado ou uma referência.

Não recomendamos o uso de copiar/colar ou colar com padrão para replicar o comando de tolerância geométrica. Existem alguns casos em que ele funciona e outros em que colar com padrão é fundamentalmente incapaz de funcionar corretamente. Também não recomendamos colocar o comando de tolerância geométrica dentro de um loop, por motivos semelhantes: alguns casos funcionam e outros nem sempre funcionam. Não há problema em colocar toda a rotina de medição dentro de um loop.

Comparação com práticas anteriores: - Referência ao Padrão GD&T

No passado, a MedidaExata permitia que você criasse comandos de quadro de controle do elemento referenciando diferentes padrões GD&T dentro da mesma rotina de medição. Você podia também alternar dentro do comando o Padrão GD&T usado como referência. As primeiras versões do comando de tolerância geométrica também aceitava esse comportamento para propósitos de migração. Contudo, não faz sentido

misturar padrões GD&T dentro da mesma rotina de medição. Isso porque as peças são projetadas de acordo com um único padrão.

Por essa razão, a partir do PC-DMIS 2023.2, não é mais possível fazer referência a padrões ASME e ISO na mesma rotina de medição.

Comparação com práticas anteriores - Elementos construídos

No passado, devido às limitações do XactMeasure, muitas vezes era necessário usar comandos de elementos construídos. Estes eram planos intermediários, linhas de interseção e assim por diante. Você os usou como elementos considerados ou elementos de referência.

Com as tolerâncias geométricas, no entanto, a maioria dos comandos de elementos construídos atrapalham. Elementos construídos podem impedir uma tolerância geométrica de entender a superfície medida. No entanto, nesses poucos casos, faz sentido usar um comando de elemento construído:

- Os comandos de largura construídos são necessários para representar elementos de largura (ASME Y14.5) ou planos paralelos opostos (ISO 1101). Isso ocorre porque ainda não existe um comando de largura automática no PC-DMIS. Os comandos de largura construídos mantêm todos os dados da superfície e, portanto, não impedem o comando de tolerância geométrica.
- Às vezes, comandos de conjunto construídos são necessários. Quando todas as entradas representam superfícies medidas, os conjuntos construídos mantêm todos os dados da superfície e, portanto, não impedem o comando de tolerância geométrica.
- Em casos raros, faz sentido medir um elemento com comandos de ponto separados, como pontos vetoriais. Em seguida, você pode construir um elemento BFRE (Melhor ajuste recompensado) a partir dos pontos do vetor. O elemento construído retém os dados da superfície e, portanto, isso não impede o comando de tolerância geométrica.



Para construções de Melhor ajuste (BF) ou Melhor ajuste recompensado (BFRE), embora você possa usar qualquer tipo de elemento para os elementos de entrada, os tipos de ajuste BF e BFRE são tipicamente usados com elementos de ponto ou conjuntos de ponto (uma varredura de pontos, um conjunto de elementos com pontos ou uma expressão que se torna uma matriz de pontos).

Para mais detalhes sobre os métodos Melhor ajuste e Melhor ajuste recompensado "para construir elementos, consulte o tópico Construções de Melhor ajuste (MA) e Melhor ajuste recompensado (MARE)" na documentação do PC-DMIS Core.

- Em casos raros, um elemento considerado ou elemento de referência pode precisar ser uma geometria derivada. Isso significa que não tem superfície. Um exemplo disso é o círculo circunscrito mínimo que contém três pinos na Figura 7-42 (b) da ASME Y14.5 2018. Nesses casos, a única maneira de transmitir a intenção especificada ao comando de tolerância geométrica é construir um elemento que não possui dados de superfície. Se você fizer isso, será responsável por estar de acordo com as normas aplicáveis.

O comando de tolerância geométrica usa elementos construídos sem informações de superfície das seguintes maneiras:

- Como o elemento tolerado
- Como elemento de referência pré-resolvido (elemento de situação no idioma da norma ISO 5459)

Nesses casos, você está assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. É sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados. Para mais informações sobre o processo de avaliação conceitual, consulte "Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle de elementos", na documentação do PC-DMIS Core. Para mais informações sobre que tipos de elementos possuem e não possuem dados de superfície, consulte "Tipos de elementos com e sem dados de superfície", na documentação do PC-DMIS Core.

Comparação com práticas anteriores - Dados medidos em seções transversais

Certos tipos de tolerâncias geométricas requerem a avaliação de dados medidos em seções transversais. Por exemplo, considere a especificação de retilidade do eixo de um cilindro. Você precisa medir o cilindro em várias seções transversais por estes motivos:

- Para calcular o centro de cada seção transversal
- Para avaliar a retidão do eixo dos centros dos círculos

O comando XactMeasure exigiu que você medisse vários comandos de círculo. Esses também podem ter sido elementos-filhos de uma estratégia de varredura. Você então teve que construir uma linha 3D Melhor ajuste (BF) através dos

centros dos círculos. Por fim, você criou uma tolerância de retidão do eixo XactMeasure na linha BF.

Com o comando de tolerância geométrica, você não precisa mais executar tantas etapas. Agora, você mede o cilindro (usando ou não uma estratégia de medição). Você avalia a retidão do eixo no cilindro. O comando de tolerância geométrica divide automaticamente os dados em seções transversais (com base na distribuição de pontos). Em seguida, calcula o centro de cada círculo e avalia a retidão nos centros.

A partir do PC-DMIS 2025.1, o seccionamento automático do comando de tolerância geométrica melhorou substancialmente para suportar uma gama mais ampla de pontos de distribuição diferentes em um elemento e ainda calcular seções transversais. Esse aprimoramento teve principalmente a finalidade de suportar elementos medidos com um sensor a laser, mas se aplica a todos os tipos de sensores, para oferecer mais flexibilidade. Os dados de laser raramente são organizados em seções transversais limpas, e nossos recursos de seções transversais anteriores limitavam os tipos de tolerâncias que podiam ser avaliadas. Por exemplo, antes, não era possível avaliar circularidade, batimento circular ou retilidade (de superfície ou eixo) de um cilindro a laser, porque tipicamente não havia seções transversais limpas. Na maioria dos casos, a funcionalidade de seccionamento transversal aprimorada agora é capaz de extrair automaticamente seções transversais lineares ou circulares de qualquer padrão de pontos quando os elementos são medidos com uma densidade de ponto adequada. No entanto, isso pode resultar em um comportamento indesejado em alguns casos. Por exemplo, um mínimo de três toques abrangendo um mínimo de 90 graus de arco é requerido para cada seção transversal circular. Isso significa que estes casos extremos podem falhar:

- Elementos com dados de toque muito esparsos.
- Elementos com padrões de toque em espiral, consistindo de uma única ou algumas poucas revoluções e um passo muito acentuado (cilindros de varredura de espiral adaptável, cilindros automáticos ou cones automáticos com um passo aplicado, cilindros ou cones construídos com MA/MARE, cones ou cilindros medidos manualmente).
- Elementos com cobertura parcial

De modo geral, se você quiser garantir que o comando de tolerância geométrica seccione os dados exatamente como deseja, deve medir os dados em seções transversais (como era requerido pelas versões anteriores do PC-DMIS). Para dispositivos manuais (tais como braços portáteis), recomenda-se utilizar acionadores automáticos para obter controle e assegurar que os dados sejam coletados em uma seção transversal. Isso também ajuda a manter a consistência quando o dispositivo tem vários usuários.

Comparação com práticas anteriores - Elementos considerados e dados medidos

Com o comando de tolerância geométrica, todos os elementos considerados possuem um valor medido. Em alguns casos, isso é diferente do comportamento do XactMeasure.

Por exemplo, considere uma tolerância de perfil de superfície de três círculos. No XactMeasure, ele produziu apenas um valor medido. Mas com um comando de tolerância geométrica, agora ele produz três valores medidos.

Isso significa que, se você deseja apenas um único valor medido, precisa construir um conjunto de elementos de entrada e tornar o conjunto o elemento considerado.

Escolhemos esse novo comportamento porque ele oferece mais flexibilidade na forma de relatar valores medidos. Valores únicos medidos ainda estão disponíveis com um conjunto construído. Porém, valores medidos separados também estão disponíveis onde não estavam antes.

Comparação com práticas anteriores: técnicas matemáticas ISO

Nas versões do PC-DMIS anteriores à versão 2025.1, quando ISO 1101 era selecionada como padrão de GDT, as seguintes três técnicas matemáticas do comando de tolerância geométrica eram disponibilizadas:

- **MATEMÁTICA_DO_ELEMENTO** - Esta técnica matemática determinava a matemática (**PADRÃO** ou **MÍN QUAD**) que o PC-DMIS utilizaria para os elementos considerados. O PC-DMIS a aplicaria ao cálculo de tamanho e à forma com a qual o elemento considerado era calculado para comparação à especificação de tolerância geométrica associada.
- **MATEMÁTICA_DE_REFERÊNCIA** - Esta técnica matemática determina o cálculo (**PADRÃO**, **MÍN QUAD** ou **CL2**) que o PC-DMIS utiliza para elementos de referência. O PC-DMIS aplica isso ao cálculo de tamanho da referência e a ajustes de referência.
- **MATEMÁTICA_DA_ZONA_DE_TOLERÂNCIA** - Esta técnica matemática determinava a matemática (**PADRÃO** ou **MÍN QUAD**) que o PC-DMIS utilizaria para cálculos de forma ou de perfil.

Quando o cálculo matemático do elemento ou a tolerância referenciada ao elemento considerado nos modificadores de condição do material (MMC/LMC) eram alterados, isso também afetava a maneira pela qual o tamanho era reportado (para mais detalhes, consulte o tópico "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core. Isso

facilitava verificar manualmente os cálculos de bônus pois todas as informações relevantes sobre tamanhos eram apresentadas no relatório.

Devido à regra de independência (vide ISO 8015), a ISO permite que todas as características de uma tolerância geométrica sejam calculadas separadamente. A partir do PC-DMIS 2025.1, o comando de tolerância geométrica passa a adotar as mudanças a seguir:

- **MATEMÁTICA_DE_TAMANHO** - Este é um novo tipo de técnica matemática que o PC-DMIS pode utilizar para determinar como ele calcula o tamanho do elemento. Você pode selecionar **PADRÃO**, **MÍN QUAD**, ou pode adicionar um modificador ISO. Para mais detalhes sobre como adicionar um modificador ISO, consulte a seção "Modificadores de tamanho ISO" do tópico "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core.
- **MATEMÁTICA_DO_ELEMENTO** - Esta técnica matemática somente determina de que maneira o elemento considerado é calculado para comparação à especificação de tolerância geométrica. Você pode selecionar **PADRÃO**, **MÍN QUAD**, ou pode adicionar um modificador de elemento tolerado associado ISO na seção de tolerância do Quadro de controle do elemento.
- **MATEMÁTICA_DE_REFERÊNCIA** - Esta técnica matemática determina o cálculo (**PADRÃO**, **MÍN QUAD** ou **CL2**) que o PC-DMIS utiliza para elementos de referência. O PC-DMIS aplica isso ao cálculo de tamanho da referência e a ajustes de referência.
- **MATEMÁTICA_DA_ZONA_DE_TOLERÂNCIA** - Esta técnica matemática separa as tolerâncias de forma e perfil conforme descrito a seguir:
 - Tolerâncias de forma - Você pode selecionar **PADRÃO**, **MÍN QUAD**, ou pode adicionar um modificador de associação de elementos de referência ISO na seção de tolerância do Quadro de controle do elemento.
 - Tolerâncias de perfil (sem uma referência) - Você pode selecionar **PADRÃO** ou **MÍN QUAD**.

Dependendo da combinação de técnicas matemáticas ou modificadores selecionados, este ciente de que poderá não mais ser possível verificar manualmente os cálculos de bônus em todas as situações. O PC-DMIS sempre utiliza o envelope de correspondência (E) aplicável para determinar os valores de bônus da ISO, mas o tamanho pode não aparecer no relatório se você selecionar um modificador de tamanho alternativo.

Para mais informações, consulte a norma ISO 1101:2017, seções 8.2.2.2.2 (elemento de especificação de Elemento tolerado associado) e 8.2.3.1 (elemento de especificação de Associação a elemento de referência). Consulte também as seções "Derivação do elemento tolerado" e "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core.

Definição e uso de referências

A maioria das tolerâncias geométricas faz referência a uma ou mais referências. Uma referência consiste em um identificador de dado que se refere a um ou mais elementos de referência. Um identificador de referência geralmente é uma única letra de dado, como A ou D, mas pode ser uma sequência de até três letras. No PC-DMIS, um identificador de referência pode se referir a qualquer um destes:

- Um único elemento, como plano, linha, ponto, cilindro, círculo, cone, esfera ou largura—geralmente é chamado de *referência única*.
- Um padrão de características semelhantes de tamanho, todas com o mesmo tamanho nominal e tolerância de tamanho; esse caso é restrito a cilindros, círculos, esferas e larguras—isso geralmente é chamado de *padrão de referência*.



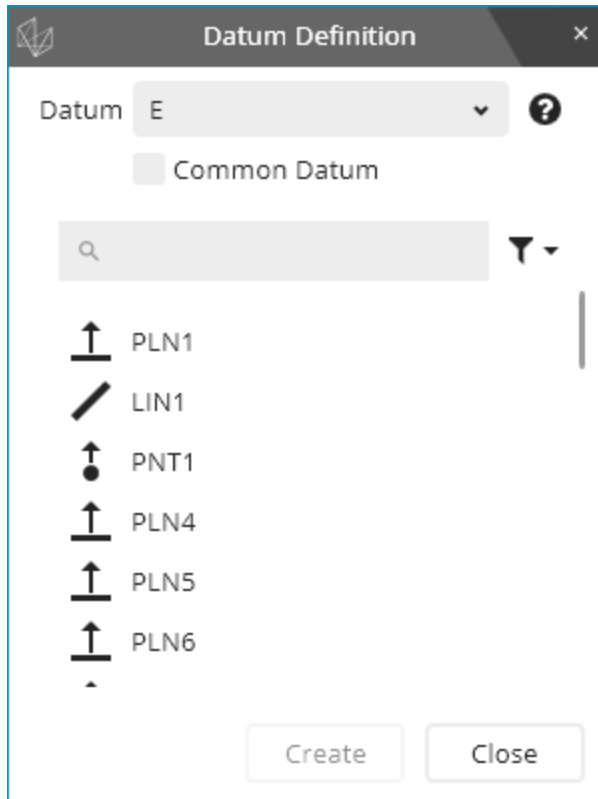
O PC-DMIS permite que você use somente uma única largura em 1D como referência. Não é permitido usar padrões de larguras em 1D como referência.

Uma tolerância geométrica pode fazer referência a dois ou mais identificadores de referência de uma só vez, juntando-os a um hífen, como C-D; isso geralmente é chamado de dado comum. O PC-DMIS suporta várias combinações de elementos como referências comuns. Para mais informações, consulte “Referências comuns”.

Uso da caixa de diálogo Definição de referência e sintaxe de comando

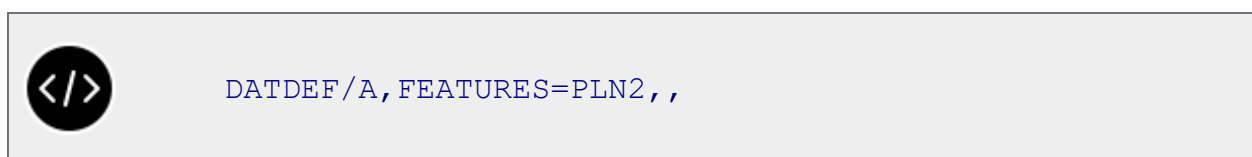
Antes de poder usar uma referência de dado, você deve defini-la em sua rotina de medição. Você pode fazer isso com o comando Definição de referência ([DEFREF](#)). Para definir uma referência de dado TO de referência e criar este comando, no menu, selecione **Inserir | Dimensão | Definição de referência**.

A caixa de diálogo **Definição de referência** é exibida:



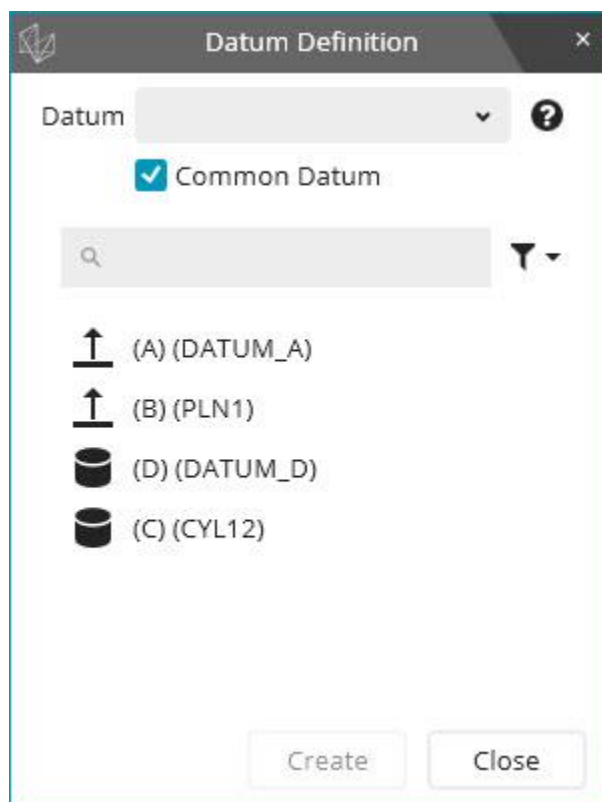
1. Na caixa **Referência**, digite ou selecione o nome da referência.
2. Na lista de elementos da referência, selecione um ou mais elementos da referência.
3. Se você selecionar um elemento, a referência representa uma única referência. Depois de selecionar esse elemento, o PC-DMIS filtra a lista de elementos para mostrar apenas outros elementos com as mesmas características. Por exemplo, se você seleciona um círculo com um diâmetro de 25 mm, ele filtra a lista por outros círculos com o mesmo diâmetro. Isso facilita a seleção de elementos adicionais semelhantes, para que a sua referência represente um padrão de referência.
4. Clique em **Criar**.
5. Conforme necessário, continue usando a caixa de diálogo para criar referências adicionais e dados referências.

A sintaxe da janela Edição, do comando Definição de referência no modo Comando pode ser parecer com esta:



Referência - Esta caixa define o nome da referência do dado. Normalmente, é uma única letra como E ou uma sequência de poucas letras como BG.

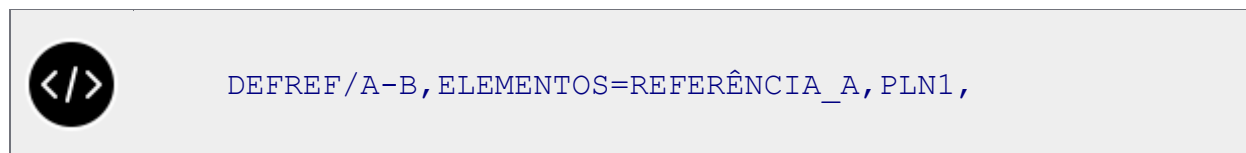
Referência comum - Esta caixa de seleção permite definir um uma referência. Se você marca essa caixa de seleção, a lista de elementos não mostra mais os elementos; em vez disso, ela mostra as referências que você já definiu, e os elementos associados a tais referências.



Caixa de diálogo Definições de referência - Caixa de seleção Referência comum

Por exemplo, para definir a referência comum A-B, primeiro, defina a referência A, depois defina a referência B e, por fim, marque a caixa de seleção **Referência comum** A-B. Na lista de referências disponíveis, selecione a referência A e depois a referência B para definir a referência comum A-B.

Se você usa uma referência comum, a sintaxe da janela Edição do comando Definição de referência no modo Comando pode se parecer com esta:



Referências únicas

Um dado único refere-se a um identificador de dado como A ou AC, que se refere apenas a um elemento de referência. Um dado único pode se referir a um dos seguintes tipos de elementos:

- Plano
- Linha
- Ponto
- Cilindro
- Circulo
- Esfera
- Cone
- Largura

A maioria dos dados no comando de tolerância geométrica são como os elementos de referência em um medidor de inspeção:

- Eles têm uma distância e orientação fixas uma em relação à outra.
- Eles envolvem a peça em uma ordem fixa de precedência.

Comparação com práticas anteriores:

No XactMeasure, os elementos de referência tratados com PC-DMIS, como elementos de alinhamento, na maioria dos casos. Eles definiram o nível, rotação e origem.

O comando de tolerância geométrica é mais preciso, porque simula como o quadro de referência entra em contato com a peça correspondente.

Tipos de elementos que representam uma superfície plana

Um elemento de referência pode representar uma superfície plana com um elemento plano, um elemento de linha medido em uma superfície ou um elemento de ponto medido em uma superfície.

Embora você possa medir um elemento de linha de superfície ou ponto de superfície em um elemento não plano, o PC-DMIS sempre os trata como provenientes de superfícies planas quando referenciados como referências no comando de tolerância geométrica. Para obter mais detalhes, consulte "Como o PC-DMIS resolve dados".

Tipos de elementos que representam uma superfície cilíndrica

Um elemento de referências pode representar uma superfície cilíndrica com um elemento de cilindro ou elemento de círculo. Embora você possa medir um círculo em um elemento não cilíndrico, o PC-DMIS sempre trata os círculos como provenientes de superfícies cilíndricas quando referenciados como dados no comando de tolerância geométrica. Para obter mais detalhes, consulte "Como o PC-DMIS resolve dados".

Referências comuns

Uma *referência comum* refere-se a um identificador de referência como A-BC-D. Possui um ou mais hifenes que separam os identificadores de referência definidos. O PC-DMIS suporta várias combinações de referências comuns descritas nessa seção da documentação.

Referências comuns: Melhores práticas

Ao referenciar elementos como referências comuns, recomendamos que você use elementos em 3D, por estas razões:

- Elementos em 3D representam superfícies e por captarem mais dados conseguem avaliar melhor as referências.
- Os elementos em 3D controlam os graus de liberdade (DOF) aplicáveis, os quais você pode usar depois como referências primária, secundária e terciária.
- Você somente pode referenciar elementos de largura em 2D e 1D como referências secundária e terciária.



O PC-DMIS não aceita um padrão de elementos em 2D como parte de uma referência comum. O PC-DMIS permite somente padrões de referência que têm cilindros, esferas ou larguras em 3D como parte de uma referência comum.

Referências comuns: Diretrizes gerais

Para referências comuns, o PC-DMIS permite que você misture os mesmos tipos de elemento. Você pode combinar elementos individuais com um padrão ou com vários padrões. O PC-DMIS **somente** permite que você misture diferentes tipos de elemento nestes casos:

nº de elementos de entrada	Referência comum Elemento nº1	Referência comum Elemento nº2	Referência comum Elementos nº3-5 (quando selecionado)	Comentários
Mínimo de dois elementos	Plano	Plano	Plano	Somente vários planos paralelos. Veja o exemplo 1.
2		Cilindro	-	Somente um único plano e um único cilindro perpendicular ao plano. Veja o exemplo 6.
2	Cilindro	Cone	-	Somente um único cilindro e cone coaxial. Veja o exemplo 7.
2		Plano	-	Somente um único plano e um único cilindro perpendicular ao plano. Veja o exemplo 6.
Mínimo de dois elementos		Círculo	Círculo ou Cilindro	Somente cilindros e círculos coaxiais podem ser usados para uma referência comum

Uso de tolerâncias geométricas

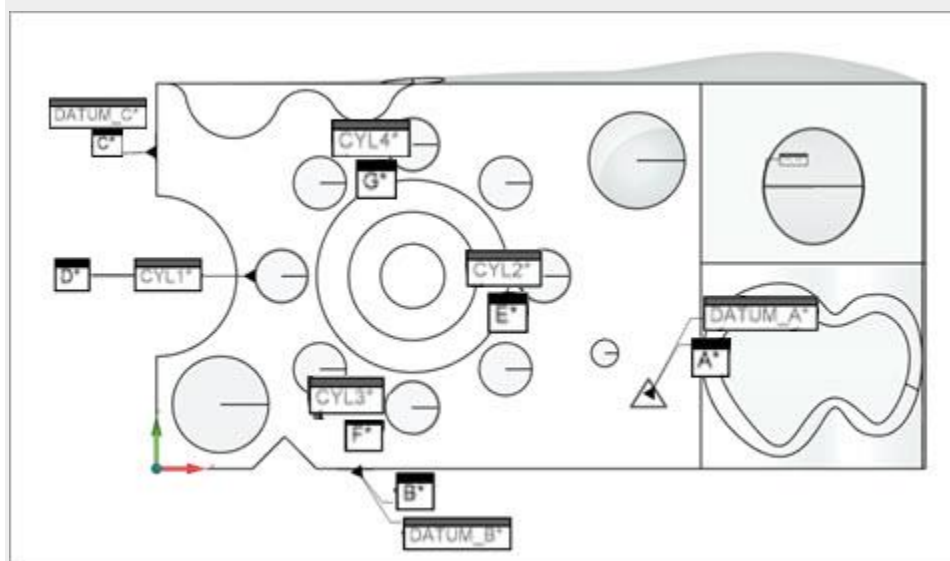
				<p>primária. Veja o exemplo 8.</p> <p>Essa restrição de coaxilidade não se aplica às referências comuns secundária e terciária.</p>
Mínimo de dois elementos		Cilindro ou padrão de cilindros	Cilindro ou padrão de cilindros	Cada elemento ou padrão pode ser um elemento interno ou externo de tamanho e ter diferentes tamanhos nominais. Veja os exemplos 2, 4 e 5.
Mínimo de dois elementos	Padrão de cilindros	Cilindro ou padrão de cilindros	Cilindro ou padrão de cilindros	
Mínimo de dois elementos	Círculo	Círculo ou Cilindro	Círculo ou Cilindro	<p>Somente cilindros e círculos coaxiais podem ser usados para uma referência comum primária. Veja o exemplo 8.</p> <p>Essa restrição de coaxilidade não se aplica às referências comuns secundária e terciária.</p>

2	Cone	Cilindro	-	Somente um único cilindro e cone coaxial. Veja o exemplo 7.
Mínimo de dois elementos	Esfera	Esfera ou padrão de esferas	Esfera ou padrão de esferas	Cada elemento ou padrão tem que ser uma esfera interna ou externa e ter o mesmo tamanho nominal.
	Padrão de esferas	Esfera ou padrão de esferas	Esfera ou padrão de esferas	
Mínimo de dois elementos	Largura em 3D	Largura em 3D ou padrão de larguras em 3D	Largura em 3D ou padrão de larguras em 3D	Cada elemento ou padrão pode ser um elemento interno ou externo de tamanho e ter diferentes tamanhos nominais. Veja o exemplo 3. Quando você seleciona várias larguras (ou um padrão de larguras), é necessário que uma direção do plano de trabalho seja
	Padrão de larguras em 3D	Largura em 3D ou padrão de larguras em 3D	Largura em 3D ou padrão de larguras em 3D	


				<p>uma referência aceitável. A direção do plano de trabalho é necessária para simular o quadro de referência (DRF), similar a quando o calibre funcional desliza nas várias larguras.</p>
--	--	--	--	---

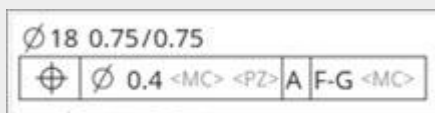
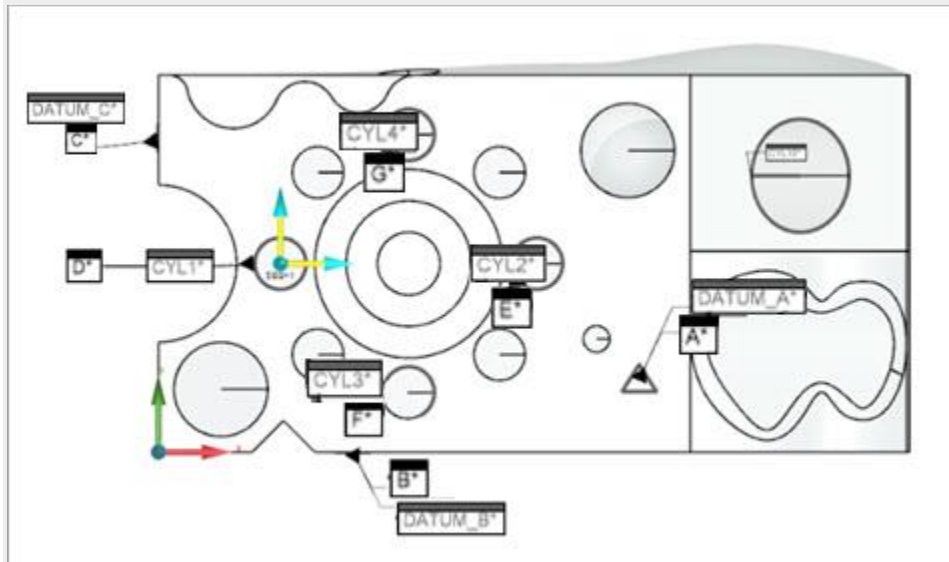



Em alguns casos, a localização do triedro do sistema de coordenadas pode ser diferente da localização dos eixos mostrados no desenho da peça. Por exemplo, a peça abaixo mostra quatro referências cilíndricas (D, E, F e G):

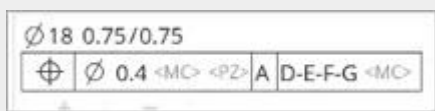
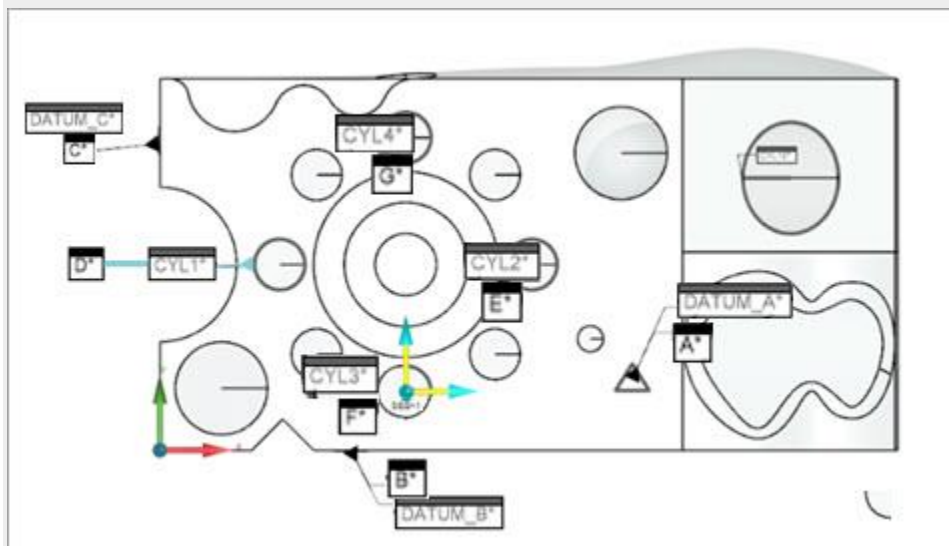





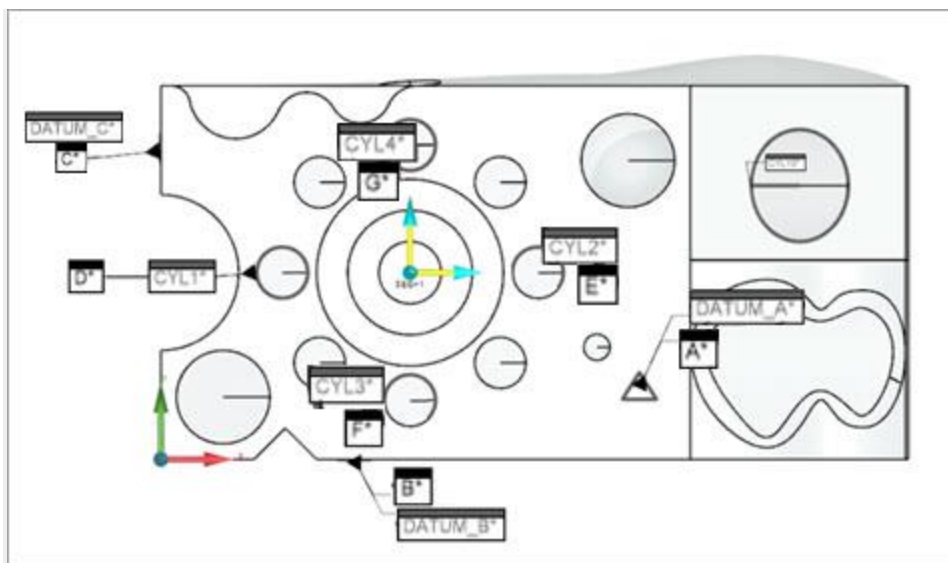
Para , o PC-DMIS centraliza o triedro na referência D, como mostrado abaixo:



Para  , o PC-DMIS centraliza o triedro na referência F, como mostrado abaixo:



Para , o PC-DMIS posiciona o triedro equidistante de todas as referências (centro do padrão), como mostrado abaixo:



O PC-DMIS permite que você mude facilmente a localização e orientação do triedro. Para fazer isso, primeiro crie ou selecione um comando de alinhamento apropriado e depois mude as coordenadas de exibição do comando de tolerância geométrica de **Quadro de referência** para **Alinhamento atual**. Para mais detalhes, consulte a seção "Coordenadas de exibição" do tópico "Guia Valores nominais" no capítulo "Uso de tolerâncias geométricas" na documentação do PC-DMIS Core.

Qualquer combinação de elementos que não seja suportada resulta em uma mensagem de erro quando você tenta criar o quadro de controle do elemento (FCF), como:

PC-DMIS

Erro de referência de vários elementos. Isso pode ser causado por valores nominais (vetor x, y, z ou i, j, k) incorretos ou uma combinação de elementos para a qual não há suporte.

Ao selecionar elementos de referência como uma referência comum, certifique-se de que todos têm dados de superfície ou todos não têm dados de superfície.



Se você quiser combinar elementos de referência com ou sem dados de superfície, isso só é possível com modificadores da condição do material (M ou L). A técnica matemática de referência está disponível, mas se aplica somente a elementos de referência com dados de superfície. O PC-DMIS não recalcula os elementos de referência que não têm dados de superfície, pois é usada a técnica matemática do comando do elemento que representa a referência.

Quando você cria referências comuns na caixa de diálogo **Definições de referências (DEFREF)**, o PC-DMIS executa somente uma verificação de erro limitada. Todas as verificações válidas são executadas por um comando de tolerância geométrica quando o FCF é construído.

- Quando o FCF está totalmente construído, o PC-DMIS executa a verificação final compatível com a referência comum. Se a verificação do FCF falha, o PC-DMIS indica a falha com uma mensagem de erro.
- Se a referência comum tiver um erro, consulte a tabela acima e as diretrizes gerais referentes a referências comuns para tentar solucionar o problema.
- O PC-DMIS suporta atualmente um máximo de cinco referências únicas ou padrões de referência combinados para definir uma referência comum (por ex.: A – B – C – D – E).
- O PC-DMIS não aceita a mistura de elementos de referência que têm dados de superfície com outros que não têm dados de superfície. Para mais informações, veja "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".

Como exigido pela ASME Y14.5 e ISO 5459, os simuladores de referências comuns para um padrão são nominalmente orientados e localizados entre si. PC-DMIS suporta o uso de um modificador (MMB ou LMB) na referência comum quando TODOS os elementos (dentro da referência comum) são “elementos de tamanho”. Quando algum dos elementos NÃO é um elemento de tamanho, modificadores não são aceitos.



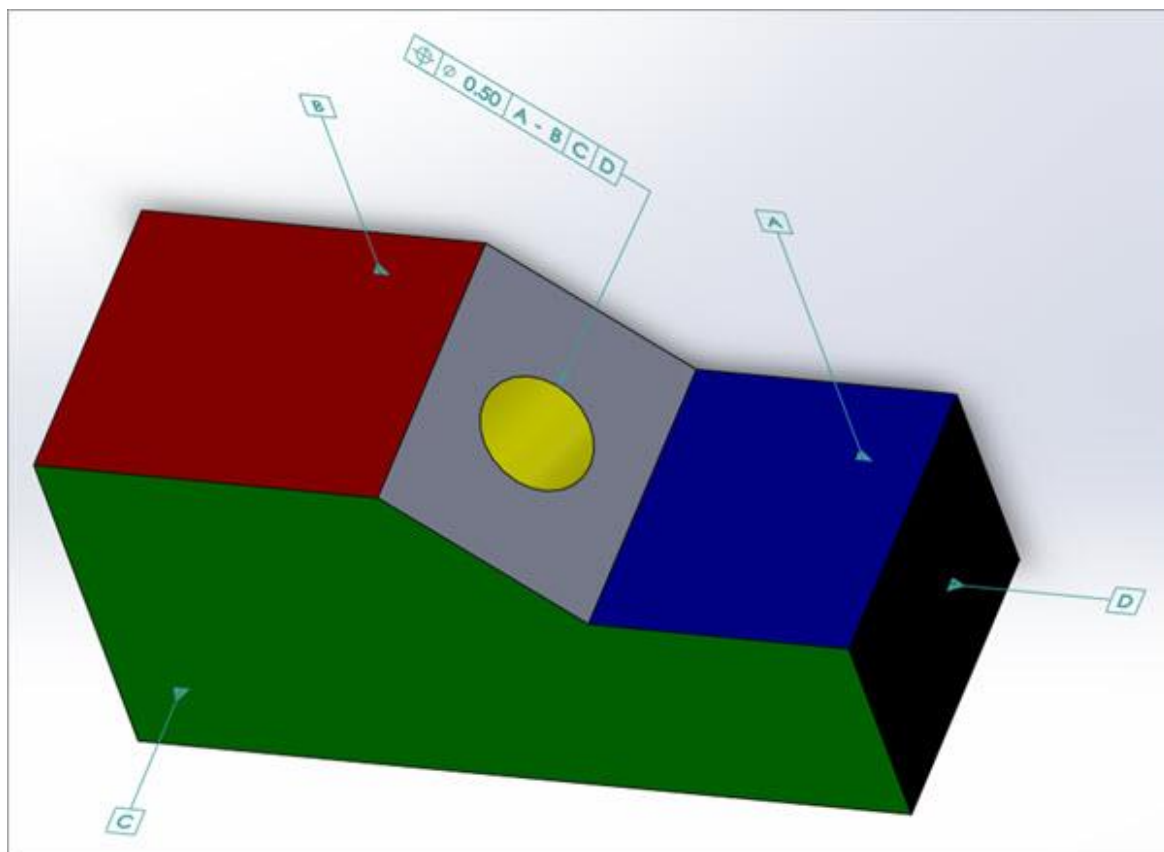
Para o PC-DMIS aumentar ou diminuir simultaneamente os tamanhos do simulador e calcular corretamente os limites materiais (ao usar MMB ou LMB), você tem que primeiro tolerar cada referência à sua referência de maior precedência. Além disso, você tem que assegurar a inclusão das tolerâncias de tamanho antes de permitir que qualquer outra tolerância geométrica referencie tais referências.

Ou seja, as tolerâncias da referência têm que ser colocadas na rotina de medição ANTES das tolerâncias geométricas que usam tais referências.

Uso de tolerâncias geométricas

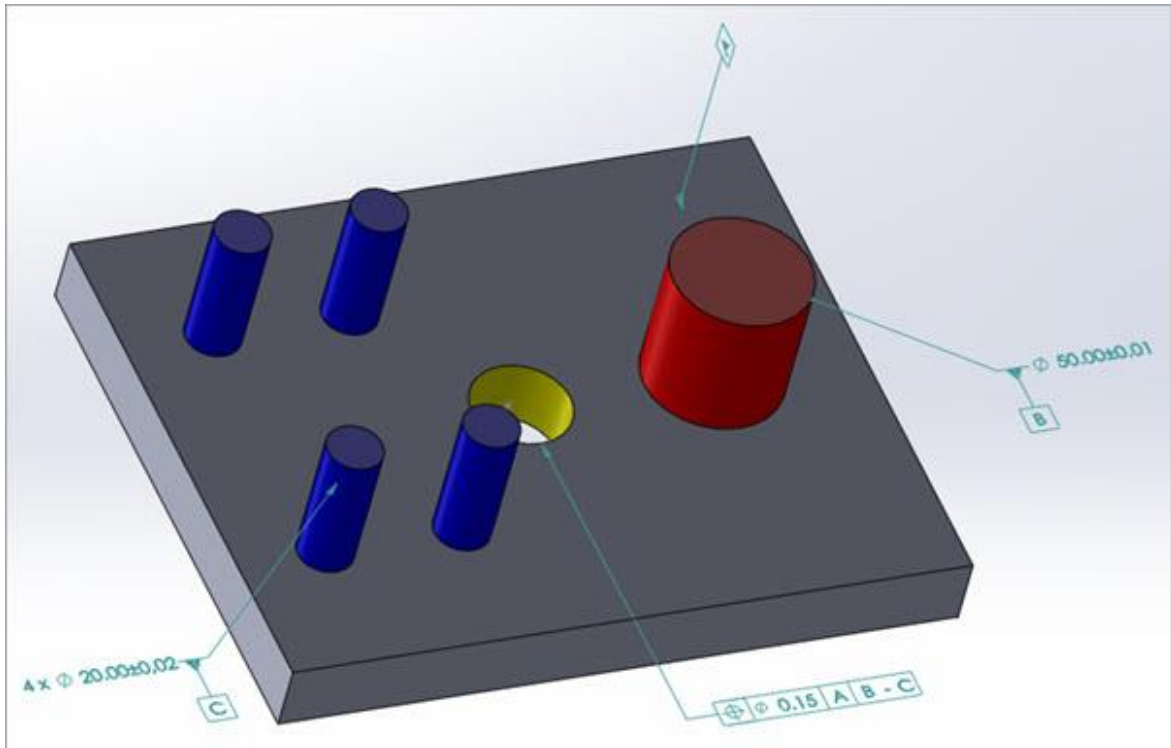
Exemplos de combinações de referências comuns suportadas estão descritos abaixo.

Exemplo 1: Plano A e plano paralelo B como referência comum A-B



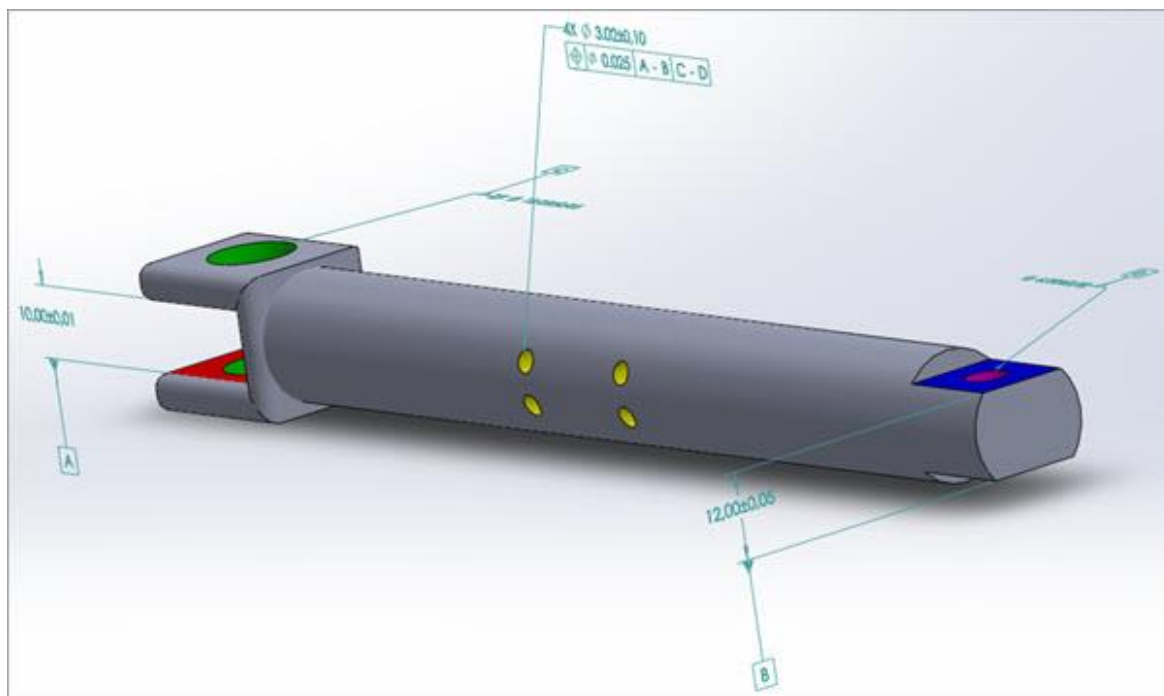
Exemplo 1: Plano A (azul) e plano paralelo B (vermelho) como referência comum A-B

Exemplo 2: Cilindro externo B com um padrão de cilindros externos C como referência comum B-C



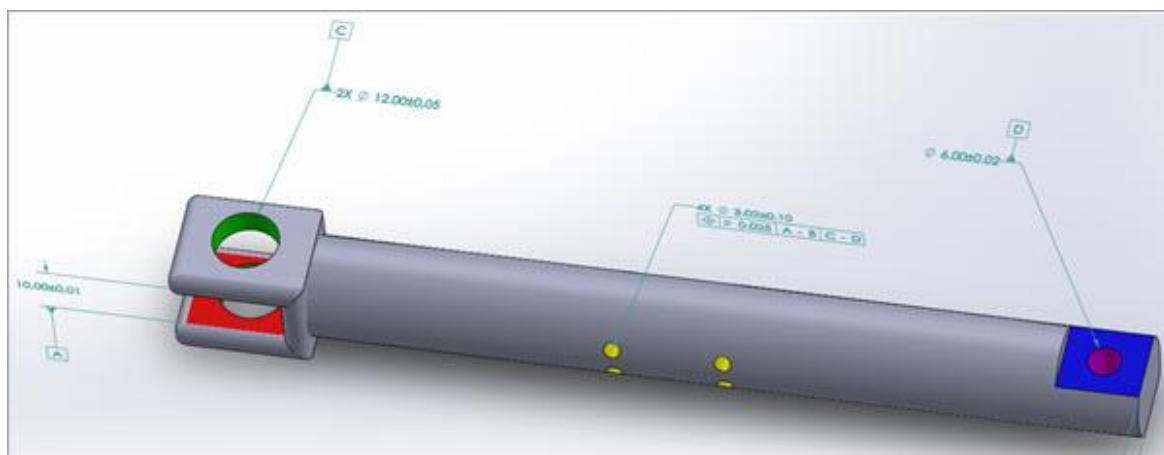
Exemplo 2: Cilindro externo B (vermelho) com um padrão de cilindros externos C (azul) como referência comum B-C

Exemplo 3: Largura externa A com uma largura externa B como referência comum primária A-B



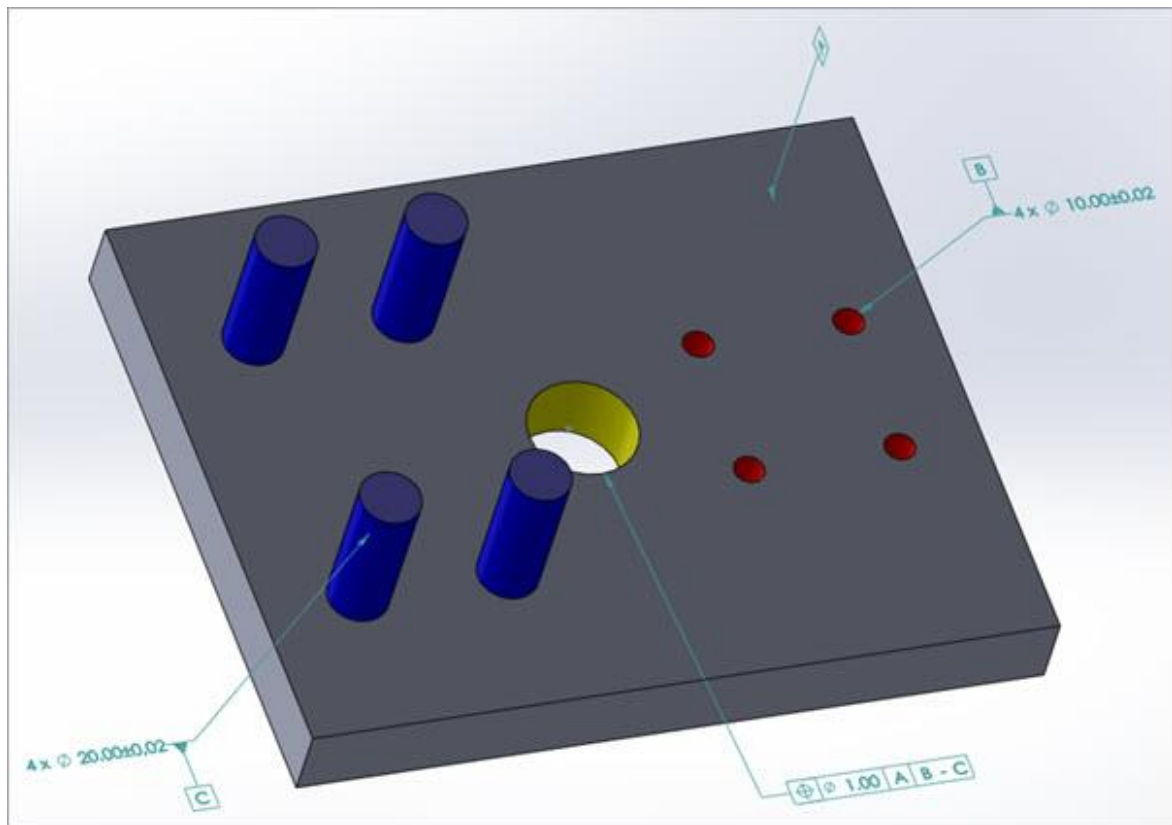
Exemplo 3: Largura externa A (azul) com uma largura externa B (vermelho) como referência comum primária A-B

Exemplo 4: Cilindro interno C com um cilindro interno D como referência comum secundária C-D



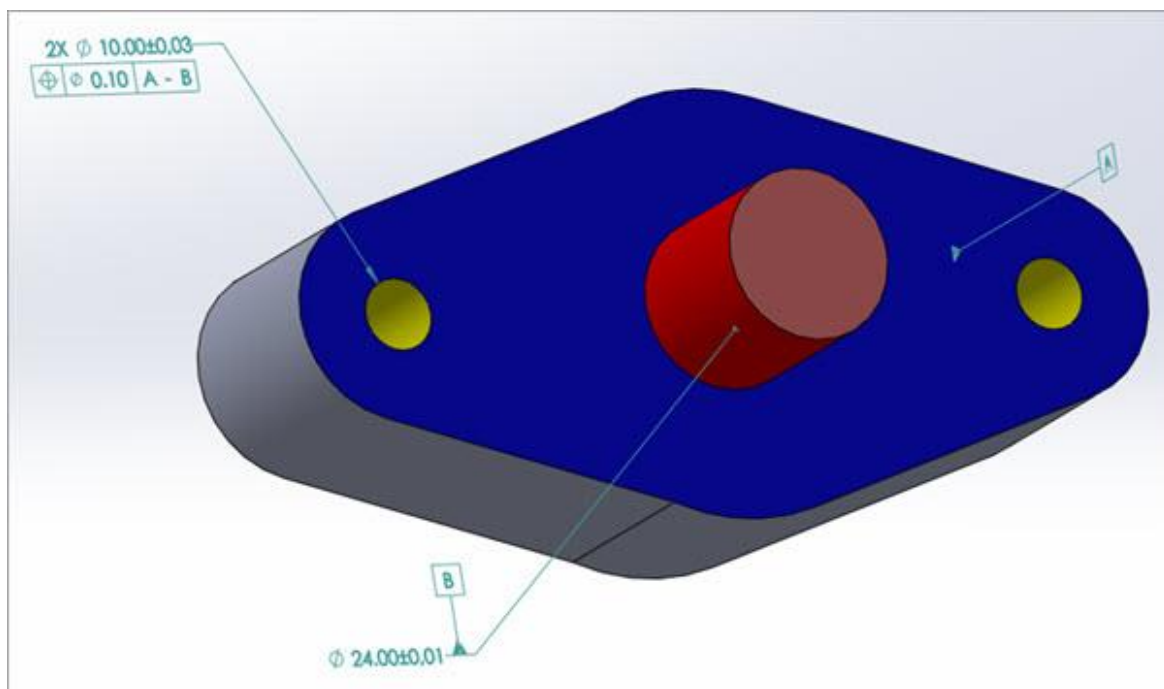
Exemplo 4: Cilindro interno C (verde) com um cilindro interno D (rosa choque) como referência comum secundária C-D

Exemplo 5: Padrão de cilindros internos B e padrão de cilindros externos C como referência comum B-C



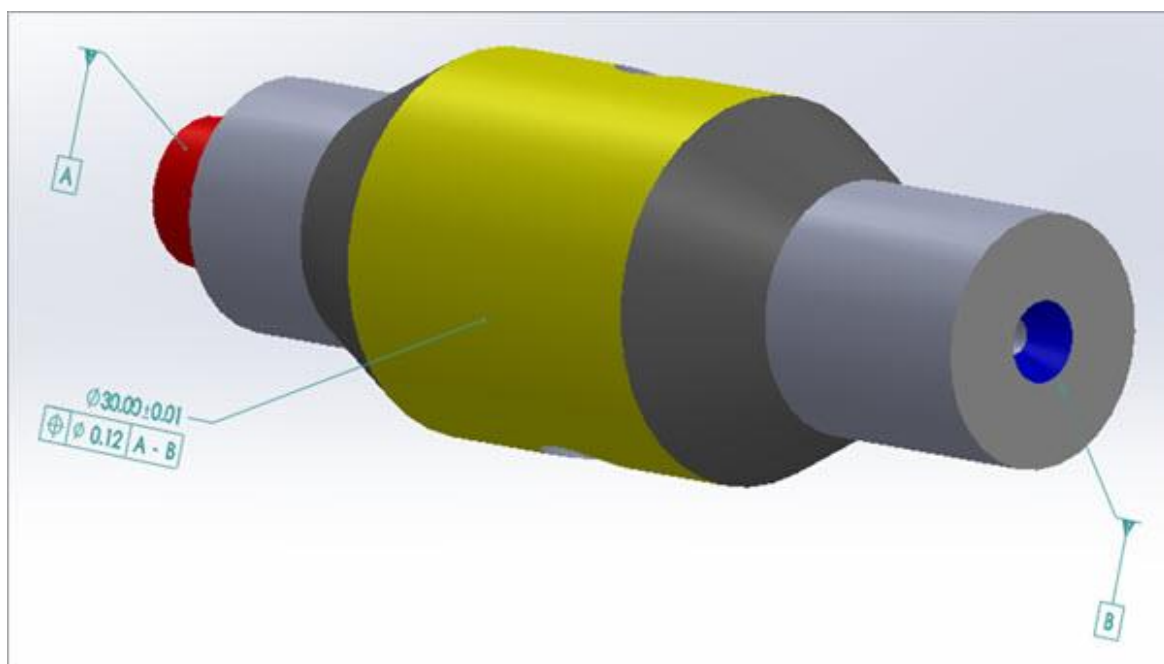
Exemplo 5: Padrão de cilindros internos B (vermelho) e padrão de cilindros externos C (azul) como referência comum B-C

Exemplo 6: Plano A e cilindro externo B como referência comum A-B



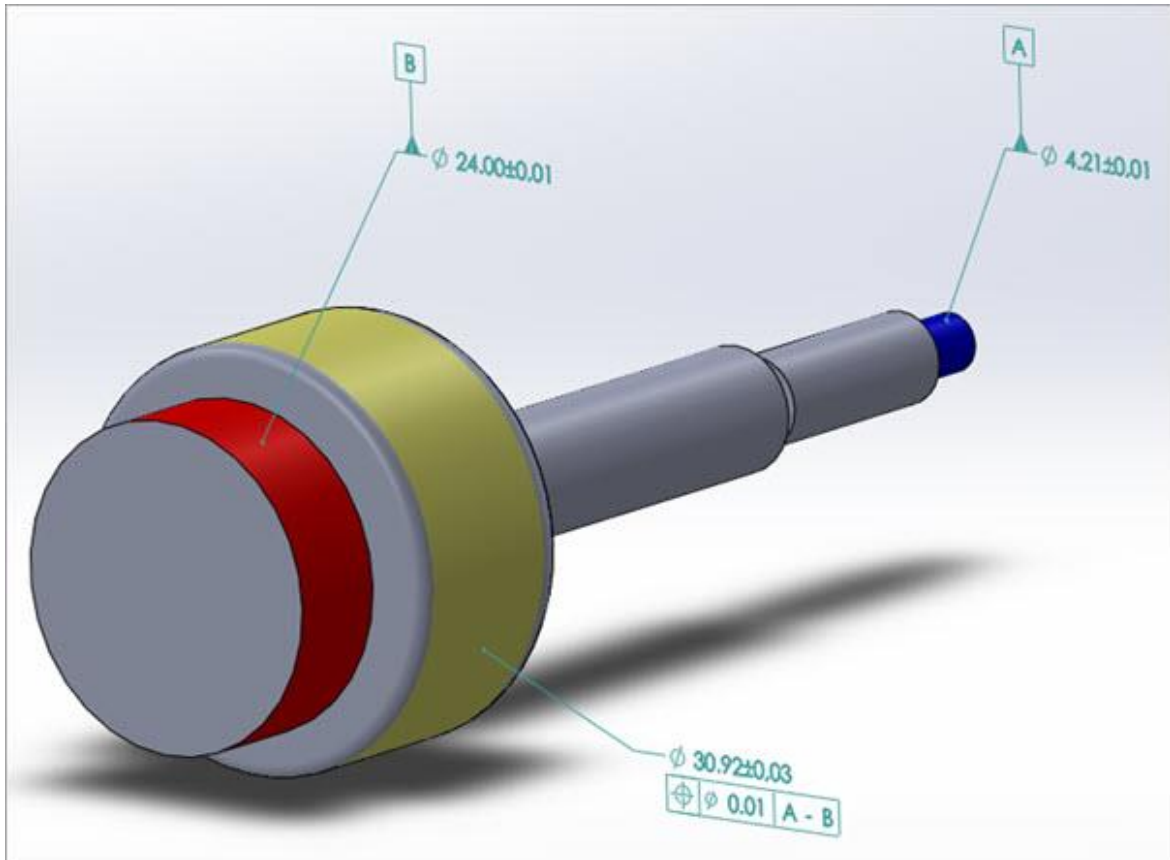
Exemplo 6: Plano A (azul) e cilindro externo B (vermelho) como referência comum A-B

Exemplo 7: Cilindro externo A e cone interno coaxial B como referência comum A-B



Exemplo 7: Cilindro externo A (vermelho) e cone interno coaxial B (azul) como referência comum A-B

Exemplo 8: Cilindro externo A e cilindro externo coaxial B como referência comum A-B



Exemplo 8: Cilindro externo A (azul) e cilindro externo coaxial B (vermelho) como referência comum A-B

Padrões de referências

Um *padrão de dado* refere-se a um identificador de dado, como A ou AC, que se refere a vários elementos similares de tamanho, todos com a mesma tolerância de tamanho. Por exemplo, um padrão de furos pode ser referenciado como um padrão de dado B. Tecnicamente (de acordo com as normas ASME Y14.5 e ISO 5459), um padrão de dado é um tipo de dado comum, mas esta documentação não utiliza essa terminologia.

Para obter mais informações, consulte "Padrões de dado" em "Como o PC-DMIS resolve e usa dados".

Definir tolerâncias geométricas e controlar relatórios


No PC-DMIS, você pode definir tolerâncias geométricas com o comando Tolerância geométrica. Este tópico e seus tópicos relacionados descrevem como usar a caixa de diálogo **Tolerância geométrica** para definir e controlar comandos de tolerância geométrica. Também descreve as opções de relatório para controlar o relatório. Finalmente, cada tipo de tolerância geométrica é discutido em detalhes.

Sintaxe do modo de comando

A caixa de diálogo Tolerância geométrica é a principal maneira de criar ou modificar um comando de tolerância geométrica. Para obter mais informações, consulte o tópico "Caixa de diálogo Tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core. No entanto, você também pode criar ou modificar um comando de tolerância geométrica no modo Comando da janela Edição. Abaixo estão alguns exemplos para ajudá-lo a entender como usar o comando da janela Edição.

Exemplo simples

No modo Comando da janela Edição, uma tolerância geométrica relativamente simples pode ter este aspeto:



```
FCFCYLY1    =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO
1101, SHOWEXPANDED=NO,
            SEGMENT_1, CYLINDRICITY, 0.05, , REFERENCE
FEATURE_MATH=DEFAULT,
            FEATURES/CYL4, ,
```

Existem várias partes nesta sintaxe da janela Edição:


- `FCFCYLY1` é a ID de dimensão.
- `GEOMETRIC_TOLERANCE` identifica o comando como uma tolerância geométrica.
- `STANDARD=ISO 1101` mostra que a tolerância geométrica é avaliada em relação à família de normas ISO 1101.
- `SHOWEXPANDED=NO` indica que a exibição na janela Edição está condensada e simplificada (não mostra muitos detalhes). Se você definir isso como YES (SIM), verá que ele mostra muito mais informações, conforme descrito no tópico "Exemplo complexo" abaixo.
- `SEGMENT_1` inicia as informações sobre o primeiro segmento.
- `CYLINDRICITY` indica que o segmento é uma tolerância à cilindricidade.

- 0.05 é a tolerância.
- `REFERENCE_FEATURE_MATH=DEFAULT` indica a técnica matemática da zona de tolerância. Para mais detalhes, consulte o tópico "Cilindricidade", na documentação do PC-DMIS Core.
- `FEATURES/CYL4,,` indica que a tolerância se aplica ao elemento CYL4.

Observe que `SHOWEXPANDED=NO`. Isso oculta grande parte dos detalhes.

Exemplo complexo

Aqui está um exemplo da sintaxe do Modo de Comando para uma tolerância geométrica mais complexa, com `SHOWEXPANDED=YES`:



```
FCFLOC1      =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO
1101,SHOWEXPANDED=YES,
      DESCRIPTION=ON,Posição do multis
segmento de padrão de furo 4x Ø8,2mm
      FEATURE_MATH=MODIFIER_SELECTED
,SIZE_MATH=MODIFIER_SELECTED,DATUM_MATH=LSQ
,DISPLAY_COORDS=DRF,
      UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
      SIZE/NOMINAL=8.2,TOLERANCE SPECIFICATION
MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
      UPPER_TOLERANCE=0.1,LOWER_TOLERANCE=0.1,
      UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=__,
      LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),
      CYL4:
      MIN_LOCAL_SIZE:8.2,
      MAX_LOCAL_SIZE:8.2,
      CYL6:
      MIN_LOCAL_SIZE:8.2,
      MAX_LOCAL_SIZE:8.2,
      CYL8:
      MIN_LOCAL_SIZE:8.2,
      MAX_LOCAL_SIZE:8.2,
      CYL10:
      MIN_LOCAL_SIZE:8.2,
      MAX_LOCAL_SIZE:8.2,
      SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.4,(G),__
,<len>,A,D,MMB,__,B,__,
      TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF
,MULT=10,
      MEASURED:
      CYL4:0.0000,
```



```
        CYL6:0.0000,  
        CYL8:0.0000,  
        CYL10:0.0000,  
        SEGMENT_2, POSITION, COMPOSITE, DIAMETER  
, 0.2, (G), __, <len>, A, <dat>, <dat>,  
        TEXT=OFF, CADGRAPH=OFF, REPORTGRAPH=OFF  
, MULT=10,  
        MEASURED:  
        CYL4:0.0000,  
        CYL6:0.0000,  
        CYL8:0.0000,  
        CYL10:0.0000,  
        ADD  
        DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,  
        D(DATUM_D):NOM=30, +Tol=0.025, -  
Tol=0.25,  
        FEATURES/CYL4, CYL6, CYL8, CYL10,,
```

Essa vista expandida possui os seguintes itens:

- `FCFLOC1` é a ID de dimensão.
- `GEOMETRIC_TOLERANCE` identifica o comando como uma tolerância geométrica.
- `STANDARD=ISO 1101` mostra que a tolerância geométrica é avaliada em relação à família de normas ISO 1101.
- `SHOWEXPANDED=YES` indica que a exibição na janela Edição foi expandida (mostra mais detalhes). Se você definir como NO (NÃO), verá que ele mostra muito menos informações, conforme descrito no tópico "Exemplo simples" acima.
- `DESCRIPTION=ON` indica que o texto descritivo "Posição do multissegmento de padrão de furo 4x Ø8,2mm" será mostrado no relatório, conforme explicado no tópico "Guia Descrição", na documentação do PC-DMIS Core.
- `FEATURE_MATH=MODIFIER_SELECTED` indica que a técnica matemática do elemento irá utilizar um modificador de Elemento tolerado associado ISO, conforme explicado no tópico "Derivação de elementos tolerados", na documentação do PC-DMIS Core.
- `FEATURE_MATH=MODIFIER_SELECTED` indica que o PC-DMIS calculará o tamanho do elemento irá utilizar um modificador de tamanho ISO 14405-1, conforme explicado no tópico "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core.
- `DATUM_MATH=LSQ` indica que a técnica matemática da referência é o método de mínimos quadrados, conforme explicado no tópico "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

- `DISPLAY_COORDS=DRF` indica que os resultados são reportados nas coordenadas do quadro de referência (em oposição às coordenadas de alinhamento atuais).
- `UNITS=MM` indica que as unidades de medida estão em milímetros.
- `OUTPUT=BOTH` indica que os resultados são enviados para as estatísticas e o relatório.
- `ARROWDENSITY=100` é a densidade da seta usada na análise gráfica.

Bloco de comando alternativo 1



```
TAMAMHO/NOMINAL=8.2,MODO ESPECIFICAÇÃO DE
TOLERÂNCIAMODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
      UPPER TOLERANCE=0.1,LOWER
TOLERANCE=0.1,      UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=__,
      LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),      CYL4:
      MIN LOCAL SIZE:8.2,      MAX
LOCAL SIZE:8.2,      CYL6:      MIN
LOCAL SIZE:8.2,      MAX LOCAL SIZE:8.2,
CYL8:      MIN LOCAL SIZE:8.2,
      MAX LOCAL SIZE:8.2,      CYL10:
      MIN LOCAL SIZE:8.2,      MAX
LOCAL SIZE:8.2,
```

Este bloco de comando representa a tolerância de tamanhos, incluindo o tamanho nominal, a tolerância superior, a tolerância inferior e os modificadores de especificações superior e inferior (se selecionados). Neste caso, o modificador (LP) especifica o tamanho local de dois pontos máximo e mínimo. Os respectivos valores medidos estão então listados abaixo para cada um dos quatro elementos.



Quando você edita a tolerância superior ou inferior de um elemento na janela Edição ou na caixa de diálogo **Tolerância geométrica (Quadro de controle do elemento)** ou guia **Valores nominais** e o mesmo elemento é usado como referência ou como um elemento considerado, o PC-DMIS exibe uma mensagem perguntando se você deseja aplicar as mesmas mudanças a todos os comandos subsequentes que fazem referência a tal elemento.

Por exemplo:

Tolerâncias

A tolerância de tamanho para CIL1 foi mudada. Deseja aplicar a mesma mudança em todos os comandos subsequentes que fazem referência a CIL1?

Sim Não

Se você clica em **Sim**, o PC-DMIS atualiza as tolerâncias de tamanho para os comandos de tolerância geométrica abaixo da posição do cursor que faz referência ao mesmo elemento, seja um elemento considerado ou uma referência.

Se você clica em **Não**, o PC-DMIS atualiza somente as tolerâncias de tamanho editadas. O PC-DMIS não atualiza os respectivos comandos de tolerância geométrica abaixo da posição do cursor que usa o mesmo elemento editado, seja um elemento considerado ou uma referência.

Bloco de comando alternativo 2



```
SEGMENT_1, POSITION, DIAMETER, 0.4, (G), __, <len>, A, D, MMB
, __, B, __,
TEXT=OFF, CADGRAPH=OFF, REPORTGRAPH=OFF, MULT=10, MEA
SURED:
CYL4:0.000, CYL6:0.000,
CYL8:0.000, CYL10:0.000,
```

Esse bloco de comando representa o primeiro segmento, que é uma tolerância de posição com uma zona de tolerância diametral, tolerância 0,4, um modificador (G) e um quadro de referência que consiste em A | D MMB | B. Ele também inclui os valores de posição medidos de cada um dos quatro elementos. Ele também inclui os valores de posição medidos de cada um dos quatro elementos.

Bloco de comando alternativo 3



```
SEGMENT_2, POSITION, COMPOSITE, DIAMETER, 0.2, (G), __
, <len>, A, <dat>, <dat>,
TEXT=OFF, CADGRAPH=OFF, REPORTGRAPH=OFF
```

```
,MULT=10,      MEASURED:
                CYL4:0.000,      CYL6:0.000,
                CYL8:0.000,      CYL10:0.000,
```

Esse bloco de comando representa o segundo segmento, que é um segmento inferior de uma tolerância de posição composta, com uma zona de tolerância diametral, tolerância 0,2, um modificador (G) e um quadro de referência que consiste em A. Ele também inclui os valores de posição medidos de cada um dos quatro elementos. O bloco de comando também inclui os valores de posição medidos de cada um dos quatro elementos.

Bloco de comando alternativo 4



```
ADD      DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,
          D(CYL2):NOM=30,+TOL=0.25,-TOL=0.25,
          FEATURES/CYL4,CYL6,CYL8,CYL10,,
```

- **ADD** é um controle usado para adicionar outro segmento à tolerância de posição composta. Para usá-lo, passe o mouse sobre **ADICIONAR** por alguns segundos, clique uma vez nele e clique no botão **ADICIONAR** que aparece.
- **DATUMS/REPORTDATUMSIZE=OFF,**

```
D(CYL2):NOM=30,+Tol=0.25,-Tol=0.25,
```

Esta parte do comando indica que os tamanhos de dado medidos não estão incluídos no relatório. Também mostra a tolerância de tamanho no dado D (que é CYL2). A tolerância de tamanho nos elementos de referência pode ser importante em várias situações, como referências referenciadas com um modificador de material **(M)** ou **(L)** e padrões de dado com ou sem modificador. Recomendamos que você sempre verifique se as tolerâncias de tamanho nos elementos do dado estão corretas. Para mais detalhes, consulte a seção "Determinar o tamanho do limite do material" no tópico "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências", na documentação do PC-DMIS Core.

- **FEATURES/CYL4,CYL6,CYL8,CYL10,,**

Esta parte do comando indica que a tolerância de posição composta se aplica aos elementos CYL4, CYL6, CYL8 e CYL10.

Caixa de diálogo Tolerância geométrica

A caixa de diálogo **Tolerância geométrica** é a principal maneira para você criar ou modificar o comando de tolerância geométrica. Para usar essa caixa de diálogo na criação de uma tolerância geométrica, selecione **Inserir | Dimensão | <tipo de tolerância geométrica>** no menu, ou você pode selecionar um tipo de tolerância geométrica na **barra de ferramentas Dimensão**.

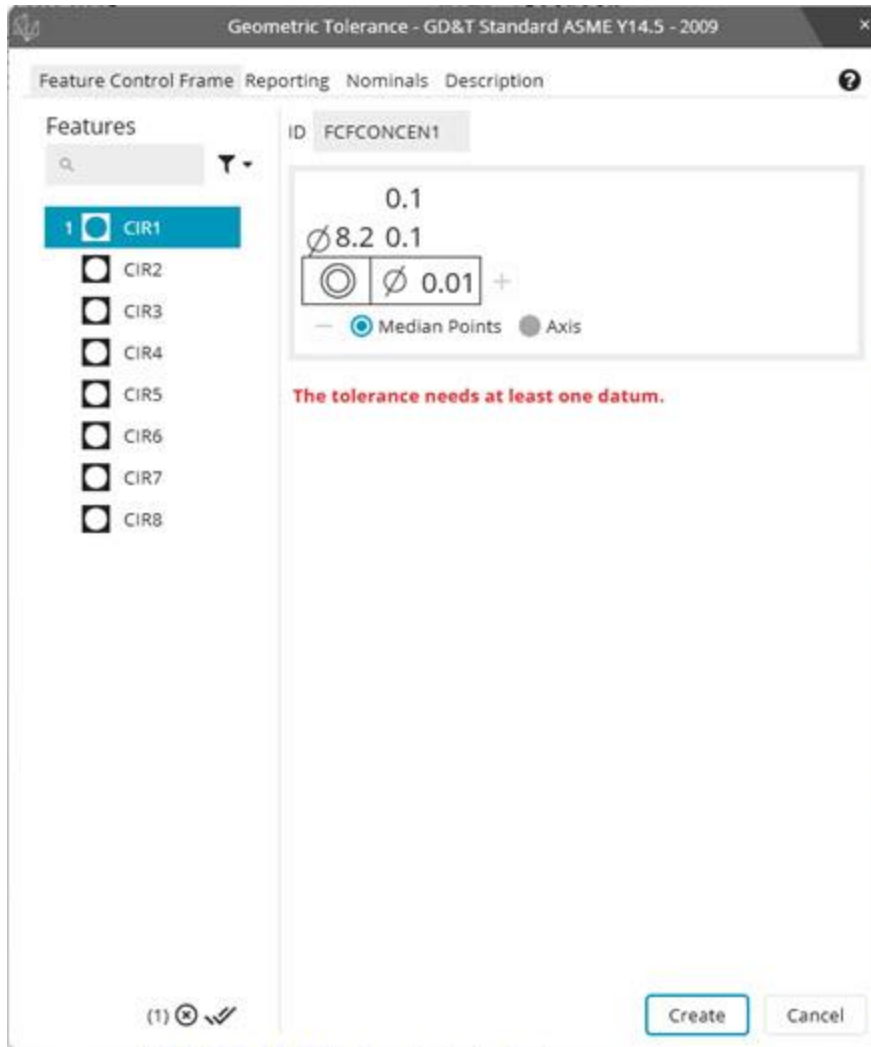
Os tipos de tolerância geométrica são:

- Angularidade
- Batimento circular
- Circularidade
- Concentricidade
- Cilindricidade
- Planicidade
- Paralelismo
- Perpendicularidade
- Posição
- Perfil de uma linha
- Perfil de uma superfície
- Retilidade
- Simetria
- Batimento total



Os outros tipos de tolerância (Localização, Ângulo, etc.) não são tolerâncias geométricas e, portanto, não são controladas através do comando de tolerância geométrica.

Após você selecionar **Inserir | Dimensão | <tipo de tolerância>** no menu (ou na barra de ferramentas **Dimensão**), o PC-DMIS mostrará a caixa de diálogo **Tolerância geométrica**:



No início, essa caixa de diálogo está praticamente vazia. Na imagem de exemplo acima, a caixa de diálogo tem estas propriedades:

- A ID da dimensão padrão é FCFCONCEN2
- O símbolo do tipo de tolerância selecionado é Concentricidade
- O valor da tolerância usada mais recentemente é 0,01
- A mensagem de erro em vermelho indica que você ainda não selecionou nenhuma referência de datum.

Recomendamos o seguinte fluxo de trabalho ao usar a caixa de diálogo **Tolerância geométrica**:

1. Escolha o tipo de tolerância no menu **Inserir | Dimensão | <tipo de tolerância geométrica>** (ou na barra de ferramentas **Dimensão**) para abrir a caixa de diálogo **Tolerância geométrica**:

Uso de tolerâncias geométricas

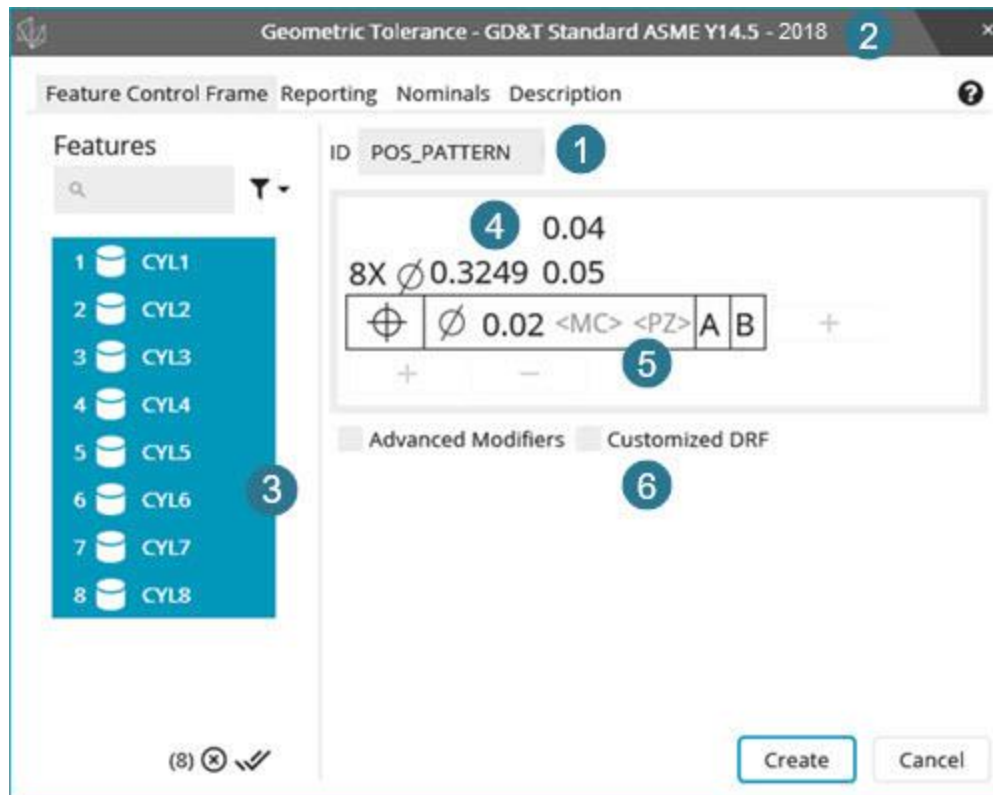
2. Na lista de elementos, escolha os elementos considerados para a tolerância. A lista mostra somente elementos acima da posição atual do cursor na janela Edição.
3. Edite o quadro de controle do elemento. Para fazer isso, adicione símbolos, modificadores, segmentos, especificações de orientação de zona, etc.
4. Clique na guia **Relatórios** e certifique-se de que todas as opções estão configuradas como desejado.
5. Clique na guia **Valores nominais** (quando existente) e certifique-se de que todas as opções estão configuradas como desejado.
6. Clique na guia **Descrição** e depois no botão **Adicionar** para adicionar informações descritivas necessárias. Clique na caixa de seleção **Mostrar no relatório** se deseja adicionar o texto nos relatórios.
7. Clique em **Criar** para criar o comando de tolerância geométrica na rotina de medição.

Na janela Edição, você pode pressionar F9 a qualquer momento em um comando para editá-lo na caixa de diálogo **Tolerância geométrica**. Se você editar uma tolerância geométrica existente, a caixa de diálogo **Tolerância geométrica** tem um botão **OK** em vez do botão **Criar**.

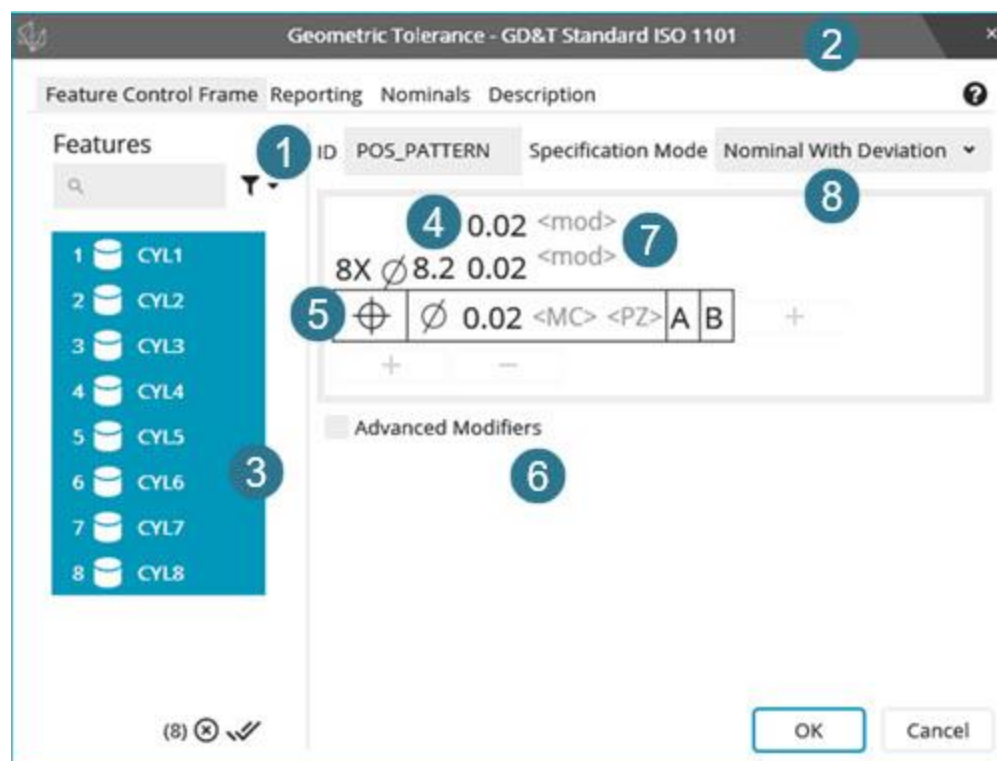
Guia Quadro de controle do elemento

Introdução

A guia **Quadro de controle de elementos** da caixa de diálogo **Tolerância geométrica** é onde ocorre a maior parte da sua edição. Uma tolerância de posição típica pode se parecer com isso na caixa de diálogo:



Versão ASME da caixa de diálogo Tolerância geométrica, mostrando a guia Quadro de controle do elemento



Versão ISO da caixa de diálogo Tolerância geométrica, mostrando a guia Quadro de controle do elemento

1. **ID** - Esta caixa define o ID da dimensão. Na figura acima, ela foi editada para dizer POS_PATTERN. Para a tolerância de posição, o ID padrão é algo como FCFLOC1, 2, 3... etc. se você não o editar.
2. **Norma GD&T** - Aqui é mostrada a norma a ser usada na tolerância. Deve corresponder à norma usada pela sua impressão. Suportamos impressões baseadas em ASME Y14.5 e ISO 1101; as versões específicas das normas que oferecemos suporte (incluindo normas de suporte como ISO 5459) estão detalhadas no tópico "Introdução às tolerâncias geométricas e aos quadros de controle de elementos".
3. **Lista de elementos** - Esta lista mostra os elementos disponíveis para o tipo de tolerância geométrica. Para mais informações, consulte a "Lista de elementos" abaixo.
4. **Editor de tolerância de tamanho** - A primeira linha no painel de edição de tolerância mostra as informações de tamanho e mais e menos tolerância. Para mais informações, consulte o "Editor de tolerância de tamanho" abaixo.
5. **Editor de quadro de controle de elementos** - A segunda linha no painel de edição de tolerância é a área de edição principal. Para obter mais informações, consulte o "Editor de quadros de controle de elementos" abaixo.

6. **Opções adicionais** - Esta área da caixa de diálogo contém opções avançadas e outras para sua tolerância. Para mais informações, consulte "Opções adicionais" abaixo.
7. **Modificadores superior e inferior** (somente ISO) - Esta área da caixa de diálogo permite que você selecione os modificadores ISO apropriados. Para mais detalhes, consulte a seção "Modificadores de tamanho ISO", abaixo.
8. **Modo de especificação** (somente ISO) - Esta lista permite selecionar o modo de especificação ISO. As opções são **Valor nominal com desvio** ou **Código ISO**. Para mais detalhes, consulte a seção "Modo de especificação", abaixo.

Lista de elementos

A primeira coisa a fazer quando você começa a criar uma tolerância geométrica é selecionar o elemento ou elementos considerados. Quando a caixa de diálogo é aberta, nenhum elemento é selecionado. Todos os elementos da rotina de medição permitidos para o tipo de tolerância são mostrados. Se você não vir um elemento esperado, verifique se o ponteiro na janela Edição está abaixo desse elemento antes de acessar a caixa de diálogo **Tolerância geométrica**.



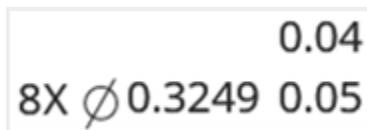
Em rotinas grandes com muitos elementos, pode ser útil procurar um elemento na barra de pesquisa.

Depois de selecionar um elemento, o PC-DMIS filtra a lista de elementos para que apenas elementos semelhantes ou com as mesmas características sejam mostrados (como cilindros com o mesmo diâmetro). Você pode selecionar elementos adicionais nesse ponto.

Editor de tolerância de tamanho

A primeira linha do painel de edição de tolerância é o Editor de tolerância de tamanho. Está disponível quando os elementos considerados são de tamanho (cilindros, círculos medidos em uma superfície, esferas ou larguras) e seu tipo de tolerância geométrica permite tolerâncias de tamanho.

O Editor de tolerância de tamanho tem este aspeto:



Esta linha contém vários tipos de informações e dois controles:

Uso de tolerâncias geométricas

- 8X significa que existem oito elementos considerados; não é visível quando há apenas um elemento considerado. Você não pode editar o símbolo.
- \varnothing significa que os elementos são cilindros ou círculos medidos em uma superfície. O símbolo é diferente para diferentes tipos de elementos de tamanho. Características esféricas têm um símbolo $S\varnothing$. Os elementos de largura não têm um símbolo. Você não pode editar o símbolo.
- O primeiro número após o símbolo acima é o tamanho nominal. Você não pode editar esse valor porque o comando de tolerância geométrica exige que todos os elementos tenham valores nominais corretos. O tamanho nominal vem do tamanho THEO (teórico) do elemento.
- O segundo número, aquele na extrema direita da parte superior (0.04, no exemplo acima), é a tolerância positiva do tamanho do elemento. Você pode editá-lo. O limite superior do tamanho é igual ao tamanho nominal mais a tolerância positiva.
- O terceiro (e último) número, aquele na extrema direita da parte inferior (0.05, no exemplo acima), é a tolerância negativa do tamanho do elemento. Você pode editá-lo. O limite inferior do tamanho é igual ao tamanho nominal menos a tolerância negativa, quando as caixas de seleção **Tolerâncias negativas mostram negativo** na guia **Dimensão** da caixa de diálogo **Opções de instalação**. Se você marcar **Tolerâncias negativas mostram negativo**, o limite inferior de tamanho será igual ao tamanho nominal mais a tolerância negativa. Você pode marcar esta caixa de seleção para que a tolerância de tamanho seja semelhante à sua impressão. Para obter informações sobre esta caixa de seleção, consulte o tópico "Tolerâncias negativas mostram negativo" no capítulo "Configuração de preferências". Esta caixa de seleção existe para que você não precise digitar o sinal de menos para obter tolerâncias negativas.

Editor do quadro de controle do elemento

A parte mais complexa do painel de edição de tolerância é o Editor de quadros de controle de elementos. Tem este aspeto:



Existem várias partes deste editor, que são detalhadas abaixo.

Símbolo de tolerância

O símbolo de tolerância aparece na caixa mais à esquerda do Editor de quadros de controle de elementos. Ele mostra o símbolo para o tipo de tolerância que

você escolheu. Você pode alterar o símbolo para alterar o tipo de tolerância. Você clica no símbolo de tolerância para escolher outro tipo geométrico válido para os elementos que você selecionou; os outros símbolos aparecem em uma janela suspensa.

Seção de zona, elemento e característica

A seção de zona, elemento e característica do quadro de controle de elementos inclui o formato da zona de tolerância, o valor da tolerância e quaisquer modificadores de tolerância. Portanto, esta seção contém vários controles. Sua disponibilidade varia de acordo com o tipo de tolerância e quais elementos considerados são escolhidos.

- O símbolo do formato da zona de tolerância é o primeiro. É \varnothing para zonas diamétricas, $S\varnothing$ para zonas esféricas e em branco para zonas planares (e para arco radial e perpendicular a zonas radiais). Se você clicar no símbolo, poderá editar qual símbolo aparece, mas os únicos símbolos disponíveis são aqueles que fazem sentido para os elementos considerados e o tipo de tolerância escolhido.
- O valor da tolerância é o segundo. É um número (0,02 na figura acima). Você pode editá-lo para qualquer valor positivo.
- Quando faz sentido para os elementos considerados e o tipo de tolerância, o controle da condição do material é o próximo. Aparece como $\langle MC \rangle$ quando não há modificador de condição do material. Isso significa que o elemento é referenciado independentemente do tamanho do elemento (RFS). Quando há um modificador de condição máxima do material (MMC), ele aparece como \textcircled{M} . Quando há um modificador de menos condição de material (LMC), ele aparece como \textcircled{L} . Clique em $\langle MC \rangle$, \textcircled{M} ou \textcircled{L} para alternar entre nenhum modificador de condição do material, o modificador MMC ou o modificador LMC. As tolerâncias de orientação ISO (angularidade, paralelismo e perpendicularidade) e as tolerâncias de localização (posição, concentricidade e simetria) permitem a seleção de um Modificador de elemento tolerado associado neste controle. As tolerâncias de forma ISO (circularidade, cilindridade, planicidade e retilidade de uma superfície) permitem a seleção de um Modificador de elemento de referência neste controle



Não é possível combinar um Modificador de elemento tolerado associado (ATFM) ou um Modificador de associação de elemento de referência (RFAM) com um modificador de condição de material (MMC ou LMC).

Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.

- Quando faz sentido para os elementos considerados e o tipo de tolerância, o controle da zona projetada é o próximo. Aparece como `<PZ>` quando não há modificador de zona projetado. Quando existe um modificador de zona projetado, ele aparece como `Ⓟ` com um número de comprimento projetado que o segue imediatamente, assim: `Ⓟ 0.8`. Clique no número do comprimento projetado para editá-lo. Clique em `<PZ>` ou `Ⓟ` para alternar entre nenhum modificador de zona projetado ou o modificador de zona projetado.
- Quando faz sentido para os elementos considerados e o tipo de tolerância, o controle do plano tangente é o próximo. Aparece como `<T>` quando não há modificador de plano tangente. Quando não há modificador de plano tangente, aparece como `Ⓣ`. Clique em `<T>` ou `Ⓣ` para alternar entre nenhum modificador de plano tangente ou o modificador de plano tangente.



O modificador de plano tangente não está disponível para a norma ASME Y14.5 1994.

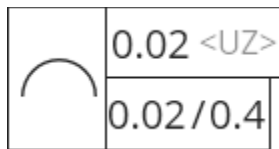
- Para tolerâncias de perfil, o controle do modificador de perfil aparece após a tolerância. Aparece como `<UZ>` quando não há modificador de perfil. Quando existe um modificador de disposição desigual de ASME, ele aparece como `Ⓤ` uma distância de disposição desigual que o segue imediatamente, assim: `Ⓤ 0.02`. Quando existe um modificador de disposição desigual de ISO, ele aparece como `UZ` uma distância de disposição desigual que o segue imediatamente, assim: `UZ 0.02`. Quando há um modificador de perfil dinâmico de ASME, ele aparece como `△`. Quando há um modificador de zona de deslocamento de ISO, ele aparece como `OZ`.



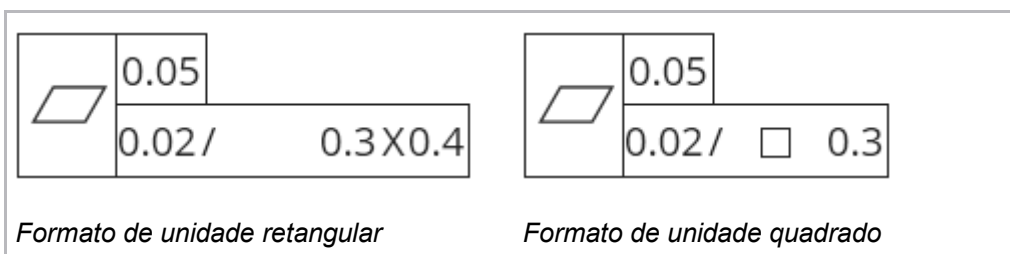
O modificador de plano tangente \textcircled{T} e um modificador de disposição desigual \textcircled{U} não estão disponíveis para a norma ASME Y14.5 1994.

O modificador de perfil dinâmico Δ não está disponível para a norma ASME Y14.5 1994 ou a ASME Y14.5 2009.

- Para linearidade por unidade e perfil por unidade de uma linha, você pode editar o comprimento por unidade logo após o símbolo /, conforme mostrado no segmento inferior abaixo:



- Para nivelamento por unidade, à direita do símbolo /, existe o controle de formato da unidade. Aparece em branco quando a unidade é retangular e aparece como um \square quadrado quando a forma da unidade é quadrada. As formas de unidades retangulares fornecem um comprimento e uma largura para editar, enquanto as formas de unidades quadradas fornecem apenas um comprimento. Clique no espaço em branco ou no quadrado para alternar entre os dois.

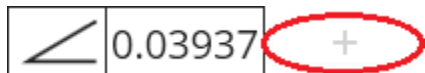


Seção de referência

A seção de referência de um quadro de controle de elementos (ou de um indicador de tolerância) fica à direita de referência de zona, elemento e característica. Isso consiste em zero a três caixas. Cada caixa contém uma referência de referência (potencialmente uma referência de referência comum) e zero ou mais modificadores de referência.

Botão Adicionar referência

O botão + à direita do Editor de quadros de controle de elementos permite adicionar referências:

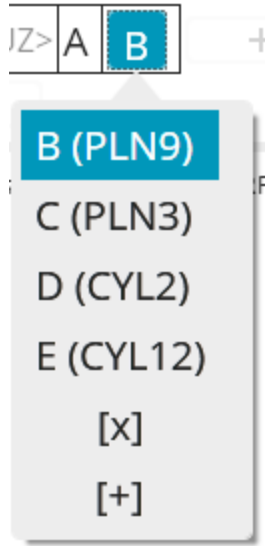


Quando você clica nesse botão, o PC-DMIS adiciona uma referência predefinida ao seu quadro de controle de elementos. Cada vez que você clica nele, ele adiciona uma referência predefinida que ainda não foi adicionado a esse quadro de controle de elementos.

Se não existir nenhuma referência predefinida que ainda não tenha sido adicionado ao quadro de controle de elementos (ou se não existirem referências predefinidas), esse botão mostrará a caixa de diálogo **Definição de referência**. Você pode usar essa caixa de diálogo para definir uma referência. (Para obter informações sobre a caixa de diálogo, consulte "Uso da caixa de diálogo e sintaxe de comando".) Isso insere um comando de definição de referências logo acima do seu comando de tolerância geométrica. No entanto, a nova referência não é selecionada automaticamente para você. Isso significa que você precisa clicar no botão adicionar referências (+) novamente para selecionar a nova referência.

Modificar uma referência

Para alterar uma referência dentro de uma caixa de referências, clique na referência. Um menu suspenso aparece no qual você pode escolher uma nova referência:



No menu suspenso, você pode selecionar uma referência predefinida, onde o nome do elemento é mostrado entre parênteses ao lado da referência (os padrões de referências mostram apenas um nome de elemento e as referências comuns não mostram nomes de elementos) .

Se você escolher a opção **[X]** , a caixa de referências será excluída.

Se você escolher a opção **[+]** , a caixa de diálogo **Definição de referência** será aberta, para que você possa definir uma nova referência. (Para obter informações sobre a caixa de diálogo, consulte "Uso da caixa de diálogo e sintaxe de comando".) No entanto, a nova referência não é selecionada automaticamente. Isso significa que você precisa clicar na referência antiga na caixa de referência e escolher a nova referência.

Modificadores de referências

À direita de cada referência, existem os controles para qualquer modificador de referências.

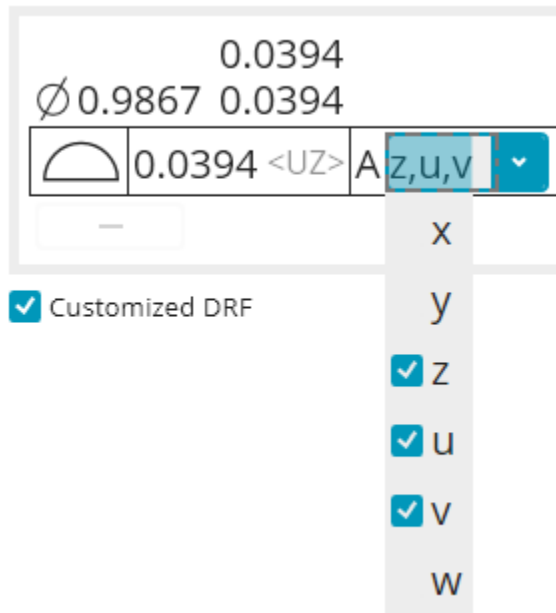
- Quando faz sentido para a referência e tipo de tolerância, o controle de limite do material é o primeiro. Aparece como **<MC>** quando você faz uma referência sem um modificador de material. Isso significa que a referência é referenciada independentemente do limite do material (RMB). Quando há um modificador de limite máximo de material (MMB), ele aparece como **(M)** . Quando há um modificador de limite de material mínimo (LMB), ele aparece como **(L)** . Clique no botão **<MC>** , **(M)** ou **(L)** para alternar entre nenhum modificador de material, o modificador MMB ou o modificador LMB.

- Quando uma referência é referenciada no MMB ou LMB e você marcou a caixa de seleção **Modificadores avançados**, você pode especificar um tamanho de limite do material. Esse não é o tamanho nominal do elemento de referência nem o tamanho máximo ou mínimo da condição do material do elemento da referência. Para obter mais informações sobre tamanhos de limite de material, consulte o subtópico "Determinar o tamanho do limite do material" do tópico "Como o PC-DMIS resolve e usa referências". Para cilindros de referências, esse modificador será assim se você não tiver especificado um tamanho de limite de material: $\varnothing<size>$. Depois de especificar um tamanho do limite do material, o modificador tem este aspecto: $\varnothing9.2$, com o tamanho especificado. Para remover um tamanho de limite de material especificado, exclua o valor do tamanho e pressione Tab para sair do modificador. Para mais informações, consulte a seção "Opções adicionais", abaixo.
- Quando a referência é uma referência secundária ou terciária e você marcou a caixa de seleção **Modificadores avançados**, o controle de conversão aparece em seguida. Aparece como $\langle TR \rangle$ quando a referência é referenciada sem um modificador de conversão. Quando há um modificador de conversão, ele aparece como \triangleright . Clique em $\langle TR \rangle$ ou \triangleright para alternar entre nenhum modificador de conversão e o modificador de conversão. Para mais informações, consulte a seção "Opções adicionais", abaixo.



O modificador de transição não está disponível para a norma ASME Y14.5 1994.

- As tolerâncias de posição e perfil de ASME têm uma caixa de seleção **DRF personalizado**. Para mais informações, consulte a seção "Opções adicionais", abaixo.



Se você marca esta caixa de seleção, o PC-DMIS habilita o acesso a quadros de referência personalizados e remove o acesso a modificadores avançados de referências. Sempre que possível, o PC-DMIS irá determinar os graus de liberdade que cada referência restringiria naturalmente. Quando o software não conseguir determinar quais graus de liberdade restringir, a personalização irá mostrar <DOF> e você terá que fazer uma seleção manual. O software desmarca essa caixa de seleção por padrão, porque a maioria dos usuários não precisa de quadros de referência personalizados.



DRFs personalizados não estão disponíveis para a norma ASME Y14.5 1994.

Para mais informações sobre quadros de referência personalizados e as regras associadas, consulte a ASME Y14.5 2018 seção 7.22 e as figuras 7-55, 7-56 e 7-57.

Opções adicionais

Caixa de seleção Modificadores avançados

Essa caixa de seleção não fica disponível se você seleciona a norma ASME Y14.5 1994 como seu padrão de GD&T. Para todos os demais padrões de GD&T, essa opção fica localizada no painel de edição de tolerância, conforme mostrado aqui:

Advanced Modifiers

As tolerâncias de posição e perfil têm uma caixa de seleção **Modificadores avançados**. Se você marca esta caixa de seleção, o PC-DMIS habilita o acesso a modificadores de translação (ASME), a modificadores de limite de material especificados (ASME) e ao modificador [DF] (ISO). Ele também remove o acesso aos quadros de referência personalizados. Esta caixa de seleção está desmarcada por padrão, porque a maioria dos usuários não precisa desses modificadores avançados.

Caixa de seleção DRF personalizado

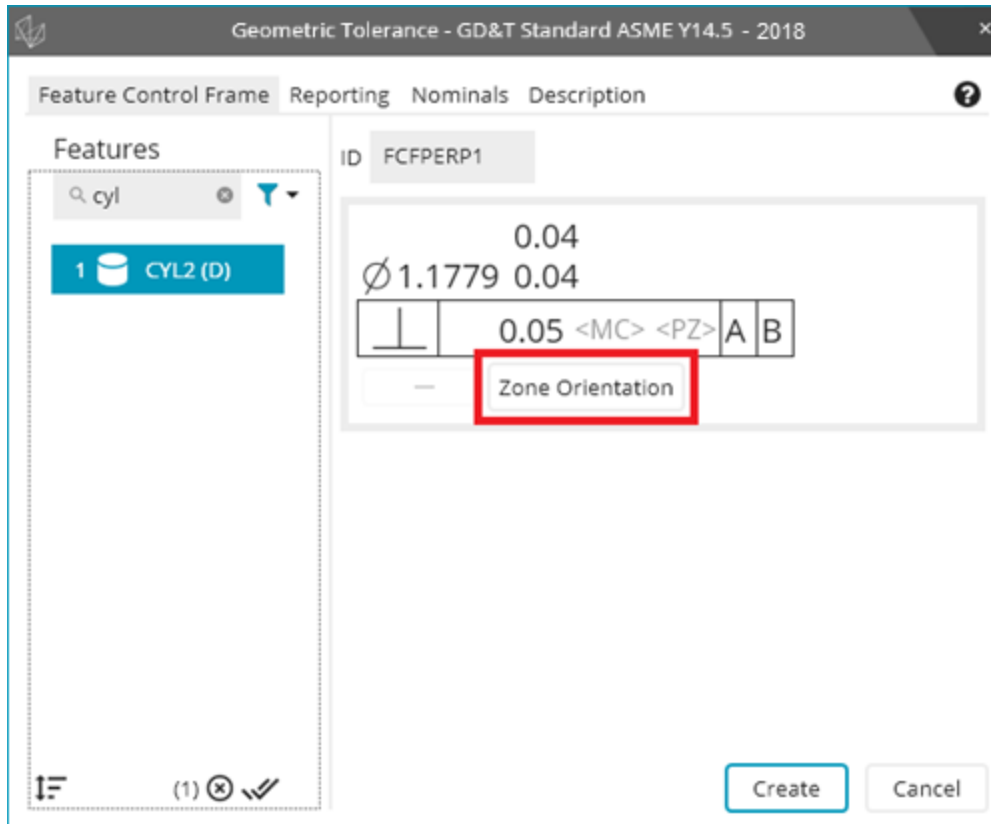
Essa caixa de seleção não fica disponível quando você seleciona a norma ASME Y14.5 1994 ou a ISO 1101 2012/2017 como seu padrão de GD&T. Para todos os demais padrões de GD&T, essa opção fica localizada no painel de edição de tolerância, conforme mostrado aqui:

Customized DRF

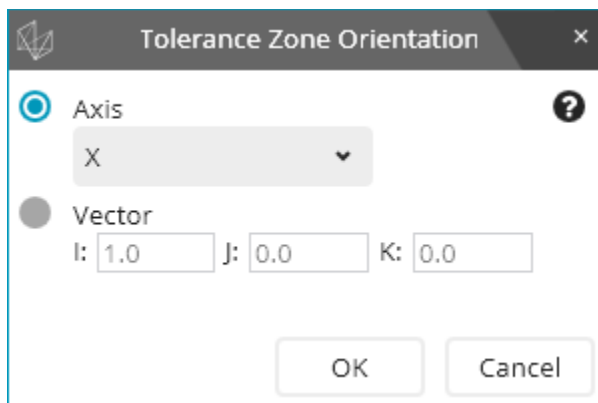
As tolerâncias de posição e perfil de ASME têm uma caixa de seleção **DRF personalizado**. Se você marca esta caixa de seleção, o PC-DMIS habilita o acesso a quadros de referência personalizados e remove o acesso a modificadores avançados de referências. Essa caixa de seleção está desmarcada por padrão, porque a maioria dos usuários não precisa de quadros de referência personalizados.

Orientação da zona

Quando faz sentido o símbolo da forma da zona de tolerância, o tipo de tolerância e os elementos considerados, o botão **Orientação da zona** fica visível:



Se você clicar no botão **Orientação da zona**, a caixa de diálogo **Orientação da zona de tolerância** será exibida. Esta caixa de diálogo permite controlar a orientação da zona de tolerância:



A caixa de diálogo **Orientação da zona de tolerância** permite definir o vetor normal da superfície da zona de tolerância planar ou o vetor do eixo da zona de tolerância diamétrica. A lista suspensa **Eixo** é para quando o vetor estiver ao longo dos eixos X, Y ou Z (respectivamente). Como alternativa, você pode selecionar um vetor arbitrário com a opção **Vetor** e as caixas abaixo dele.

Uso de tolerâncias geométricas

Por exemplo, se uma tolerância de posição controla o componente X da posição (zona de tolerância plana), o vetor normal da superfície da zona de tolerância deve ser X.

O vetor de orientação da zona está sempre em coordenadas parciais, nunca em coordenadas do quadro de referência. Também é sempre normalizado (com comprimento igual a 1) e sempre compatível com a orientação do elemento considerado.

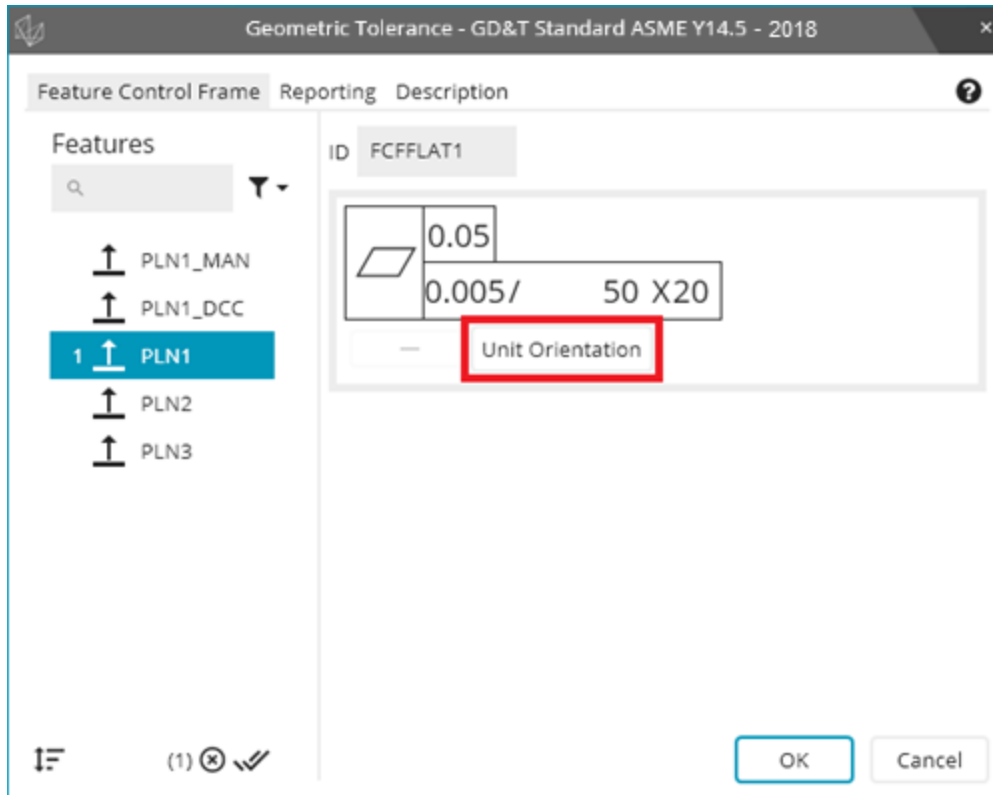
Para selecionar uma zona de tolerância polar (arco radial ou perpendicular a radial), clique no botão **Orientação da zona** e, na lista suspensa **Eixo**, selecione **Arco radial** ou **Ângulo reto para radial**.

Orientação da unidade

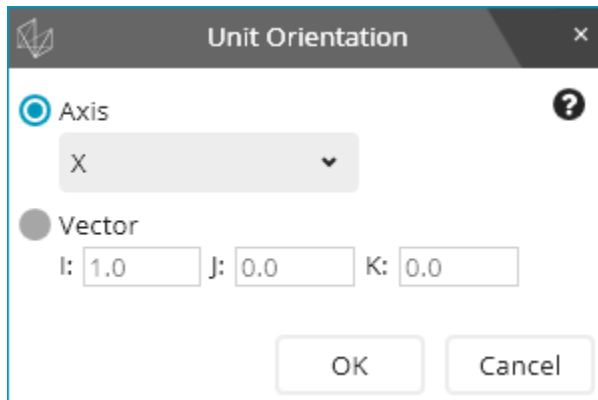
As tolerâncias de planicidade por unidade têm unidades quadradas ou retangulares, como descrito no tópico "Planicidade". O comando de tolerância geométrica precisa saber como orientar a unidade na superfície planar. Você pode ativar a planicidade por unidade usando o sinal de mais que adiciona um segmento inferior:



O botão **Orientação da unidade** fica visível:



Se você clica no botão **Orientação da unidade**, a caixa de diálogo **Orientação da unidade** é exibida. Essa caixa de diálogo permite que você controle a orientação da unidade:



A caixa de diálogo **Orientação da unidade** permite que você defina o vetor de orientação da unidade. Para mais informações, consulte "Planicidade por unidade no tópico "Planicidade".

Meio ângulo do cone

Essa caixa de seleção está no painel de edição de tolerância e tem este aspecto:

Uso de tolerâncias geométricas

☒ Half Cone Angle 45

Para tolerâncias de desvio circular em círculos, o comando de tolerância geométrica permite tratar o círculo como uma seção transversal de um cone em vez de uma seção transversal de um cilindro. Para fazer isso, você pode selecionar a caixa de seleção **Meio ângulo do cone** e digitar um valor angular para o meio ângulo do cone. Para obter mais informações, especialmente o significado do sinal do meio ângulo do cone, consulte "Desvio circular".

Circularidade versus Conicidade

A caixa de seleção **Conicidade** está no painel de edição de tolerância e tem este aspecto:

☐ Conicity

Conforme discutido no tópico "Circularidade", o PC-DMIS pode avaliar as tolerâncias de circularidade nos cones como circularidade verdadeira ou conicidade. Por padrão, ele é avaliado como circularidade verdadeira, mas você pode alterá-lo para conicidade marcando esta caixa de seleção.

Slots longitudinais versus transversais

Estas opções na esquerda e direita aparecem dentro do painel de edição de tolerância se os elementos considerados são slots:



A opção na esquerda considera o slot no sentido transversal. O tamanho do slot é a sua largura, e a zona de tolerância controla a posição do slot na direção da largura.

A opção na direita considera o slot no sentido longitudinal. O tamanho do slot é o seu comprimento, e a zona de tolerância controla a posição do slot na direção do comprimento.

Pontos medianos versus eixo

Essas opções aparecem dentro do painel de edição de tolerância se você tiver tolerância de concentricidade ou simetria com a norma ASME:

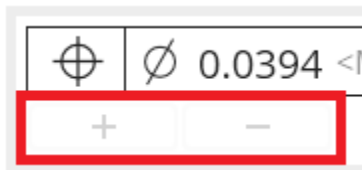
☒ Median Points ☐ Axis

Para tolerâncias de concentricidade e simetria da ASME Y14.5 1994 ou ASME Y14.5 2009, quando os elementos considerados possuem dados de superfície, o PC-DMIS pode interpretá-los em termos de **Pontos medianos** ou em termos de **Eixo**. Você pode escolher a opção desejada para controlar a interpretação. **Pontos medianos** é o padrão.

Adicionar e remover segmentos

Sob o Editor de quadros de controle de elementos, há botões **+** e **-** para adicionar e remover segmentos, respectivamente. Quando não faz sentido adicionar mais segmentos, o botão **+** não está disponível.

Os botões têm este aspeto:



Você pode usar esses botões para criar tolerâncias de posição composta, tolerâncias de perfil composto e tolerâncias por unidade.

Seção de informação

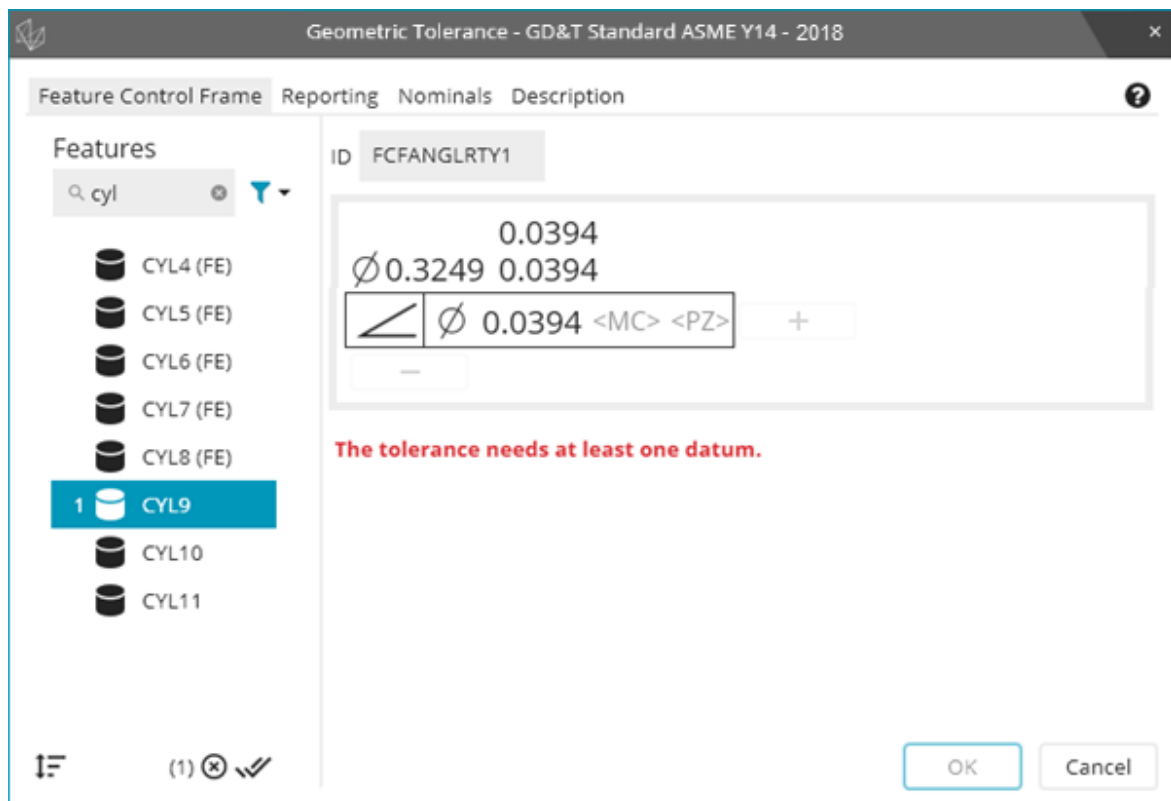
Sob todas essas opções de quadro de controle de elementos, o PC-DMIS mostra mensagens de erro, advertências e outras mensagens informativas. Para obter informações sobre como resolver mensagens de erro ou aviso, consulte "Resolução de problemas de mensagens de erro e avisos".

Mensagens de erro - As mensagens de erro são exibidas em **vermelho**.

Quando há uma mensagem de erro, você não pode clicar em **Criar** ou **OK** na caixa de diálogo.

As mensagens de erro têm este aspeto:

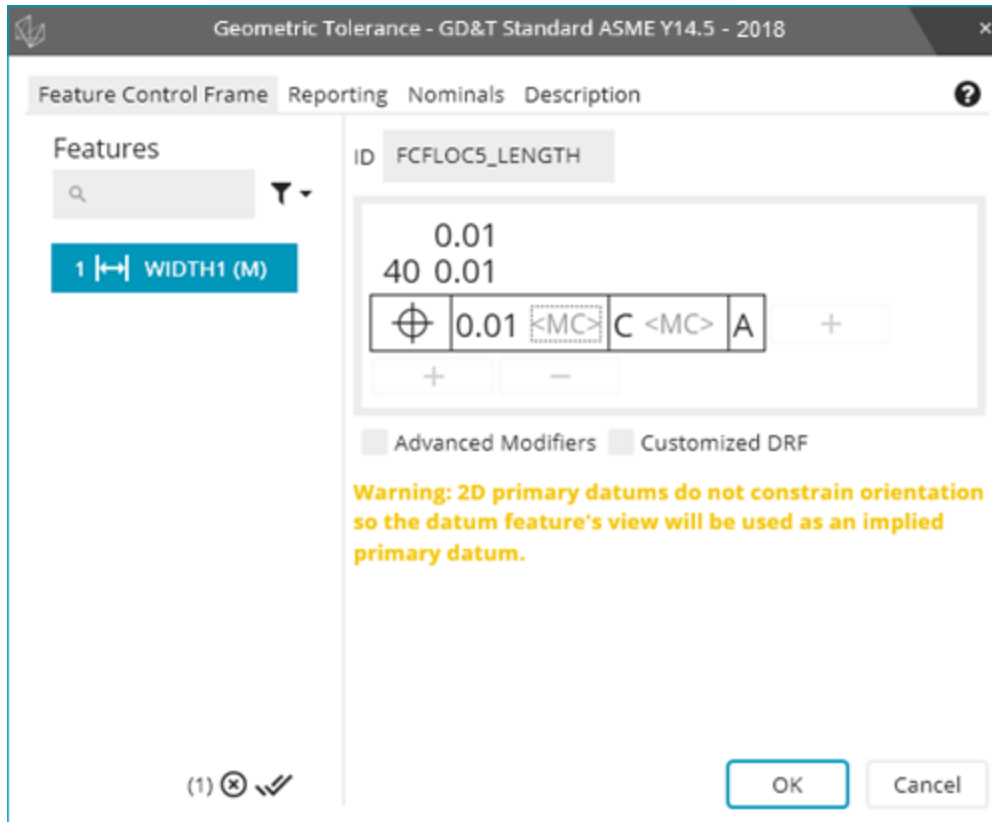
Uso de tolerâncias geométricas



Mensagens de aviso - As mensagens de aviso são exibidas em **amarelo**.

Quando houver uma mensagem de aviso, você pode pressionar **Criar** ou **OK** na caixa de diálogo.

As mensagens de erro têm este aspeto:

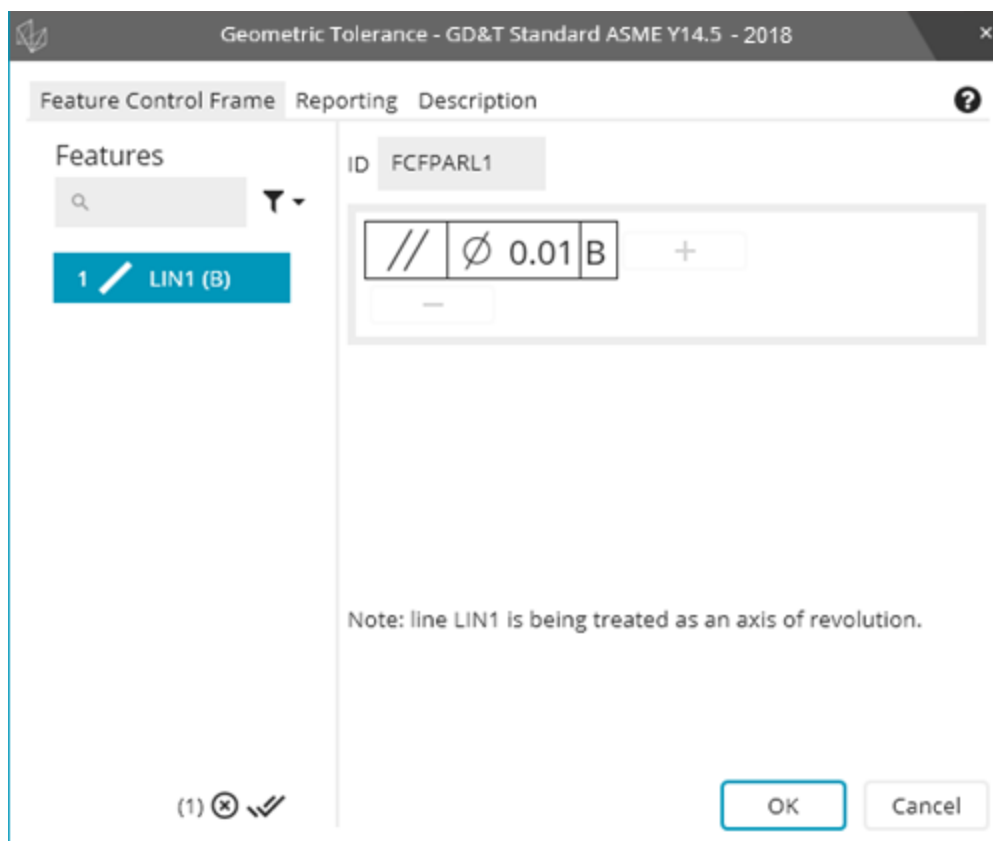


Mensagens de interpretação - As mensagens de interpretação aparecem em preto.

As mensagens de interpretação aparecem quando você usa um elemento de linha construída como um elemento de referência ou como um elemento considerado. A mensagem informa se o PC-DMIS interpreta o elemento como uma linha em uma superfície (por ex., uma seção transversal de uma superfície planar) ou como um eixo de rotação (por ex., um eixo sem superfície). Para mais informações sobre quais tipos de linha são considerados uma linha em uma superfície e quais são considerados como um eixo de rotação, consulte "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".

As mensagens de interpretação têm esta aparência:

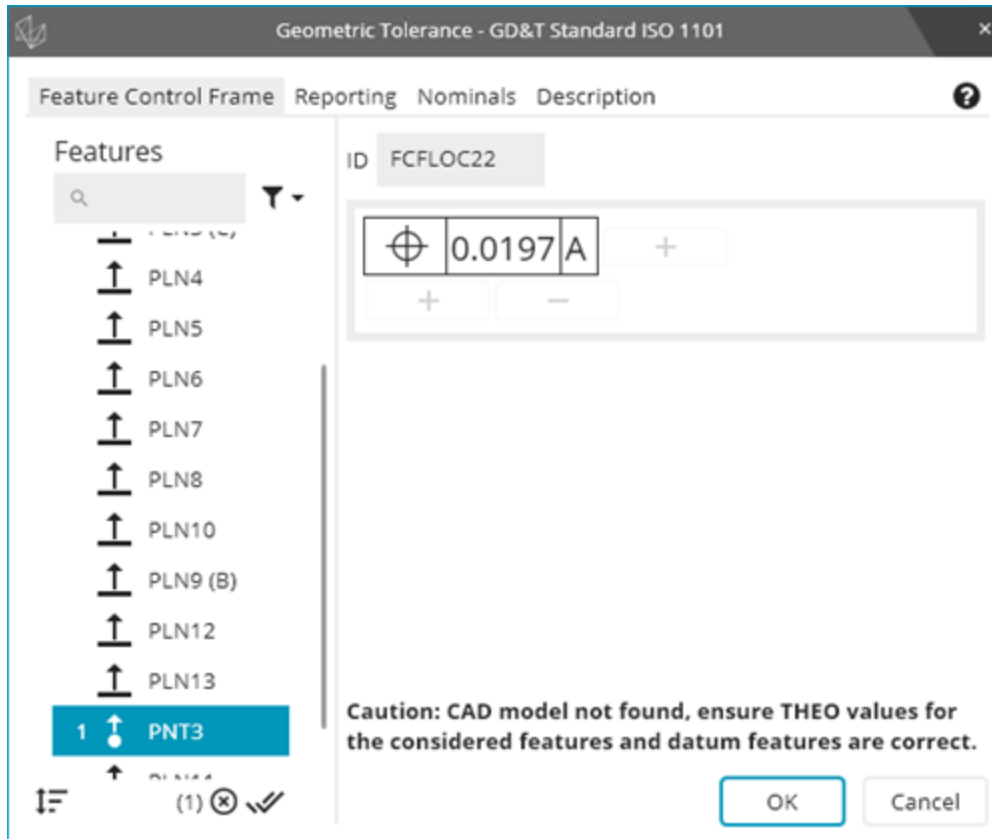
Uso de tolerâncias geométricas



Mensagens de aviso de CAD - Há um tipo adicional de mensagem de aviso que aparece em preto logo acima dos botões de comando principais na caixa de diálogo.

Se você não possui um modelo CAD, o PC-DMIS não pode garantir que os valores THEO do seu programa estejam todos corretos. A caixa de diálogo **Tolerância geométrica** mostra uma mensagem de aviso que alerta para garantir que todos os valores THEO estejam corretos. Você ainda pode clicar em **Criar** ou **OK** na caixa de diálogo.

Esse aviso de CAD tem este aspeto:

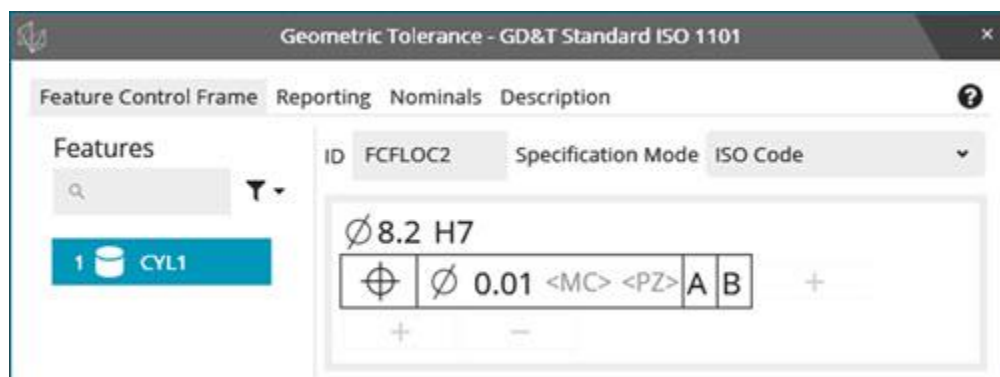


Modo de especificação

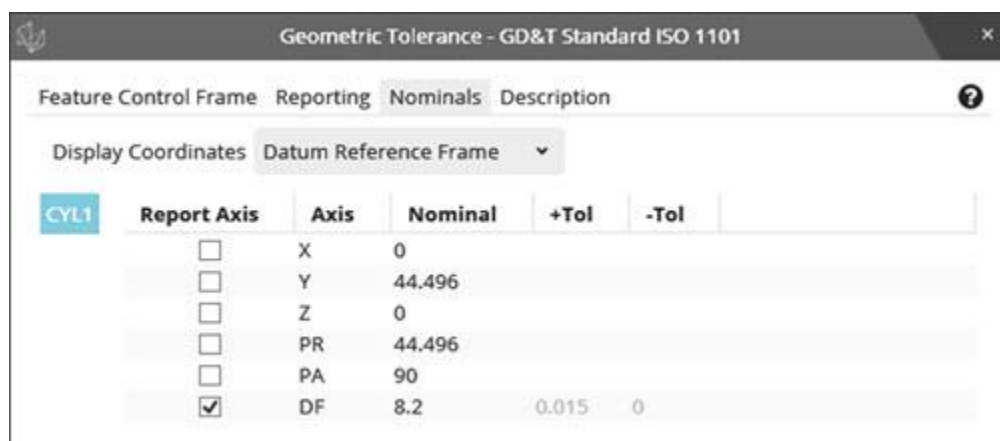
A lista **Modo de especificação** controla o editor de **Tolerância de tamanho**. Para um elemento de tamanho, quando você seleciona a opção **Valores nominais com desvio**, as tolerâncias são inseridas conforme descrito na seção "O editor de tolerância de tamanho".

Quando você seleciona a opção **Código ISO**, o editor de tolerância de tamanho mostra um código ISO H7 padrão. Digite o limite apropriado, conforme definido na norma ISO 286-1. O padrão ISO 286-1 define centenas de códigos de tolerância que se parecem um pouco com "E9" e "H7". A norma ISO 286-1 diferencia maiúsculas de minúsculas, por exemplo, furos são maiúsculas e eixos são minúsculas. Você pode digitar os códigos da norma em maiúsculas ou minúsculas. O PC-DMIS determina se o elemento considerado é do tipo interno ou externo e corrige automaticamente sua entrada usando maiúscula ou minúscula, se necessário.

Uso de tolerâncias geométricas



Na guia **Valores nominais**, o PC-DMIS mostra a tolerância apropriada com base no tamanho nominal.

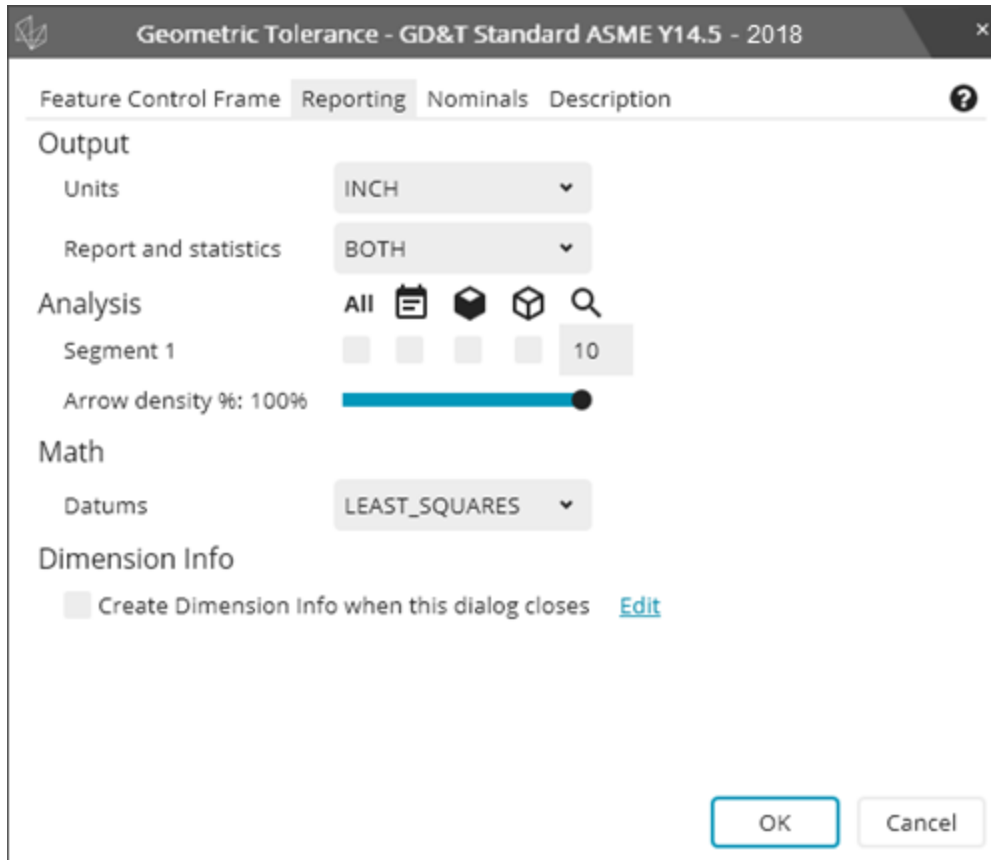


Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol
<input type="checkbox"/>	X	0		
<input type="checkbox"/>	Y	44.496		
<input type="checkbox"/>	Z	0		
<input type="checkbox"/>	PR	44.496		
<input type="checkbox"/>	PA	90		
<input checked="" type="checkbox"/>	DF	8.2	0.015	0

Guia Relatórios

Introdução

A guia **Relatório** da caixa de diálogo **Tolerância geométrica** possui várias opções para controlar como o PC-DMIS avalia e relata os cálculos. A guia **Relatórios** se parece com isso:



Saída

A área **Saída** da guia **Relatórios** possui estas duas listas suspensas:

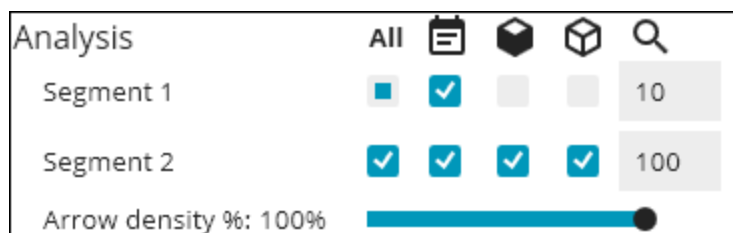
Unidades - Isso permite que você inclua resultados em polegadas ou mm, independentemente das dimensões da rotina de medição.

Relatório e estatísticas - Permite enviar os resultados para **RELATÓRIO**, para as **ESTATÍSTICAS**, para **AMBOS** ou **NENHUM**.

Análise


A área **Análise** da guia **Relatórios** permite controlar as opções de análise textual e gráfica. Há uma linha de caixas de seleção para cada segmento do comando de tolerância geométrica. Por exemplo, com dois segmentos, a área **Análise** fica assim:


Uso de tolerâncias geométricas





O ícone acima de cada coluna de caixas de seleção é um rótulo para o tipo de análise que essa coluna de caixas de seleção controla:

All - Selecionar ou cancelar seleção seleciona ou cancela a seleção da linha inteira de caixas de seleção.

 - Isso ativa ou desativa a análise textual. Você pode passar o ponteiro do mouse sobre o ícone para ver uma dica de ferramenta para análise de texto em relatório.

 - Isso ativa ou desativa a análise gráfica de CAD. Você pode passar o ponteiro do mouse sobre o ícone para ver uma dica de ferramenta que é para análise gráfica de CAD.

 - Isso ativa e desativa a análise gráfica do relatório. Você pode passar o ponteiro do mouse sobre o ícone para ver uma dica de ferramenta que é para análise gráfica de relatório.

 - Estas caixas mostram os valores numéricos dos multiplicadores de setas para cada segmento.

Barra deslizante **Densidade % da seta** - Você pode usar esta barra deslizante para ajustar o valor percentual da densidade da seta.

Matemático

A área **Matemática** da guia **Relatórios** permite controlar as opções de matemática para avaliar a tolerância geométrica. As opções de técnicas matemáticas disponíveis dependem da norma que você seleciona: ASME ou ISO.

Math		Math	
Datums	LEAST_SQUARES ▼	Datums	DEFAULT ▼
Considered Features	DEFAULT ▼	Associated Features	DEFAULT ▼
		Size	DEFAULT ▼

Área Técnica matemática mostrando ASME (à esquerda) e ISO (à direita)

Técnicas matemáticas para ASME

A lista **Recursos considerados** controla a matemática para resolver tolerâncias de tamanho e/ou criar o elemento tolerado a partir do elemento considerado. Está disponível quando os elementos considerados possuem dados de superfície e (a) há uma tolerância de tamanho ou (b) o elemento tolerado é diferente do elemento considerado. Para obter detalhes sobre o significado das opções, consulte "Derivar o elemento tolerado" e "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".

A lista **Zona de tolerância** (não ilustrada) controla a matemática para otimizar o elemento tolerado na zona de tolerância. Ele aparece para tolerâncias de formulário e tolerâncias de perfil sem uma referência. Para mais detalhes sobre o significado das opções, consulte estes tópicos:

- Circularidade
- Cilindricidade
- Planicidade
- Perfil de uma linha
- Perfil de uma superfície
- Retilidade

Técnicas matemáticas para ISO

A lista **Elementos associados** controla a matemática para criar o elemento tolerado a partir do elemento considerado. Está disponível quando os elementos considerados possuem dados de superfície e (a) há uma tolerância de tamanho ou (b) o elemento tolerado é diferente do elemento considerado. Para obter detalhes sobre o significado das opções, consulte os tópicos "Derivação do elemento tolerado" e "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core.

A lista **Tamanho** controla a matemática usada para resolver tolerâncias de tamanhos. Está disponível quando os elementos considerados possuem dados de superfície e (a) há uma tolerância de tamanho ou (b) o elemento tolerado é

diferente do elemento considerado. Para obter detalhes sobre o significado das opções, consulte os tópicos "Derivação do elemento tolerado" e "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica", na documentação do PC-DMIS Core.

A lista **Zona de tolerância** (não ilustrada) controla a matemática para otimizar o elemento tolerado na zona de tolerância. Ela aparece para todas as tolerâncias de forma e tolerâncias de perfil sem referências.

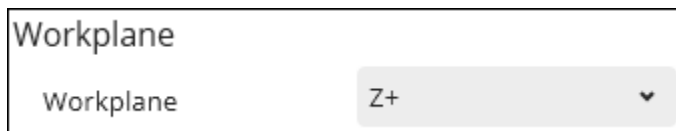
Áreas de Tamanho ou Plano de trabalho

A área **Tamanho** da guia **Relatório** está disponível para a maioria dos elementos.. Ela permite que você controle se deseja ou não inserir tamanhos locais no relatório. Pode ter este aspeto:



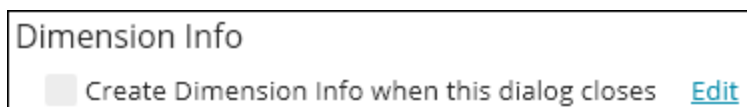
A opção **Tamanho local** está **ATIVADA** ou **DESATIVADA**. Está disponível para elementos considerados com dados de superfície, quando há uma tolerância de tamanho. Para obter mais informações, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".

Para outros elementos, como Perfil de linha, a área **Tamanho** muda para a área **Plano de trabalho**, que permite que você selecione o plano de trabalho na lista. Pode ter este aspeto:



Informações de dimensão

A área **Informações da dimensão** da guia **Relatórios** tem este aspeto:



Se você marcar a caixa de seleção, o PC-DMIS inserirá um comando de informação de dimensão em sua rotina de medição após o comando de tolerância geométrica. Você pode clicar em **Edição** à direita da caixa de seleção para modificar as opções de comando de informações da dimensão.

Guia Valores nominais

Introdução

A guia **Valores nominais** da caixa de diálogo **Tolerância geométrica** está disponível para tolerâncias de posição e tolerâncias geométricas que têm uma tolerância de tamanho.

Tem este aspeto:

Feature	Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol
CYL2 CYL3	<input type="checkbox"/>	X	0		
	<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10		
	<input type="checkbox"/>	Z	0		
	<input type="checkbox"/>	PR	10		
	<input type="checkbox"/>	PA	180		
	<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2
	<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4
	<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02

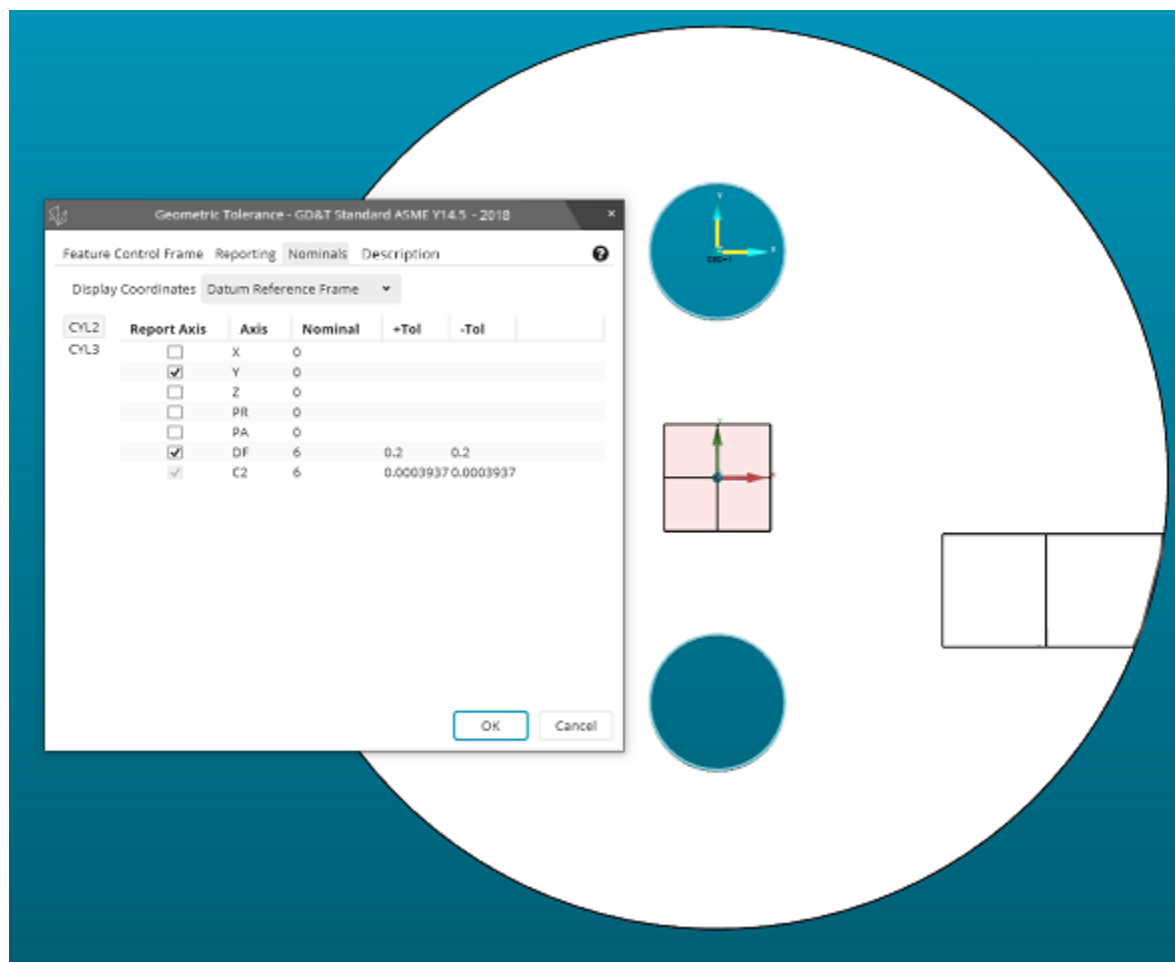
Exibir coordenadas

A lista controla o sistema de coordenadas em que os valores nominais são registrados. Você pode alternar entre **Quadro de referência** e **Alinhamento atua** para mudar os valores nominais mostrados.

Após você clicar em **OK** ou **Criar**, o PC-DMIS troca o sistema de coordenadas em que os resultados são registrados.

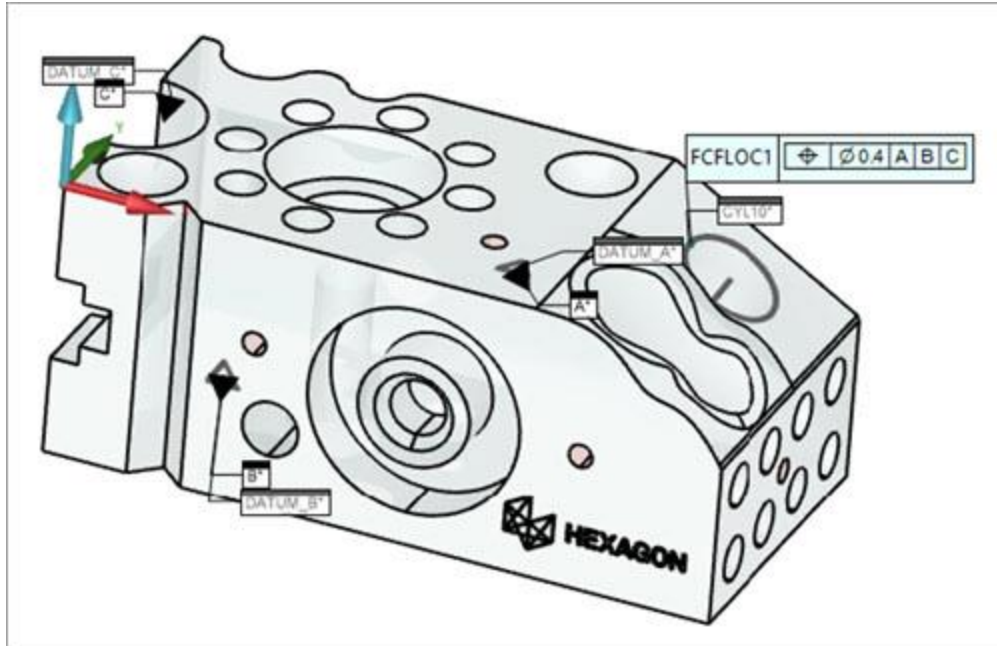
Você pode visualizar os dois sistemas de coordenadas na janela Exibição de gráficos, desta maneira:



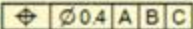

Uso de tolerâncias geométricas



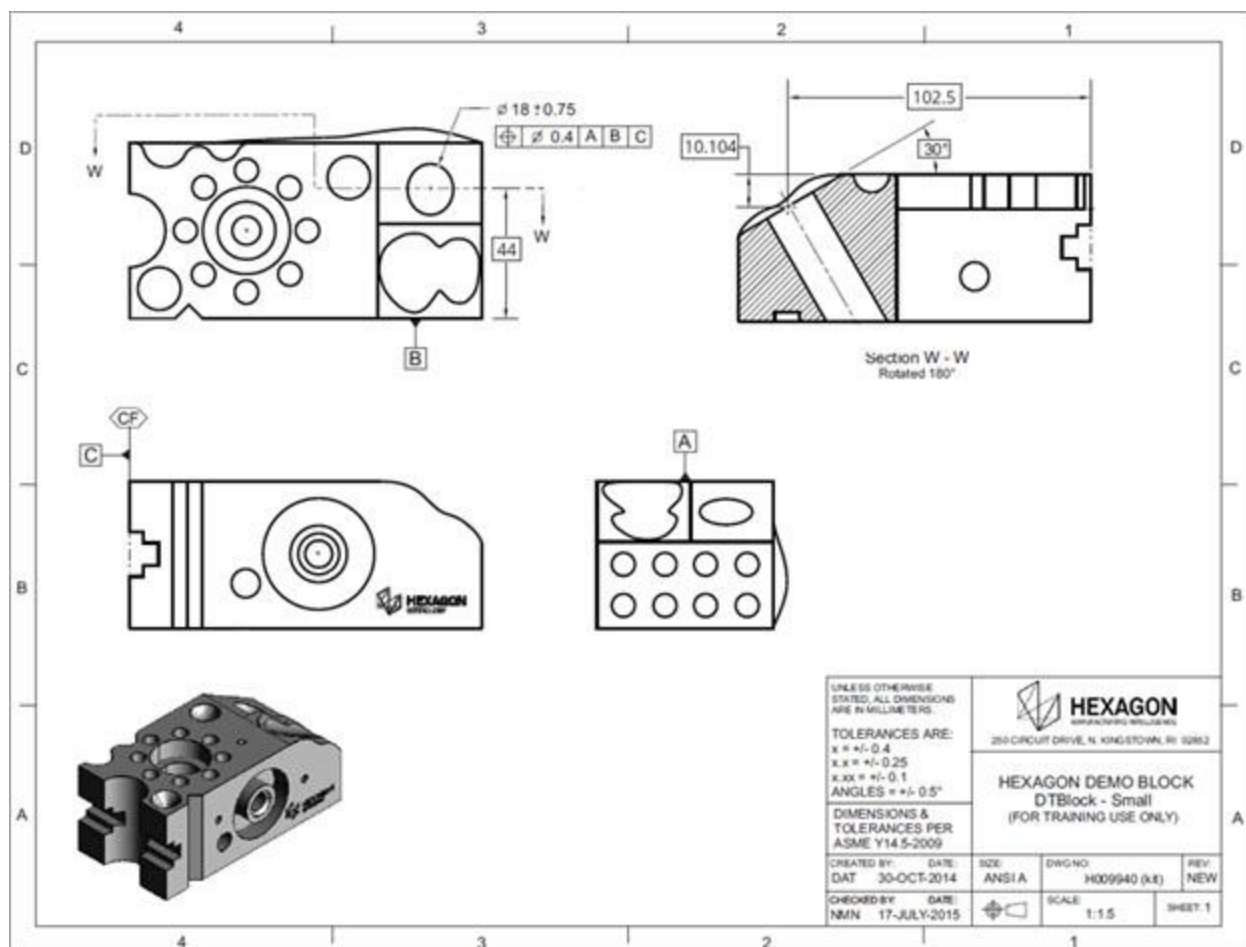
No exemplo mostrado acima, o triedro para o alinhamento atual está no centro da peça. O triedro para o sistema de coordenadas do quadro de referência é mostrado no furo superior.

A opção **Alinhamento atual** pode ser útil para casos em que a localização ou orientação do triedro do quadro de referência não corresponde aos eixos mostrados no desenho. Ela pode também servir para fornecer informações de ajustes à produção. Veja a localização e orientação do triedro do quadro de referência para a seguinte tolerância de posição.



		PART NAME : POSITION_EXAMPLE					April 16, 2024	12:50	
		REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1			
FCFLOC1 Size		MM	Ø 18 +0.75/-0.75					DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL			
CYL10	18.000	0.750	0.750	18.000	0.000	0.000			
FCFLOC1		MM						DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS	
	X	102.500			102.564	0.064			
	Y	44.000			43.980	-0.020			
	Z	-10.104			-10.141	-0.037			
CYL10 (START PT)	TP	0.000	0.400	0.000	0.154	0.154	0.000	0.000	

Uso de tolerâncias geométricas

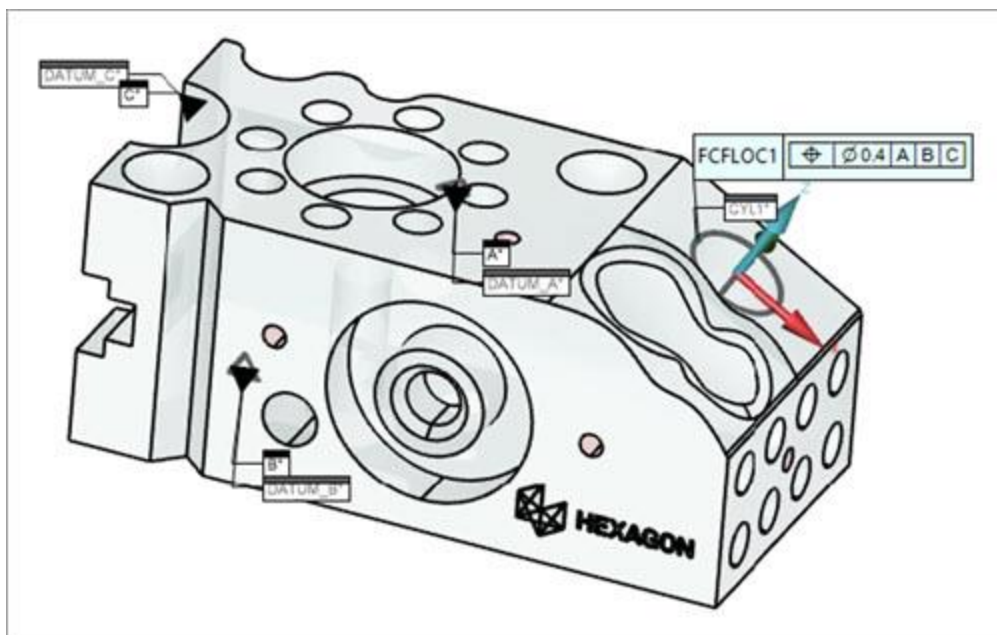






Apesar das coordenadas X, Y e Z exibidas na tabela resumo corresponderem às dimensões básicas no desenho, frequentemente é mais útil criar um alinhamento centrado e orientado ao furo. Após fazer isso, mude as coordenadas de exibição do **Quadro de referência** para **Alinhamento atual**, como mostrado abaixo.

```

A1      =ALIGNMENT/START,RECALL:STARTUP,LIST=YES
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,XAXIS,102.5
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,YAXIS,44
        ALIGNMENT/TRANS_OFFSET,ZAXIS,-10.104
        ALIGNMENT/ROTATE_OFFSET,30,ABOUT,YPLUS
        ALIGNMENT/END
FCFLOC1 =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ASME Y14.5-2018,SHOWEXPANDED=YES,
        DESCRIPTION=OFF,,
        FEATURE_MATH=DEFAULT,DATUM_MATH=DEFAULT,DISPLAY_COORDS=CURRENT_ALIGNMENT,
        UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
        SIZE/NOMINAL=18,UPPER TOLERANCE=0.75,LOWER TOLERANCE=0.75,
        REPORT_LOCAL_SIZE=OFF,
        CYL1:
          UAME SIZE:18.000,
          SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.4,_,_,<len>,_,A,B,_,C,_,
          TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,MULT=10,
          MEASURED:
            CYL1:0.154,
          ADD
          FEATURES/CYL1,,

```



	PART NAME : POSITION_EXAMPLE					April 16, 2024	11:38	
	REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1			
FCFLOC1 Size		MM	Ø 18 +0.75/-0.75			DEFAULT	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL 1	18.000	0.750	0.750	18.000	0.000	0.000		
FCFLOC1		MM				DEFAULT	ASME Y14.5 2018	
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL 1 (END PT)	X	-0.000			0.074	0.074		
	Y	0.000			-0.020	-0.020		
	Z	0.000			0.000	0.000		
	TP	0.000	0.400	0.000	0.154	0.154	0.000	

Uso de tolerâncias geométricas

Os valores de desvio X, Y e Z são agora muito mais úteis para o operador de máquina, o qual pode agora ver quanto ajuste é necessário em cada direção para aproximar mais a posição do furo ao valor nominal.

Observe que nos dois exemplos, o valor the MED TP permanece o mesmo (0,154 mm). As coordenadas de exibição não afetam o cálculo de tolerâncias geométricas ou ajustes de referência, elas afetam somente o modo como os dados são apresentados no relatório.

O triedro não é atualizado dinamicamente enquanto a caixa de diálogo **Tolerância geométrica** está sendo usada. Você precisa clicar em **Criar** ou **OK** para ver o triedro atualizado.

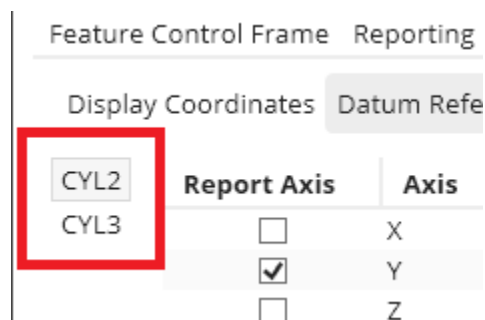
Tabela de valores nominais

A tabela de itens permite que você faça o seguinte:

- Visualize as localizações nominais dos elementos considerados no sistema de coordenadas escolhido.
- Controle as tolerâncias de tamanho dos elementos considerados e elementos de referência.
- Controle quais eixos incluir no relatório.

Selecione o elemento considerado

Você pode usar as guias na esquerda para controlar qual elemento considerado quer visualizar. Cada elemento tem uma pequena guia que pode ser clicada, desta maneira:



Cada guia de elemento permite que você visualize a localização nominal de tal elemento considerado.

Coluna Eixo no relatório

A coluna **Eixo no relatório** da tabela de valores nominais determina se o eixo deve ser incluído ou não no relatório. Você pode marcar as caixas de seleção para mostrar a informação desejada.

Coluna Eixo

A coluna **Eixo** da tabela de valores nominais contém os nomes dos eixos disponíveis para inserção no relatório. Os nomes têm os seguintes significados:

- **X** - Significa a coordenada X.
- **Y** - Significa a coordenada Y.
- **Z** - Significa a coordenada Z.
- **PR** - Significa o raio polar.
- **PA** - Significa o ângulo polar.
- **DF** = Significa o diâmetro do elemento (ou tamanho).

Como pode ver na imagem abaixo, os nomes das referências também estão na coluna de eixos:

Report Axis	Axis	Nominal	+Tol	-Tol	
<input type="checkbox"/>	X	0			
<input checked="" type="checkbox"/>	Y	10			
<input type="checkbox"/>	Z	0			
<input type="checkbox"/>	PR	10			
<input type="checkbox"/>	PA	180			
<input checked="" type="checkbox"/>	DF	6	0.1	0.2	
<input checked="" type="checkbox"/>	A	40	0.4	0.4	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	5	0.03	0.02	

Somente elementos de referência de tamanho aparecem. A caixa de seleção **Eixo no relatório** não está disponível para tais linhas.

Coluna Valores nominais

A coluna **Valores nominais** contém os valores nominais dos eixos a serem inseridos no relatório, e os tamanhos nominais dos elementos de referência de tamanho.

Coluna Tol+

A coluna **Tol+** da tabela de nominais contém as tolerâncias de tamanhos positivas dos elementos considerados e elementos de referência de tamanho. Se você mudar esse valor, leia a observação abaixo.

Coluna Tol-

A coluna **Tol-** da tabela de nominais contém as tolerâncias de tamanhos negativas dos elementos considerados e elementos de referência de tamanho. Se você mudar esse valor, leia a observação abaixo.



Quando você edita a tolerância superior ou inferior de um elemento na janela Edição ou na caixa de diálogo **Tolerância geométrica (Quadro de controle do elemento** ou guia **Valores nominais**) e o mesmo elemento é usado como referência ou como um elemento considerado, o PC-DMIS exibe uma mensagem perguntando se você deseja aplicar as mesmas mudanças a todos os comandos subsequentes que fazem referência a tal elemento.

Por exemplo:

Tolerâncias

A tolerância de tamanho para CIL1 foi mudada. Deseja aplicar a mesma mudança em todos os comandos subsequentes que fazem referência a CIL1?

Sim Não

Se você clica em **Sim**, o PC-DMIS atualiza as tolerâncias de tamanho para os comandos de tolerância geométrica abaixo da posição do cursor que faz referência ao mesmo elemento, seja um elemento considerado ou uma referência.

Se você clica em **Não**, o PC-DMIS atualiza somente as tolerâncias de tamanho editadas. O PC-DMIS não atualiza os respectivos comandos de tolerância geométrica abaixo da posição do cursor que usa o mesmo elemento editado, seja um elemento considerado ou uma referência.

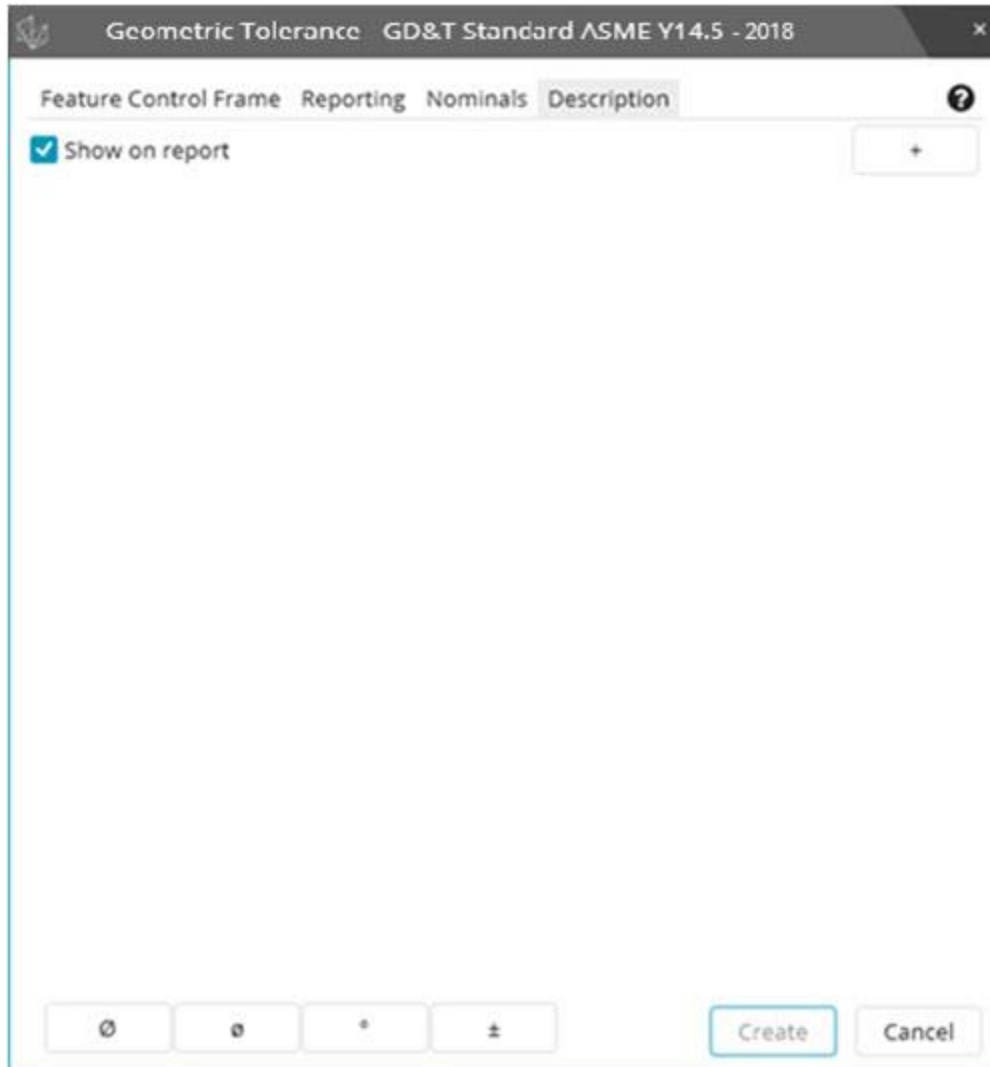
A caixa de seleção **Tolerâncias negativas mostram negativo** na guia **Dimensão** da caixa de diálogo **Opções de configuração** aplica-se aqui do mesmo modo que na guia **Quadro de controle do elemento**. Para mais informações, consulte o tópico "Guia Quadros de controle de elementos".

- Quando desmarcadas, as tolerâncias negativas são tipicamente positivas.
- Quando selecionadas, as tolerâncias negativas são tipicamente negativas.

Guia Descrição

Se você tem experiência em criar comentários no comando MedidaExata, a funcionalidade da guia **Descrição** na caixa de diálogo **Tolerância geométrica** pode parecer familiar, mas essa guia é mais útil do que a funcionalidade anterior. Você não mais precisa descrever elementos ou dimensões em seus nomes de ID. Isso pode torná-los extremamente longos e complicados. A guia **Descrição** fornece uma forma de

se vincular dimensões a chamadas em impressões, sem a necessidade de nomes de elementos ou dimensões longos e descritivos.



Essa guia permite criar campos de texto puros, que podem ser usados para vincular dimensões a impressões. Você pode usar qualquer símbolo ou caractere, pois esses campos são estritamente para texto. Os botões de símbolos na parte inferior da caixa de diálogo permitem inserir símbolos utilizados comumente.



Você precisa resolver alguns erros encontrados na guia **Quadro de controle do elemento** antes de o PC-DMIS ativar o botão **Criar** nessa caixa de diálogo.

Para criar um texto de **Descrição**:

Uso de tolerâncias geométricas

1. Clique no botão Adicionar (+) no canto superior direito da caixa de diálogo para criar e abrir um novo campo de texto de descrição.
2. Digite o texto que deseja no campo. Use os botões de símbolos conforme necessário para inserir símbolos específicos.
3. Pressione a tecla Enter ou clique no botão Adicionar (+) novamente para adicionar um novo campo de texto de descrição. Para excluir um campo, selecione-o e clique no botão Remover (-).
4. Marque a caixa de seleção **Mostrar no relatório** para incluir o texto de descrição no relatório.
5. Clique no botão **Criar** para criar o campo de descrição.

Tipos de tolerância geométrica

Há 14 tipos de tolerância geométrica, frequentemente agrupadas nestas cinco categorias: Forma, Orientação, Localização, Perfil e Batimento.

Os tópicos de tolerância abaixo descrevem cada tipo de tolerância. Esses tópicos fornecem detalhes sobre o que cada tipo significa, os modificadores permitidos e as opções de comando permitidas.

Forma

Tolerâncias de forma são as mais simples, pois não aludem a referências:

- Circularidade
- Cilindricidade
- Planicidade
- Retilidade

Orientação

- Angularidade
- Paralelismo
- Perpendicularidade

Local

- Concentricidade
- Posição
- Simetria

Perfil

- Perfil de uma linha
- Perfil de uma superfície

Batimento

- Batimento circular
- Batimento total

Você pode encontrar mais informações nestes tópicos:

- Tipos de elementos com e sem dados de superfície
- Como o PC-DMIS soluciona e usa referências
- Derivar o elemento tolerado

Valores reais e medidos

Para cada tipo de tolerância geométrica, há "valores reais" e "valores medidos".

Um *valor real* é referente a especificação e é definido por um padrão de especificação como ASME Y14.5.1 ou ISO 1101. Um valor real usa todos os pontos da superfície, sem ter incerteza de medição. Esse valor nos informa se a superfície está ou não em conformidade com sua especificação. Ele nos dá uma ideia de quão próxima uma superfície conforme está da não conformidade.

Um *valor medido* é uma aproximação da medida a um valor real. O valor medido usa alguns subconjuntos dos pontos da superfície. Cada ponto medido da superfície envolve uma incerteza de medição. Os algoritmos usados para derivar o valor medido podem ou não ser semelhantes à definição matemática do valor real. Isso porque algumas vezes, a melhor aproximação da medida ao valor real usa técnicas matemáticas muito diferentes das usadas pelo valor real.

Para mais informações, consulte "Especificação versus Verificação".

Cilindricidade

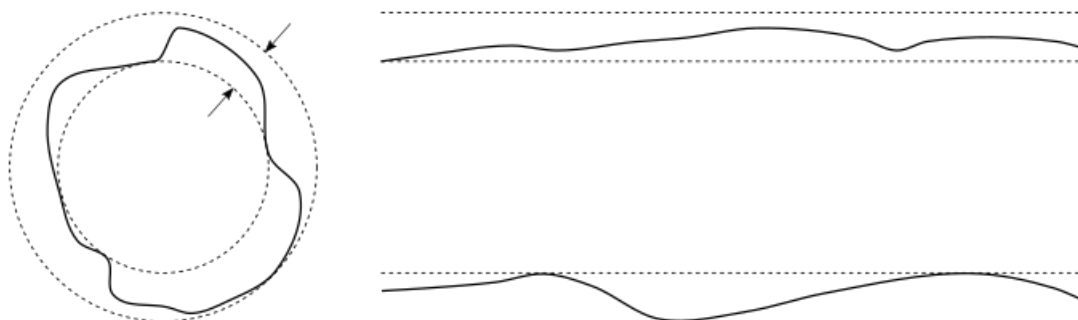
Introdução

Uma especificação de cilindridade controla quanto um elemento pode se desviar de um cilindro perfeito. Em outras palavras, a cilindridade avalia como o elemento é cilíndrico.

Uso de tolerâncias geométricas

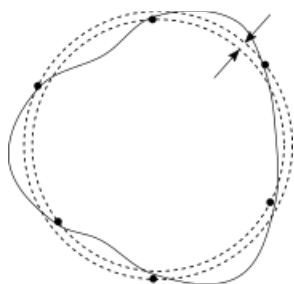
Valor real:

é a distância mínima entre dois cilindros concêntricos que contêm toda a superfície entre eles:



Valor medido:

é a distância entre dois cilindros concêntricos que contêm todos os pontos medidos entre eles. Uma rotina de melhor ajuste define o eixo dos dois cilindros. Dependendo da incerteza de medição, quantos pontos você mediu e de onde tirou os pontos, isso pode ser maior ou menor que o valor real. Este é um caso ilustrado em que poucos pontos foram medidos; portanto, o valor medido é menor do que o valor real:



Tipos de elemento permitidos

Você pode usar elementos cilíndricos com dados de superfície. Para detalhes sobre cilindros que possuem dados de superfície, consulte a seção "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".

Modificadores permitidos

Para a norma ASME, essa tolerância geométrica não permite o uso de modificadores.

Para a norma ISO, modificadores C ou G são permitidos. Para mais detalhes, consulte a seção "Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO" do tópico "Derivação de elementos tolerados", na documentação do PC-DMIS Core.

Opções expostas



O tipo matemático da zona de tolerância controla como calcular o eixo dos dois cilindros concêntricos:

PADRÃO - Faz o melhor ajuste da zona mínima (também chamado máximo e mínimo). Esse melhor ajuste encontra o eixo dos dois cilindros concêntricos que contêm os pontos entre eles que têm distância mínima entre eles. Portanto, esta opção produz o menor valor medido para avaliar a cilindridade. Também é matematicamente muito semelhante à especificação, porque se você mede pontos densamente e com alta precisão, o valor medido se aproxima do valor real. Para o padrão ISO, se você selecionar o modificador C, isso é equivalente à opção de técnica matemática **PADRÃO**.

MÍN QUAD - Isso faz com que os mínimos quadrados se encaixem melhor. Minimiza a soma dos quadrados dos desvios para um cilindro de mínimos quadrados. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente. Para o padrão ISO, se você selecionar o modificador G, isso é equivalente à opção de técnica matemática **MÍN QUAD**.

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de cilindridade:

FCFCYL1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CYL2	0.000000	0.010000		0.002315	0.002315	0.000000 

Planicidade

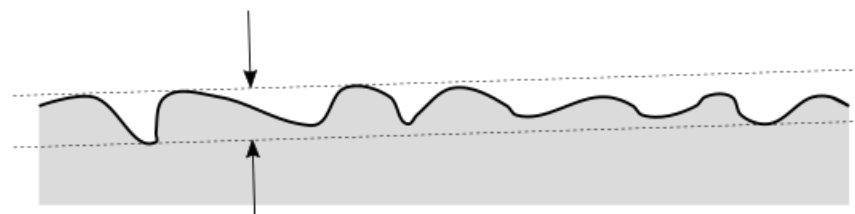
Introdução

Uma especificação de planicidade controla o quanto o elemento pode se desviar de ser perfeitamente plano. Ou seja, a planicidade avalia o quão plano é um elemento. O PC-DMIS somente aceita especificações de planicidade em planos.

Valor real:

Essa é a distância mínima entre dois planos paralelos que contêm toda a superfície entre eles.

Uso de tolerâncias geométricas



Valor medido:

Essa é a distância mínima entre dois planos paralelos que contêm todos os pontos medidos entre eles. Uma rotina de melhor ajuste determina a superfície normal aos dois planos. Dependendo da incerteza de medição, quantos pontos você mediu e de onde tirou os pontos, isso pode ser maior ou menor que o valor real. Este é um caso ilustrado em que poucos pontos foram medidos; portanto, o valor medido é menor do que o valor real:



Tipos de elemento permitidos

Você pode usar elementos planares que têm dados de superfície. Para mais detalhes sobre planos que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Modificadores permitidos

Para a norma ASME, essa tolerância geométrica não permite o uso de modificadores.

Para a norma ISO, modificadores C ou G são permitidos. Para mais detalhes, consulte a seção "Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO" do tópico "Derivação de elementos tolerados", na documentação do PC-DMIS Core.

Opções expostas

Para a norma ASME, a técnica matemática da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste.

Para a norma ISO, o modificador de associação de elementos de referência ou a técnica matemática da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste.


PADRÃO - Calcula um plano de melhor ajuste de zona mínima (também chamado mín-máx). Ele encontra o menor valor medido, dados os dados da superfície. Matematicamente, isso é muito similar à especificação, pois se os pontos foram medidos densamente e com alta precisão, o valor medido será

bastante próximo do valor real. Para o padrão ISO, se você selecionar o modificador C, isso é equivalente à técnica matemática **PADRÃO**.

MÍN QUAD - Calcula um plano de melhor ajuste de mínimos quadrados, minimizando a soma dos quadrados dos desvios ao plano de melhor ajuste. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente. Para o padrão ISO, se você selecionar o modificador G, isso é equivalente à técnica matemática **MÍN QUAD**.

Relatório

Exemplo de relatório para uma tolerância de planicidade:

FCFLAT1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1	0.000000	0.010000		0.000221	0.000221	0.000000

Tolerâncias de planicidade por unidade

Se você marca a caixa de seleção **por unidade**, a planicidade tem dois segmentos. O primeiro segmento (superior) é a planicidade geral, como descrito acima. O segmento inferior é a planicidade por unidade, que define o tamanho, a forma e a orientação de uma unidade. As tolerâncias por unidade controlam o quão plana é cada unidade do elemento tolerado.

Você deve fazer o seguinte:

- Selecione uma unidade quadrada ou retangular
- Escolha o tamanho, ou tamanhos, de cada unidade.
- Controle a orientação da unidade.

Controle da orientação da unidade

O vetor de orientação da unidade controla como a unidade é orientada dentro da superfície planar. Ele é sempre normalizado e sempre perpendicular à normal da superfície nominal do plano. Você pode editar o vetor usando o botão **Orientação da unidade** na guia **Quadro de controle do elemento** da caixa de diálogo **Orientação da unidade**. Para mais informações, consulte "Orientação da unidade" em "Guia Quadro de controle de elementos". Com uma unidade retangular, o vetor de orientação representa a direção da primeira dimensão da área da unidade. Por exemplo, se a área da unidade é 5x3, o vetor de orientação da unidade corresponde ao 5. Com uma unidade quadrada, o vetor representa a direção de um dos lados do quadrado.

Valor real:

Conceitualmente, o elemento tolerado inteiro é dividido em um número infinito de unidades sobrepostas. Cada unidade tem o tamanho, forma e orientação de unidade definidos. Cada unidade tem seu próprio valor real de planicidade. O valor real de planicidade para o elemento inteiro é o valor real da pior unidade.

Valor medido:

Há um grande número de unidade sobrepostas contendo subconjuntos dos pontos medidos. Para qualquer unidade, o valor medido é a distância mínima entre dois planos paralelos. Esses planos contêm o subconjunto de pontos medidos da unidade entre eles. Isso é o mesmo que a técnica matemática **PADRÃO** da zona de tolerância. A técnica matemática de mínimos quadrados da zona de tolerância não está disponível para tolerâncias por unidade.

O valor medido para todo o elemento é o valor medido da pior unidade.

O algoritmo que o comando de tolerância geométrica usa não verifica toda unidade possível. Em vez disso, ele faz uma pesquisa inteligente pela pior unidade. Ele sempre encontra a pior unidade. Isso pode ser feito com um tempo de cálculo muito menor do que se toda unidade possível fosse checada.

Comparação com práticas anteriores 1



No PC-DMIS 2020 R2 e versões posteriores, você pode controlar a orientação da unidade. Os vetores de orientação da unidade são em coordenadas da peça. Em versões anteriores, com Medida exata para planicidade por unidade, você não podia controlar a orientação da unidade. Além disso, as unidades eram alinhadas ao sistema de coordenadas da máquina em vez de ao sistema de coordenadas da peça.



Comparação com prática anterior 2

No PC-DMIS 2020 R2 e versões posteriores, o algoritmo de planicidade por unidade é conservador. Isso significa que o algoritmo sempre encontra a pior unidade. Em versões anteriores, a operação de Medida exata para planicidade por unidade avaliava um grande número de unidades, mas nem sempre encontrava a pior unidade.

Relatório

Exemplo de relatório para uma tolerância de planicidade por unidade. O rótulo superior é para a planicidade geral e o rótulo inferior é para a planicidade por unidade.

FCFFLAT1		MM	 0.01		DEFAULT		ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
PLN1	0.000000	0.010000		0.000221	0.000221	0.000000	

FCFFLAT1		MM	 0.01/0.10		DEFAULT		ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
PLN1	0.000000	0.010000		0.000126	0.000126	0.000000	

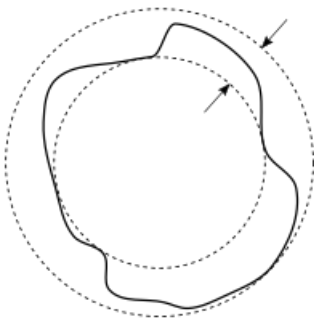
Circularidade

Introdução

Uma especificação de circularidade controla quanto as seções transversais do elemento podem se desviar de um círculo perfeito. Em outras palavras, a circularidade avalia quão circular é o elemento. A circularidade é definida nas seções transversais de um elemento.

Valor real:

é a distância mínima entre dois círculos concêntricos que contêm toda a seção transversal entre eles:



O valor real da circularidade de um elemento inteiro é o pior valor real de todas as seções transversais possíveis.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar elementos circulares, cilíndricos, cônicos ou esféricos que possuem dados de superfície. Para obter detalhes sobre círculos, cilindros, cones e esferas que possuem dados de superfície, consulte a seção "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".

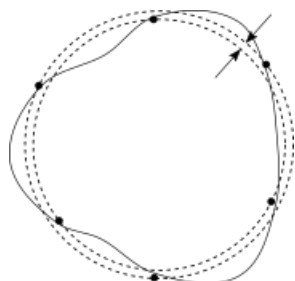
Elementos circulares

Os elementos circulares são interpretados como uma única seção transversal.

Valor medido:

é a distância entre dois círculos concêntricos que contêm todos os pontos

medidos entre eles. Uma rotina de melhor ajuste define o ponto central dos círculos. Dependendo da incerteza de medição, quantos pontos você mediu e de onde tirou os pontos, isso pode ser maior ou menor que o valor real. Este é um caso ilustrado em que poucos pontos foram medidos; portanto, o valor medido é menor do que o valor real:



Elementos cilíndricos

As tolerâncias de circularidade nas características cilíndricas dividem os dados em seções transversais. As tolerâncias avaliam a circularidade em cada seção transversal. O valor medido de todo o elemento é o valor medido da pior seção transversal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal real, recomendamos medir o cilindro com várias seções transversais. Se o PC-DMIS não puder extrair seções transversais dos dados medidos, ele informará um erro.

Elementos cônicos

As tolerâncias de circularidade nas características cônicas dividem os dados em seções transversais. As tolerâncias avaliam a circularidade em cada seção transversal. O valor medido de todo o elemento é o valor medido da pior seção transversal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal real, recomendamos medir o cone com várias seções transversais. Se o PC-DMIS não puder extrair seções transversais dos dados medidos, ele informará um erro.

Uma maneira alternativa de avaliar um formato de um elemento cônico é usar conicidade. A conicidade não divide os dados em seções transversais. Em vez disso, o valor medido é a distância entre dois cones coaxiais de mesmo ângulo. Esses cones contêm os pontos medidos entre eles. Uma rotina de melhor ajuste define o eixo e o ângulo do cone. A conicidade inclui tanto erros de circularidade quanto de retilidade. Não requer que os dados medidos sejam medidos em seções transversais.

Elementos esféricos

A circularidade de uma esfera é equivalente à sua esfericidade (veja ASME Y14.5.1 e ISO 1101). Essa tolerância à esfericidade opera em todos os dados de

uma só vez. O valor medido é a distância entre duas esferas concêntricas que contêm os pontos medidos entre elas. Uma rotina de melhor ajuste define o ponto central das esferas. Não requer que os dados medidos sejam medidos em seções transversais.

Modificadores permitidos

Para a norma ASME, essa tolerância geométrica não permite o uso de modificadores.

Para a norma ISO, modificadores C ou G são permitidos. Para mais detalhes, consulte a seção "Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO" do tópico "Derivação de elementos tolerados", na documentação do PC-DMIS Core.

Opções expostas

Para a norma ASME, a técnica matemática da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste.

Para a norma ISO, o modificador de associação de elementos de referência ou a técnica matemática da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste.

PADRÃO - Faz o melhor ajuste da zona mínima (também chamado máximo e mínimo). Esse melhor ajuste encontra o menor valor medido com os dados e a definição do valor medido fornecidos. É matematicamente muito semelhante à especificação, porque se você medir os pontos e as seções transversais densamente e com alta precisão, o valor medido se aproxima do valor real. Para o padrão ISO, se você selecionar o modificador C, isso é equivalente à técnica matemática **PADRÃO**.

MÍN QUAD - Isso faz com que os mínimos quadrados se encaixem melhor. Minimiza a soma dos quadrados dos desvios para uma forma de mínimos quadrados. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente. Para o padrão ISO, se você selecionar o modificador G, isso é equivalente à técnica matemática **MÍN QUAD**.



A alternância de **CIRCULARIDADE** e **CONICIDADE** controla o comportamento da circularidade de um cone.

CIRCULARIDADE - Avalia a circularidade de cada seção transversal. Na caixa de diálogo, você pode desmarcar a caixa de seleção **Conicidade** para usar isso.

CONICIDADE - Avalia a conicidade de todo o elemento. A interpretação da conicidade é mais conservadora do que a opção **CIRCULARIDADE**. Na caixa de diálogo, você pode marcar a caixa de seleção **Conicidade** para usar isso.

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de circularidade.

FCFCIRTY1		MM	 0.01		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CIR4	0.000000	0.010000		0.002759	0.002759	0.000000 

Retilidade

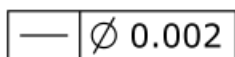
Introdução

Uma especificação de retidão controla quanto o elemento pode se desviar de ser perfeitamente reto. Em outras palavras, a retidão avalia quão reto é o elemento.

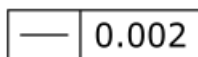
A retidão se divide em dois tipos amplos:

- Retidão de um eixo
- Retidão de uma superfície

Uma tolerância de eixo possui um símbolo de zona diamétrica antes do valor de tolerância:



Uma tolerância de superfície não possui o símbolo de zona diamétrica:



Retilidade de um eixo

A retidão de um eixo opera em uma linha mediana derivada (ou linha mediana extraída no idioma da norma ISO 1101). Esta linha representa o erro de retidão do eixo de um cilindro ou cone.

Valor real:

este é o diâmetro do menor cilindro que contém a linha mediana derivada.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes elementos:

- Elementos cilíndricos ou cônicos que possuem dados de superfície. Para detalhes sobre os cilindros e cones que possuem dados de superfície, consulte a seção "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".
- Linhas BF construídas em 3D, onde os pontos de entrada são os centros dos círculos



Para construções de Melhor ajuste (BF) ou Melhor ajuste recompensado (BFRE), embora você possa usar qualquer tipo de elemento para os elementos de entrada, os tipos de ajuste BF e BFRE são tipicamente usados com elementos de ponto ou conjuntos de ponto (uma varredura de pontos, um conjunto de elementos com pontos ou uma expressão que se torna uma matriz de pontos).

Para mais detalhes sobre os métodos Melhor ajuste e Melhor ajuste recompensado "para construir elementos, consulte o tópico Construções de Melhor ajuste (MA) e Melhor ajuste recompensado (MARE)" na documentação do PC-DMIS Core.

Elementos cilíndricos

Em elementos cilíndricos, as tolerâncias de retinidade de um eixo dividem os dados da superfície em seções transversais. Em seguida, ele calcula o centro de cada seção transversal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal, recomendamos medir o cilindro com várias seções transversais.

Valor medido:

este é o diâmetro de um cilindro que contém todos os centros de seção transversal. Uma rotina de melhor ajuste determina o eixo do cilindro. Se o PC-DMIS não puder extrair seções transversais dos dados medidos, ele informará um erro.

Elementos cônicos

Em elementos cônicos, as tolerâncias de retinidade de um eixo dividem os dados da superfície em seções transversais. Em seguida, ele calcula o centro de

cada seção transversal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal, recomendamos medir o cone com várias seções transversais.

Valor medido:

este é o diâmetro de um cilindro que contém todos os centros de seção transversal. Uma rotina de melhor ajuste determina o eixo do cilindro. Se o PC-DMIS não puder extrair seções transversais dos dados medidos, ele informará um erro.

Elementos linha

Você pode usar apenas linhas de Melhor ajuste (BF) construídas em 3D. Você não pode usar as linhas de Melhor ajuste recompensado (BFRE).



Para construções de Melhor ajuste (BF) ou Melhor ajuste recompensado (BFRE), embora você possa usar qualquer tipo de elemento para os elementos de entrada, os tipos de ajuste BF e BFRE são tipicamente usados com elementos de ponto ou conjuntos de ponto (uma varredura de pontos, um conjunto de elementos com pontos ou uma expressão que se torna uma matriz de pontos).

Para mais detalhes sobre os métodos Melhor ajuste e Melhor ajuste recompensado "para construir elementos, consulte o tópico Construções de Melhor ajuste (MA) e Melhor ajuste recompensado (MARE)" na documentação do PC-DMIS Core.

Nos elementos da linha 3D BF, as tolerâncias de retilidade de um eixo pressupõem que os pontos de entrada representam os centros das seções transversais circulares. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal, recomendamos medir várias seções transversais.

Valor medido:

este é o diâmetro de um cilindro que contém todos os pontos de entrada. Uma rotina de melhor ajuste determina o eixo do cilindro.

Modificadores permitidos

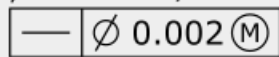
Quando o elemento é um cilindro, as tolerâncias de retidão de um eixo permitem que um modificador máximo de material indique que a especificação está na condição máxima de material (MMC). Como alternativa, eles permitem que um mínimo modificador de material indique que a especificação está na menor condição de material (LMC). Isso significa que, à medida que o tamanho do envelope não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não

relacionada para o LMC) se desvia do MMC (ou LMC), uma tolerância adicional ou tolerância "de bônus" é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, produzindo uma tolerância total. Para obter mais informações sobre essa tolerância de bônus, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".



Este exemplo usa polegadas. Suponha que um furo cilíndrico tenha uma tolerância de retidão de eixo 0,002 em MMC:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



A tolerância de tamanho é 0,675 mais ou menos 0,025. Isso significa que a faixa de tamanhos aceitáveis é de 0,650 a 0,700. A condição de máximo material é então 0,650. Se o tamanho do envelope correspondente medido não relacionado for 0,661, a tolerância de bônus será 0,011 e a tolerância total será 0,013.

Opções expostas


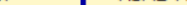
O tipo matemático da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste:

PADRÃO - Calcula um eixo de melhor ajuste de zona mínima (também chamado mín-máx) que encontra o menor valor medido, considerando os centros transversais. Matematicamente, isso é muito similar à especificação, pois se os pontos foram medidos densamente e com alta precisão, o valor medido será bastante próximo do valor real.

MÍN QUAD - Isso cria um eixo de melhor ajuste de zona mínima. Minimiza a soma dos quadrados dos desvios para o eixo de melhor ajuste. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente.

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma retidão de uma tolerância de eixo:

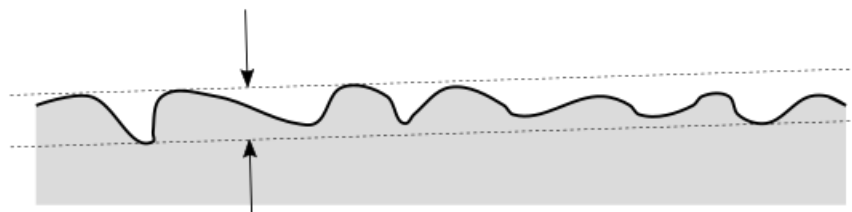
FCFSTRA2		MM				DEFAULT	ASME Y14.5
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CON1	0.000000	0.010000		0.000585	0.000585	0.000000	

Retidão de uma superfície

A retidão de uma superfície opera nos elementos de linha de uma superfície.

Valor real:

é a distância mínima entre duas linhas paralelas, contendo todo o elemento real da linha entre elas. As duas linhas paralelas estão em um plano de trabalho implícito definido pela vista do desenho. O valor real para uma superfície inteira é o pior valor real de todos os elementos de linha possíveis na superfície.



Tipos de elemento permitidos

Você precisa usar elementos de cone, cilindro ou linha que tenham dados de superfície. Para mais detalhes sobre elementos que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície". Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal real, recomendamos medir a superfície com várias linhas.

Vale medido:

é a distância mínima entre duas linhas paralelas. As linhas contêm os dados da superfície entre elas. Uma rotina mais adequada encontra a orientação das linhas. As duas linhas paralelas estão em um plano de trabalho temporário (interno). A superfície normal do plano de trabalho temporário é perpendicular ao vetor de linha do elemento de linha e à superfície do elemento de linha normal.

Dependendo da incerteza de medição, quantos pontos você mediu, quantas seções transversais você mediu e de onde você tirou os pontos, o valor medido pode ser maior ou menor que o valor real. Este é um caso ilustrado em que poucos pontos foram medidos; portanto, o valor medido é menor do que o valor real:



Modificadores permitidos

Para a norma ASME, essa tolerância geométrica não permite o uso de modificadores.

Para a norma ISO, modificadores C ou G são permitidos. Para mais detalhes, consulte a seção "Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO" do tópico "Derivação de elementos tolerados", na documentação do PC-DMIS Core.

Opções expostas

Para a norma ASME, a técnica matemática da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste.

Para a norma ISO, o modificador de associação de elementos de referência ou a técnica matemática da zona de tolerância controla a rotina de melhor ajuste.

PADRÃO - Calcula uma linha de melhor ajuste de zona mínima (também chamado máximo e mínimo). Ele encontra o menor valor medido, dados os dados da superfície. Matematicamente, isso é muito similar à especificação, pois se os pontos e as seções transversais foram medidos densamente e com alta precisão, o valor medido será bastante próximo do valor real.

MÍN QUAD - Isso calcula uma linha de menor ajuste dos mínimos quadrados. Minimiza a soma dos quadrados dos desvios para a linha de melhor ajuste. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente.

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma retidão de uma tolerância de superfície:

FCFSTRA6		MM	<div><div></div>0.01</div>		DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
LIN4	0.000000	0.010000		0.006471	0.006471	0.000000

Tolerâncias por unidade de retidão

Se você marcar a caixa de seleção **por unidade**, a retidão terá dois segmentos: O primeiro segmento (superior) é a retidão geral, conforme descrito acima. O segmento inferior é a retidão por unidade, que define o comprimento da unidade.

Uso de tolerâncias geométricas

As tolerâncias por unidade controlam a precisão de todas as unidades possíveis do elemento tolerado.

Conceitualmente, todo o elemento tolerado é dividido em um número infinito de comprimentos de unidades sobrepostas:

Para um eixo, os centros de seção transversal do cilindro são divididos em comprimentos de unidade sobrepostos.

Para uma superfície, a seção transversal da superfície é dividida em comprimentos de unidade sobrepostos.

Valor real:

cada uma das unidades infinitas possui seu próprio valor real, conforme definido acima. O valor real do elemento inteiro é o valor real da pior unidade.

Valor medido:

há inúmeras unidades sobrepostas que contêm subconjuntos dos pontos medidos. Para qualquer unidade, o valor medido é definido da mesma maneira que a retidão geral, exceto limitado ao subconjunto dos pontos medidos. O valor medido para todo o elemento é o valor medido da pior unidade.

Aqui está um exemplo de uma tolerância de retidão do eixo por unidade. O segmento superior é a retidão geral e o segmento inferior é a retidão por unidade.

—	\varnothing 0.008
—	\varnothing 0.002 / 1.2

Aqui está um exemplo de uma tolerância de retidão da superfície por unidade. O segmento superior é a retidão geral e o segmento inferior é a retidão por unidade.



—	0.008
—	0.002 / 1.2



Opções expostas

Não há opções de cálculo matemático de zona de tolerância expostas para o segmento **por unidade**; ele sempre usa cálculos **PADRÃO**.

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de retidão por unidade. O rótulo superior é para a retidão geral e o rótulo inferior é para a retidão por unidade.

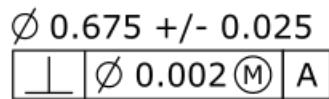
FCFSTRA1	IN	 0.008				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LIN1	0.0000	0.0080		0.0007	0.0007	0.0000	

FCFSTRA1	IN	 0.002/1.2				DEFAULT	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
LIN1	0.0000	0.0020		0.0005	0.0005	0.0000	

Perpendicularidade

Introdução

Uma especificação de perpendicularidade controla o quanto o elemento pode se desviar de um ângulo de exatamente 90 graus a uma referência. Às vezes, você pode usar uma referência secundária para controlar ainda mais a orientação da zona de tolerância.



Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada elemento considerado e cada elemento tolerado resultante
- Cada zona de tolerância
- Os elementos de referência

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS converte cada elemento considerado em um elemento tolerado. Para ver mais detalhes, consulte "Derivação do elemento tolerado".

O PC-DMIS otimiza então cada elemento tolerado na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências.

Cada elemento tolerado é otimizado independentemente.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de recursos:

Cilindros, cones, planos, linhas, larguras em 3D e larguras em 2D

Alguns tipos de elemento têm um elemento tolerado diferente dos dados de superfície do elemento considerado. Eles incluem linhas de MA em 3D construídas, cilindros, cones, larguras em 3D, larguras em 2D e planos com um modificador de plano tangente. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Modificadores permitidos



As tolerâncias relativas à ISO 1101 permitem modificadores de especificação de elementos tolerados associados adicionais \textcircled{C} e \textcircled{G} para elementos não de tamanho. Para elementos de tamanho, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} e \textcircled{X} estão disponíveis. Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.



Suponha que um furo cilíndrico tenha uma tolerância de perpendicularidade de 0,002 em MMC, como mostrado aqui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

\perp	$\varnothing 0.002 \textcircled{M}$	A
---------	-------------------------------------	---

A tolerância de tamanho é 0,675 mais ou menos 0,025, o que significa que a faixa de tamanhos aceitáveis é de 0,650 a 0,700. A condição de máximo material é então 0,650. Se o tamanho do envelope correspondente medido não relacionado for 0,661, a tolerância de bônus será 0,011 e a tolerância total será 0,013.

Você pode usar um modificador de zona projetada \textcircled{P} , como mostrado aqui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

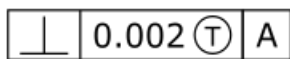
\perp	$\varnothing 0.002 \textcircled{P} 0.8$	A
---------	---	---

Isso projeta (extrapola) o eixo do elemento medido conforme descrito em "Derivação do elemento tolerado".



O PC-DMIS permite que você use zonas de tolerância projetadas em elementos de Cilindro automático. Se você tentar adicionar um modificador de zona projetada a outro tipo de elemento, o comando de tolerância geométrica emitirá uma mensagem de erro informando que o tipo de elemento em questão é inválido. Isso porque a zona de tolerância projetada precisa ser iniciada na face frontal nominal do cilindro. Tipicamente, cilindros medidos e cilindros construídos não posicionam o ponto inicial nominal na face frontal nominal.

Quando o elemento considerado é um plano com dados de superfície, você pode usar um modificador de plano tangente T , conforme mostrado aqui:



Isso faz com que o elemento tolerado seja um plano de forma perfeita tangente à superfície real, conforme descrito em "Derivar o elemento tolerado".

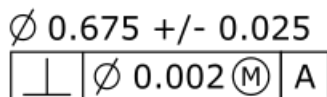
Formas da zona de tolerância

Quando o elemento considerado tem um eixo, a forma da zona de tolerância pode ser diamétrica (com o símbolo \varnothing de forma da zona de tolerância) ou planar (sem símbolo de forma da zona de tolerância). Estes são os elementos considerados axiais:

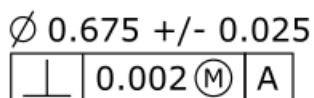
- Cilindro
- Cone
- Eixo sem superfície

Para mais informações sobre os tipos de comando de elemento que correspondem aos tipos de elementos, veja "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Aqui está um exemplo de perpendicularidade em um cilindro com uma zona de tolerância diamétrica:



Aqui está um exemplo de perpendicularidade em um cilindro com uma zona de tolerância planar:



Zonas de tolerância planar em elementos considerados axiais precisam de uma orientação de zona de tolerância especificada. Isso porque o elemento não tem informações suficientes para orientar a zona corretamente. Nesses casos, o botão **Orientação da zona** na caixa de diálogo **Tolerância geométrica** fica visível. Para informações sobre como usar esse botão para mudar a orientação da zona, veja "Orientação da zona" no tópico "Guia Quadro de controle do elemento".



Se uma tolerância controla o componente X da orientação, o vetor normal da superfície da zona de tolerância deve ser X.

Quando um elemento considerado é um plano, linha de superfície, largura em 3D ou largura em 2D, a forma da zona de tolerância é sempre planar. É orientado paralelamente à superfície ou superfícies nominais.

Você pode ter mais de um elemento considerado, mas tais elementos têm que ser todos do mesmo tipo.

Valor real e valor medido

Valor real:

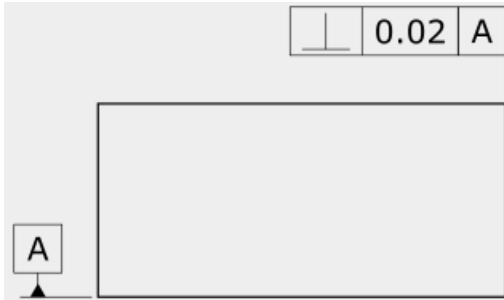
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real. A zona é orientada nominalmente à referência real (ou referências reais).

Valor medido:

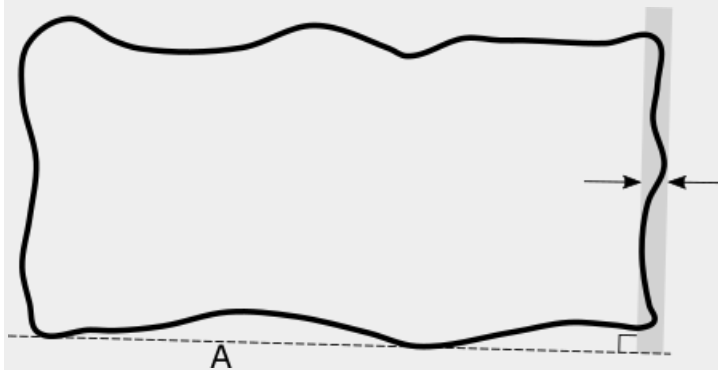
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado medido. A zona é orientada nominalmente à referência medida (ou referências medidas).



Suponha que você tenha esta especificação de perpendicularidade:

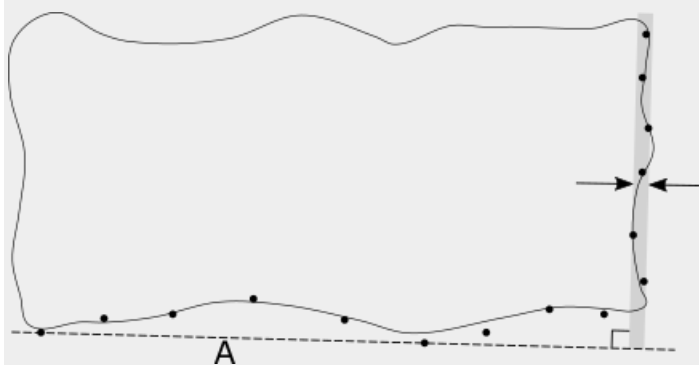


Na especificação acima, o valor real se parece com isso:



Na imagem acima, a superfície real da peça usa a linha sólida, a referência real usa a linha tracejada e a menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente perpendicular à referência real.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



Na imagem acima, a zona de tolerância medida é exatamente perpendicular à referência medida. Nesse caso, como os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente, o valor medido é menor que o valor real.

Regras de validade

Os elementos considerados têm que ser nominalmente perpendicular à referência primária.

Por esse motivo, todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter os valores nominais especificados corretos. Isso garante que a zona de tolerância seja orientada corretamente com base nos elementos de referência. Isso também garante que o comando de tolerância geométrica identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

Para uma zona planar em elementos axiais, o quadro de referência tem que restringir totalmente a orientação da zona de tolerância. A normal à superfície da zona de tolerância tem que ser perpendicular a cada vetor de eixo do elemento considerado.

Comparação com prática anterior

No PC-DMIS versão 2020 R2 e versões posteriores, não é mais permitido usar modificadores de material em referências.

Opções expostas

Quando o elemento considerado tem dados de superfície, e o elemento tolerado difere dos dados de superfície do elemento considerado (cones, cilindros e larguras), a técnica matemática do elemento controla como calcular o elemento tolerado a partir dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Relatório

Exemplo de relatório para uma tolerância de perpendicularidade. A tolerância de tamanho do cilindro está no rótulo superior e a perpendicularidade da zona diamétrica está no rótulo inferior.

FCFPERP3 Size	MM	\varnothing 60.5 +0.025/-0.025				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D_CB	60.500000	0.025000	-0.025000	60.786416	0.286416	0.261416	
FCFPERP3	MM	\varnothing 0.05 A				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
D_CB	0.021472	0.000000	0.050000	0.000000	0.021472	0.000000	0.000000

Paralelismo

Introdução

Uma especificação de paralelismo controla o quanto o elemento pode se desviar de ser perfeitamente paralelo a uma referência. Às vezes, você pode usar uma referência secundária para controlar a orientação da zona de tolerância.

\varnothing 0.675 +/- 0.025
 \varnothing 0.002 (M) | A

Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada elemento considerado e cada elemento tolerado resultante
- Cada zona de tolerância
- Os elementos de referência

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS converte cada elemento considerado em um elemento tolerado. Para ver mais detalhes, consulte "Derivação do elemento tolerado".

O PC-DMIS otimiza então cada elemento tolerado na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências.

Cada elemento tolerado é otimizado independentemente.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de recursos:

Cilindros, cones, planos, linhas, larguras em 3D e larguras em 2D

Alguns tipos de elemento têm um elemento tolerado diferente dos dados de superfície do elemento considerado. Eles incluem linhas de MA em 3D construídas, cilindros, cones, larguras em 3D, larguras em 2D e planos com um modificador de plano tangente. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Modificadores permitidos

Quando o elemento considerado é um cilindro ou uma largura, este tipo de tolerância geométrica permite que um modificador de máximo material (M) indique que a especificação está na condição de máximo material (MMC).

Alternativamente, ele permite que um modificador de mínimo material (L) indique que a especificação está na condição de mínimo material (LMC). Isso significa que, conforme o tamanho do envelope de correspondência não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não relacionado, para a LMC) desvia-se da MMC (ou LMC), uma tolerância adicional, ou tolerância "de bônus", é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, resultando em uma tolerância total. Para obter mais informações sobre essa tolerância de bônus, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".



As tolerâncias relativas à ISO 1101 permitem modificadores de especificação de elementos tolerados associados adicionais (C) e (G) para elementos não de tamanho. Para elementos de tamanho, (C), (G), (N) e (X) estão disponíveis. Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.



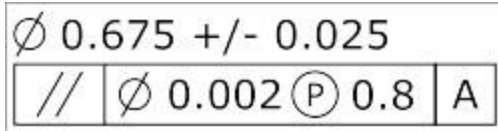
Suponha que um furo cilíndrico tenha uma tolerância de paralelismo de 0,002 em MMC, como mostrado aqui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

//	$\varnothing 0.002$ (M)	A
----	-------------------------	---

A tolerância de tamanho é 0,675 mais ou menos 0,025, o que significa que a faixa de tamanhos aceitáveis é de 0,650 a 0,700. A condição de máximo material é então 0,650. Se o tamanho do envelope correspondente medido não relacionado for 0,661, a tolerância de bônus será 0,011 e a tolerância total será 0,013.

Você pode usar um modificador de zona projetada (P), como mostrado aqui:

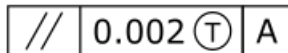


Isso projeta (extrapola) o eixo do elemento medido conforme descrito em "Derivação do elemento tolerado".



O PC-DMIS permite que você use zonas de tolerância projetadas em elementos de Cilindro automático. Se você tentar adicionar um modificador de zona projetada a outro tipo de elemento, o comando de tolerância geométrica emitirá uma mensagem de erro informando que o tipo de elemento em questão é inválido. Isso porque a zona de tolerância projetada precisa ser iniciada na face frontal nominal do cilindro. Tipicamente, cilindros medidos e cilindros construídos não posicionam o ponto inicial nominal na face frontal nominal.

Quando o elemento considerado é um plano com dados de superfície, você pode usar um modificador de plano tangente (T em um círculo), conforme mostrado aqui:



Isso faz com que o elemento tolerado seja um plano de forma perfeita tangente à superfície real, conforme descrito em "Derivar o elemento tolerado".

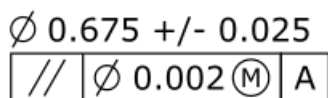
Formas da zona de tolerância

Quando o elemento considerado tem um eixo, a forma da zona de tolerância pode ser diamétrica (com o símbolo \varnothing de forma da zona de tolerância) ou planar (sem símbolo de forma da zona de tolerância). Estes são os elementos considerados axiais:

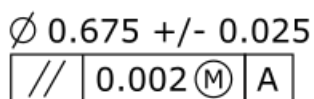
- Cilindro
- Cone
- Eixo sem superfície

Para mais informações sobre os tipos de comando de elemento que correspondem aos tipos de elementos, veja "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Aqui está um exemplo de paralelismo em um cilindro com uma zona de tolerância diamétrica:



Aqui está um exemplo de paralelismo em um cilindro com uma zona de tolerância planar:



Zonas de tolerância planar em elementos considerados axiais precisam de uma orientação de zona de tolerância especificada. Isso porque o elemento não tem informações suficientes para orientar a zona corretamente. Nesses casos, o botão **Orientação da zona** na caixa de diálogo **Tolerância geométrica** fica visível. Para informações sobre como usar esse botão para mudar a orientação da zona, veja "Orientação da zona" no tópico "Guia Quadro de controle do elemento".



Se uma tolerância controla o componente X da orientação, o vetor normal da superfície da zona de tolerância deve ser X.

Quando um elemento considerado é um plano, linha de superfície, largura em 3D ou largura em 2D, a forma da zona de tolerância é sempre planar. É orientado paralelamente à superfície ou superfícies nominais.

Você pode ter mais de um elemento considerado, mas tais elementos têm que ser todos do mesmo tipo.

Valor real e valor medido

Valor real:

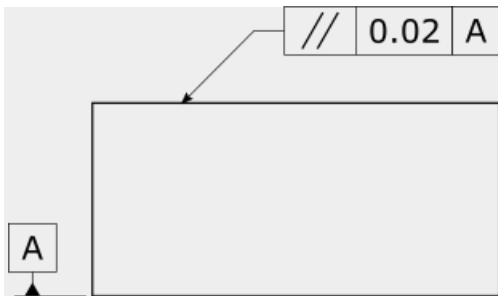
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real. A zona é orientada nominalmente à referência real (ou referências reais).

Valor medido:

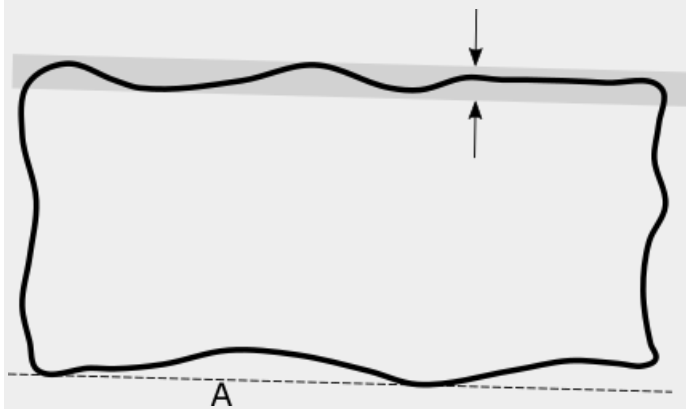
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado medido. A zona é orientada nominalmente à referência medida (ou referências medidas).



Suponha que você tenha essa especificação de paralelismo:

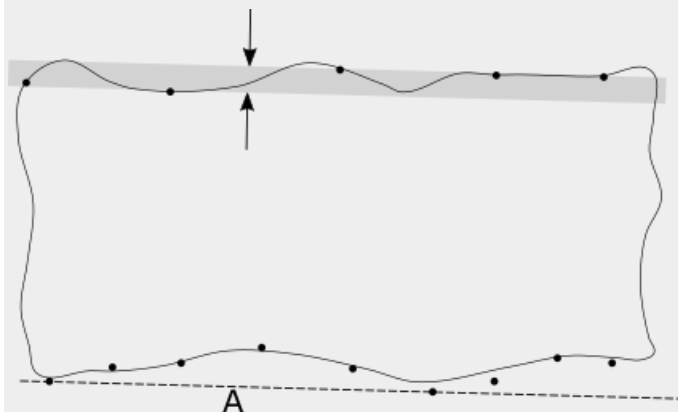


Na especificação acima, o valor real se parece com isso:



Na imagem acima, a superfície real da peça usa a linha sólida, a referência real usa a linha tracejada e a menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente paralela à referência real.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



A zona de tolerância medida é exatamente paralela à referência medida. Nesse caso, como os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente, o valor medido é menor que o valor real.

Regras de validade

Cada elemento considerado tem que ser nominalmente paralelo à referência primária.

Por esse motivo, todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter os valores nominais especificados corretos. Isso garante que a zona de tolerância seja orientada corretamente com base nos elementos de referência. Isso também garante que o comando de tolerância geométrica identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

Para uma zona planar em elementos axiais, o quadro de referência tem que restringir totalmente a orientação da zona de tolerância. A normal à superfície da zona de tolerância tem que ser perpendicular a cada vetor de eixo do elemento considerado.

Comparação com prática anterior

No PC-DMIS versão 2020 R2 e versões posteriores, não é mais permitido usar modificadores de material em referências.

Opções expostas

Quando o elemento considerado tem dados de superfície, e o elemento tolerado difere dos dados de superfície do elemento considerado (cones, cilindros e larguras), a técnica matemática do elemento controla como calcular o elemento tolerado a partir dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Relatório

Exemplo de relatório para uma tolerância de paralelismo. A tolerância de tamanho do cilindro está no rótulo superior e o paralelismo da zona diamétrica está no rótulo inferior.

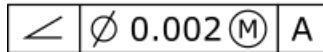
FCFPARL1 Size	MM	$\varnothing 15 +0.025/-0.025$				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	15.000000	0.025000	-0.025000	15.421644	0.421644	0.396644	
FCFPARL1	MM	$\varnothing 0.2 \text{ D}$				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL2	0.132449	0.000000	0.200000	0.000000	0.132449	0.000000	0.000000

Angularidade

Introdução

Uma especificação de angularidade controla quanto o elemento pode desviar de um ângulo especificado para um dado. Às vezes, você pode usar uma referência secundária para controlar a orientação da zona de tolerância.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada elemento considerado e cada elemento tolerado resultante
- Cada zona de tolerância
- Os elementos de referência

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS converte cada elemento considerado em um elemento tolerado. Para ver mais detalhes, consulte "Derivação do elemento tolerado".

O PC-DMIS otimiza então cada elemento tolerado na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências.

Cada elemento tolerado é otimizado independentemente.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de recursos:

Cilindros, cones, planos, linhas, larguras em 3D e larguras em 2D

Alguns tipos de elemento têm um elemento tolerado diferente dos dados de superfície do elemento considerado. Eles incluem linhas de MA em 3D construídas, cilindros, cones, larguras em 3D, larguras em 2D e planos com um modificador de plano tangente. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Modificadores permitidos

Quando o elemento considerado é um cilindro ou uma largura, este tipo de tolerância geométrica permite que um modificador de máximo material \textcircled{M} indique que a especificação está na condição de máximo material (MMC).

Alternativamente, ele permite que um modificador de mínimo material \textcircled{L} indique que a especificação está na condição de mínimo material (LMC). Isso significa que, conforme o tamanho do envelope de correspondência não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não relacionado, para a LMC) desvia-se da MMC (ou LMC), uma tolerância adicional, ou tolerância "de bônus", é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, resultando em uma tolerância total. Para obter mais informações sobre essa tolerância de bônus, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".

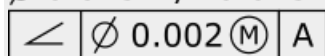


As tolerâncias relativas à ISO 1101 permitem modificadores de especificação de elementos tolerados associados adicionais \textcircled{C} e \textcircled{G} para elementos não de tamanho. Para elementos de tamanho, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} e \textcircled{X} estão disponíveis. Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.



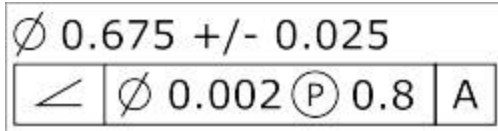
Suponha que um furo cilíndrico tenha uma tolerância de angularidade 0,002 em MMC, como mostrado aqui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



A tolerância de tamanho é 0,675 mais ou menos 0,025, o que significa que a faixa de tamanhos aceitáveis é de 0,650 a 0,700. A condição de máximo material é então 0,650. Se o tamanho do envelope correspondente medido não relacionado for 0,661, a tolerância de bônus será 0,011 e a tolerância total será 0,013.

Você pode usar um modificador de zona projetada \textcircled{P} , como mostrado aqui:

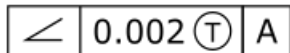


Isso projeta (extrapola) o eixo do elemento medido conforme descrito em "Derivação do elemento tolerado".



O PC-DMIS permite que você use zonas de tolerância projetadas em elementos de Cilindro automático. Se você tentar adicionar um modificador de zona projetada a outro tipo de elemento, o comando de tolerância geométrica emitirá uma mensagem de erro informando que o tipo de elemento em questão é inválido. Isso porque a zona de tolerância projetada precisa ser iniciada na face frontal nominal do cilindro. Tipicamente, cilindros medidos e cilindros construídos não posicionam o ponto inicial nominal na face frontal nominal.

Quando o elemento considerado é um plano com dados de superfície, você pode usar um modificador de plano tangente \textcircled{T} , conforme mostrado aqui:



Isso faz com que o elemento tolerado seja um plano de forma perfeita tangente à superfície real, conforme descrito em "Derivar o elemento tolerado".

Formas da zona de tolerância

Quando o elemento considerado tem um eixo, a forma da zona de tolerância pode ser diamétrica (com o símbolo $\textcircled{\varnothing}$ de forma da zona de tolerância) ou planar (sem símbolo de forma da zona de tolerância). Estes são os elementos considerados axiais:

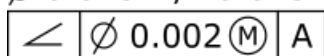
- Cilindro
- Cone
- Eixo sem superfície

Para mais informações sobre os tipos de comando de elemento que correspondem aos tipos de elementos, veja "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Aqui está um exemplo de uma angularidade em um cilindro com uma zona de tolerância diamétrica:

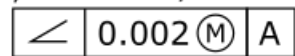
Uso de tolerâncias geométricas

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Aqui está um exemplo de uma angularidade em um cilindro com uma zona de tolerância planar:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Zonas de tolerância planar em elementos considerados axiais precisam de uma orientação de zona de tolerância especificada. Isso porque o elemento não tem informações suficientes para orientar a zona corretamente. Nesses casos, o botão **Orientação da zona** na caixa de diálogo **Tolerância geométrica** fica visível. Para informações sobre como usar esse botão para mudar a orientação da zona, veja "Orientação da zona" no tópico "Guia Quadro de controle do elemento".



Se uma tolerância controla o componente X da orientação, o vetor normal da superfície da zona de tolerância deve ser X.

Valor real e valor medido

Valor real:

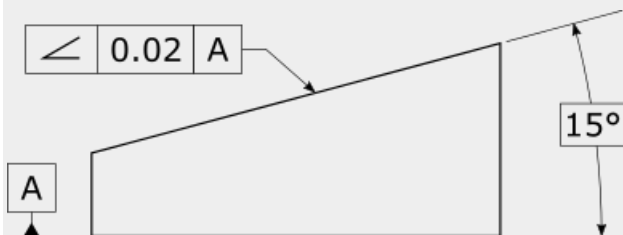
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real. A zona é orientada nominalmente à referência real (ou referências reais).

Valor medido:

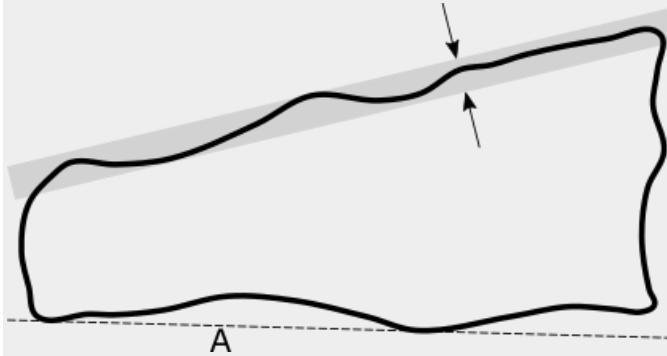
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado medido. A zona é orientada nominalmente à referência medida (ou referências medidas).



Suponha que você tenha essa especificação de angularidade:

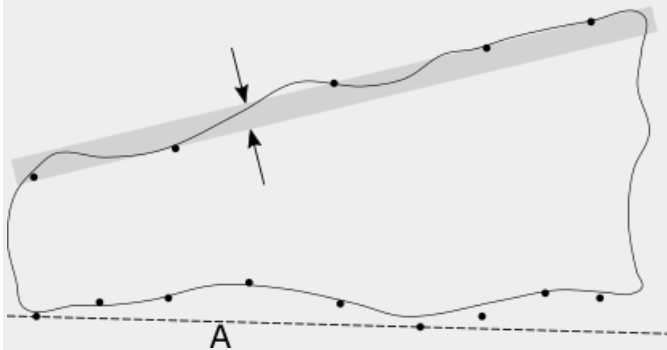


Na especificação acima, o valor real se parece com isso:



Na imagem acima, a superfície real da peça usa a linha sólida, a referência real usa a linha tracejada e a menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente 15° em relação aos dados reais.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



Na imagem acima, a zona de tolerância medida é exatamente 15° em relação ao dado medido. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Regras de validade

O elemento ou elementos considerados são especificados em algum ângulo nominal em relação ao elemento ou elementos do dado.

Por esse motivo, todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter os valores nominais especificados corretos. Isso também garante que o comando de tolerância identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

Uso de tolerâncias geométricas

Para uma zona planar em elementos axiais, o quadro de referência tem que restringir totalmente a orientação da zona de tolerância. A normal à superfície da zona de tolerância tem que ser perpendicular a cada vetor de eixo do elemento considerado.

Comparação com práticas anteriores 1

No PC-DMIS versão 2020 R2 e posterior, não é mais possível digitar o ângulo nominal do elemento considerado ao dado primário. Em vez disso, você precisa garantir que os elementos (considerados e dados) tenham os valores nominais corretos.

Comparação com prática anterior 2

No PC-DMIS versão 2020 R2 e versões posteriores, não é mais permitido usar modificadores de material em referências.

Opções expostas

Quando o elemento considerado tem dados de superfície, e o elemento tolerado difere dos dados de superfície do elemento considerado (cones, cilindros e larguras), a técnica matemática do elemento controla como calcular o elemento tolerado a partir dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância à angularidade. A tolerância de tamanho do cilindro está no rótulo superior e a angularidade da zona diamétrica está no rótulo inferior.

FCFANGLRTY1 Size		MM	Ø 10 +0.025/-0.025			LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL1	10.000000	0.025000	-0.025000	10.012401	0.012401	0.000000	<div><div></div></div>	
FCFANGLRTY1		MM	⊥ Ø0.05 A			LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS	
CYL1	0.068316	0.000000	0.050000	0.000000	0.068316	0.018316	0.000000	<div><div></div></div>

Posição

Introdução

Uma especificação de posição controla o quanto os elementos considerados podem desviar de uma posição especificada com relação a zero ou mais referências.

$$\varnothing 0.675 \pm 0.025$$

$$\oplus 0.08 \text{ (M) A D}$$

Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada elemento considerado e cada elemento tolerado resultante
- Cada zona de tolerância
- Os elementos de referência (se algum foi usado)

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS converte cada elemento considerado em um elemento tolerado. Para ver mais detalhes, consulte "Derivação do elemento tolerado".

O PC-DMIS otimiza então cada elemento tolerado na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências. Quando há múltiplos elementos considerados, o processo de otimização avalia tais elementos simultaneamente, de modo que todos os elementos tolerados sejam ajustados a suas zonas de tolerância ao mesmo tempo. Esse processo é similar a um calibre físico, em que todos os pinos do calibre têm que se encaixar ao mesmo tempo nos furos da peça de trabalho.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de recursos:

Esferas, pontos sem superfície em 3D, cilindros, círculos, cones, larguras, slots, entalhes, planos médios construídos, linhas médias construídas e pontos médios construídos.

As tolerâncias de posição da ASME também permitem linhas MA construídas em 3D. As tolerâncias de posição da ISO também permitem planos, linhas e pontos de superfície.

Linhas MA construídas em 3D, esferas, cilindros, círculos, cones, larguras, slots e entalhes que têm um elemento tolerado diferente dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Modificadores permitidos

Quando o elemento considerado é um cilindro, esfera ou largura, as tolerâncias de posição permitem que um modificador de máximo material \textcircled{M} indique que a especificação está na condição de máximo material (MMC). Como alternativa, eles permitem que um modificador de mínimo material de material \textcircled{L} indique que a especificação está na condição de mínimo material (LMC). Isso significa que, à medida que o tamanho do envelope não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não relacionada para o LMC) se desvia do MMC (ou LMC), uma tolerância adicional ou tolerância "de bônus" é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, produzindo uma tolerância total. Para obter mais informações sobre essa tolerância de bônus, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".



As tolerâncias relativas à ISO 1101 permitem modificadores de especificação de elementos tolerados associados adicionais \textcircled{C} e \textcircled{G} para elementos não de tamanho. Para elementos de tamanho, \textcircled{C} , \textcircled{G} , \textcircled{N} e \textcircled{X} estão disponíveis. Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.



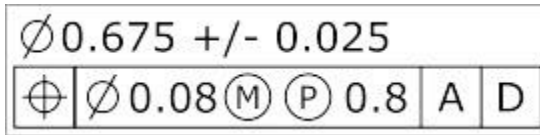
Este exemplo é em polegadas. Suponha que um furo cilíndrico tenha uma tolerância de posição de 0,08 em MMC, como mostrado aqui:

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$

$\varnothing 0.08 \textcircled{M} \text{ A D}$

A tolerância de tamanho é 0,675 mais ou menos 0,025, o que significa que a faixa de tamanhos aceitáveis é de 0,650 a 0,700. A condição de máximo material é então 0,650. Se o tamanho do envelope correspondente medido não relacionado for 0,661, a tolerância de bônus será 0,011 e a tolerância total será 0,091.

Você pode usar um modificador de zona projetada \textcircled{P} , como mostrado aqui:



Isso projeta (extrapola) o eixo do elemento medido conforme descrito em "Derivação do elemento tolerado".



O PC-DMIS permite que você use zonas de tolerância projetadas em elementos de Cilindro automático. Se você tentar adicionar um modificador de zona projetada a outro tipo de elemento, o comando de tolerância geométrica emitirá uma mensagem de erro informando que o tipo de elemento em questão é inválido. Isso porque a zona de tolerância projetada precisa ser iniciada na face frontal nominal do cilindro. Tipicamente, cilindros medidos e cilindros construídos não posicionam o ponto inicial nominal na face frontal nominal.

Formas da zona de tolerância

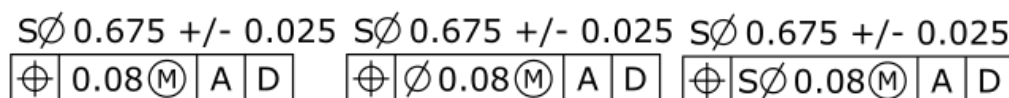
Formas diferentes de zona de tolerância são permitidas para tipos diferentes de elementos. Para mais informações sobre os tipos de comando de elemento referente a diferentes tipos de elementos, veja "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Elementos considerados similares a ponto

Quando o elemento considerado é similar a um ponto, a forma da zona de tolerância pode ser planar, diamétrica ou esférica. Estes são os elementos considerados similares a ponto:

Esfera ou ponto sem superfície em 3D

Da esquerda para a direita, as figuras abaixo mostram FCFs com uma zona de tolerância planar, diamétrica e esférica quando o elemento considerado é uma esfera:



Zonas de tolerância planar e diamétrica em elementos considerados similares a ponto precisam de uma orientação de zona de tolerância especificada, pois o elemento não tem informações suficientes para orientar a zona corretamente. Nesses casos, o botão **Orientação da zona** na caixa de diálogo **Tolerância**

geométrica fica visível. Para informações sobre como usar esse botão para mudar a orientação da zona, veja "Orientação da zona" no tópico "Guia Quadro de controle do elemento".



Se uma tolerância de posição controla o componente X da posição (zona de tolerância plana), o vetor normal da superfície da zona de tolerância deve ser X.

Se uma tolerância de posição controla os componentes X e Y da posição (zona de tolerância diamétrica), o vetor do eixo da zona de tolerância deve ser Z.

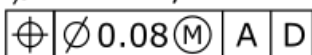
Elementos considerados axiais

Quando o elemento considerado é axial, a forma da zona de tolerância pode ser planar, diamétrica, arco radial ou perpendicular à radial. Estes são os elementos considerados axiais:

Cilindro, seção transversal circular de um cilindro, cone ou eixo sem superfície

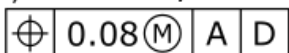
Uma zona de tolerância diamétrica é mostrada abaixo, com o símbolo de zona diamétrica.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Zonas planares, zonas arco radial e zonas perpendicular à radial não usam nenhum símbolo de forma de zona de tolerância, e são mostradas abaixo.

$\varnothing 0.675 \pm 0.025$



Zonas de tolerância planar em elementos considerados axiais precisam de uma orientação de zona de tolerância especificada, pois o elemento não tem informações suficientes para orientar a zona corretamente. Nesses casos, o botão **Orientação da zona** na caixa de diálogo **Tolerância geométrica** fica visível. Para informações sobre como usar esse botão para mudar a orientação da zona, veja "Orientação da zona" no tópico "Guia Quadro de controle do elemento". Esse botão também permite que usuários especifiquem uma zona de arco radial ou perpendicular à radial.



Se uma tolerância de posição controla o componente X da posição, o vetor normal da superfície da zona de tolerância deve ser X.

Elementos considerados similares a plano

Quando o elemento considerado é similar a um plano, a zona de tolerância é sempre planar e orientada paralelamente às superfícies nominais. Estes são os elementos considerados similares a plano:

Plano, linha de superfície, largura, slot, entalhe, ponto de superfície ou ponto médio

Você pode ter mais de um elemento considerado, mas tais elementos têm que ser todos do mesmo tipo.

Tenha muito cuidado ao trabalhar com slots e entalhes.



Você deve usá-los se já tiver certeza de que a forma dos elementos é a adequada. Se suspeitar que o erro da forma fabricada pode ser significativo, não use um comando de ranhura ou entalhe. Em vez disso, faça uma varredura em torno do perímetro do elemento e defina a tolerância de forma, orientação e localização do elemento com uma tolerância perfil de uma linha.

Valor real e valor medido

Valor real:

Cada elemento considerado tem seu próprio valor real. Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência real, com algumas exceções, detalhadas em "Como o PC-DMIS soluciona referências". Quando a tolerância de posição contém mais de um elemento considerado, e o quadro de referência não é totalmente restrito, um procedimento de otimização tem que ajustar simultaneamente todos os elementos tolerados a suas respectivas zonas de tolerância, se possível.

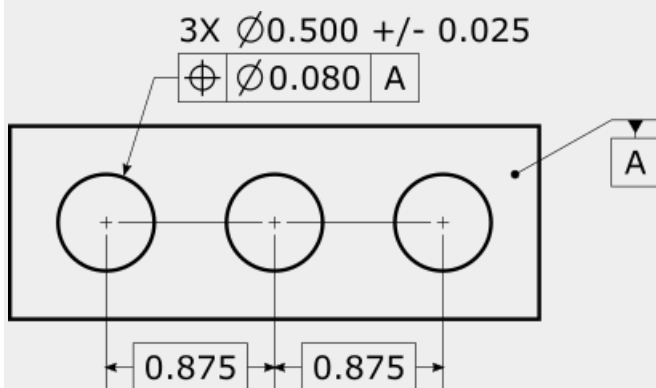
Valor medido:

Cada elemento considerado tem seu próprio valor medido. Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado medido. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida, com algumas exceções, detalhadas em "Como o PC-DMIS soluciona referências". Quando a tolerância de posição contém mais de um elemento considerado, e o quadro de referência não é totalmente restrito, o procedimento de otimização do PC-DMIS ajusta simultaneamente todos os elementos tolerados a suas respectivas zonas

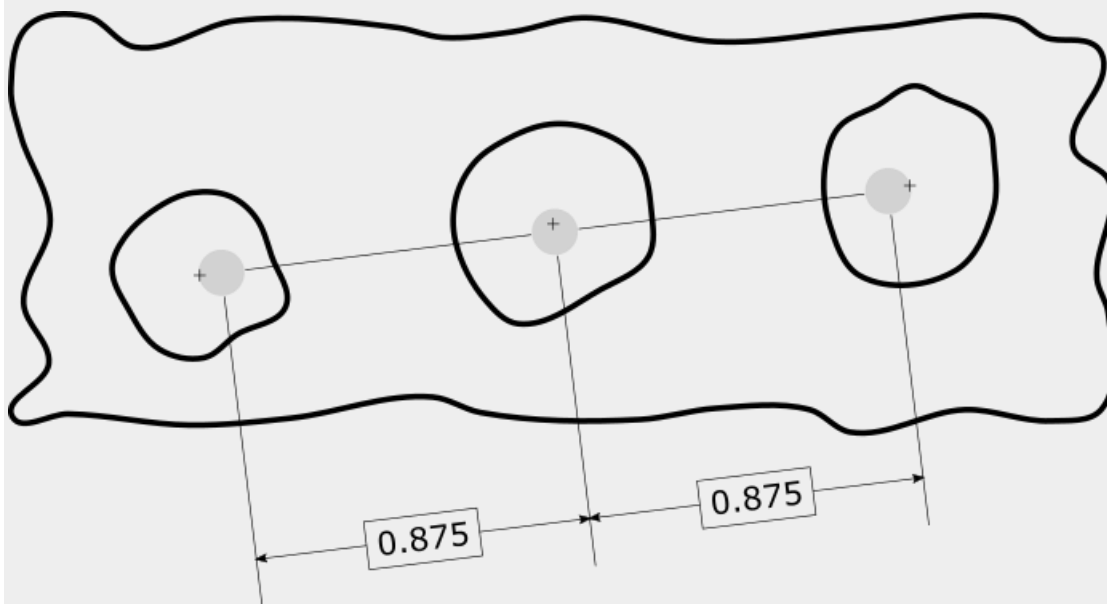
de tolerância de modo proporcional, o que garante que todos os elementos tolerados irão se ajustar em suas respectivas zonas de tolerância, se isso for possível.



Suponha que você tenha esta especificação de posição:



Com a especificação acima, o valor real se parece com isso:



A superfície da peça real usa a linha sólida, os elementos tolerados reais são as cruzes pequenas e as menores zonas de tolerância que contêm os elementos tolerados reais são mostradas nas áreas sombreadas. As zonas de tolerância são nominalmente orientadas e localizadas entre si e em relação à referência.

Regras de validade

Elementos considerados têm que ter alguma orientação e localização para cada elemento de referência.

Todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter os valores nominais especificados corretos. Isso garante que os valores medidos são calculados corretamente, e que o comando de tolerância identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

Para uma zona planar em elementos axiais, o quadro de referência tem que restringir totalmente a orientação da zona de tolerância. A normal à superfície da zona de tolerância tem que ser perpendicular a cada vetor de eixo do elemento considerado.

Para zonas de tolerância arco radial e perpendicular à radial em elementos axiais, siga estes requisitos:

- O quadro de referência tem que estabelecer claramente uma origem polar e um eixo polar.
- Os elementos axiais têm que ser nominalmente paralelos ao eixo polar.

Opções expostas

Quando o elemento considerado tem dados de superfície, e o elemento tolerado difere dos dados de superfície do elemento considerado (esferas, cones, cilindros, círculos e larguras), a técnica matemática do elemento controla como calcular o elemento tolerado a partir dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Os slots podem ser considerados como sendo longitudinal ou transversal, como discutido em "Slots_longitudinal_versus_transversal":

Segmentos inferiores de posição composta

Uma tolerância de posição com vários segmentos é chamado de "posição composta". Tolerâncias de posição composta são tipicamente especificadas em um padrão de elementos. O primeiro segmento (ou superior) de uma posição composta é o mesmo de uma posição de segmento único, descrito nas seções anteriores. Todos os segmentos inferiores de uma posição composta são levemente diferentes entre si. Isso porque as zonas de tolerância do padrão têm

translações desbloqueadas em comparação ao quadro de referência. Contudo, as zonas de tolerância permanecem nominalmente orientadas e localizadas entre si.

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025

\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	D	B
\varnothing	\varnothing 0.02 (M)	A	D	B

Os quadros de referência para os segmentos inferiores de uma posição composta seguem estas regras:

- Cada quadro de referência têm que usar as mesmas referências do quadro de referência acima dele.
- As referências têm que estar na mesma ordem.
- As referências têm que ter os mesmo modificadores.
- Um segmento pode ter menos referências do que o segmento acima dele.



Suponha que um segmento tenha as referências ABC. O segmento abaixo dele pode usar zero referência, a referência A, as referências AB ou as referências ABC. Contudo, ele não pode usar as referências BA, AC ou ABD.

Eis alguns exemplos de tolerâncias de posição compostas permitidas:

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025

\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
\varnothing	\varnothing 0.02 (M)	A	B	C

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025

\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
\varnothing	\varnothing 0.02 (M)	A	B	

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025

\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
\varnothing	\varnothing 0.02 (M)	A		

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025

\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
\varnothing	\varnothing 0.02 (M)			

Eis alguns exemplos de tolerâncias de posição compostas não permitidas:

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025					4X \varnothing 0.675 +/- 0.025				
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
	\varnothing 0.02 (M)	B	A			\varnothing 0.02 (M)	A	C	
4X \varnothing 0.675 +/- 0.025									
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C					
	\varnothing 0.02 (M)	A	B	D					

Relatório

Esse é um exemplo de relatório para uma tolerância de posição de dois cilindros. A tolerância de tamanho dos cilindros está no rótulo superior e a posição da zona diamétrica está no rótulo inferior. O rótulo inferior inclui, no quadro otimizado (não no alinhamento atual), informações para as posições YZ dos cilindros.

FCFLOC1 Size		MM	\varnothing 8 +0.1/-0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 2018	
Feature	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL		
CYL1	7.995	8.000	0.100	0.100	-0.005	0.000		
CYL2	7.990	8.000	0.100	0.100	-0.010	0.000		
FCFLOC1		MM	\varnothing 0.2 (M) A D E		DEFAULT		ASME Y14.5 2018	
Feature	AX	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1 (END PT)	Y	-6.912	-7.000			0.088		
	Z	-27.992	-28.000			0.008		
	TP	0.176	0.000	0.200	0.000	0.176	0.000	0.095
CYL2 (END PT)	Y	7.092	7.000			0.092		
	Z	-27.989	-28.000			0.011		
	TP	0.184	0.000	0.200	0.000	0.184	0.000	0.090

No rótulo inferior da ilustração acima, as linhas Y, Z e TP para CIL1 e CIL2 resumem a avaliação da posição para cada elemento considerado. A linha inferior de cada TP rotulado, comporta-se igual a todos os dados reportados para tolerâncias geométricas. Para CIL2, a linha TP inclui a tolerância 0,200, o bônus 0,090 e o valor medido 0,184.



No rótulo inferior do exemplo de relatório acima, há somente três linhas para cada elemento (Y, Z e TP). Para os relatórios, a coluna do eixo (AX) para os elementos podem ter alguma combinação de várias linhas rotuladas como X, Y, Z, PR, PA e TP. Quando presentes, as linhas X, Y, Z, PR e PA fornecem informações suplementares como descritas abaixo.

As linhas Y e Z para CIL1 e CIL2 fornecem informações suplementares sobre a avaliação da posição. Tais linhas têm o propósito de fornecer uma representação simplificada de como o elemento é desviado do ideal.

- A coluna NOMINAL das linhas de informações suplementares mostra o ponto inicial nominal do elemento em questão.
- A coluna DESVIO de tais linhas mostra o pior vetor de desvio, entre todos os pontos do elemento tolerado.
- A coluna MED de tais linhas é a coluna NOMINAL mais a coluna DESVIO. Em outras palavras, é o pior ponto do elemento tolerado, depois de ser projetado para ficar o mais perto possível do ponto inicial nominal, ao mesmo tempo em que mantém o pior vetor de desvio.
- Abaixo do nome do elemento, o relatório indica qual extremidade ou nível do cilindro é o pior. Por exemplo, ele pode dizer "(INÍCIO PT)", "(FIM PT)", or "NÍVEL#3".

A representação é simplificada porque, como descrito em Derivação do elemento tolerado, a maioria dos elementos tem mais de um ponto no elemento tolerado. Por exemplo, cilindros geralmente tem pelo menos dois pontos no elemento tolerado, o ponto inicial medido e o ponto final medido. Em contraste, em alguns casos, os cilindros ISO têm vários pontos no elemento tolerado, um para cada seção transversal medida.

Se você ativa a análise textual ou análise gráfica, pode ver todos os pontos no elemento tolerado, juntos com seus respectivos desvios. As linhas de informações suplementares no relatório tem uma coluna MED que não necessariamente aparece na análise textual, porque as informações suplementares foram simplificadas para mostrar desvios com relação ao ponto inicial nominal.

Simetria

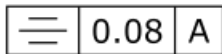
Introdução



Quando o padrão de GDT selecionado é o ASME Y14.5 – 2018, o uso de símbolos de concentricidade e o uso de símbolos simetria, duas práticas anteriores, não mais são aceitos. Para mais detalhes, consulte a introdução principal e as seções A-5.3, A-8.4, D-3 e D4 da ASME Y14.5 – 2018.

Uma especificação de simetria controla quanto o elemento pode se desviar de ser simétrico em relação a um ou mais dados.

0.80 +/- 0.02



Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada elemento considerado e cada elemento tolerado resultante
- Cada zona de tolerância
- Os elementos de referência

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS converte cada elemento considerado em um elemento tolerado. Para ver mais detalhes, consulte "Derivação do elemento tolerado".

O PC-DMIS otimiza então cada elemento tolerado na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de elementos:

larguras, planos médios construídos, linhas intermediárias construídas e pontos médios construídos

O PC-DMIS constrói o elemento tolerado de forma diferente com base na norma usada (ASME Y14.5 ou ISO 1101).

ISO 1101 (ou com um elemento central construído ou uma largura 1D):

O PC-DMIS constrói o elemento tolerado da mesma maneira que os elementos tolerados por posição.



ASME Y14.5 com uma largura 2D ou 3D:

O PC-DMIS fornece uma opção para alternar entre MEDIAN_POINTS ou AXIS:







AXIS - O software constrói o elemento tolerado como o eixo (plano central) do envelope correspondente não relacionado (é o mesmo que as tolerâncias de posição).

MEDIAN_POINTS - O software constrói o elemento tolerado a partir de todos os pontos medianos da largura. Faz isso de acordo com o parágrafo 7.7.2 da norma ASME Y14.5 2009.

Modificadores permitidos

Quando o elemento considerado é uma largura, as tolerâncias de simetria referentes à norma ISO 1101 permitem que um modificador máximo de material  indique que a especificação está na condição máxima de material (MMC). Como alternativa, eles permitem que um modificador de mínimo material de material  indique que a especificação está na condição de mínimo material (LMC). Isso significa que, conforme o tamanho do envelope de correspondência não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não relacionado, para a LMC) desvia-se da MMC (ou LMC), uma tolerância adicional, ou tolerância "de bônus", é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, resultando em uma tolerância total. Para obter mais informações sobre essa tolerância de bônus, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".



As tolerâncias relativas à ISO 1101 permitem modificadores de especificação de elementos tolerados adicionais  e  para elementos não de tamanho. Para elementos de tamanho, , ,  e  estão disponíveis. Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.

Formas da zona de tolerância

O formato da zona de tolerância é sempre plano. É orientado paralelamente à superfície ou superfícies nominais.

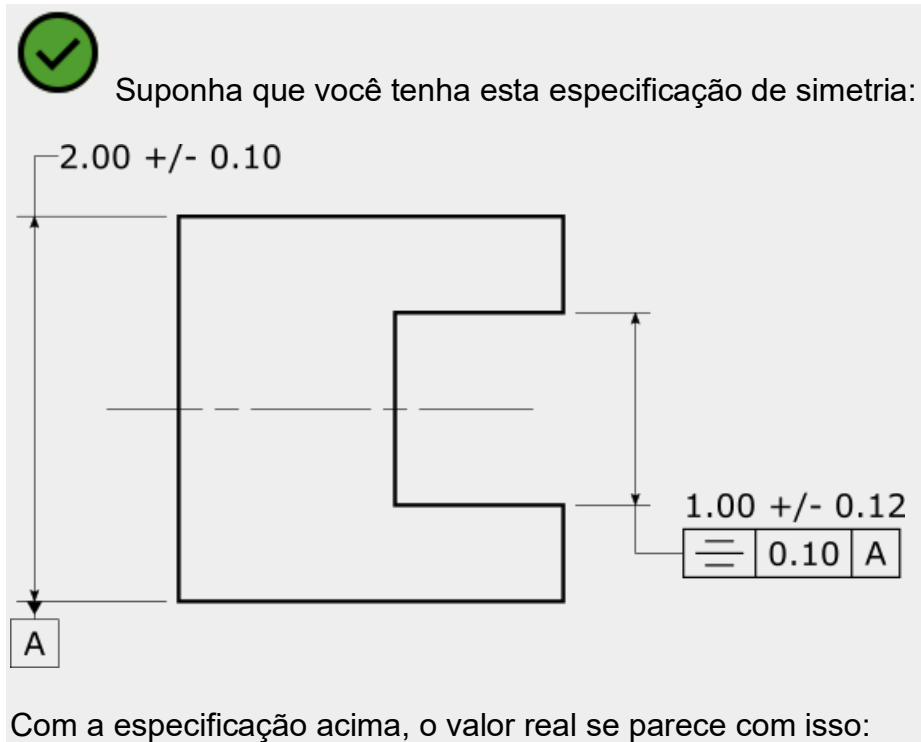
Valor real e valor medido

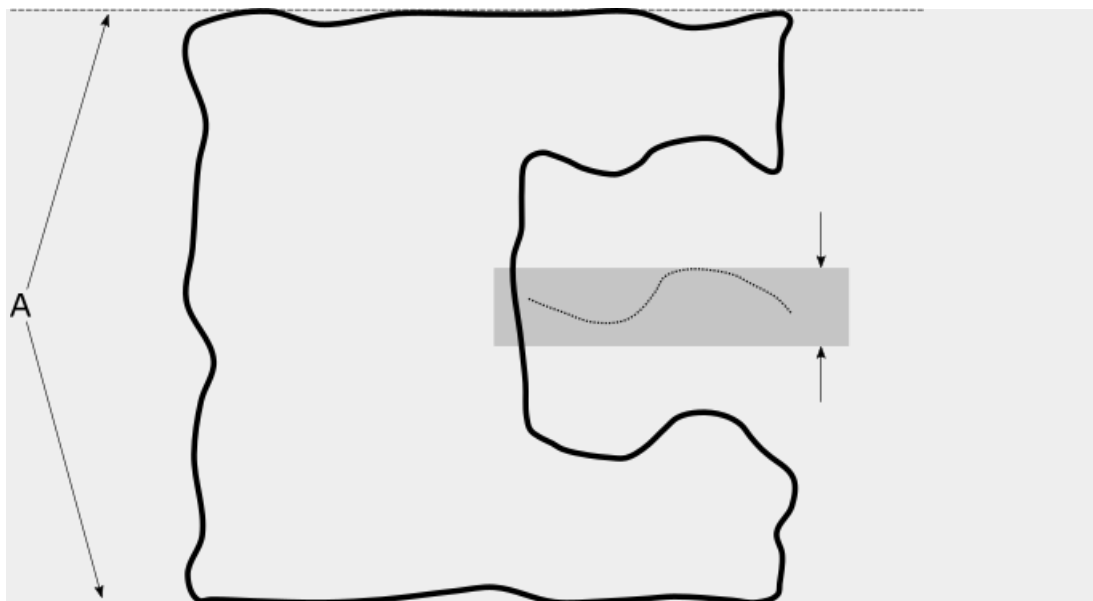
Valor real:

Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência real.

Valor medido:

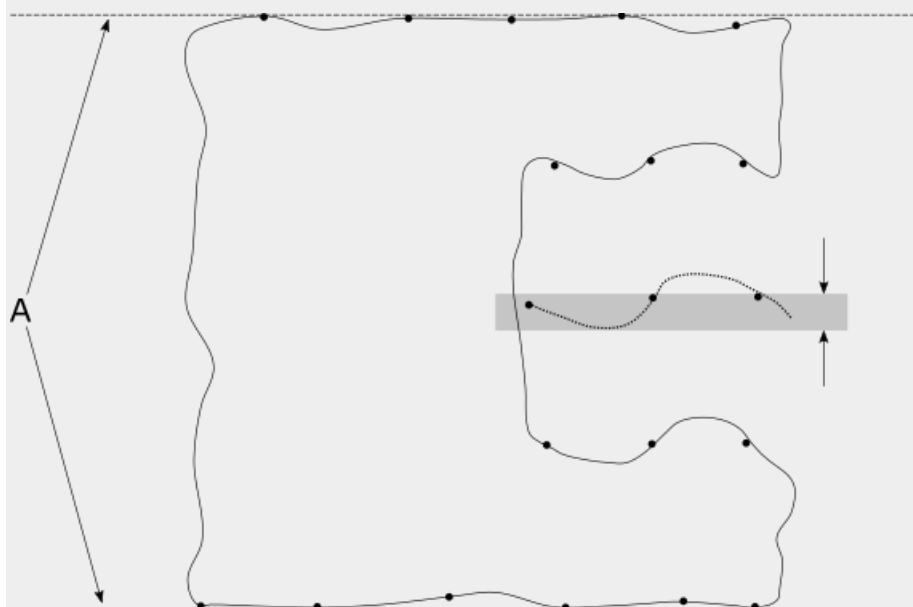
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado medido. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida.





A superfície real da peça usa a linha sólida, o dado real usa a linha tracejada, o elemento tolerado usa a linha pontilhada e a menor zona de tolerância contendo o elemento tolerado real é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente simétrica ao plano central do dado efetivo.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



A zona de tolerância medida é exatamente simétrica ao plano central do dado medido. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Regras de validade

Todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter os valores nominais especificados corretos. Isso garante que os valores medidos são calculados corretamente, e que o comando de tolerância identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

A superfície ou superfícies de elemento consideradas devem ser nominalmente simétricas com o quadro de referência de dados.

Opções expostas

As tolerâncias de simetria têm um tipo matemático de elemento quando o elemento considerado é uma largura.

Essa técnica matemática controla como calcular o elemento tolerado a partir dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

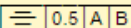
Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Comparação com prática anterior

Por muitos anos, com tolerâncias de simetria PC-DMIS, você pode inserir pares de planos, pares de linhas, pares de pontos ou pares de conjuntos. Originalmente, isso acontecia porque o PC-DMIS não tinha um comando de largura. A partir do PC-DMIS 2020 R2, esses tipos de pares de elementos considerados não são mais permitidos. Cada elemento considerado possui seu próprio valor medido, e isso significa que a melhor maneira de usar um comando de simetria é com um elemento de largura.

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de simetria de uma linha média.

FCFSYM1		MM	 0.5 A B			AXIS	LSQ	ASME Y14.5 2009
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
LINE3	0.000000	0.500000	0.000000	0.007845	0.007845	0.000000		

Concentricidade

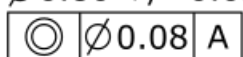
Introdução



Quando o padrão de GDT selecionado é o ASME Y14.5 – 2018, o uso de símbolos de concentricidade e o uso de símbolos simetria, duas práticas anteriores, não mais são aceitos. Para mais detalhes, consulte a introdução principal e as seções A-5.3, A-8.4, D-3 e D4 da ASME Y14.5 – 2018.

Uma especificação de concentricidade controla quanto o elemento pode se desviar de ser concêntrico para um ou mais dados.

$\varnothing 0.80 \pm 0.02$



Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada elemento considerado e cada elemento tolerado resultante
- Cada zona de tolerância
- Os elementos de referência

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS converte cada elemento considerado em um elemento tolerado. Para ver mais detalhes, consulte "Derivação do elemento tolerado".

O PC-DMIS otimiza então cada elemento tolerado na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de recursos:

Linhas BF construídas em 3D, linhas fundidas, linhas genéricas, cilindros, círculos, esferas e cones

O PC-DMIS constrói o elemento tolerado com base na norma usada (ASME Y14.5 ou ISO 1101).

ISO 1101 (ou com um elemento que não possui dados de superfície):

O PC-DMIS constrói o elemento tolerado da mesma maneira que as tolerâncias de posição.



ASME Y14.5 com cilindros, círculos, esferas e cones com dados de superfície:

O PC-DMIS fornece uma opção para alternar entre MEDIAN_POINTS ou AXIS:







AXIS - O software constrói o elemento tolerado como o eixo do envelope correspondente não relacionado (é o mesmo que as tolerâncias de posição).

MEDIAN_POINTS - O software constrói o elemento tolerado a partir de todos os pontos medianos do elemento. Faz isso de acordo com o parágrafo 7.6.4.2.2 da norma ASME Y14.5 2009.

Modificadores permitidos

Quando o elemento considerado é um cilindro, círculo ou esfera, as tolerâncias de concentricidade referentes à ISO 1101 permitem que um modificador máximo de material  indique que a especificação está na condição máxima de material (MMC). Como alternativa, eles permitem que um modificador de mínimo material de material  indique que a especificação está na condição de mínimo material (LMC). Isso significa que, conforme o tamanho do envelope de correspondência não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não relacionado, para a LMC) desvia-se da MMC (ou LMC), uma tolerância adicional, ou tolerância "de bônus", é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, resultando em uma tolerância total. Para obter mais informações sobre essa tolerância de bônus, consulte "Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica".



As tolerâncias relativas à ISO 1101 permitem modificadores de especificação de elementos tolerados associados adicionais  e  para elementos não de tamanho. Para elementos de tamanho, , ,  e  estão disponíveis. Para mais detalhes, consulte o tópico "Derivação de elementos tolerados" na documentação do PC-DMIS Core.

Formas da zona de tolerância

Para ISO, o formato da zona de tolerância é sempre diamétrico. É orientado paralelamente ao eixo do dado.

Uso de tolerâncias geométricas

Para o ASME, as formas de tolerância são geralmente diamétricas, mas os elementos da esfera podem ter uma zona esférica ou diamétrica.

Valor real e valor medido

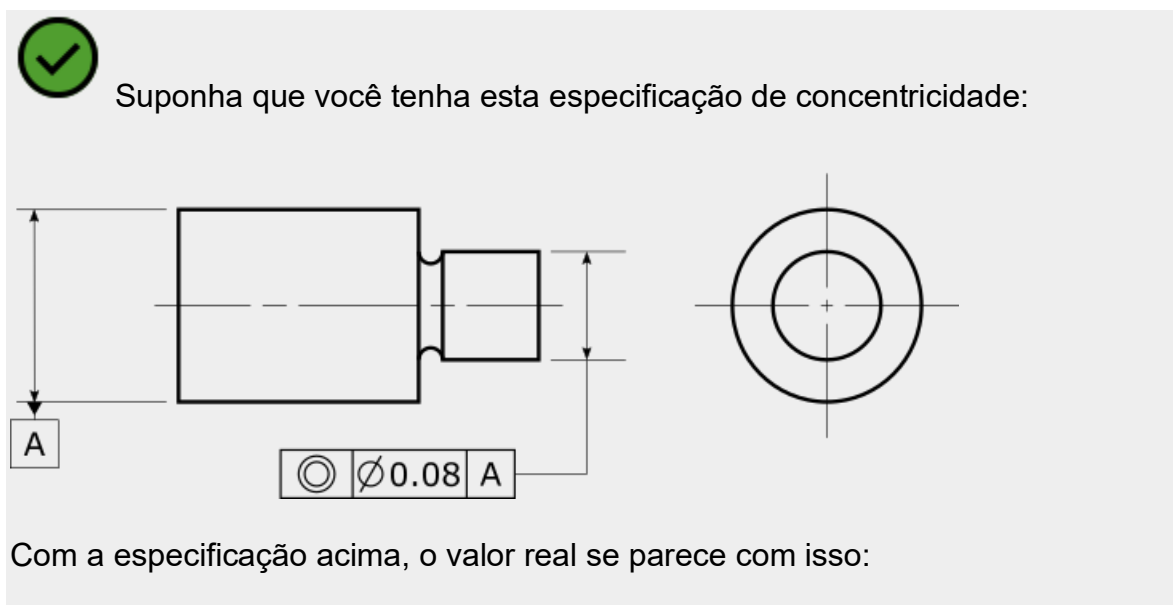
Há um caso especial a considerar. Se você possui uma concentricidade na zona esférica de duas ou mais esferas (portanto, concentricidade ASME), não está claro no padrão se as esferas devem ser consideradas simultaneamente ou independentemente. O comando de tolerância geométrica PC-DMIS as considera simultaneamente, pois essa é a escolha mais conservadora.

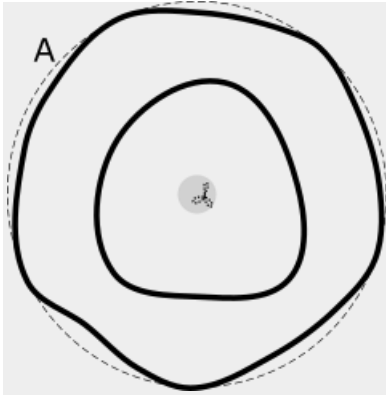
Valor real:

Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência real.

Valor medido:

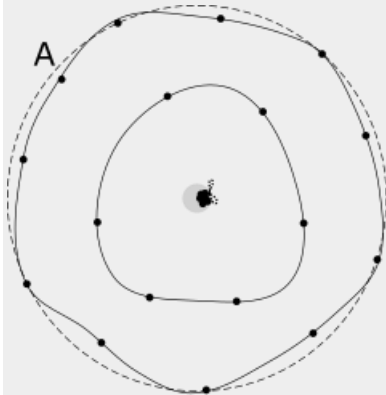
Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado medido. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida.





A superfície real da peça usa a linha sólida, o dado real usa a linha tracejada, o elemento tolerado usa a linha pontilhada e a menor zona de tolerância que contém o elemento tolerado real é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente concêntrica ao eixo do dado real.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



A zona de tolerância medida é exatamente concêntrica ao eixo do dado medido. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Regras de validade

Todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter os valores nominais especificados corretos. Isso garante que os valores medidos são calculados corretamente, e que o comando de tolerância identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

O quadro de referência do dado deve ser axial e a superfície ou superfícies de elemento consideradas devem ser nominalmente concêntricas com o eixo do dado.

Opções expostas

As tolerâncias de concentricidade têm um tipo matemático de elemento quando o elemento considerado possui dados de superfície.

Essa técnica matemática controla como calcular o elemento tolerado a partir dos dados de superfície do elemento considerado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Relatório

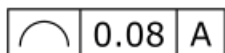
Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de concentricidade de um cilindro. A tolerância de tamanho do cilindro está no rótulo superior e a concentricidade está no rótulo inferior.

FCFCONCEN1 Size		IN	\varnothing 0.8 +0.02/-0.02		LSQ	ASME Y14.5 2009	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.8000	0.0200	-0.0200	0.8027	0.0027	0.0000	
FCFCONCEN1		IN	\varnothing 0.08 A		LSQ	ASME Y14.5 2009	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.0000	0.0800	0.0000	0.0357	0.0357	0.0000	

Perfil de uma linha

Introdução

Um perfil de uma especificação de linha controla o quanto as seções transversais das superfícies dos elementos podem se desviar de terem formas nominais. Essas seções transversais são localizadas e orientadas a zero ou mais referências.



Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada dado de superfície do elemento considerado
- Cada forma nominal do elemento considerado e cada zona de tolerância resultante
- Os elementos de referência (se algum foi usado)

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS otimiza os dados de superfície de cada elemento na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências. Com múltiplos elementos considerados, o processo de otimização avalia tais elementos simultaneamente. Dessa maneira, todos os elementos tolerados são colocados dentro de suas zonas de tolerância ao mesmo tempo.

Uso recomendado

Especificações de perfil de uma linha aplicam-se a superfícies. Isso significa que cada seção transversal da superfície tem que ter um valor real que é menor do que a tolerância especificada. Cada seção transversal deve ser considerada separadamente das outras (em vez de simultaneamente).

Recomendamos que sejam medidas várias seções transversais para cada superfície que tem uma especificação de perfil de uma linha.

- Você precisa ter seções transversais suficientes para capturar adequadamente o comportamento de toda a superfície.
- Coloque cada seção transversal em um comando separado de tolerância geométrica, para que as seções transversais sejam consideradas e otimizadas separadamente. (Se você colocar todas as seções transversais em um único comando de tolerância geométrica, elas serão consideradas simultaneamente e os valores de medição serão extremamente grandes.)

Sobre o comando Tolerância simultânea

A rigor, não faz sentido incluir uma especificação de perfil de uma linha em um comando de tolerância simultânea. Se você fizer isso, o comportamento da especificação do perfil de uma linha será alterado. Em vez de cada seção transversal ser considerada individualmente, todas as seções transversais são consideradas simultaneamente. Isso equivale ao perfil de uma superfície. Contudo, o PC-DMIS não permite que especificações de perfil de uma linha com pelo menos uma referência façam parte de um comando de tolerância simultânea. Nesse caso, o PC-DMIS mostra uma mensagem de advertência informando que o comportamento foi alterado de modo a corresponder ao perfil de uma superfície.

Tipos de elemento permitidos

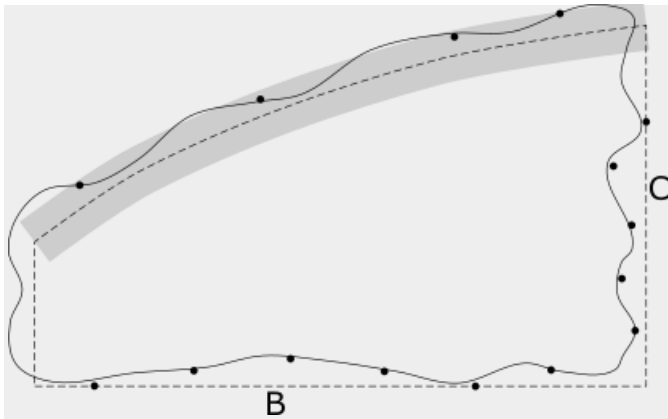
Você pode usar esses tipos de elemento para representar seções transversais de superfície que tenham dados de superfície:

linhas, círculos, larguras em 2D e 1D, varreduras, elipses, entalhes, slots e conjuntos.

Zonas de tolerância e modificadores permitidos

A zona de tolerância é baseada na superfície nominal do elemento. Por padrão (sem modificadores), a zona de tolerância é igualmente bilateral. Isso significa que metade do valor de tolerância está em cada lado da superfície nominal:





O centro da zona de tolerância medida permanece na superfície nominal, a qual é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Os modificadores podem mudar a natureza da zona de tolerância. A partir da ASME Y14.5 2009, o PC-DMIS aceita o \textcircled{U} modificador (perfil disposto desigualmente) e, a partir da ASME Y14.5 2018, o PC-DMIS aceita o \triangle modificador (perfil dinâmico). Sob a ISO 1101, o PC-DMIS suporta o modificador UZ (desvio da zona de tolerância especificado) e o modificador OZ (desvio da zona de tolerância não especificado). Embora não sejam equivalentes, os modificadores \textcircled{U} e UZ têm funcionalidades similares. Eles deslocam o centro da zona de tolerância a partir da superfície nominal. Do mesmo modo, os modificadores \triangle e OZ têm funcionalidades semelhantes. Eles permitem que o centro da zona de tolerância movimente-se na direção de mais material ou menos material. Esses modificadores não existiam na ASME Y14.5 1994, mas ela aceitava o conceito de uma zona de tolerância disposta desigualmente. Isso era usualmente especificado de maneira gráfica na impressão por linhas pontilhadas que mostravam a extensão da tolerância para dentro e para fora do material. Assim, quando a ASME Y14.5 1994 for selecionada como o padrão de GDT para a sua rotina de medição do PC-DMIS, será necessário fornecer as tolerâncias superior e inferior para a criação do quadro de controle do elemento. O PC-DMIS então informa os desvios máximo e mínimo, que são comparados aos valores de tolerância superior e inferior correspondentes para avaliar a conformidade.



O perfil legado inclui uma opção "somente forma" que permite que apenas uma única tolerância positiva seja inserida. Para se obter o mesmo comportamento usando-se um comando de tolerância geométrica de perfil da

ASME Y14.5 1994, é preciso dividir a tolerância permitida pela metade e inserir o resultado como valores bilaterais iguais.

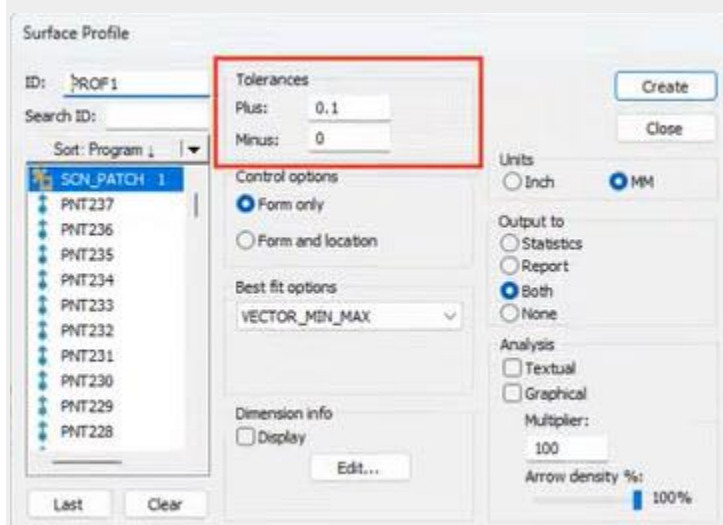
Os exemplos abaixo mostram as diferenças entre os comandos de Perfil de superfície legado e Tolerância geométrica de perfil de uma superfície. Embora os exemplos sejam para o Perfil de superfície, as regras são idênticas para o Perfil de linha.

Clique no link abaixo para mostrar exemplos da definição, resultados, e relatórios de um Perfil de superfície legado:

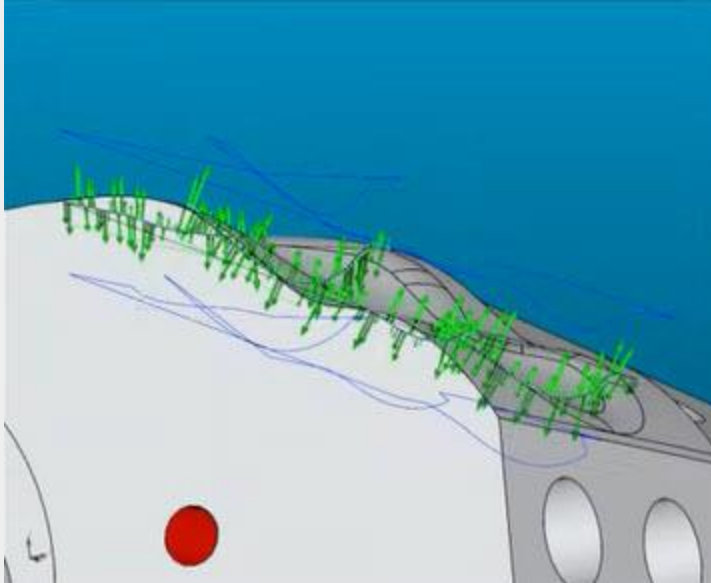
Exemplo de perfil de superfície legado, somente forma



O exemplo a seguir mostra uma caixa de diálogo Perfil de superfície com a definição Somente forma:



Exemplo de uma caixa de diálogo Perfil de superfície legado, definido para somente forma, com uma tolerância superior de 0,1 e uma tolerância inferior 0.



Exemplo de resultados após a execução do comando legado.

PROF1 - SCN_PATCH FORMONLY VECTOR_MIN_MAX							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
M	0.000000	0.100000	0.000000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

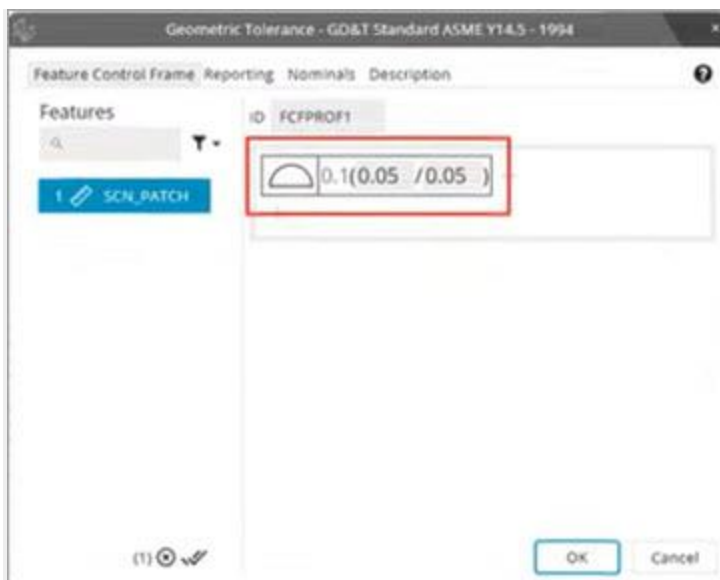
Exemplo de como se parece uma versão legada do relatório.

Clique nos links abaixo para exibir exemplos corretos e incorretos das definições, resultados e relatórios de uma Tolerância geométrica de perfil de uma superfície:

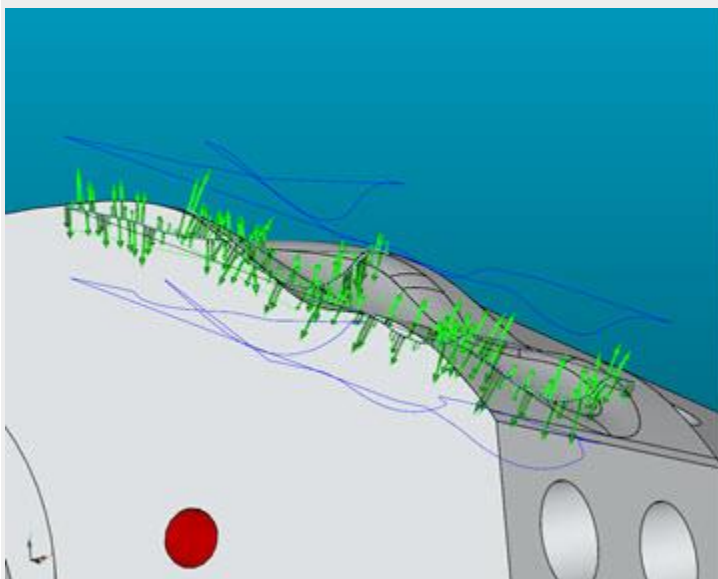
Exemplo de tolerância geométrica de perfil corretamente definida segundo a ASME Y14.5 - 1994



Nesse exemplo, a Tolerância geométrica de perfil de uma superfície utiliza um valor de tolerância superior e inferior equivalente de +/-0,05:



Exemplo de uma caixa de diálogo de Tolerância geométrica corretamente definida para um Perfil de superfície, usando o padrão ASME Y14.5 - 1994.



Exemplo de resultados após a execução do comando de Tolerância geométrica corretamente definido.

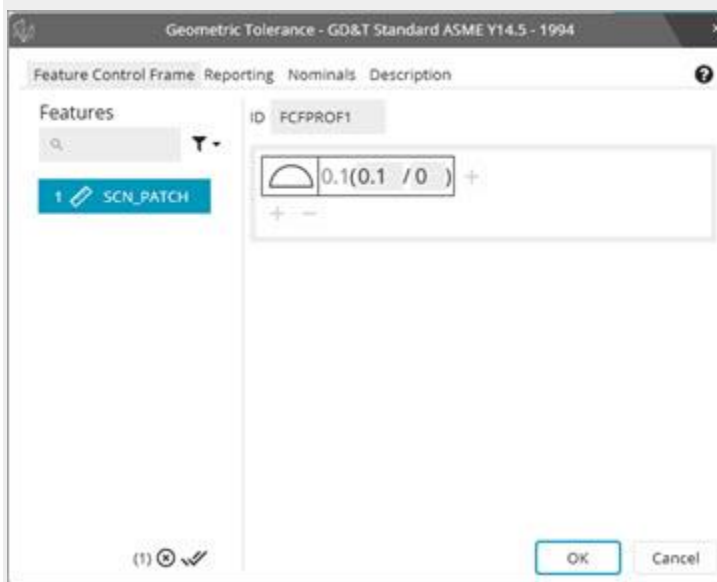
FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.050000	0.050000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

Exemplo de como se parece a versão de Tolerância geométrica do relatório para um comando corretamente definido.

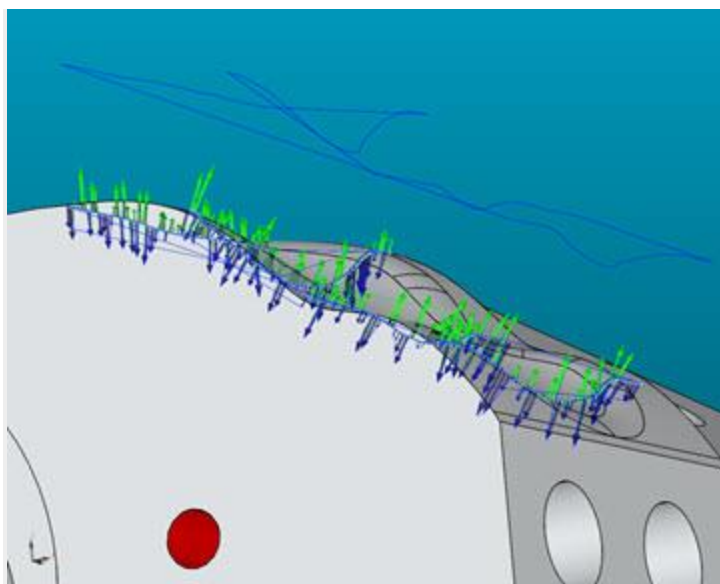
Exemplo de tolerância geométrica de perfil incorretamente definida segundo a ASME Y14.5 - 1994



Nesse exemplo, a Tolerância geométrica de perfil de uma superfície utiliza incorretamente um valor de tolerância superior único de 0,1. Isso resulta em uma zona de tolerância desigual, fazendo com que todos os desvios negativos fiquem fora da tolerância.



Exemplo de uma caixa de diálogo de Tolerância geométrica incorretamente definida para um Perfil de superfície, usando o padrão ASME Y14.5 - 1994.



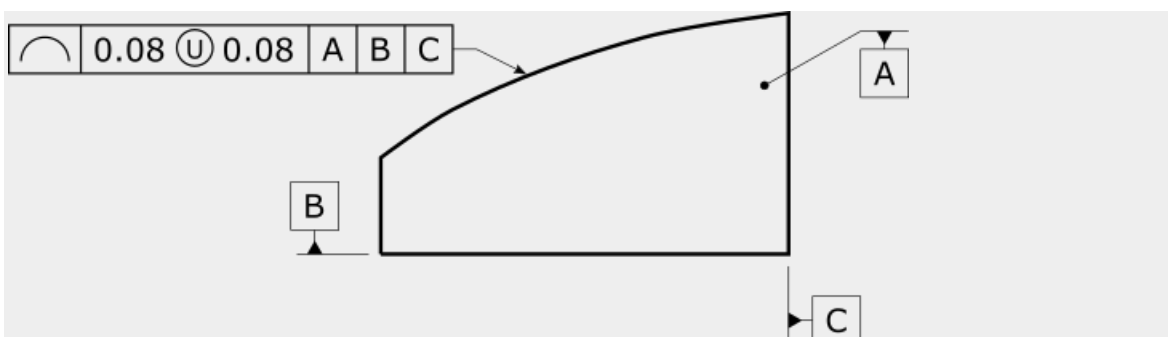
Exemplo de resultados após a execução do comando de Tolerância geométrica incorretamente definida.

FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT	ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.100000	0.000000	0.086446	0.036446	-0.036446	0.000000

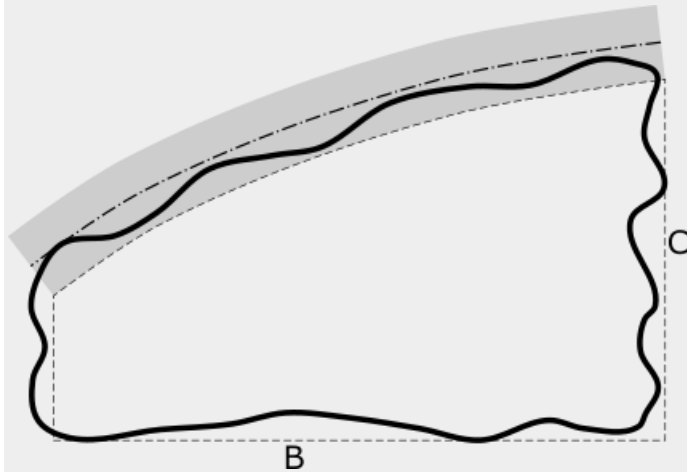
Exemplo de como se parece a versão de Tolerância geométrica do relatório para um comando incorretamente definido.



Suponha que você tenha a especificação de modificador \textcircled{U} mostrada abaixo. A especificação da ISO equivalente seria 0.08 UZ+0.04.

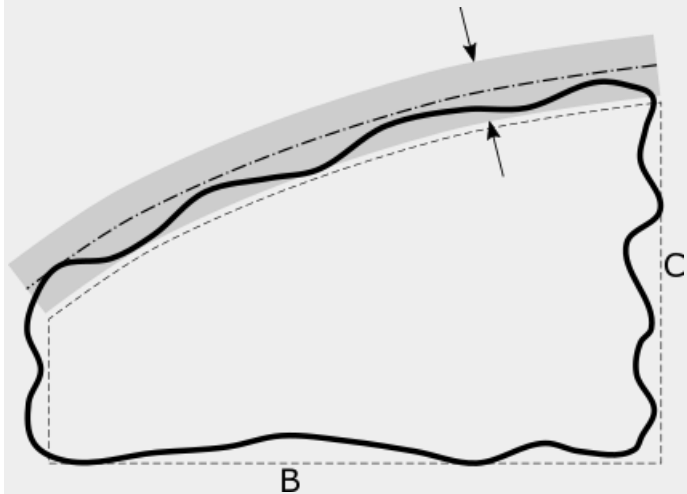


Com a especificação acima, a zona de tolerância especificada se parece com isso:



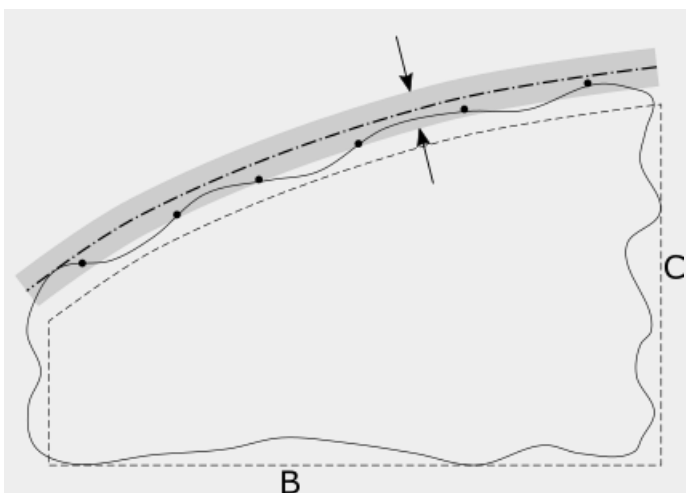
Como essa é uma zona de tolerância especificada, a zona de tolerância não é minimizada e, portanto, não representa o valor real. O centro da zona de tolerância é deslocado a partir da superfície nominal e mostrado na linha com traços e pontos.

O valor real se parece com isso:



O centro da zona de tolerância permanece o mesmo (nesse caso, deslocamento de 0,04 a partir do nominal), mas a zona é minimizada até que contenha somente a superfície real.

O valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:




O centro da zona de tolerância permanece o mesmo (nesse caso, deslocamento de 0,04 a partir do nominal), mas a zona é minimizada em torno do centro até que contenha somente os pontos da superfície medidos. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

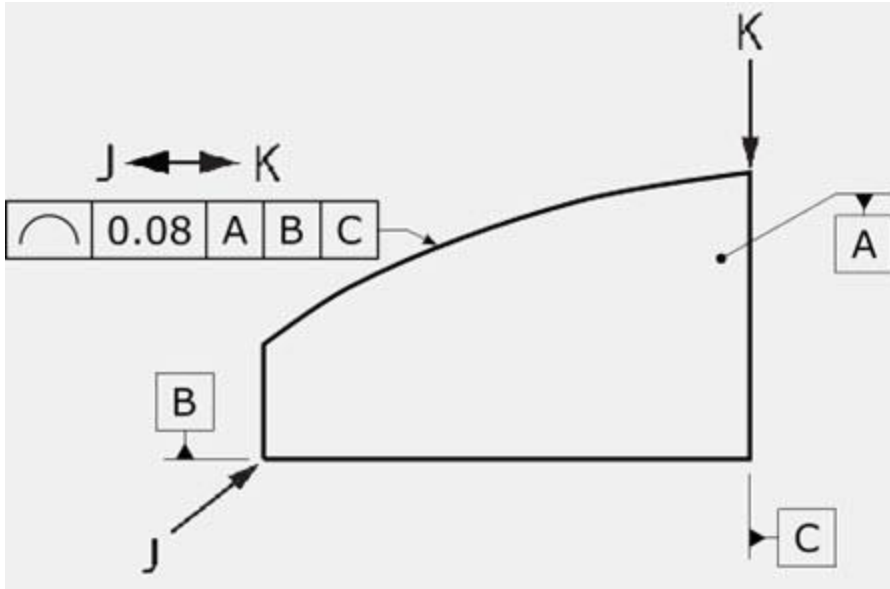
Vale lembrar que o valor medido é equivalente a duas vezes o valor absoluto do pior desvio, medido a partir do centro da zona de tolerância.




Perfil entre e Perfil em torno

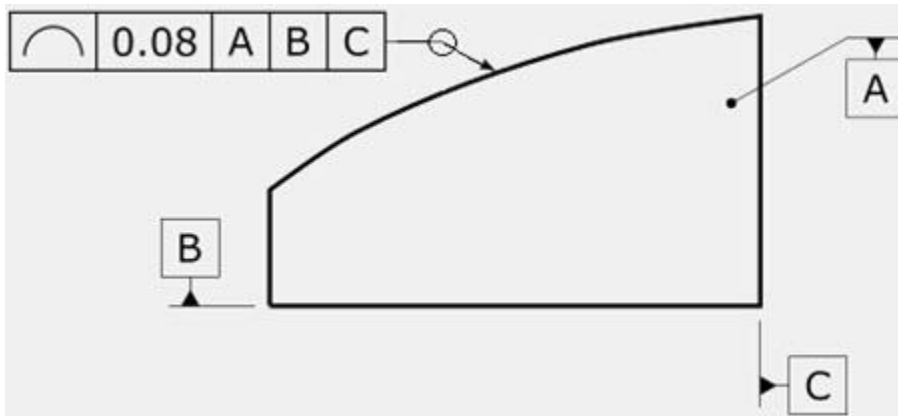
Perfil entre

O símbolo **Entre**  é usado entre duas letras maiúsculas para identificar a extensão da superfície tolerada. A superfície é formada por todos os pontos na superfície entre a superfície designada pela primeira letra (início) e a superfície designada pela segunda letra (fim). Isso inclui todos os segmentos e áreas entre essas áreas designadas por letras, como mostrado abaixo.





Perfil em torno

O Perfil inteiro é aplicado aos contornos das seções transversais de uma peça ou a todos os elementos representados por um contorno fechado. Ele é indicado pelo símbolo de círculo **Inteiro**  colocado na interseção da linha pontilhada com a linha de referência do indicador de tolerância, como mostrado abaixo.



Resumo

Não há como selecionar um símbolo **Entre**  ou **Em torno**  no construtor de quadro de controle do elemento do comando de tolerância geométrica, pois eles não são parte do quadro de controle do elemento. Assim, em vez de usar o comando de tolerância geométrica para avaliar o Perfil entre ou o Perfil em torno, aplique você mesmo a estratégia de medição correta. Para fazer isso, meça várias seções transversais, talvez envolvendo várias superfícies. O modo mais fácil de fazer isso é com o comando Varredura aberta linear para Perfil entre ou o comando Varredura fechada linear para Perfil em torno.

Outro meio é criar várias varreduras ou uma série de pontos vetoriais automáticos e combiná-los em um conjunto de elementos construídos.

- Para o Perfil entre, cada varredura aberta linear ou conjunto de elementos construídos representa uma única seção transversal entre o ponto indicado pela letra inicial e o ponto indicado pela letra final.
- Para o Perfil em torno, cada varredura fechada linear ou conjunto de elementos construídos representa uma única seção transversal em torno da peça ou do contorno fechado.

Você deve avaliar cada seção transversal usando um perfil separado de um comando de linha e basear a sua decisão de conformidade no pior valor entre todas as seções transversais.

Valor real e valor medido

As zonas de tolerância de perfil têm um centro definido. Elas também têm um mecanismo para aumentar e diminuir a zona ao redor do centro até que o envelope esteja somente ao redor da superfície real.

Valo real:

Cada elemento considerado tem seu próprio valor real. Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém a superfície real. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência real, com algumas exceções, detalhadas em "Como o PC-DMIS soluciona referências".

Se você tem mais de um elemento considerado, e o quadro de referência não é totalmente restrito, o procedimento de otimização tem que ajustar simultaneamente todas as superfícies dos elementos a suas respectivas zonas de tolerância, se possível.

Valo medido:

Cada elemento considerado tem seu próprio valor medido. Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém os pontos da superfície medida. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida, com algumas exceções, detalhadas em "Como o PC-DMIS soluciona referências".

Se você tem mais de um elemento considerado, e o quadro de referência não é totalmente restrito, o procedimento de otimização do PC-DMIS ajusta simultaneamente os pontos de superfície de todos os elementos a suas respectivas zonas de tolerância, se possível. Ele faz isso de maneira proporcional. Isso garante que todos os elementos tolerados fiquem dentro de suas zonas de tolerância, se possível.



A ASME Y14.5 2009 e a ASME Y14.5 2018 utilizam o padrão de cálculo ASME Y14.5.1 2019, que define o valor efetivo de uma tolerância de perfil como um único valor medido e igual a dobro do maior desvio em relação ao valor nominal. A ASME Y14.5 1994 utiliza o padrão matemático ASME Y14.5.1M - 1994, que define o valor efetivo de uma tolerância de perfil como os desvios mínimo e máximo em relação ao valor nominal. A medição do perfil é definida como o maior desvio a partir do valor nominal de cada lado, para dentro e para fora do material. Isso quer dizer que, quando você seleciona a ASME Y14.5 1994 como seu padrão de GDT, você deixa de obter um único valor medido e obtém os valores mínimo e máximo em vez disso. A única diferença real é a forma como as informações são apresentadas; os limites de tolerância e a conformidade não são afetados. Para mais informações, faça o download do documento "Guia_de_Relatório_de_Profil_V2" no repositório da Base de conhecimento do PC-DMIS.

Regras de validade

Todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter as formas e os valores nominais especificados corretos. Isso garante que o PC-DMIS calcule os valores medidos corretamente, e que o comando de tolerância identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

Opções expostas

Vários tipos de elementos expõem uma opção ITERAREREPERFURAR. Esses elementos são pontos, varreduras, elipses, entalhes, slots e conjuntos (exceto elementos automáticos de visão de perfil em 2D e elementos de ponto de borda) quando um modelo do CAD está disponível. Quando disponível, o PC-DMIS define a opção ITERAREREPERFURAR para SIM como padrão. Isso não garante que o centro da zona de tolerância é a superfície do modelo do CAD. Quando a opção não está disponível, ou quando NÃO é selecionado, esses tipos de elemento criam uma zona de tolerância planar separada para cada ponto medido. A zona é definida pelo vetor e ponto teórico associados ao ponto medido. Isso é chamado de aproximação "conjunto de variáveis planar", que é excelente em várias circunstâncias. Contudo, não é útil nestes casos:

- Se o alinhamento usado para encontrar os valores nominais é muito diferente do quadro de referência otimizado.
- Se os dados medidos incluem raios ou cantos pontiagudos.

Devido ao ocasional mau comportamento da aproximação do conjunto de variáveis planar, geralmente recomendamos que você use um modelo do CAD e mantenha a opção ITERAREREPERFURAR definida para SIM. Contudo, faz sentido definir a opção para NÃO se o tempo de cálculo é muito longo. Quando a opção é definida para NÃO, a velocidade do cálculo costuma melhorar, mas você se torna o responsável por garantir que a aproximação do conjunto de variáveis planar seja boa.

Linhas, círculos e larguras não expõem a opção ITERAREREPERFURAR porque, internamente, o comando de tolerância geométrica representa exatamente as zonas de tolerância. Não é possível usar a aproximação do conjunto de variáveis planar para tais tipos de elemento. Por contraste, os elementos automáticos de visão de perfil em 2D, elementos de ponto de borda, varreduras feitas a partir de elementos de ponto de borda e elementos de conjunto construído de "filtro de ajuste" não expõem as opções ITERAREREPERFURAR, pois usam sempre a aproximação do conjunto de variáveis planar.

Quando não é usada nenhuma referência, a opção do plano de trabalho serve como uma referência de definição do plano da seção transversal, e define os graus de liberdade otimizáveis. Ela pode ser definida para ZMAIS, ZMENOS, XMAIS, XMENOS, YMAIS ou YMENOS.

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência.

Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Quando não há elementos de referência, a técnica matemática da zona de tolerância controla como os pontos de superfície medidos são otimizados em suas respectivas zonas de tolerância:

PADRÃO - Faz o melhor ajuste da zona mínima (também chamado máximo e mínimo). Esse melhor ajuste encontra a menor zona de tolerância que contém os pontos da superfície. Assim, a opção **PADRÃO** encontra o menor valor medido para avaliar o perfil de uma linha. Também é matematicamente muito semelhante à especificação, porque se você mede pontos densamente e com alta precisão, o valor medido se aproxima do valor real.

MÍN QUAD - Isso faz com que os mínimos quadrados se encaixem melhor. Ele minimiza a soma dos quadrados dos desvios em relação ao centro da zona. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente.

Segmentos inferiores de perfil composto de uma linha

Uma tolerância de perfil de uma linha com vários segmentos é chamado de "perfil composto de uma linha". O primeiro segmento (ou superior) de uma tolerância de perfil de uma linha é o mesmo de um perfil de segmento único de uma linha, descrito no início desse tópico. Todos os segmentos inferiores de um perfil composto de uma linha são levemente diferentes entre si. Isso porque as zonas de tolerância têm translações desbloqueadas em comparação ao quadro de referência. Contudo, as zonas de tolerância permanecem nominalmente orientadas e localizadas entre si.

Os quadros de referência para os segmentos inferiores de um perfil composto de uma linha seguem estas regras:

- Cada quadro de referência têm que usar as mesmas referências do quadro de referência acima dele.
- As referências têm que estar na mesma ordem.
- As referências têm que ter os mesmo modificadores.
- Um segmento pode ter menos referências do que o segmento acima dele.



Suponha que um segmento tenha as referências ABC. O segmento abaixo dele pode usar zero referência, a referência A, as referências AB ou as referências ABC. Contudo, ele não pode usar as referências BA, AC ou ABD.

Eis alguns exemplos de tolerâncias de posição compostas permitidas:


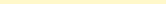
4X \varnothing 0.675 \pm 0.025		4X \varnothing 0.675 \pm 0.025	
\varnothing 0.08 (M)	A B C	\varnothing 0.08 (M)	A B C
\varnothing 0.02 (M)	A B C	\varnothing 0.02 (M)	A B
4X \varnothing 0.675 \pm 0.025		4X \varnothing 0.675 \pm 0.025	
\varnothing 0.08 (M)	A B C	\varnothing 0.08 (M)	A B C
\varnothing 0.02 (M)	A	\varnothing 0.02 (M)	

Eis alguns exemplos de tolerâncias de posição compostas não permitidas:

4X \varnothing 0.675 \pm 0.025					4X \varnothing 0.675 \pm 0.025				
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C
	\varnothing 0.02 (M)	B	A			\varnothing 0.02 (M)	A	C	
4X \varnothing 0.675 \pm 0.025									
\varnothing	\varnothing 0.08 (M)	A	B	C					
	\varnothing 0.02 (M)	A	B	D					

Relatório

Exemplo de relatório para uma tolerância de perfil de uma linha de um círculo:

FCFPROF3		MM	 0.2			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
CIR1	0.000	0.200	0.754	-0.161	-0.377	0.554	

Tolerâncias de perfil de uma linha por unidade

Quando a tolerância de perfil de uma linha não tem referências, uma caixa de seleção **por unidade** fica visível. Se você marca essa caixa de seleção, o perfil de uma linha tem dois segmentos. O primeiro segmento (superior) é o perfil geral de uma linha, como descrito acima. O segmento inferior é perfil por unidade de uma linha, que define o comprimento de uma unidade. As tolerâncias por unidade controlam a forma de cada unidade possível do elemento tolerado.

Conceitualmente, a seção transversal da superfície inteira é dividida em um número infinito de comprimentos de unidade sobrepostos.

Valo real:



Cada unidade infinita tem seu próprio valor real. Para o elemento inteiro, esse é o valor real da pior unidade.



Valores medidos:

Um grande número de unidade sobrepostas contém subconjuntos dos pontos medidos. Para qualquer unidade, o valor medido é o desvio máximo menos o desvio mínimo, onde os desvios foram calculados com o perfil geral de uma linha. O valor medido para o elemento inteiro é o valor medido da pior unidade.

Relatório

Exemplo de relatório para uma tolerância de perfil de uma linha por unidade. O rótulo superior é para ao perfil de uma linha geral e o rótulo inferior é para o perfil de uma linha por unidade.

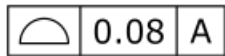
FCFPROF3		MM	 0.2		LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
CIR1	0.000	0.200	0.754	-0.161	-0.377	0.554	

FCFPROF3		MM	 0.05/5		LSQ	ASME Y14.5 2018	
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL	
CIR1	0.000	0.050	0.167	0.083	-0.083	0.117	

Perfil de uma superfície

Introdução

Um perfil de uma especificação de superfície controla quanto as superfícies dos elementos podem se desviar das formas nominais, localizadas e orientadas para zero ou mais dados.



Para essa tolerância geométrica, os seguintes três aspectos funcionam juntos:

- Cada dado de superfície do elemento considerado
- Cada forma nominal do elemento considerado e cada zona de tolerância resultante
- Os elementos de referência (se algum foi usado)

Para avaliar essa tolerância, o PC-DMIS otimiza os dados de superfície de cada elemento na sua respectiva zona de tolerância. O processo de otimização respeita as restrições impostas pelas referências. Com múltiplos elementos considerados, o processo de otimização avalia tais elementos simultaneamente. Dessa maneira, todos os elementos tolerados são colocados dentro de suas zonas de tolerância ao mesmo tempo.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar estes tipos de elementos se eles tiverem dados de superfície:

cilindros, esferas, larguras 3D e 1D, varreduras, planos, cones, conjuntos e toros.

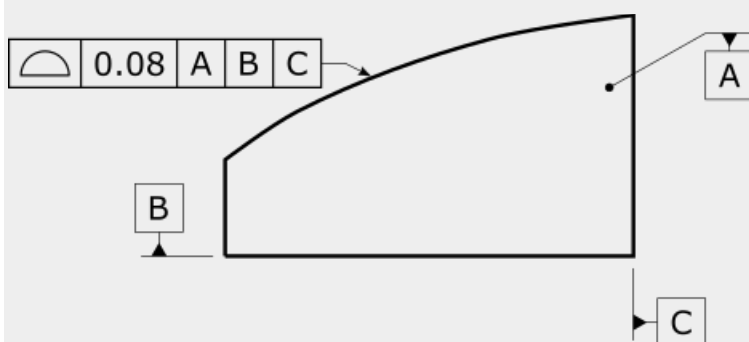
Quando nenhum dado é referenciado, não há opção de plano de trabalho. Às vezes, os dados medidos foram medidos apenas em uma única seção transversal. Este é geralmente um caso em que o perfil de uma superfície para nenhum dado foi especificado, mas a superfície é muito rasa para medir mais de uma seção transversal. Nesse caso, o comando de tolerância geométrica detecta automaticamente o plano de trabalho da seção transversal. Ele também usa esse

plano de trabalho como um dado primário invisível para restringir os graus de liberdade a esse plano de trabalho.

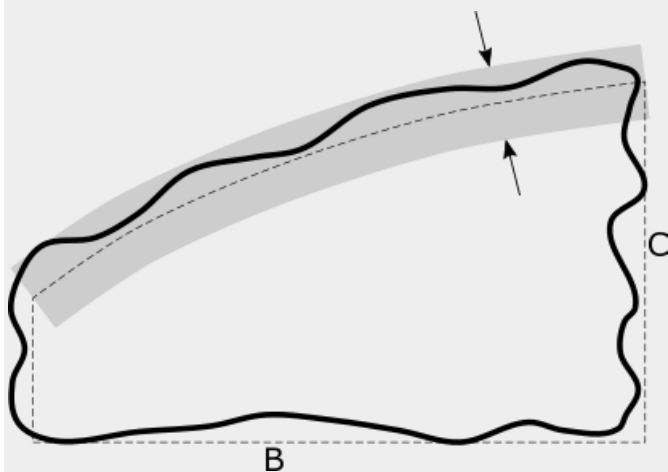
Zonas de tolerância e modificadores permitidos

A zona de tolerância é baseada na superfície nominal do elemento. Por padrão (sem modificadores), a zona de tolerância é igualmente bilateral. Isso significa que metade do valor de tolerância está em cada lado da superfície nominal:

✓ Suponha que você tenha esse perfil de uma especificação de superfície:

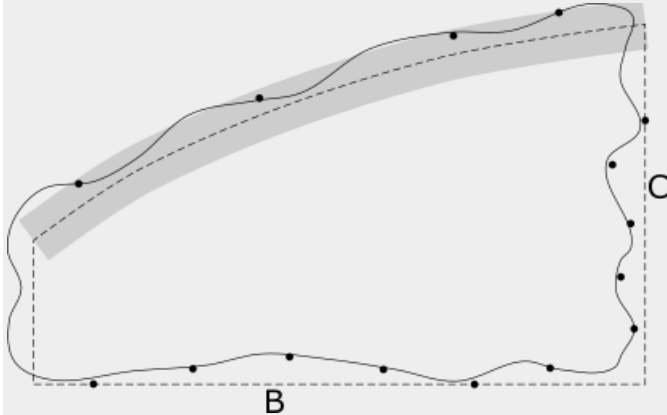


Com a especificação acima, o valor real se parece com isso:



Como não há modificadores, a zona de tolerância é centrada na superfície nominal, a qual é orientada e localizada nominalmente a cada referência real. A linha sólida indica a superfície real, as linhas tracejadas representam as superfícies nominais (incluindo os dados reais) e a área sombreada cinza representa a zona de tolerância de tamanho mínimo centralizada na superfície nominal que contém a superfície real.

O valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



O centro da zona de tolerância medida permanece na superfície nominal, a qual é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Os modificadores podem mudar a natureza da zona de tolerância. A partir da ASME Y14.5 2009, o PC-DMIS aceita o \textcircled{U} modificador (perfil disposto desigualmente) e, a partir da ASME Y14.5 2018, o PC-DMIS aceita o \triangle modificador (perfil dinâmico). Sob a ISO 1101, o PC-DMIS suporta o modificador UZ (desvio da zona de tolerância especificado) e o modificador OZ (desvio da zona de tolerância não especificado). Embora não sejam equivalentes, os modificadores \textcircled{U} e UZ têm funcionalidades similares. Eles deslocam o centro da zona de tolerância a partir da superfície nominal. Do mesmo modo, os modificadores \triangle e OZ têm funcionalidades semelhantes. Eles permitem que o centro da zona de tolerância movimente-se na direção de mais material ou menos material. Esses modificadores não existiam na ASME Y14.5 1994, mas ela aceitava o conceito de uma zona de tolerância disposta desigualmente. Isso era usualmente especificado de maneira gráfica na impressão por linhas pontilhadas que mostravam a extensão da tolerância para dentro e para fora do material. Assim, quando a ASME Y14.5 1994 for selecionada como o padrão de GDT para a sua rotina de medição do PC-DMIS, será necessário fornecer as tolerâncias superior e inferior para a criação do quadro de controle do elemento. O PC-DMIS então informa os desvios máximo e mínimo, que são comparados aos valores de tolerância superior e inferior correspondentes para avaliar a conformidade.



O perfil legado inclui uma opção "somente forma" que permite que apenas uma única tolerância positiva seja inserida. Para se obter o mesmo

comportamento usando-se um comando de tolerância geométrica de perfil da ASME Y14.5 1994, é preciso dividir a tolerância permitida pela metade e inserir o resultado como valores bilaterais iguais.

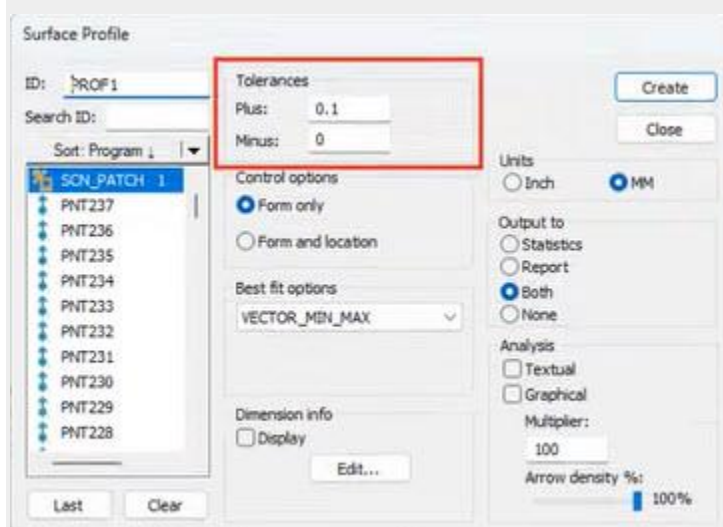
Os exemplos abaixo mostram as diferenças entre os comandos de Perfil de superfície legado e Tolerância geométrica de perfil de uma superfície. Embora os exemplos sejam para o Perfil de superfície, as regras são idênticas para o Perfil de linha.

Clique no link abaixo para mostrar exemplos da definição, resultados, e relatórios de um Perfil de superfície legado:

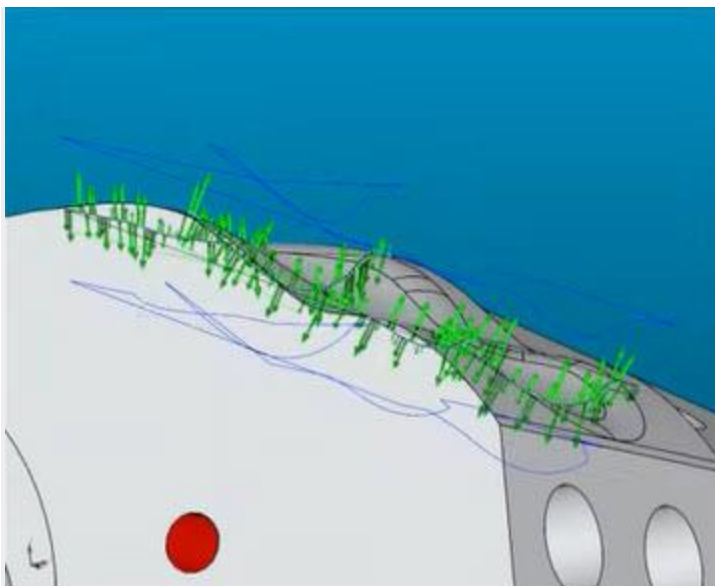
Exemplo de perfil de superfície legado, somente forma



O exemplo a seguir mostra uma caixa de diálogo Perfil de superfície com a definição Somente forma:



Exemplo de uma caixa de diálogo Perfil de superfície legado, definido para somente forma, com uma tolerância superior de 0,1 e uma tolerância inferior 0.



Exemplo de resultados após a execução do comando legado.

PROF1 - SCN_PATCH FORMONLY VECTOR_MIN_MAX							
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
M	0.000000	0.100000	0.000000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

Exemplo de como se parece uma versão legada do relatório.

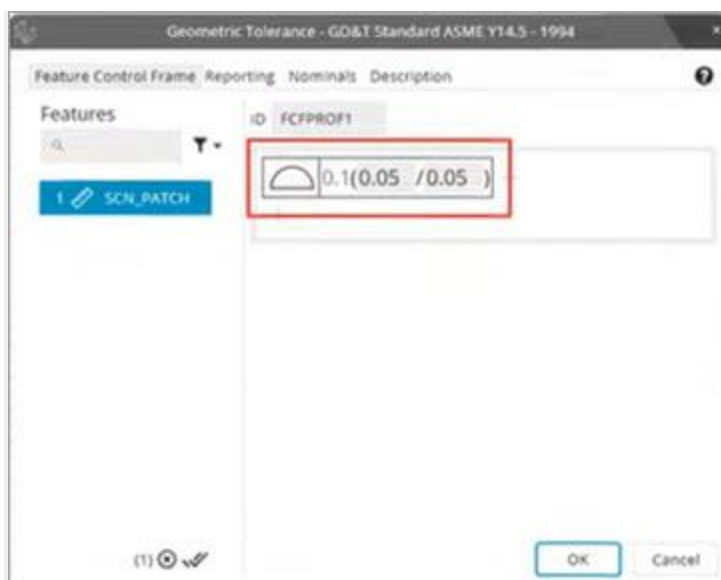
Clique nos links abaixo para exibir exemplos corretos e incorretos das definições, resultados e relatórios de uma Tolerância geométrica de perfil de uma superfície:

Exemplo de tolerância geométrica de perfil corretamente definida segundo a ASME Y14.5 - 1994

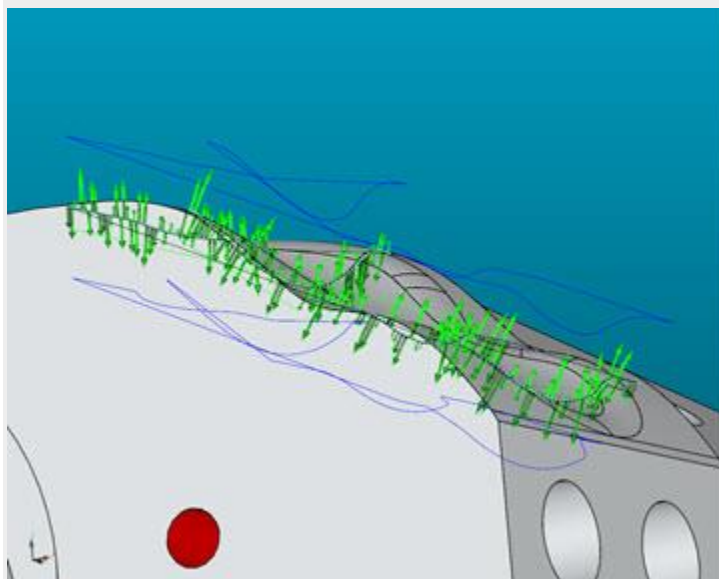


Nesse exemplo, a Tolerância geométrica de perfil de uma superfície utiliza um valor de tolerância superior e inferior equivalente de +/-0,05:


Uso de tolerâncias geométricas



Exemplo de uma caixa de diálogo de Tolerância geométrica corretamente definida para um Perfil de superfície, usando o padrão ASME Y14.5 - 1994.



Exemplo de resultados após a execução do comando de Tolerância geométrica corretamente definido.

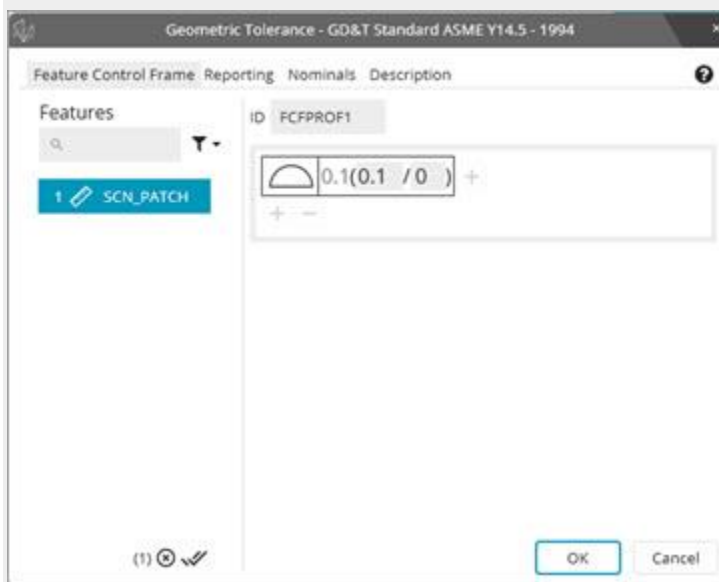
FCFPROF1		MM	 0.1		DEFAULT		ASME Y14.5 - 1994
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.050000	0.050000	0.071202	0.035601	-0.035601	0.000000

Exemplo de como se parece a versão de Tolerância geométrica do relatório para um comando corretamente definido.

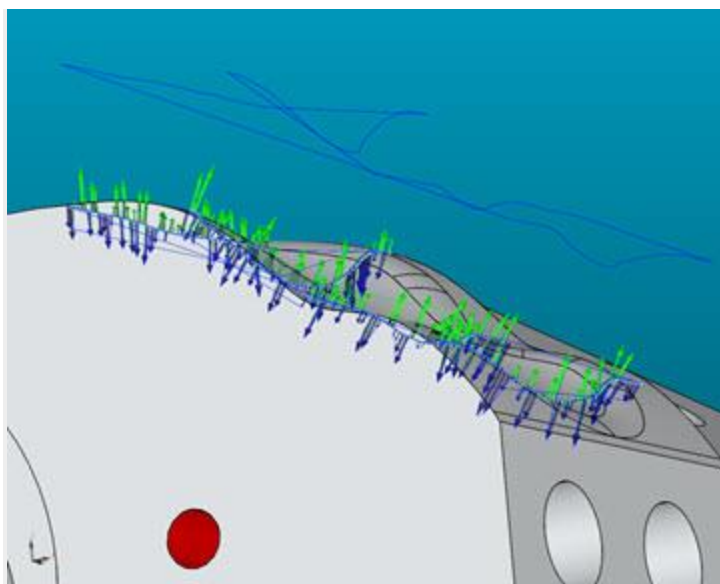
Exemplo de tolerância geométrica de perfil incorretamente definida segundo a ASME Y14.5 - 1994



Nesse exemplo, a Tolerância geométrica de perfil de uma superfície utiliza incorretamente um valor de tolerância superior único de 0,1. Isso resulta em uma zona de tolerância desigual, fazendo com que todos os desvios negativos fiquem fora da tolerância.



Exemplo de uma caixa de diálogo de Tolerância geométrica incorretamente definida para um Perfil de superfície, usando o padrão ASME Y14.5 - 1994.



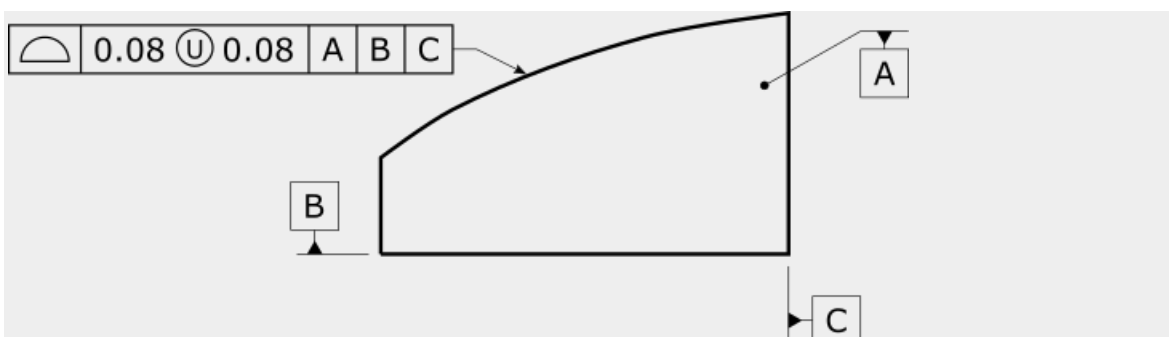
Exemplo de resultados após a execução do comando de Tolerância geométrica incorretamente definida.

FCFPROF1		MM	0.1		DEFAULT	ASME Y14.5 - 1994	
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL
SCN_PATCH	0.000000	0.100000	0.000000	0.086446	0.036446	-0.036446	0.000000

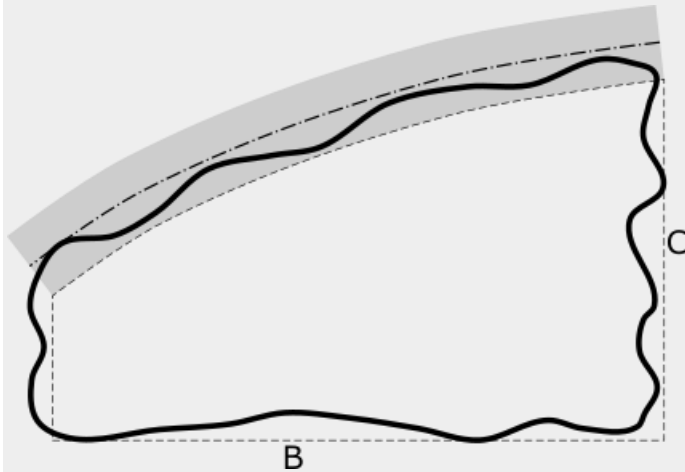
Exemplo de como se parece a versão de Tolerância geométrica do relatório para um comando incorretamente definido.



Suponha que você tenha a especificação de modificador \textcircled{U} mostrada abaixo. A especificação da ISO equivalente seria 0.08 UZ+0.04.

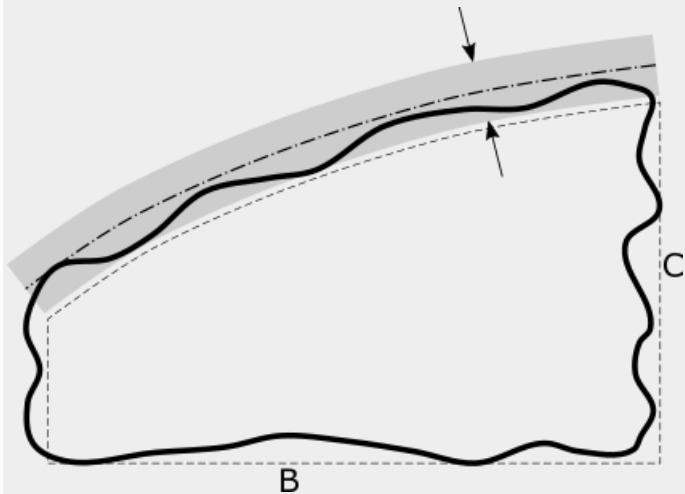


Com a especificação acima, a zona de tolerância especificada se parece com isso:



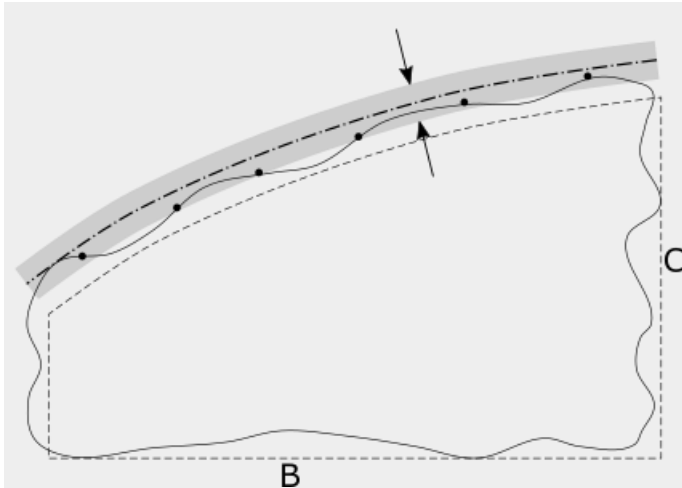
Como essa é uma zona de tolerância especificada, a zona de tolerância não é minimizada e, portanto, não representa o valor real. O centro da zona de tolerância é deslocado a partir da superfície nominal e mostrado na linha com traços e pontos.

O valor real se parece com isso:



O centro da zona de tolerância permanece o mesmo (nesse caso, deslocamento de 0,04 a partir do nominal), mas a zona é minimizada até que contenha somente a superfície real.

O valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:




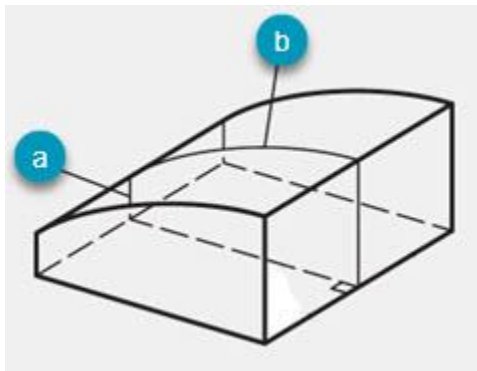
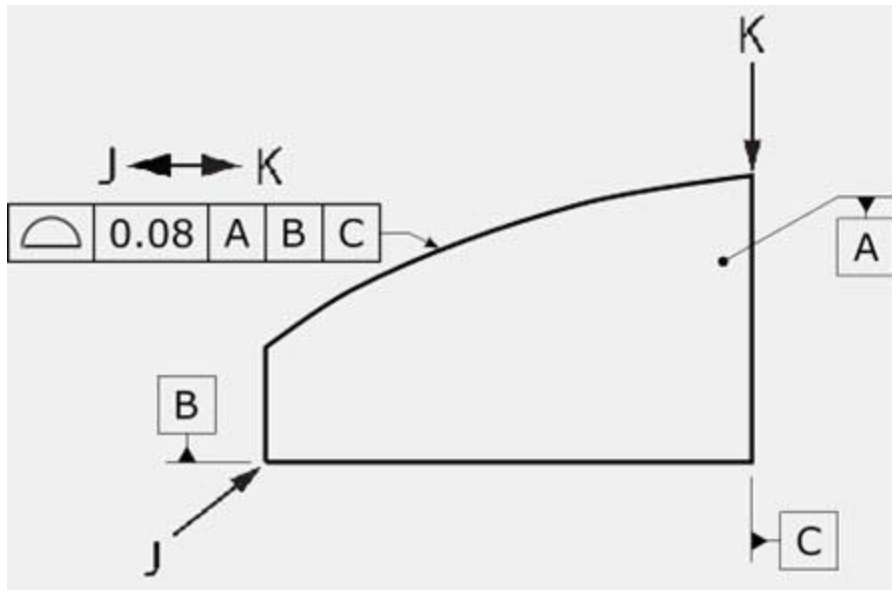
O centro da zona de tolerância permanece o mesmo (nesse caso, deslocamento de 0,04 a partir do nominal), mas a zona é minimizada em torno do centro até que contenha somente os pontos da superfície medidos. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Vale lembrar que o valor medido é equivalente a duas vezes o valor absoluto do pior desvio, medido a partir do centro da zona de tolerância.

Perfil entre, Perfil em torno e Perfil inteiro


Perfil entre

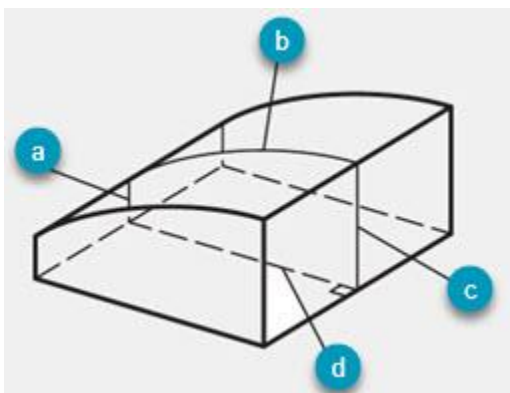
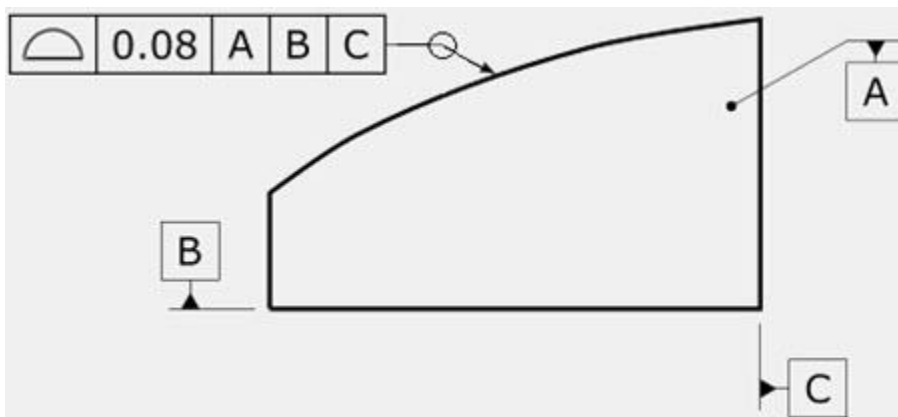
O símbolo **Entre**  é usado entre duas letras maiúsculas para identificar a extensão da superfície tolerada. A superfície é formada por todos os pontos na superfície entre a superfície designada pela primeira letra (início) e a superfície designada pela segunda letra (fim). Isso inclui todos os segmentos e áreas entre essas áreas designadas por letras, como mostrado abaixo.



O Perfil entre aplica-se somente às superfícies indicadas pelo plano de coleta ou pela orientação da visualização entre os pontos Inicial e Final designados.

Perfil em torno

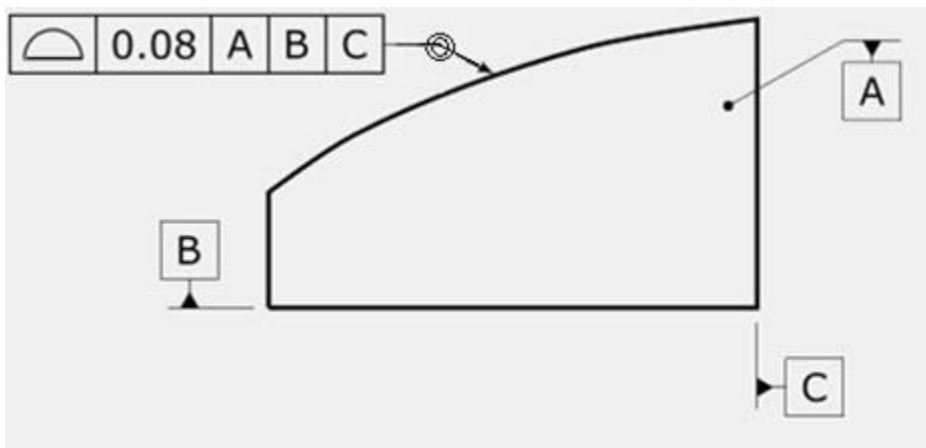
O Perfil inteiro é aplicado aos contornos das seções transversais de uma peça ou a todos os elementos representados por um contorno fechado. Ele é indicado pelo símbolo de círculo **Inteiro**  colocado na interseção da linha pontilhada com a linha de referência do indicador de tolerância, como mostrado abaixo.

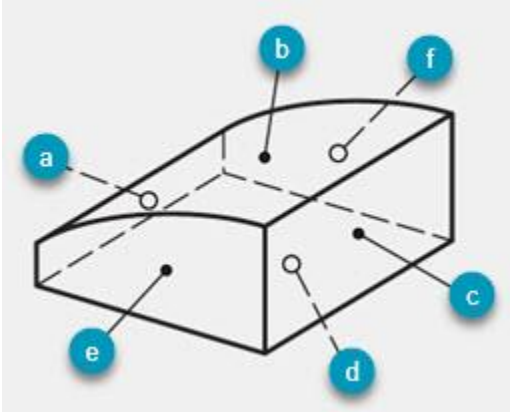


O Perfil em torno aplica-se somente às superfícies identificadas pelo plano de coleta ou pela orientação da visualização, não à peça de trabalho inteira.

Perfil inteiro

O Perfil inteiro aplica-se a todos os elementos integrantes de uma peça de trabalho, sendo indicado por um símbolo de dois círculos concêntricos \odot colocado na interseção da linha pontilhada com a linha de referência do indicador de tolerância, como mostrado abaixo.





O Perfil inteiro aplica-se a todas as superfícies da peça de trabalho inteira e é tridimensional.

Resumo

Não há como selecionar um símbolo Perfil entre, Perfil em torno ou Perfil inteiro no construtor de quadro de controle do elemento do comando de tolerância geométrica, pois eles não são parte do quadro de controle do elemento. Assim, em vez de usar o comando de tolerância geométrica para avaliar o Perfil entre, o Perfil em torno ou o Perfil inteiro, aplique você mesmo a estratégia de medição correta. É preciso medir todas as superfícies aplicáveis de maneira que sejam consideradas como um único elemento. O modo mais fácil de fazer isso é com uma série de comandos Varredura aberta linear para Perfil entre ou uma série de comandos Varredura fechada linear para Perfil em torno ou Perfil inteiro.

Outro modo é criar uma série de elementos automáticos (um para cada superfície individual). Todas as varreduras ou elementos automáticos que pertencem às superfícies sob avaliação devem ser combinados em um único conjunto de elementos construídos.

- Para o Perfil entre, o conjunto de elementos construídos representa a extensão de todas as superfícies entre o ponto indicado pela letra inicial e o ponto indicado pela letra final.
- Para o Perfil em torno, o conjunto de elementos construídos representa a extensão de todas as superfícies em torno da peça ou do contorno fechado.
- Para o Perfil inteiro, o conjunto de elementos construídos representa a extensão de todas as superfícies externas da peça inteira.

Você deve usar um único perfil de um comando de superfície que usa o conjunto de elementos construídos como referência de elemento considerado, para avaliar qualquer destes requisitos.

Valor real e valor medido

As zonas de tolerância de perfil têm um centro definido. Elas também têm um mecanismo para aumentar e diminuir a zona ao redor do centro até que o envelope esteja somente ao redor da superfície real.

Valo real:

Cada elemento considerado tem seu próprio valor real. Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém a superfície real. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência real, com algumas exceções, detalhadas em "Como o PC-DMIS soluciona referências".

Se você tem mais de um elemento considerado, e o quadro de referência não é totalmente restrito, o procedimento de otimização tem que ajustar simultaneamente todas as superfícies dos elementos a suas respectivas zonas de tolerância, se possível.

Valo medido:

Cada elemento considerado tem seu próprio valor medido. Esse é o tamanho da menor zona de tolerância que contém os pontos da superfície medida. A zona é orientada e localizada nominalmente a cada referência medida, com algumas exceções, detalhadas em "Como o PC-DMIS soluciona referências".

Se você tem mais de um elemento considerado, e o quadro de referência não é totalmente restrito, o procedimento de otimização do PC-DMIS ajusta simultaneamente os pontos de superfície de todos os elementos a suas respectivas zonas de tolerância, se possível. Ele faz isso de maneira proporcional. Isso garante que todos os elementos tolerados fiquem dentro de suas zonas de tolerância, se possível.



A ASME Y14.5 2009 e a ASME Y14.5 2018 utilizam o padrão de cálculo ASME Y14.5.1 2019, que define o valor efetivo de uma tolerância de perfil como um único valor medido e igual a dobro do maior desvio em relação ao valor nominal. A ASME Y14.5 1994 utiliza o padrão matemático ASME Y14.5.1M - 1994, que define o valor efetivo de uma tolerância de perfil como os desvios mínimo e máximo em relação ao valor nominal. A medição do perfil é definida como o maior desvio a partir do valor nominal de cada lado, para dentro e para fora do material. Isso quer dizer que, quando você seleciona a ASME Y14.5 1994 como seu padrão de GDT, você deixa de obter um único valor medido e obtém os valores mínimo e máximo em vez disso. A única diferença real é a forma como as informações são apresentadas; os limites de tolerância e a conformidade não são afetados. Para mais informações, faça o download do documento "Guia_de_Relatório_de_Profil_V2" no repositório da Base de conhecimento do PC-DMIS.

Regras de validade

Todos os elementos de entrada (considerados e referências) devem ter as formas e os valores nominais especificados corretos. Isso garante que o PC-DMIS calcule os valores medidos corretamente, e que o comando de tolerância identifique corretamente os graus de liberdade otimizáveis.

Opções expostas

Vários tipos de elementos expõem uma opção ITERAREREPERFURAR. Esses são pontos, varreduras, conjuntos e toros (exceto os elementos automáticos de visão de perfil 2D e os elementos de ponto de borda) quando um modelo CAD está disponível. Quando disponível, a opção é configurada como YES (SIM) por padrão, porque isso garante que o centro da zona de tolerância seja a superfície do modelo CAD. Quando a opção não está disponível ou quando NO (NÃO) é selecionado, esses tipos de elementos criam uma zona de tolerância planar separada para cada ponto medido, definido pelo ponto teórico e pelo vetor associado a esse ponto medido. Isso é chamado de aproximação "conjunto de variáveis planar", que é excelente em várias circunstâncias. Contudo, não é útil nestes casos:

- Se o alinhamento usado para encontrar os valores nominais é muito diferente do quadro de referência otimizado.
- Se os dados medidos incluem raios ou cantos pontiagudos.

Devido ao comportamento às vezes mau da aproximação planar por partes, na maioria dos casos, recomendamos que você use um modelo CAD e mantenha a opção **ITERATEANDREPIERCE** definida como YES (SIM). Em algumas circunstâncias, faz sentido configurá-lo para NO (NÃO) se o tempo de computação for muito longo. Quando você define como NO dessa maneira, geralmente melhora a velocidade do cálculo, mas você é responsável por garantir que a aproximação planar por partes seja uma boa aproximação.

Cilindros, esferas, larguras, planos e cones não expõem a opção **ITERATEANDREPIERCE** porque o comando de tolerância geométrica representa internamente exatamente as zonas de tolerância. Não é possível usar a aproximação do conjunto de variáveis planar para tais tipos de elemento. Por outro lado, os elementos automáticos de visão de perfil 2D, elementos de ponto de borda, varreduras feitas com elementos de ponto de borda e elementos de conjunto construídos com "ajuste de filtro" não expõem as opções **ITERATEANDREPIERCE** porque eles sempre usam a aproximação planar por partes.

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência.

Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Quando não há elementos de referência, a técnica matemática da zona de tolerância controla como os pontos de superfície medidos são otimizados em suas respectivas zonas de tolerância:

PADRÃO - Faz o melhor ajuste da zona mínima (também chamado máximo e mínimo). Esse melhor ajuste encontra a menor zona de tolerância que contém os pontos da superfície. Portanto, a opção **PADRÃO** produz o menor valor medido para avaliar o perfil de uma superfície. Também é matematicamente muito semelhante à especificação, porque se você mede pontos densamente e com alta precisão, o valor medido se aproxima do valor real.

MÍN QUAD - Isso faz com que os mínimos quadrados se encaixem melhor. Ele minimiza a soma dos quadrados dos desvios em relação ao centro da zona. Esta opção produz um valor medido maior (é mais conservador que a opção **PADRÃO**). Mas, em geral, essa opção calcula mais rapidamente.

Segmentos inferiores do perfil composto de uma superfície

Um perfil de tolerância de superfície com múltiplos segmentos é chamado de "perfil composto de uma superfície". O primeiro segmento (ou superior) de um perfil composto de uma tolerância de superfície é o mesmo que um perfil de segmento único de uma superfície, conforme descrito acima no início deste

tópico. Todos os segmentos inferiores de um perfil composto de uma superfície são sutilmente diferentes. Isso porque as zonas de tolerância têm translações desbloqueadas em comparação ao quadro de referência. Contudo, as zonas de tolerância permanecem nominalmente orientadas e localizadas entre si.

Os quadros de referência para os segmentos inferiores de um perfil composto de uma superfície seguem estas regras:

- Cada quadro de referência têm que usar as mesmas referências do quadro de referência acima dele.
- As referências têm que estar na mesma ordem.
- As referências têm que ter os mesmo modificadores.
- Um segmento pode ter menos referências do que o segmento acima dele.



Suponha que um segmento tenha as referências ABC. O segmento abaixo dele pode usar zero referência, a referência A, as referências AB ou as referências ABC. Contudo, ele não pode usar as referências BA, AC ou ABD.

Eis alguns exemplos de tolerâncias de posição compostas permitidas:



4X \varnothing 0.675 +/- 0.025		4X \varnothing 0.675 +/- 0.025	
\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C
	\varnothing 0.02 (M) A B C		\varnothing 0.02 (M) A B
4X \varnothing 0.675 +/- 0.025		4X \varnothing 0.675 +/- 0.025	
\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C
	\varnothing 0.02 (M) A		\varnothing 0.02 (M)

Eis alguns exemplos de tolerâncias de posição compostas não permitidas:

4X \varnothing 0.675 +/- 0.025		4X \varnothing 0.675 +/- 0.025	
\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C	\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C
	\varnothing 0.02 (M) B A		\varnothing 0.02 (M) A C
4X \varnothing 0.675 +/- 0.025			
\varnothing	\varnothing 0.08 (M) A B C		
	\varnothing 0.02 (M) A B D		

Relatório

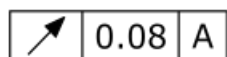
Aqui está um exemplo de relatório para um perfil de uma tolerância de superfície de um plano.

FCFPROF2		MM	 1 A B C				LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	MEAS	MAX	MIN	OUTTOL		
PLN17	0.000000	1.000000	1.122074	0.561037	-0.147759	0.122074		

Batimento circular

Introdução

Uma especificação de desvio circular controla quanto as seções transversais da superfície do elemento podem se desviar de círculos perfeitos centralizados em algum eixo da referência.

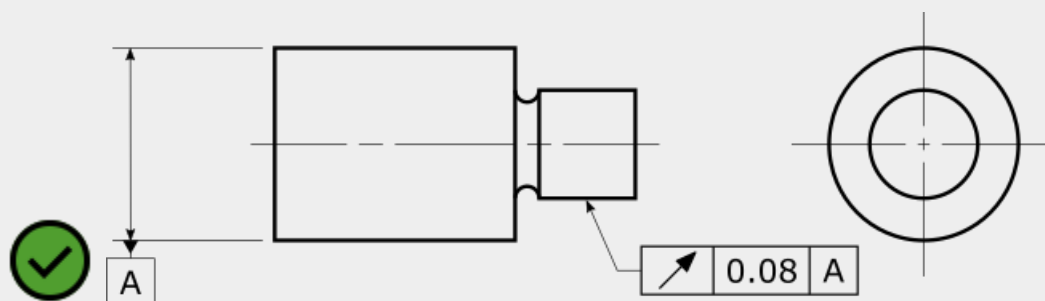


Valor real:

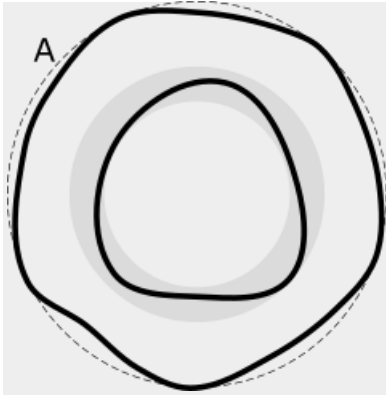
para uma seção transversal, essa é a distância mínima entre dois círculos. Esses círculos são centralizados e orientados perpendicularmente ao eixo da referência. Eles contêm toda a seção transversal entre eles.

Para um elemento completo, esse é o pior valor real de todas as seções transversais.

Suponha que você tenha essa especificação de desvio circular:

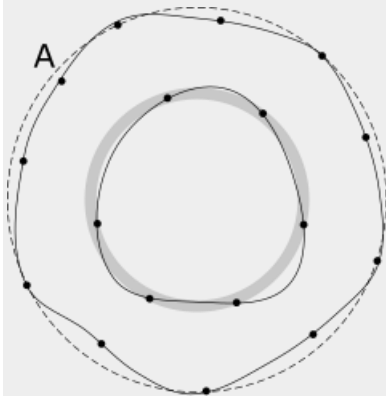


Com a especificação acima, o valor real de uma das seções transversais se parece com o seguinte:



A superfície real da peça usa a linha sólida, a referência real usa a linha tracejada e a menor zona de tolerância que contém a superfície da seção transversal é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente coaxial ao eixo de referência real. O valor real de todo o elemento é o pior valor real de todas as seções transversais.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência PADRÃO) para uma das seções transversais é semelhante a este:



A zona de tolerância medida é exatamente coaxial ao eixo de referência medido. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real. O valor medido para todo o elemento seria o pior valor medido de todas as seções transversais.

Tipos de elemento permitidos

Você pode usar elementos circulares, cilíndricos, cônicos ou planos que possuem dados de superfície. Para obter detalhes sobre círculos, cilindros, cones e planos que possuem dados de superfície, consulte a seção "Tipos de elementos com e sem dados de superfície". Esses elementos devem ser nominalmente concêntricos com o eixo de referência.

Elementos circulares

Essa tolerância geométrica interpreta elementos circulares como uma única seção transversal.

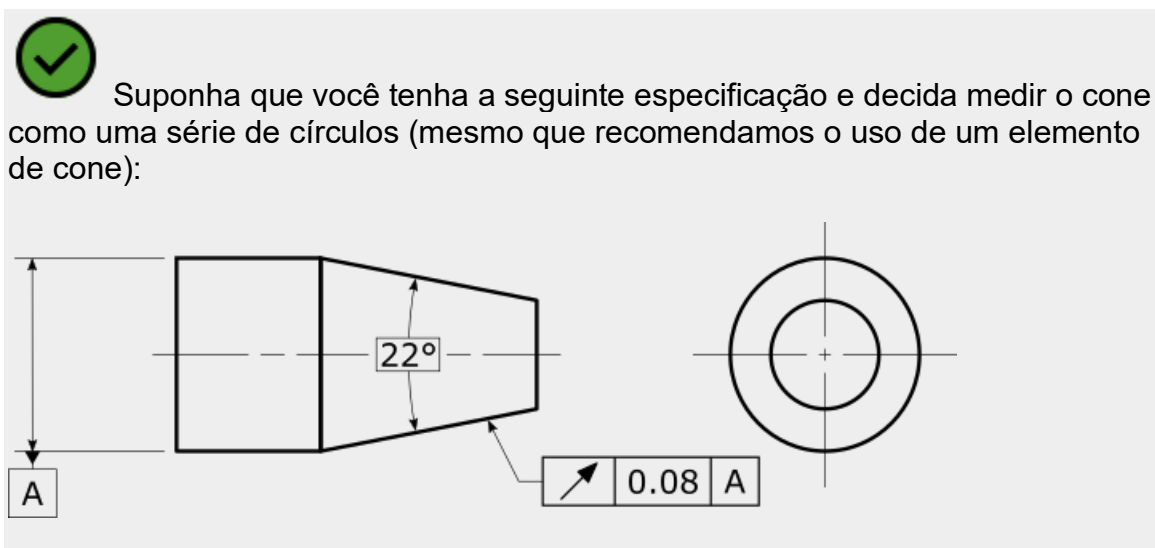
Valor medido:

esta é a distância entre dois círculos. Os círculos contêm todos os pontos medidos entre eles. Os círculos são centralizados e perpendiculares ao eixo de referência.

Geralmente, os dois círculos são coplanares. Isso significa que a superfície tem ângulo cônico zero. No entanto, a opção "meio ângulo do cone" no comando permite especificar uma superfície cônica. Nesse caso, o PC-DMIS angula os dois círculos para que a zona de tolerância fique perpendicular à superfície nominal. O meio ângulo do cone representa o ângulo da superfície nominal, não a zona de tolerância.

- Para círculos externos, ângulos positivos significam o vetor do círculo apontado para o vértice do cone e ângulos negativos significam o vetor do círculo apontado na direção contrária ao vértice do cone.
- Para círculos internos, ângulos positivos significam o vetor do círculo apontado na direção contrária ao vértice do cone e ângulos negativos significam o vetor do círculo apontado para o vértice do cone.

Essas convenções internas e externas foram escolhidas para representar padrões típicos. Na maioria das vezes, os vetores do círculo externo apontam para o vértice do cone—o ângulo positivo. Além disso, na maioria das vezes, os vetores do círculo interno apontam na direção contrária ao vértice do cone—o ângulo positivo.



Nesse caso, os círculos são círculos externos, o que significa que se o vetor do círculo apontar para a direita (em direção ao vértice do cone), o meio ângulo do cone deverá ser definido como $+11^\circ$. Se o vetor do círculo apontar para a esquerda (direção contrária ao vértice do cone), o meio ângulo do cone deve ser definido como -11° .

Elementos cilíndricos

Essa tolerância geométrica divide os dados de um elemento cilíndrico em várias seções transversais. A tolerância avalia o desvio em cada seção transversal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal real, recomendamos medir o cilindro com várias seções transversais.

Valor medido:

em todo o elemento, esse é o valor medido da pior seção transversal. Se você não mediu os dados medidos em seções transversais, o PC-DMIS apresentará um erro.

Elementos cônicos

Essa tolerância geométrica divide os dados de um elemento cônico em várias seções transversais. A tolerância avalia o desvio em cada seção transversal. Ele orienta cada zona de tolerância fique perpendicular à superfície nominal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção transversal real, recomendamos medir o cone com várias seções transversais.

Valor medido:

em todo o elemento, esse é o valor medido da pior seção transversal. Se você não mediu os dados medidos em seções transversais, o PC-DMIS apresentará um erro.

Elementos planares

Essa tolerância geométrica divide os dados de um elemento plano em uma ou mais seções circulares ao redor do eixo de referência. A tolerância orienta cada zona de tolerância perpendicular à superfície nominal. Para maximizar a probabilidade de você encontrar a pior seção circular real, recomendamos medir o plano com várias seções circulares.

Valor medido:

em todo o elemento, esse é o valor medido da pior seção circular transversal. Se você não mediu os dados medidos em seções circulares que circundam o eixo de referência, o PC-DMIS gera um erro.

Regras de validade

O quadro de referência tem que estabelecer claramente um eixo de referência.

Modificadores permitidos

Nenhum. Essa tolerância geométrica não permite o uso de modificadores.

Opções expostas

Para elementos circulares, a opção "meio ângulo do cone" permite que o círculo represente uma seção transversal de uma superfície cônica, em vez de uma superfície cilíndrica. Isso ajusta a orientação da zona de tolerância. Os meios ângulos positivos e negativos do cone fazem sentido, o que permite controlar se a direção nominal de abertura do cone é paralela ou antiparalela ao vetor do círculo nominal.

Para círculos internos com meios ângulos positivos do cone, o vetor do círculo aponta de diâmetros menores para diâmetros maiores. Os ângulos negativos do cone negativo são o inverso. Essa convenção foi escolhida porque faz com que ângulos positivos sejam o caso mais comum para a maioria dos usuários.

Para círculos externos com semiângulos positivos do cone, o vetor do círculo aponta de diâmetros maiores para diâmetros menores. Os ângulos negativos do cone negativo são o inverso. Essa convenção foi escolhida porque faz com que ângulos positivos sejam o caso mais comum para a maioria dos usuários.

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Relatório

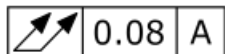
Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de vazão circular de um cilindro.

FCFRNOUT_ISO_4		MM				LSQ	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2	0.000	0.010		0.024	0.024	0.014	

Batimento total

Introdução

Uma especificação total de desvio controla quanto o elemento pode se desviar de ter a forma perfeita centralizada em algum eixo de referência.



Tipos de elemento permitidos

Você pode usar elementos cilíndricos, cônicos ou planos que possuem dados de superfície. Para detalhes sobre os cilindros que possuem dados de superfície, consulte a seção "Tipos de elementos com e sem dados de superfície". Eles devem ser nominalmente concêntricos com o eixo do dado.

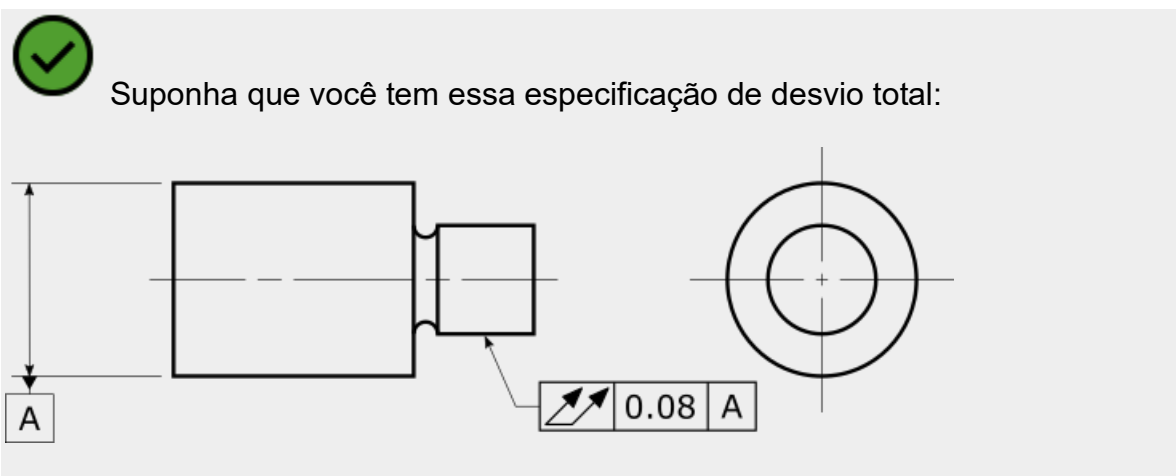
Elementos cilíndricos

Valor real:

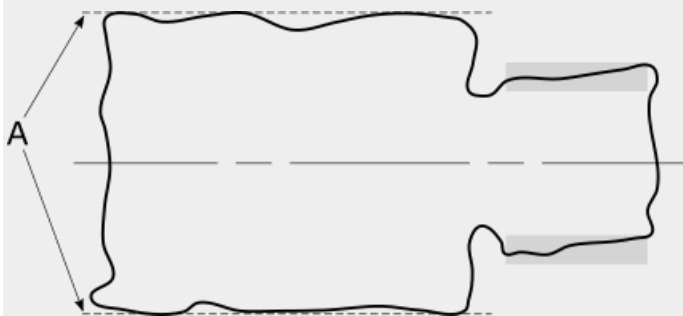
é a distância mínima entre dois cilindros concêntricos que contêm a superfície real entre eles. Os cilindros são concêntricos com o eixo de dados real.

Valor medido:

é a distância mínima entre dois cilindros concêntricos que contêm todos os pontos medidos entre eles. Os cilindros são concêntricos com o eixo de dados medido.

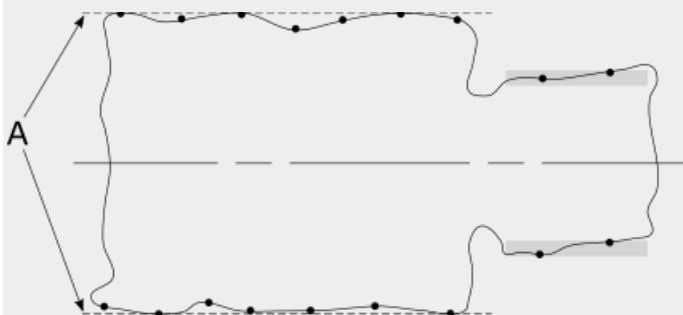


Com a especificação acima, o valor real se parece com isso:



A superfície real da peça usa a linha sólida, o dado real usa a linha tracejada e a menor zona de tolerância que contém a superfície real do elemento é mostrada na área sombreada. A zona de tolerância é exatamente coaxial ao eixo de referência real.

Por fim, o valor medido (com técnica matemática de referência **PADRÃO**) se parece com:



A zona de tolerância medida é exatamente coaxial ao eixo de referência medido. Nesse caso, os pontos medidos não foram medidos com densidade suficiente e, portanto, o valor medido é menor que o valor real.

Elementos cônicos

Valor real:

é a distância mínima entre dois cones concêntricos que contêm toda a superfície real entre eles. Os cones são concêntricos com o eixo de dados real. Eles também têm o mesmo ângulo do cone que a superfície nominal do cone.

Valor medido:

é a distância mínima entre dois cones concêntricos que contêm todos os pontos medidos entre eles. Os cones são concêntricos com o eixo de dados medido. Eles também têm o mesmo ângulo do cone que a superfície nominal do cone.

Elementos planares

Valor real:

é a distância mínima entre dois planos paralelos que contêm toda a superfície real entre eles. Os planos são perpendiculares ao eixo de dados real.

Valor medido:

é a distância mínima entre dois planos paralelos que contêm todos os pontos medidos entre eles. Os planos são perpendiculares ao eixo de dados medido.

Regras de validade

O quadro de referência tem que estabelecer claramente um eixo de referência.

Modificadores permitidos



Nenhum. Essa tolerância geométrica não permite o uso de modificadores.

Opções expostas

Quando pelo menos um elemento de referência tem dados de superfície, a técnica matemática de referência controla como calcular as referências medidas a partir dos dados de superfície dos elementos de referência. Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".

Relatório

Aqui está um exemplo de relatório para uma tolerância de desvio total de um cone.

FCFRNOUT_ISO_115		MM	 0.01 A-B		LSQ	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
CON1	0.000	0.010		0.012	0.012	0.002 

Como o PC-DMIS soluciona e usa referências

Muitas tolerâncias geométricas fazem referência a uma ou mais referências. As referências servem para alinhar as superfícies reais com a geometria nominal, de modo que posição, perpendicularidade e batimento, além de outras tolerâncias, possam ser avaliadas em relação a tais referências.

Primeiro, o PC-DMIS faz o melhor ajuste de todas as superfícies reais de referência primárias aos seus respectivos simuladores de referência.

Segundo, o PC-DMIS faz o melhor ajuste das superfícies reais de referência secundárias aos seus respectivos simuladores de referência, enquanto mantém a relação (interação) entre as superfícies reais de referência primárias e seus simuladores de referência.

Terceiro, o PC-DMIS faz o melhor ajuste das superfícies reais de referência terciárias aos seus respectivos simuladores de referência, enquanto mantém a relação (interação) entre as superfícies reais de referência primária e secundária e seus simuladores de referência.

Por fim, todos os elementos tolerados são otimizados para suas zonas de tolerância, mantendo a relação (interação) entre as superfícies de referência e seus simuladores.

Esse processo é semelhante a usar um calibre funcional:

Primeiro, a peça é levada para calibre e a superfície real de referência primária é alinhada ao simulador de referência primária do calibre.

Segundo, a superfície real de referência secundária é alinhada ao simulador de referência secundária do calibre, mantendo a superfície real de referência primária alinhada ao simulador de referência primária do calibre.

Terceiro, a superfície real de referência terciária é alinhada ao simulador de referência terciária do calibre, mantendo a superfície real de referência primária e secundária alinhadas.

Por fim, os elementos considerados são avaliados, usando os pinos do calibre ou algo similar.



Nota sobre terminologia: Há vários termos usados nos padrões GDT para descrever o conceito de um simulador de referência:

- As normas ASME Y14.5 - 1994 e 2009 usam "simulador de referência".
- ASME Y14.5 - 2018 usa "contraparte geométrica verdadeira".
- ISO 5459 usa "elemento de referência associado".

Esses termos são praticamente iguais. Esse documento usa "simulador de referência" por ser mais curto.

Há duas maneiras de pensar sobre o processo de quadro de referência, sendo as duas equivalentes.

O ponto de vista do calibre

A peça real pode ser alinhado à geometria nominal, como descrito acima. A geometria nominal (ou calibre) é fixa e a peça real é alinhada a ela.

O ponto de vista da peça

A peça real é fixa e a geometria nominal (ou calibre) é alinhada a ela. Sob o ponto de vista da peça, o PC-DMIS faz o melhor ajuste dos simuladores de referência à peça real. Você pode usar qualquer ponto de vista para descrever como as tolerâncias geométricas e as referências são solucionadas no PC-DMIS.



O restante desse tópico usa o ponto de vista da peça para descrever como o PC-DMIS soluciona referências.



A norma matemática ASME Y14.5.1 2019 introduziu a primeira definição matemática para referências (datums). Antes disso, a ASME Y14.5.1M 1994 utilizava o conceito de “conjunto de datums candidatos”. A opção PADRÃO da Matemática de datum do comando de tolerância geométrica sempre gera um datum candidato válido. Assim, o comportamento do PC-DMIS descrito nesta seção é o mesmo para todas as versões da ASME Y14.5 (1994, 2009 e 2018).

Comparação com práticas anteriores

Antes do PC-DMIS 2020 R2, com o comando MedidaExata, os quadros de referência eram tratados como um alinhamento do PC-DMIS, com um elemento de nível, um elemento de rotação e um ou mais elementos de origem. Todos esses elementos eram selecionados entre os elementos de referência. A partir da versão 2020 R2, o comando de tolerância geométrica deixou de usar conceitos de alinhamento para quadros de referência. Em vez disso, ele usa conceitos de calibre para os quadros de referência. Isso permite dar suporte a quadros de referência que não podem ser representados pela estrutura nível-rotação-origem.

Graus de liberdade restritos por um quadro de referência

Uma tolerância geométrica sem qualquer referência não tem nenhum grau de liberdade restrito: os três graus de translação e os três graus de orientação são livres. Cada

referência sucessiva restringe mais graus de liberdade. Especificamente, após uma referência ser solucionada, nenhuma translação ou rotação tem permissão para alterar o simulador de referência. Por exemplo, após um plano de referência primária ser solucionado, as referências secundárias e terciárias não têm permissão para mover o plano de referência primária. Isso significa que são permitidas translações e rotações dentro do plano de referência primária, mas translações e rotações fora do plano não são permitidas.

Essas restrições são matematicamente definidas em termos de classes de invariância. Cada classe de variância é descrita abaixo, com alguns exemplos de referências exibindo a classe. Os exemplos não são todos os possíveis, há muitos outros que não estão listados aqui.

- **Invariância esférica:** Restringe três graus de liberdade de translação e deixa sem restrições todas as 3 rotações sobre um ponto central. Isso inclui elementos esféricos e pontos em 3D sem superfície.
- **Invariância planar:** Restringe a rotação em duas direções ortogonais à normal da superfície, e a translação ao longo da normal da superfície. A rotação em torno da normal da superfície e a translação ao longo das duas direções ortogonais à normal da superfície ficam sem restrição. Isso inclui planos, seções transversais de plano (linhas em uma superfície) referenciadas como uma referência secundária ou terciária, exemplos de plano (pontos em uma superfície) e todos os tipos de largura.
- **Invariância cilíndrica:** Restringe a rotação em duas direções ortogonais ao vetor do eixo, e a translação ao longo de duas direções ortogonais ao vetor do eixo. A rotação em torno do eixo e a translação ao longo do eixo ficam sem restrição. Isso inclui cilindros, círculos referenciados como referência secundária ou terciária, eixos sem superfície e superfícies cônicas que são tratadas como eixo somente (veja os subtópicos de cones abaixo).
- **Invariância de revolução:** Restringe a rotação em duas direções ortogonais ao vetor do eixo, e os três graus de liberdade de translação. A rotação em torno do eixo e a translação fica sem restrição. Isso inclui círculos referenciados como uma referência primária (veja "Seções transversais de cilindro de referência" abaixo) e padrões de duas esferas não concêntricas.
- **Invariância prismática:** Restringe os três graus de liberdade de orientação, e a translação ao longo de duas direções ortogonais ao vetor de translação. A translação ao longo do vetor de translação ficam sem restrição. Isso inclui seções transversais de plano (linhas em uma superfície) referenciadas como uma referência primária (veja "Seções transversais de plano de referência" abaixo) e padrões de cilindros não coaxiais paralelos.
- **Invariância complexa:** Restringe todos os graus de liberdade. Isso inclui padrões de cilindros não paralelos e padrões de três esferas não coaxiais. Os

quadros de referência com invariância complexa são com frequência chamados de quadros de referência totalmente restritos.

Quando é feita mais de uma referência, a classe de invariância de cada referência tem que ser combinada de modo que nenhum simulador de referência seja autorizado a mover-se.



Exemplo 1: Um plano de referência primária combinado com um círculo de referência secundária em tal plano resulta em uma classe de invariância de revolução. O plano de referência primária restringe três graus de liberdade, e o círculo de referência secundária restringe mais dois graus de liberdade (translação no plano).

Exemplo 2: Um plano de referência primária combinado com uma linha de referência secundária em uma superfície e um ponto de referência terciária em uma superfície resulta em uma classe de invariância complexa. A referência primária restringe três graus de liberdade resultando uma classe de invariância planar. A adição da referência secundária restringe mais dois graus de liberdade resultando uma classe de invariância prismática. A adição da referência terciária restringe o último grau de liberdade de translação resultando uma classe de invariância complexa.

Exemplo 3: Uma esfera de referência primária combinada com uma esfera de referência secundária (não concêntrica com a primária) resulta em uma classe de invariância de revolução. A esfera de referência primária restringe três graus de translação, e a esfera de referência secundária restringe dois graus de orientação. A linha entre as duas esferas é o eixo da classe de invariância de revolução.

Comparação com práticas anteriores

A partir do PC-DMIS 2020 R2, o comando de tolerância geométrica analisa o quadro de referência em termos de classes de invariância. Isso permite o manuseio correto de quadros de referência incomuns nos quais os vetores não são perpendiculares uns aos outros. Por exemplo, um plano de referência primária que tem um plano de referência secundária a um ângulo de 30 graus tem uma classe de invariância prismática. Antes dessa versão, o PC-DMIS não suportava totalmente esses quadros de referência incomuns.

Técnicas matemáticas de referência conforme a ASME Y14.5

Como discutido em "Especificação versus Verificação" em "Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle de elemento", oferecemos vários tipos matemáticos

para cálculo de referências. O PC-DMIS fornece duas maneiras para calcular um simulador de dado medido da ASME usando referências de superfície medidas. Estes são as duas técnicas de matemática de referência disponíveis:

PADRÃO - Faz uma filtragem de vazio (somente superfícies planares) e um melhor ajuste de mínimos quadrados restritos. Esse algoritmo é extremamente similar à definição de simulador real e, portanto, é uma boa escolha quando a incerteza da medição de cada ponto é muito menor do que o erro da forma da superfície.

MÍN QUAD - Faz um puro melhor ajuste de mínimos quadrados aos dados da superfície. Nenhuma filtragem de vazio é feita. Esse algoritmo é matematicamente bem diferente da definição de simulador real, mas é uma escolha melhor do que o **PADRÃO** quando a incerteza da medição de cada ponto é muito maior do que o erro da forma da superfície e muito maior do que o erro de orientação da superfície a referências de maior precedência.

Entre os dois extremos, onde a incerteza da medição de cada ponto é no mínimo da mesma ordem de magnitude do erro de orientação, pode ser difícil prever qual técnica matemática resultará em uma melhor aproximação medida em relação ao simulador de referência real. A única maneira de saber qual tipo é a melhor escolha é fazer uma análise detalhada:

Primeiro, use um grupo de peças que representa a faixa dos erros de fabricação que devem ser controlados.

Em seguida, meça as peças densamente usando várias seções transversais. Use equipamentos de alta qualidade, com uma incerteza de medição de cada ponto muito menor do que o erro de forma. Calcule as referências usando a técnica matemática **PADRÃO** descrita acima.

Por fim, meça as peças com o equipamento real e as estratégias de medição usadas em produção.

Você pode testar as duas técnicas matemáticas para ver qual chega mais perto do resultado de alta precisão.

Para qualquer técnica matemática de referência, recomendamos medir a superfície de referência densamente para maximizar o quão bem o simulador de referência medida ficará próximo do simulador de referência real.

Técnicas matemáticas de referência na ISO 1101

Como discutido no subtópico "Especificação versus Verificação" em "Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle de elemento", oferecemos várias técnicas matemáticas para cálculo de referência. O PC-DMIS fornece três maneiras

para calcular um simulador de referência medida da ISO usando dados medidos. Estas são as três técnicas matemáticas de referência disponíveis:

PADRÃO - Faz uma filtragem de vazio (todos os tipos de superfície) e um melhor ajuste de máximo e mínimo restritos, máximo inscrito ou mínimo circunscrito (dependendo do tipo de elemento, se a superfície é interna ou externa e do modificador do material). Esse algoritmo é extremamente similar à definição de simulador real e, portanto, é uma boa escolha quando a incerteza da medição de cada ponto é muito menor do que o erro da forma da superfície.

MÍN QUAD - Faz um puro melhor ajuste de mínimos quadrados aos dados da superfície. Nenhuma filtragem de vazio é feita. Esse algoritmo é matematicamente bem diferente da definição de simulador real, mas é uma escolha melhor do que o **PADRÃO** quando a incerteza da medição de cada ponto é muito maior do que o erro da forma da superfície e muito maior do que o erro de orientação da superfície a referências de maior precedência.

Entre os dois extremos, onde a incerteza da medição de cada ponto é no mínimo da mesma ordem de magnitude do erro de orientação, pode ser difícil prever qual técnica matemática resultará em uma melhor aproximação medida em relação ao simulador de referência real. A única maneira de saber qual tipo é a melhor escolha é fazer uma análise detalhada:

Primeiro, use um grupo de peças que representa a faixa dos erros de fabricação que devem ser controlados.

Em seguida, meça as peças densamente usando várias seções transversais. Use equipamentos de alta qualidade, com uma incerteza de medição de cada ponto muito menor do que o erro de forma. Calcule as referências usando a técnica matemática **PADRÃO** descrita acima.

Por fim, meça as peças com o equipamento real e as estratégias de medição usadas em produção.

Você pode testar as duas técnicas matemáticas para ver qual chega mais perto do resultado de alta precisão.

CL2 - Faz uma filtragem de vazio (todos os tipos de superfície) e um melhor ajuste de mínimos quadrados restritos. Como a técnica matemática de referência **PADRÃO**, esse tipo requer que a incerteza da medição de cada ponto de superfície seja muito menor do que o erro da forma da superfície. Usar essa opção é diferente da opção da ISO 5459 - 2011, as razões para seu uso podem ser:

- Estabilidade: O algoritmo de mínimos quadrados restritos fornece um resultado mais estável do que os melhores ajustes de máximo e mínimo restritos, máximo inscrito ou mínimo circunscrito.
- Comparação em métodos de inspeção física: O algoritmo de mínimos quadrados restritos fornece uma melhor aproximação a uma placa de superfície do que máximo e mínimo restritos.
- Comparação em montagens: O algoritmo de mínimos quadrados restritos fornece uma melhor aproximação ao estado montado do que máximo e mínimo restritos.
- Suporte a futuros padrões: Os vários esboços anteriores não publicados da ISO 5459 especifica mínimos quadrados restritos como o padrão, portanto, parece provável que a próxima edição da ISO 5459 fará o mesmo.

Para qualquer técnica matemática de referência, recomendamos medir a superfície de referência densamente para maximizar o quão bem o simulador de referência medida ficará próximo do simulador de referência real.

Modificadores de referências

As referências podem ter vários tipos de modificadores. Os tipos mais comuns são os modificadores de material **M** e **L**. Esses modificadores estão descritos em "Referências com um modificador de material". Quando você marca a caixa de seleção **Modificadores avançados**, outros modificadores são disponibilizados, inclusive o modificador de translação para ASME e o modificador [DF] para ISO.

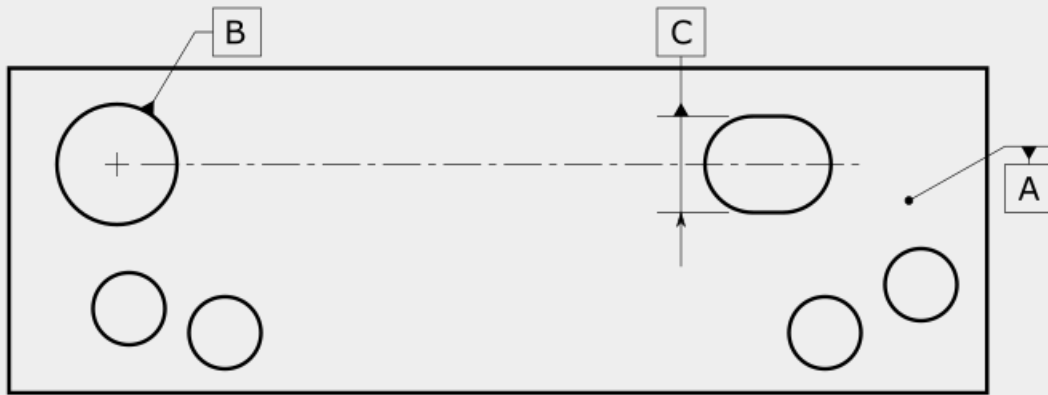
O modificador [DF]

O modificador [DF] não é padronizado. Isso significa que ele não está em nenhum padrão ISO publicado. O modificador foi introduzido em alguns rascunhos da ISO 5459 não publicados. Em tais rascunhos, [DF] significa "Distância Fixa". Isso quer dizer que a localização da referência está restrita a referências de maior precedência, sobrepondo-se à distância variável padrão. Apesar desse modificador não ser parte de um padrão, percebemos que ele é necessário para dar suporte a vários requisitos funcionais da ISO, especialmente a quadros de referência plano-círculo-largura (e variações de largura como slots e linhas médias).

- Sem o modificador, a orientação do slot controla totalmente o ângulo de rotação no plano. Isso causa instabilidade e resultados não-funcionais (principalmente quando o slot é curto).
- Com o modificador, o ângulo real entre o círculo e o slot controla o ângulo de rotação no plano. Esse é o propósito funcional.

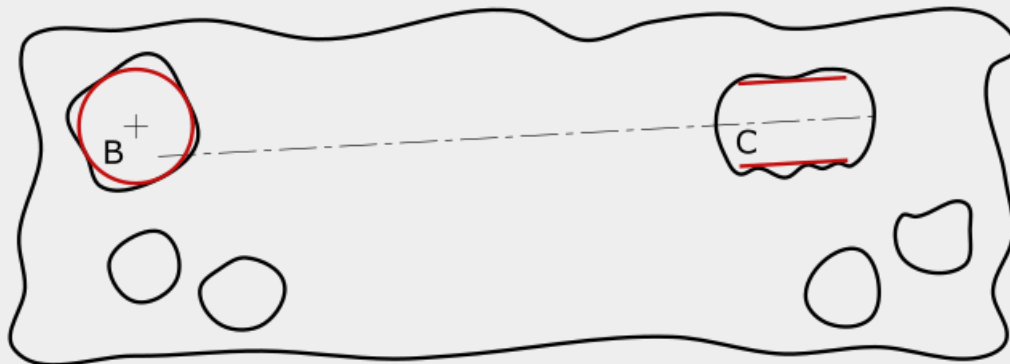


Suponha que você tenha a seguinte especificação ISO, onde a referência primária é A, a referência secundária é B e referência terciária é C:



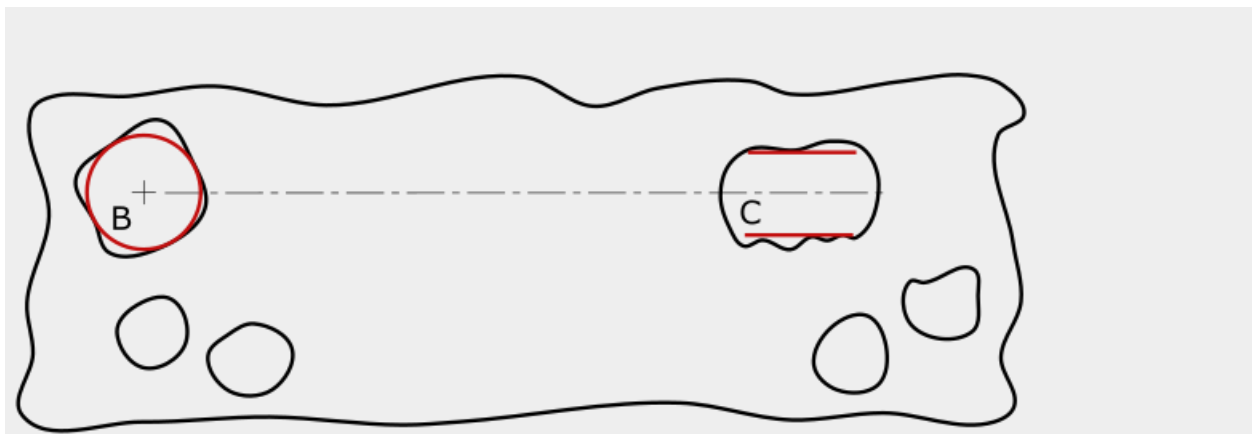
Sem modificadores

Claro que a peça real tem erros de forma, localização e orientação na superfície real. Sem modificadores, o quadro de referência se parece com a imagem abaixo. O ângulo de rotação no plano é fornecido totalmente pela orientação da referência C. Com frequência, isso torna o ângulo de rotação do plano instável. Isso é devido ao fato de pequenas variações em C resultarem em grandes mudanças no ângulo de rotação do plano:



Com o modificador [DF]

Para esse quadro de referência, geralmente a referência C precisa de um modificador [DF]. O modificador restringe a localização relativa das referências. A restrição faz com que a referência C fique coplanar com a referência B. Isso corresponde ao típico propósito funcional e faz com que o quadro de referência fique mais estável:



Planos de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5

Para planos, o simulador de plano de referência real é definido pela ASME Y14.5.1 - 2019. A superfície real é filtrada para remover pequenas saliências e vazios e, depois, um plano perfeito é ajustado à superfície filtrada usando-se mínimos quadrados restritos. Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material enquanto maximiza o contato e a estabilidade. Em casos em que a superfície real balançaria, a definição de mínimos quadrados restritos produz uma solução estabilizada.

Os simuladores de plano de referência real secundária e terciária têm a orientação restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. Planos de referência secundária e terciária não têm a localização restrita por simuladores de referência de maior precedência. Isso significa que ter um modificador de translação em um plano de referência é a mesma coisa que não ter nenhum modificador de translação.

Quando planos de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre planos que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Planos de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101

Para planos, o simulador de plano de referência real é definido pela ISO 5459 - 2011, usando o termo "elemento de referência associado". A superfície real é filtrada para remover pequenas saliências e vazios e, depois, um plano perfeito é ajustado à superfície filtrada usando-se máximo e mínimo restritos. Esse ajuste usa o simulador

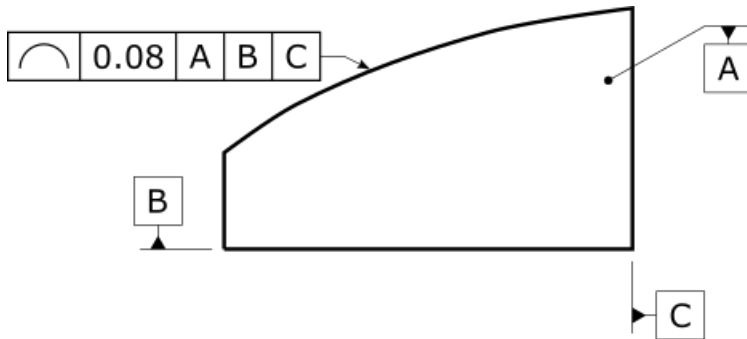
externamente ao material, com os pontos baixos da superfície filtrada o mais próximo possível do simulador de referência real.

Os simuladores de plano de referência real secundária e terciária têm a orientação restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. A localização não é restrita por simuladores de referência de maior precedência, a menos que a referência tenha um modificador [DF]. Quando a referência tem um modificador [DF], os simuladores têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência.

Quando planos de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre planos que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

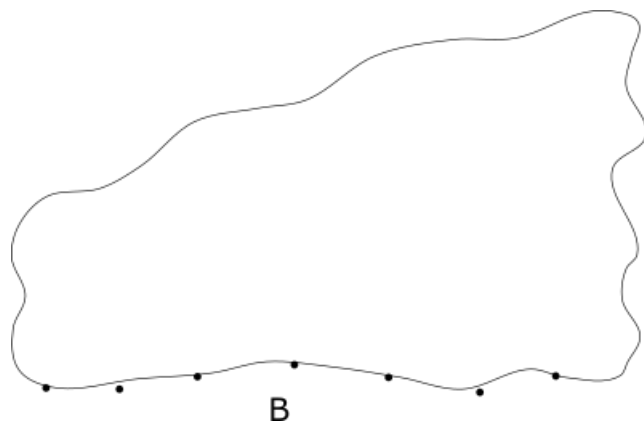
Ilustrações de planos de referência: Filtragem, Melhor ajuste e Restrições de orientação

Como exemplo de um processo de melhor ajuste, suponha que você tenha a seguinte especificação:

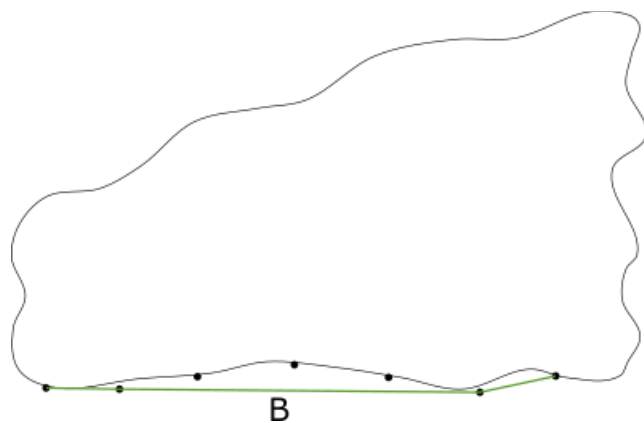


É mais fácil mostrar a filtragem de vazios e o melhor ajuste em 2D do que em 3D, assim, vamos supor que a referência B foi medida como uma linha em vez de um plano (apesar de recomendarmos que você faça a medição como um plano). Os pontos medidos podem ter essa aparência:

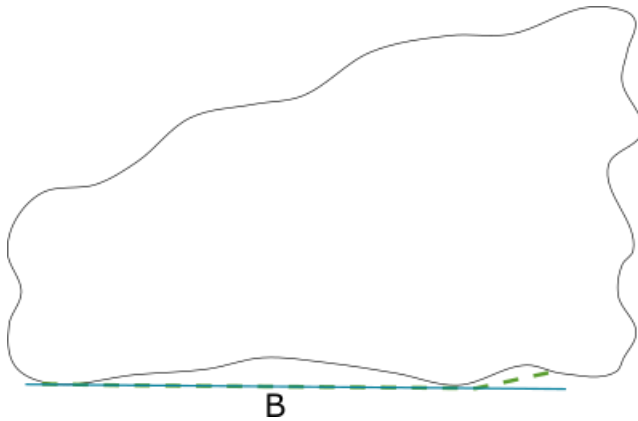
Uso de tolerâncias geométricas



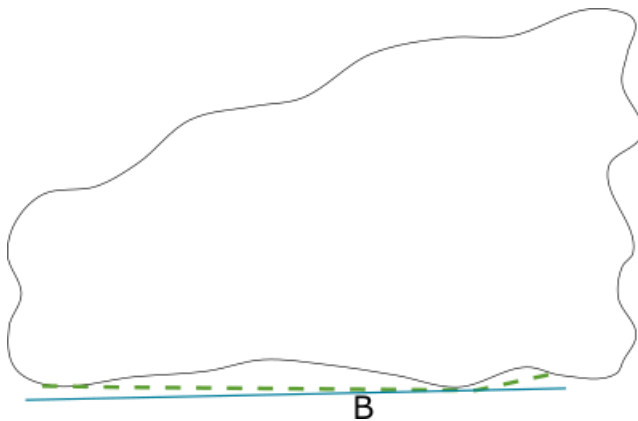
Nesse caso, a superfície de filtragem de vazios se pareceria com a mostrada abaixo em verde:



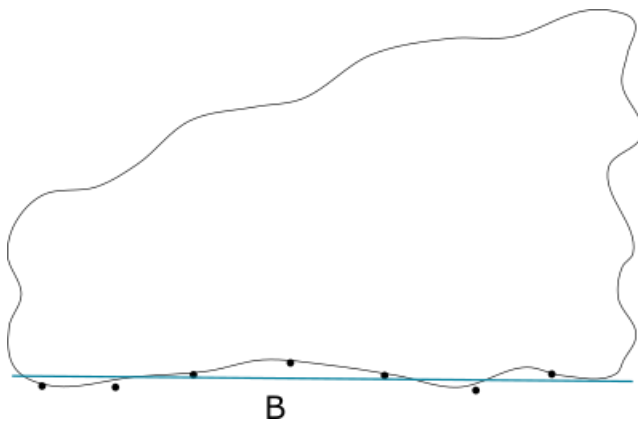
Portanto, a linha de melhor ajuste de mínimos quadrados restritos (resultado da técnica matemática de referência **PADRÃO** para a ASME, ou a técnica matemática de referência **CL2** para a ISO) é o melhor ajuste para a superfície filtrada, e se parece com a linha mostrada em azul:



Em contrapartida, a linha de melhor ajuste de máximo e mínimo restritos (resultado da técnica matemática de referência **PADRÃO** para a ISO) é o melhor ajuste para a superfície filtrada, e se parece com a linha mostrada em azul:



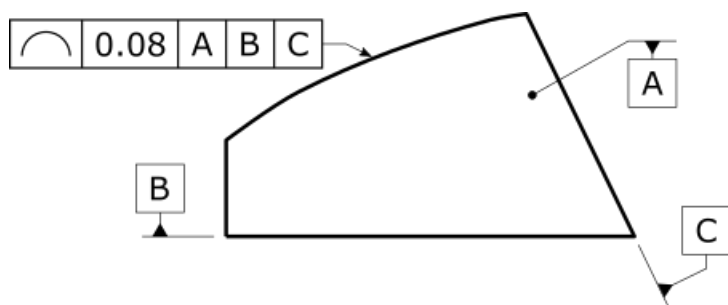
Por outro lado, a linha de mínimos quadrados (não restritos) (resultado da técnica matemática de referência **MÍN QUAD**) é o melhor ajuste para os pontos medidos originais, e se parece com a linha mostrada em azul:



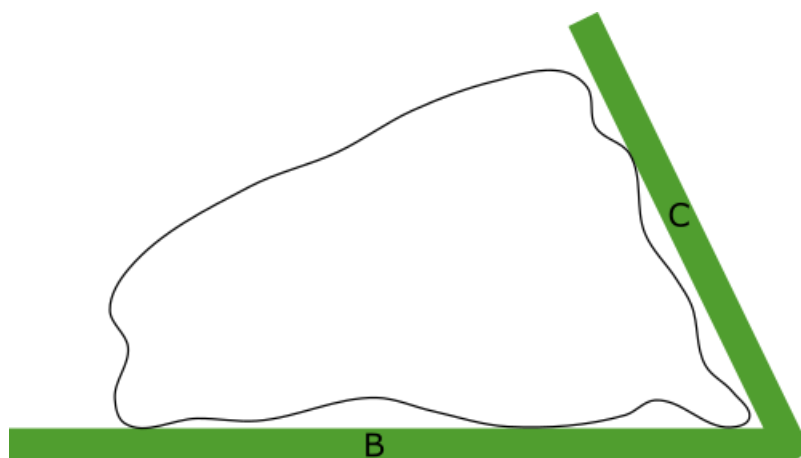
Nesse caso em particular, a técnica matemática de referência **PADRÃO** é uma melhor aproximação à referência real do que a técnica **MÍN QUAD**. Contudo, como visto em

"Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle de elemento", a técnica matemática de referência **MIN QUAD** é uma melhor aproximação à referência real quando a incerteza da medição de cada ponto medido é maior. Por outro lado, a técnica matemática **CL2** da ISO fornece uma aproximação melhor ao comportamento montado da referência, mas uma aproximação pior à referência real (especificada).

Como exemplo de restrições de orientação, suponha que você tenha a seguinte especificação:



Então, as referências reais (especificadas) para uma peça realística pode se parecer com isso:



Note que o simulador de referência real C tem um ângulo nominal ao simulador de referência real B. Note também que o simulador de referência C entra em contato com a superfície real em exatamente um ponto.

Planos de referência sem dados de superfície

Em raras aplicações, um plano de referência é definido como não tendo uma superfície. Por exemplo, um plano que entra em contato com três esferas. O PC-DMIS suporta aplicações como essa permitindo o uso de tipos de elemento de referência que não têm dados de superfície.

Quando um plano de referência primária não tem dados de superfície, o comando de tolerância geométrica usa os valores MED do plano como o simulador de referência.

Quando um plano de referência secundária ou terciária não tem dados de superfície, o comando de tolerância geométrica constrói um plano medido o mais próximo possível do plano MED, ao mesmo tempo em que é orientado nominalmente conforme os simuladores de referência de maior precedência. Como visto acima, planos de referência secundária e terciária da ASME e ISO não são localizados nominalmente conforme referências de maior precedência (a menos que haja um modificador [DF]).

Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de planos de referência sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.

Para mais detalhes sobre planos que não têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Seções transversais de plano de referência

Elemento de linha de referência pode ser uma seção transversal de uma superfície planar (veja "Tipos de elemento com e sem dados de superfície") ou um eixo sem superfície. Este subtópico discute o caso de uma seção transversal. O eixo sem superfície é discutido em "Cilindros de referência sem dados de superfície, e eixos sem superfície".

Devido a esses tipos de elemento de linha representarem um seção transversal de uma superfície planar, as seções acima sobre planos de referência também se aplicam aqui. Por exemplo, o simulador de referência real é uma superfície planar inteira. Por outro lado, o simulador de referência medida é uma seção transversal de uma superfície planar porque somente uma seção transversal da superfície foi medida. Isso significa que recomendamos que você não use como uma referência primária elementos de linha que representam uma seção transversal de plano. Você deve usar somente esses elementos de linha como referências se referências de maior precedência já tenham definido o plano de trabalho da linha. Contudo, o PC-DMIS ainda permite que essas linhas sejam usadas como referência primária. Nesse caso, o PC-DMIS coloca-se ao nível da linha antes de considerar a linha de referência:

A vista de uma linha medida ou de uma linha de melhor ajuste é seu plano de trabalho.

A vista de uma linha automática é seu vetor de superfície nominal.

Devido às linhas não serem recomendadas como uma referência primária, o PC-DMIS mostra uma mensagem de advertência, como discutido em "Resolução de problemas de mensagens de erro e advertências". Pode parecer contraintuitivo, mas uma linha de referência primária em uma superfície restringe cinco graus de liberdade (classe de invariância prismática), enquanto um plano de referência primária restringe somente três graus de liberdade (classe de invariância planar). Isso significa que se você medir menos dados, estará na verdade restringindo mais graus de liberdade. Isso porque você está exigindo que a vista da linha se torne uma referência implícita, com uma maior precedência que qualquer outra referência no quadro de controle do elemento.

Se você usa uma linha em uma superfície como uma referência primária, a advertência não pode ser desativada. Isso porque é extremamente recomendado que você não use linhas de superfície como referência primária. Contudo, o PC-DMIS aceita esse caso para aplicações legadas. O recomendado é que você primeiro meça o plano de referência e depois o use como referência primária. Em seguida, meça um plano ou linha como a referência secundária.

A maioria dos elementos de linha usados como uma referência estão em uma superfície – eles têm dados de superfície. Embora seja possível medir uma linha em uma superfície não planar no PC-DMIS, o comando de tolerância geométrica sempre trata linhas em superfícies como provenientes de uma superfície planar. Como o simulador de referência medida é somente uma seção transversal da superfície planar, os algoritmos medidos (filtragem de vazios e ajuste) são todos bidimensionais em vez de tridimensionais.

Não recomendamos que você use linhas representando seções transversais de superfícies planar como elementos de referência, a menos que saiba que o erro de orientação entre as referências de maior precedência e a superfície planar representada pela linha é muito pequeno. Em vez disso, recomendamos o uso, sempre que possível, de elementos de plano para representar a superfície planar secundária e terciária.

O PC-DMIS trabalha com linhas de referência que representam uma seção transversal planar que não têm dados de superfície semelhante ao modo como trabalha com planos de referência que não têm dados de superfície. O comando de tolerância geométrica constrói uma seção transversal do plano medido o mais próximo possível da seção transversal do plano MED, ao mesmo tempo em que é orientado nominalmente conforme os simuladores de referência de maior precedência. Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de elementos de referência sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.



A normal à superfície medida de uma linha é paralela ao produto vetorial do vetor de linha e vetor de plano de trabalho.

Para mais detalhes sobre linhas que representam uma seção transversal de um plano e têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Amostras de plano de referência

O comando de tolerância geométrica trata a maioria dos tipos de ponto com uma amostra de uma superfície planar. Embora seja possível medir um ponto em uma superfície não planar no PC-DMIS, o comando de tolerância geométrica sempre trata pontos de referência em uma superfície como provenientes de uma superfície planar. Portanto, as seções acima sobre planos de referência se aplicam aqui. Por exemplo, o simulador de referência real é uma superfície planar inteira. Por outro lado, o simulador de referência medida é uma amostra de uma superfície planar. Isso porque somente uma amostra da superfície foi medida. Isso significa que a filtragem do vazio não ocorreu. A orientação da superfície planar tem que ser totalmente restrita por uma referência de precedência maior (não são feitos ajustes). Você pode usar uma amostra de uma superfície planar somente como referência terciária.

Não recomendamos que você use pontos em uma superfície como elementos de referência, a menos que saiba que o erro de orientação entre as referências de maior precedência e a superfície planar representada pelo ponto é muito pequeno. Em vez disso, recomendamos o uso, sempre que possível, de elementos de plano para representar a superfície planar terciária.

Para mais detalhes sobre pontos que representam uma amostra de uma superfície planar, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Cilindros de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5

Para cilindros, o simulador de referência real é definido pela ASME Y14.5.1 - 2019. Um cilindro perfeito é ajustado à superfície real usando-se mínimos quadrados restritos.

Não é realizada filtragem de vazio. Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material enquanto maximiza o contato e a estabilidade. Em casos em que a superfície real balançaria, a definição de mínimos quadrados restritos produz uma solução estabilizada.

Os simuladores de cilindro de referência real secundária e terciária têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. Quando existe um modificador de translação, os cilindros de referência secundária e terciária não têm a localização restrita por simuladores de referência de maior precedência, mas permanecem com a orientação restrita.

Quando cilindros de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre cilindros que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Cilindros de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101

Para cilindros, o simulador de referência de dado real é definido pela ISO 5459 - 2011, usando o termo "elemento de referência associado". A superfície real é filtrada para remover pequenas saliências e vazios e, depois, um cilindro perfeito é ajustado à superfície filtrada usando-se cálculos de máximo inscrito (cilindros internos) ou mínimo circunscrito (cilindros externos). Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material e pode ser considerado um envelope correspondente.

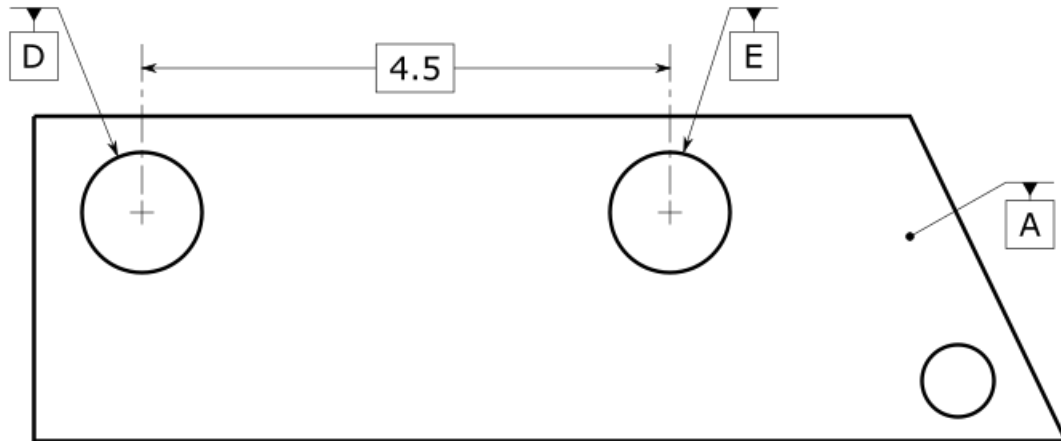
Infelizmente, os algoritmos inscritos e circunscritos são notoriamente instáveis, portanto, o PC-DMIS, com a técnica matemática de referência **PADRÃO**, usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para inscrever ou circunscrever esse tipo de elemento de referência. O algoritmo de mínimos quadrados restritos produz praticamente o mesmo diâmetro de um inscrição ou circunscrição pura, mas o algoritmo é muito mais estável. Portanto, as técnicas matemáticas de referência **PADRÃO** e **CL2** são as mesmas para esse tipo de elemento de referência.

Os simuladores de cilindro de referência real secundária e terciária têm a orientação restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. A localização não é restrita por simuladores de referência de maior precedência, a menos que a referência tenha um modificador [DF]. Quando a referência tem um modificador [DF], os simuladores têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência.

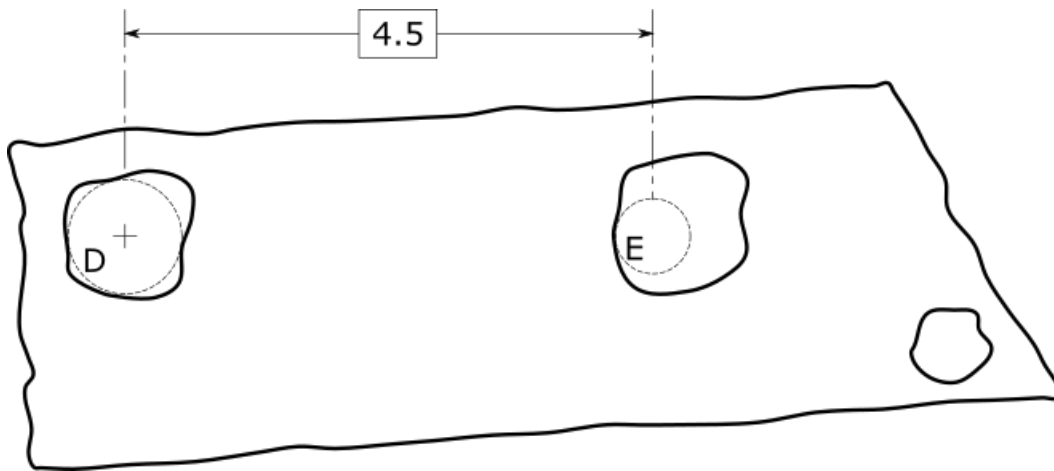
Quando cilindros de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre cilindros que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Ilustrações de cilindros de referência: Restrições e não restrição de localização

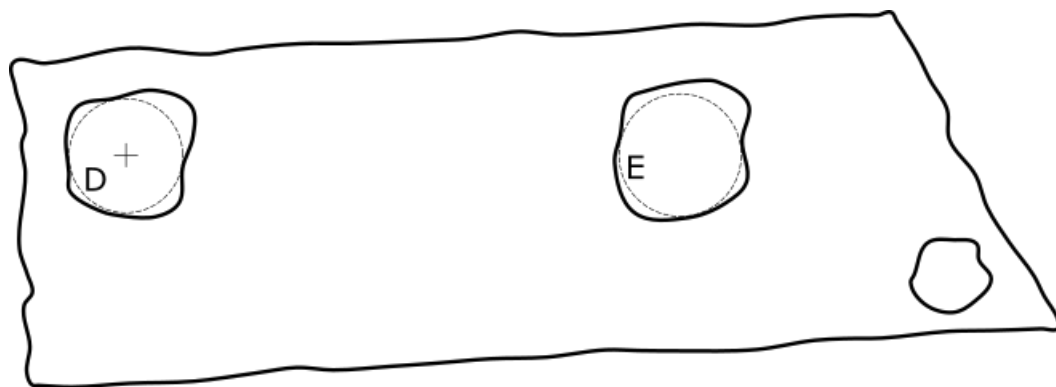
Um quadro de referência frequentemente visto é o plano de referência primária, seguido pelo cilindro de referência secundária e depois o cilindro de referência terciária. Esta é uma ilustração de uma especificação, onde o plano de referência primária é A, o cilindro de referência secundária é D e o cilindro de referência terciária é E:



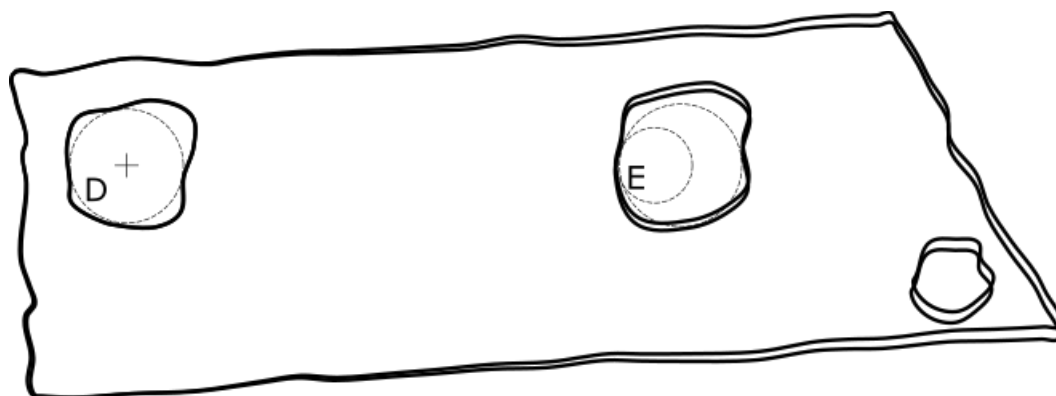
Segundo a ASME (ou segundo a IDO com um modificador [DF] na referência terciária), as referências secundárias e terciárias são nominalmente localizadas entre si. Isso resulta no seguinte quadro de referência:



Conforme a ISO (ou a ASME com um modificador de translação na referência terciária), não há restrições de localização entre a referência secundária D e a referência terciária E. Isso resulta no seguinte quadro de referência, que tem uma rotação diferente:



A diferença entre os dois quadros de referência é fácil de ver quando eles são superpostos:



Cilindros de referência sem dados de superfície, e eixos sem superfície

Em raras aplicações, um cilindro de referência ou eixo é definido como não tendo uma superfície. Por exemplo, um cilindro de referência que tem três pinos circunscritos. O PC-DMIS suporta aplicações como essa permitindo o uso de tipos de elemento de referência que não têm dados de superfície.

Quando um eixo ou cilindro de referência primária não tem dados de superfície, o comando de tolerância geométrica usa os valores MED do cilindro ou eixo como o simulador de referência.

Quando um cilindro ou eixo de referência secundária ou terciária não tem dados de superfície, o comando de tolerância geométrica constrói um eixo medido o mais próximo possível do eixo MED, ao mesmo tempo em que é restrito nominalmente conforme os simuladores de referência de maior precedência.

- Para cilindros ou eixos de referência ASME sem dados de superfície e sem um modificador de translação, e para cilindros ou eixos de referência ISO

sem dados de superfície que tem um modificador [DF], o simulador de referência é orientado e localizado nominalmente conforme simuladores de referência de maior precedência.

- Para cilindros ou eixos de referência ASME sem dados de superfície e sem um modificador de translação, e para cilindros ou eixos de referência ISO sem dados de superfície, o simulador de referência é orientado nominalmente conforme simuladores de referência de maior precedência (a menos que haja um modificador [DF]).

Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de cilindros ou eixos de referência sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.

Para mais detalhes sobre cilindros que têm ou não dados de superfície, e os tipos de elemento que representam eixos sem superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Seções transversais de cilindro de referência

O comando de tolerância geométrica trata círculos de referência como uma seção transversal de uma superfície cilíndrica. Embora você possa medir um círculo em uma superfície não cilíndrica no PC-DMIS, o comando de tolerância geométrica sempre trata círculos de referência como provenientes de uma superfície cilíndrica. Portanto, as seções acima sobre cilindros de referência se aplicam aqui. Por exemplo, o simulador de referência real é uma superfície cilíndrica inteira. Por outro lado, o simulador de referência medido é uma seção transversal de uma superfície cilíndrica. Isso porque somente uma seção transversal da superfície foi medida. Isso significa que os algoritmos medidos (filtragem de vazio e ajuste) são todos bidimensionais em vez de tridimensionais (dados de superfície são filtrados para círculos de referência da ISO, mas não da ASME). Isso também significa que não é recomendado usar um círculo como uma referência primária. Ou seja, você não deve usar um círculo como referência até que referências de maior precedência tenham definido o vetor do eixo cilíndrico.

Contudo, o PC-DMIS permite o uso de círculos como referência primária, caso em que o PC-DMIS coloca-se ao nível da vista do círculo antes de considerar o círculo de referência. A vista de um círculo é seu vetor nominal. Devido aos círculos não serem recomendados como uma referência primária, você receberá uma mensagem de advertência, como discutido em "Resolução de problemas de mensagens de erro e advertências". Pode parecer contraintuitivo, mas um círculo de referência primária restringe cinco graus de liberdade (classe de invariância de revolução), enquanto um cilindro de referência primária restringe somente quatro graus de liberdade (classe de invariância cilíndrica). Isso significa que se você medir menos dados, estará na verdade restringindo mais graus de liberdade. Isso porque você está exigindo que a vista do

círculo se torne uma referência implícita, com uma maior precedência que qualquer outra referência no quadro de controle do elemento.

Se você usa um círculo como uma referência primária, a advertência não pode ser desativada. Isso porque é extremamente recomendado que você **NÃO** use círculos como referência primária. Contudo, o PC-DMIS aceita esse caso para aplicações legadas. O recomendado é que você primeiro meça o plano de referência e depois o use como referência primária. Em seguida, meça um cilindro ou círculo como a referência secundária.

Por razões apresentadas em "Cilindros de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101New", círculos de referência no comando de tolerância geométrica que fazem referência à ISO 1101 são os mesmo para as técnicas matemática de referência **PADRÃO** e **CL2**.

Não recomendamos que você use círculos como elementos de referência, a menos que saiba que o erro de orientação entre as referências de maior precedência e a superfície cilíndrica representada por um círculo é muito pequeno. Em vez disso, recomendamos o uso, sempre que possível, de elementos de cilindro para representar a superfície cilíndrica.

O PC-DMIS trabalha com círculos de referência sem dados de superfície de maneira similar aos cilindros de referência sem dados de superfície. O comando de tolerância geométrica constrói uma seção transversal do cilindro medido o mais próximo possível da seção transversal do cilindro MED, ao mesmo tempo em que é restrito nominalmente conforme os simuladores de referência de maior precedência.

- Para círculos de referência ASME sem dados de superfície e sem um modificador de translação, e para círculos de referência ISO sem dados de superfície que tem um modificador [DF], o simulador de referência é orientado e localizado nominalmente conforme simuladores de referência de maior precedência.
- Para círculos de referência ASME sem dados de superfície que tem um modificador de translação, e para círculos de referência ISO sem dados de superfície que não tem um modificador [DF], o simulador de referência é orientado nominalmente conforme simuladores de referência de maior precedência.

Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de círculos de referência sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.

Para mais detalhes sobre círculos que têm ou não dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Larguras de referência conforme a ASME Y14.5

Para larguras, o simulador de referência real é definido pela ASME Y14.5.1 - 2019. Uma largura perfeita é ajustada à superfície real usando-se mínimos quadrados restritos.

Não é realizada filtragem de vazio. Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material enquanto maximiza o contato e a estabilidade. Em casos em que a superfície real balançaria, a definição de mínimos quadrados restritos produz uma solução estabilizada.

Os simuladores de largura de referência real secundária e terciária têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. Quando existe um modificador de translação, as larguras de referência secundária e terciária não têm a localização restrita por simuladores de referência de maior precedência, mas permanecem com a orientação restrita.

Todas as larguras no PC-DMIS têm dados de superfície. O PC-DMIS calcula uma aproximação medida em relação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida.

Quando possível, use o tipo de largura em 3D. Isso porque ela representa toda a superfície da largura. Se a largura for muito rasa para ser medida como uma largura em 3D, você pode usar uma largura em 2D como referência secundária ou terciária. Você não deve usar uma largura em 2D como referência até que referências de maior precedência tenham definido o plano de trabalho da largura em 2D. As larguras em 2D usadas como referência devem ser tratadas do mesmo modo descrito em "Seções transversais de plano de referência".

Se a largura for muito pequena para ser medida mesmo como uma largura em 2D, você pode usar uma largura em 1D como uma referência terciária. As referências de maior precedência devem ter definido completamente a orientação da superfície da largura em 1D. As larguras em 1D devem ser tratadas do mesmo modo descrito em "Amostras de plano de referência".

Larguras de referência conforme a ISO 1101

Para larguras, o simulador de referência real é definido pela ISO 5459 - 2011, usando o termo "elemento de referência associado". A superfície real é filtrada para remover pequenas saliências e vazios e, depois, uma largura perfeita é ajustada à superfície filtrada usando-se cálculos de máximo inscrito (larguras internas) ou mínimo

circunscrito (larguras externas). Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material e pode ser considerado um envelope correspondente.

Infelizmente, os algoritmos inscritos e circunscritos são notoriamente instáveis, portanto, o PC-DMIS, com a técnica matemática de referência **PADRÃO**, usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para inscrever ou circunscrever esse tipo de elemento de referência. O algoritmo de mínimos quadrados restritos produz praticamente o mesmo diâmetro de um inscrição ou circunscrição pura, mas o algoritmo é muito mais estável. Portanto, as técnicas matemáticas de referência **PADRÃO** e **CL2** são as mesmas para esse tipo de elemento de referência.

Os simuladores de largura de referência real secundária e terciária têm a orientação restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. A localização não é restrita por simuladores de referência de maior precedência, a menos que a referência tenha um modificador [DF]. Quando a referência tem um modificador [DF], os simuladores têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência.

Todas as larguras no PC-DMIS têm dados de superfície. O PC-DMIS calcula uma aproximação medida em relação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida.

Quando possível, use o tipo de largura em 3D. Isso porque ela representa toda a superfície da largura. Se a largura for muito rasa para ser medida como uma largura em 3D, você pode usar uma largura em 2D como referência secundária ou terciária. Você não deve usar uma largura em 2D como referência até que referências de maior precedência tenham definido o plano de trabalho da largura em 2D. As larguras em 2D usadas como referência devem ser tratadas do mesmo modo descrito em "Seções transversais de plano de referência".

Se a largura for muito pequena para ser medida mesmo como uma largura em 2D, você pode usar uma largura em 1D como uma referência terciária. As referências de maior precedência devem ter definido completamente a orientação da superfície da largura em 1D. As larguras em 1D devem ser tratadas do mesmo modo descrito em "Amostras de plano de referência".

Slots e entalhes de referência

Em alguns casos, faz sentido usar um comando de slot ou entalhe como uma referência secundária ou terciária. O comando de tolerância geométrica trata slots e entalhes de referência como larguras em 2D sem nenhum dado de superfície. Isso porque, enquanto os comandos de slots e entalhes tipicamente tenham dados de superfície, eles não coletam suficientes dados de superfície nos lugares corretos para serem usados como dados de superfície em um contexto de tolerância geométrica. Portanto, o comando de tolerância geométrica trata slots e entalhes como larguras em 2D sem nenhum dado de superfície.

Quando você usa slots e entalhes como uma referência sem nenhum modificador, o PC-DMIS os trata como uma linha média: Uma seção transversal do plano de referência que não tem dados de superfície. Quando você usa os slots e entalhes como uma referência com um modificador de material (M) ou (L), o PC-DMIS os trata do mesmo modo que trataria uma largura em 2D sem dados de superfície. Para mais informações, consulte "Referências com um modificador de material".



Tenha muito cuidado ao trabalhar com slots e entalhes de referência.

Você deve usá-los se já tiver certeza de que a forma dos elementos é a adequada. Se suspeitar que o erro da forma fabricada pode ser significativo, não use um comando de ranhura ou entalhe. Em vez disso, faça uma varredura em torno do perímetro do elemento e defina a tolerância de forma, orientação e localização do elemento com uma tolerância perfil de uma linha.

Se precisar referenciar o elemento como uma referência, em vez de um slot ou entalhe, use uma largura em 2D ou 3D construída (com dados de superfície).

Cones de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5

Para cones, o simulador de referência real é definido de modo incompleto pela ASME Y14.5.1 - 2019. Um cone perfeito é ajustado à superfície real usando-se mínimos quadrados restritos.

Não é realizada filtragem de vazio. Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material enquanto maximiza o contato e a estabilidade. Em casos em que a superfície real balançaria, a definição de mínimos quadrados restritos produz uma solução estabilizada.

A ASME Y14.5 especifica que cones de referência primária restringem cinco graus de liberdade: três graus de translação e dois de rotação. Somente um único grau de rotação fica disponível (rotação ao redor do eixo do cone). Infelizmente, as ASME Y14.5 e Y14.5.1 são ambíguas sobre como a translação ao longo eixo é restrita (há várias interpretações possíveis, cada uma resultando em uma translação restrita diferente ao longo do eixo). Além disso, em nossa experiência, a maioria dos desenhos que fazem referência a cones de referência tem como propósito usar somente o eixo do cone como referência. Portanto, o comando de tolerância geométrica do PC-DMIS trata todos os cones de referência como sendo somente eixo. Isso significa que eles são restritos na maioria dos quadro graus de liberdade (com exceção da translação ao longo do cone).

Conforme a ASME Y14.5, o comando de tolerância geométrica se ajusta a cones de referência de modo que tanto o diâmetro central quando o ângulo do cone são otimizados.

Os simuladores de cone de referência real secundária e terciária têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. Quando existe um modificador de translação, os cones de referência secundária e terciária não têm a localização restrita por simuladores de referência de maior precedência, mas permanecem com a orientação restrita.

Quando cones de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre cones que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Cones de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101

Para cones, o simulador de referência real é definido pela ISO 5459 : 2011. Um cone perfeito é ajustado à superfície real usando máximo e mínimo restritos. A superfície real é filtrada para remover pequenas saliências e vazios e, depois, um cone perfeito é ajustado à superfície filtrada usando-se máximo e mínimo restritos. Esse ajuste usa o simulador externamente ao material, com os pontos baixos da superfície filtrada o mais próximo possível do simulador de referência real. A ISO 5459 : 2011 especifica ainda que o ângulo do cone é fixo no valor nominal (não otimizado).

A ISO 5459 especifica que cones de referência primária restringem cinco graus de liberdade: três graus de translação e dois de rotação. Somente um único grau de rotação fica disponível (rotação ao redor do eixo do cone). Infelizmente, isso resulta em uma translação instável ao longo do eixo do cone. Isso porque pequenas mudanças no diâmetro do cone real frequentemente resultam em grandes mudanças na translação definida ao longo do eixo do cone. Além disso, em nossa experiência, a maioria dos desenhos que possuem cones de referência tem como propósito usar somente o eixo do cone como referência. Portanto, o comando de tolerância geométrica do PC-DMIS trata todos os cones de referência como sendo somente eixo: há restrição na maioria dos quatro graus de liberdade (a translação ao longo do cone é livre). Isso é equivalente ao PC-DMIS assumir que o modificador [SL] está presente em todos os cones de referência (de modo implícito ou explícito).

Os simuladores de cone de referência real secundária e terciária têm a orientação restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência. A localização não é restrita por simuladores de referência de maior precedência, a menos que a referência tenha um modificador [DF]. Quando a referência tem um modificador [DF], os simuladores têm a orientação e a localização restritas nominalmente por simuladores de referência de maior precedência.

Quando cones de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre cones que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Cones de referência sem dados de superfície

Quando um cone sem dados de superfície é referenciado como referência, devido aos cones serem tratados como eixo somente, o comportamento é o mesmo descrito acima em "Cilindros de referência sem dados de superfície, e eixos sem superfície". Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de cones de referência sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.

Para mais detalhes sobre cones que não têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Esferas de referência com dados de superfície conforme a ASME Y14.5

Para esferas, o simulador de referência real é definido pela ASME Y14.5.1 - 2019. Uma esfera perfeita é ajustada à superfície real usando-se mínimos quadrados restritos.

Não é realizada filtragem de vazio. Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material enquanto maximiza o contato e a estabilidade. Em casos em que a superfície real balançaria, a definição de mínimos quadrados restritos produz uma solução estabilizada.

Os simuladores de esfera de referência real secundária e terciária têm a localização restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência, a menos que haja um modificador de translação. Isso porque as esferas não têm orientação, portanto, a orientação não pode ser restrita por referências de maior precedência.

Quando esferas de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre quais esferas têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Esferas de referência com dados de superfície conforme a ISO 1101

Para esferas, o simulador de referência real é definido pela ISO 5459 - 2011, usando o termo "elemento de referência associado". A superfície real é filtrada para remover pequenas saliências e vazios e, depois, uma esfera perfeita é ajustada à superfície filtrada usando-se cálculos de máximo inscrito (esferas internas) ou mínimo circunscrito (esferas externas). Esse ajuste aplica o simulador externamente ao material e pode ser considerado um envelope correspondente.

Infelizmente, os algoritmos inscritos e circunscritos são notoriamente instáveis, portanto, o PC-DMIS, com a técnica matemática de referência **PADRÃO**, usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para inscrever ou circunscrever esse tipo de elemento de referência. O algoritmo de mínimos quadrados restritos produz praticamente o mesmo diâmetro de um inscrição ou circunscrição pura, mas o algoritmo é muito mais estável. Portanto, as técnicas matemáticas de referência **PADRÃO** e **CL2** são as mesmas para esse tipo de elemento de referência.

Esferas de referência real secundária e terciária não têm a localização ou orientação restrita por simuladores de referência de maior precedência, a menos que a referência tenha um modificador [DF]. Isso porque as esferas não têm orientação, portanto, a orientação não pode ser restrita por referências de maior precedência. Quando a referência tem um modificador [DF], os simuladores têm a localização restrita nominalmente por simuladores de referência de maior precedência.

Quando esferas de referência têm dados de superfície, o PC-DMIS computa uma medição da aproximação à referência real, usando os dados da superfície e a técnica matemática de referência escolhida. Para mais detalhes sobre esferas que têm dados de superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Esferas de referência sem dados de superfície, e pontos em 3D sem superfície

Em raras aplicações, uma esfera de referência, ou um ponto em 3D, é definida como não tendo uma superfície. Por exemplo, uma esfera de referência que tem três esferas circunscritas. O PC-DMIS suporta aplicações como essa permitindo o uso de tipos de elemento de referência que não têm dados de superfície.

Quando uma esfera de referência primária, ou um ponto em 3D sem superfície, não tem dados de superfície, o comando de tolerância geométrica usa os valores MED da esfera como o simulador de referência.

Quando uma esfera de referência secundária ou terciária, ou um ponto em 3D sem superfície, não tem dados de superfície, o comando de tolerância geométrica

usa os valores MED da esfera como o simulador de referência. Para esferas de referência, ou pontos em 3D sem superfície, sem dados de superfície e sem um modificador de translação, e para esferas de referência ISO com um modificador [DF], a realocação é feita de maneira a transladar minimamente o centroide, e ao mesmo tempo garantir que o simulador de referência é localizado nominalmente conforme simuladores de referência de maior precedência.

Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de esferas de referência, ou pontos em 3D sem superfície, sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.

Para mais detalhes sobre esferas que não têm dados de superfície, e os tipos de elemento que representam pontos em 3D sem superfície, consulte "Tipos de elemento com e sem dados de superfície".

Padrões de referência

Padrões de referência são elementos de tamanho (cilindros, círculos, larguras e esferas) que têm o mesmo tamanho nominal e tolerância de tamanho e são todos internos ou todos externos. Os simuladores de referência para um padrão são nominalmente orientados e localizados entre si.

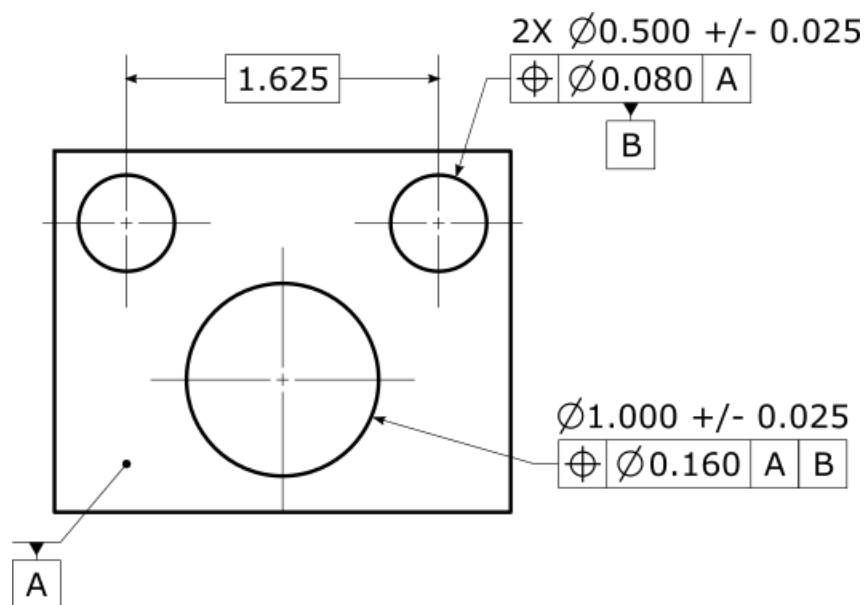
Conforme a ASME Y14.5, os tamanhos dos simuladores correspondem-se entre si porque os tamanhos nominais, as tolerâncias de tamanho e as opções de interno ou externo são todos os mesmos. Isso porque o parágrafo 7.12.4 da ASME Y14.5 2018 estabelece que os simuladores têm que aumentar ou diminuir simultaneamente. O conjunto dos simuladores de referência real é definido por um ajuste de mínimos quadrados restritos. O ajuste é aplicado simultaneamente às superfícies dos elementos, mantendo a orientação e localização nominal entre cada simulador, assim como a correspondência dos tamanhos. Não é realizada filtragem de vazio.

A ISO 5459 não define claramente se os simuladores têm que ter tamanhos correspondentes ou se podem ser independentes. Em nossa interpretação, os tamanhos são independentes para simuladores de referência da ISO dentro de um padrão. Veja o exemplo após o parágrafo 6.2.3 da ISO 5459 : 2011, assim como a Figura A.8 que usamos para nossa interpretação. O conjunto dos simuladores de referência real é definido por um ajuste de máximo e mínimo restritos. O ajuste é aplicado simultaneamente às superfícies com filtragem de vazio dos elementos, mantendo a orientação e localização nominal entre cada simulador, mas permitindo a variação independente dos tamanhos.

Ilustrações de padrões de referência

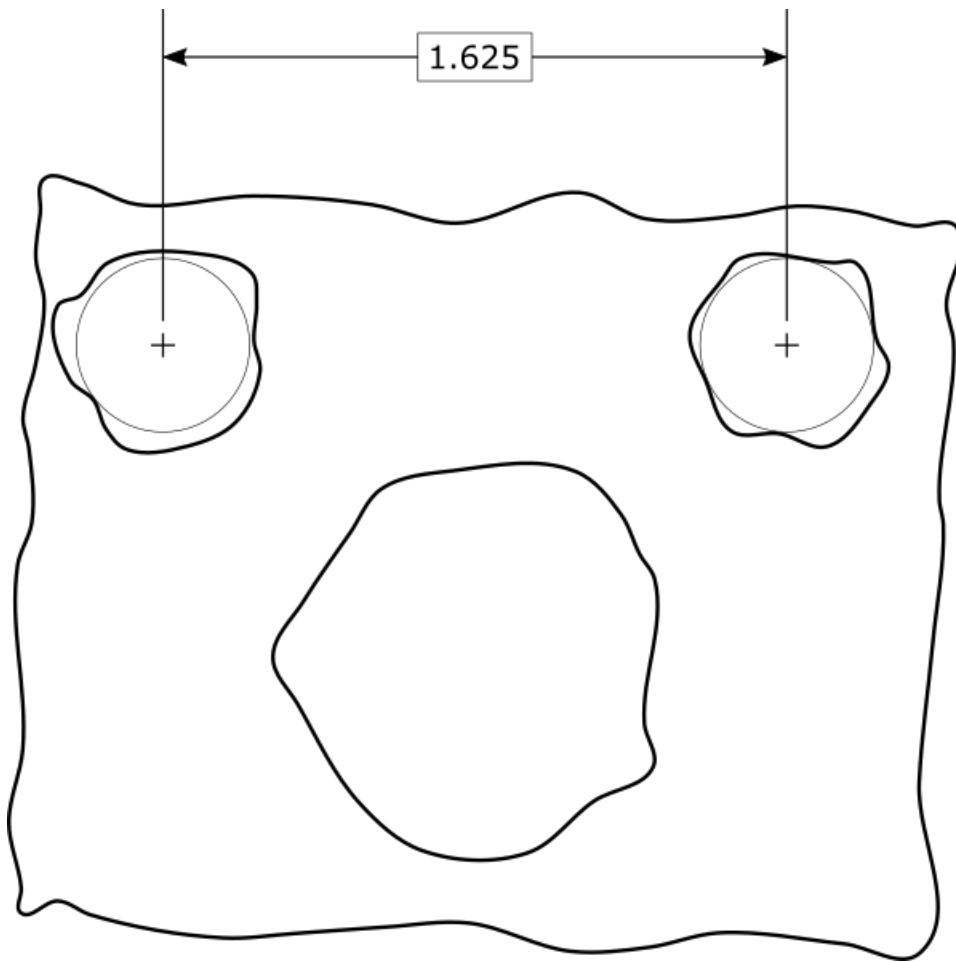
Suponha que você tenha a seguinte especificação:

Uso de tolerâncias geométricas



ASME

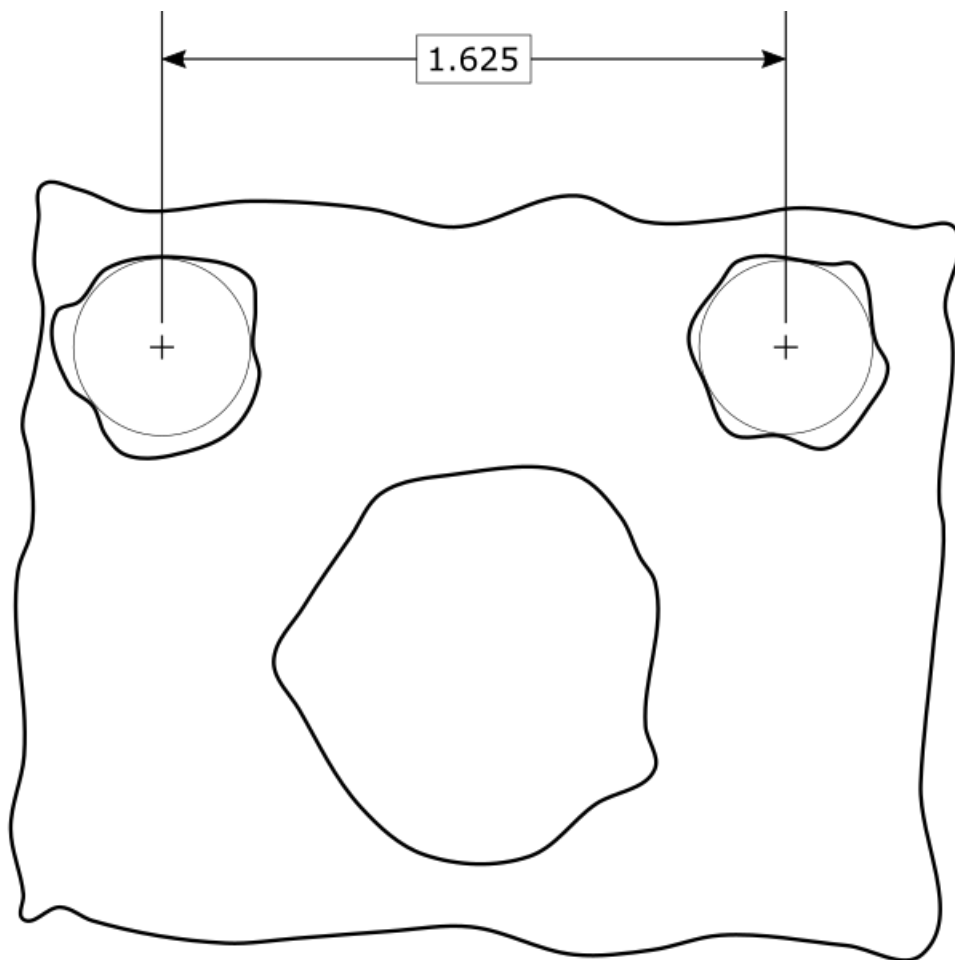
Com a especificação acima, o quadro de referência A | B real é totalmente restrito conforme a ASME, e tem essa aparência:



Note que os simuladores de referência do padrão são nominalmente localizados entre si e têm o mesmo tamanho.

ISO

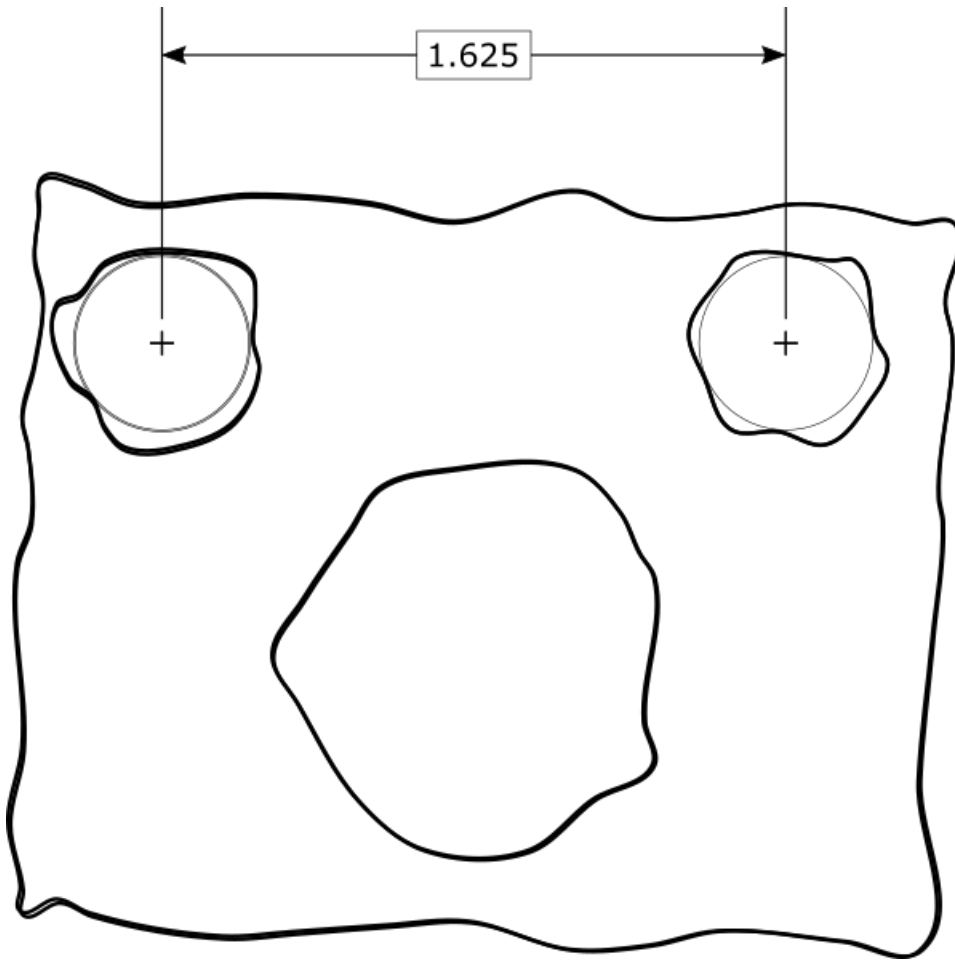
Com a especificação acima, o quadro de referência A | B real também é totalmente restrito conforme a ISO, e tem essa aparência:



Note que os simuladores de referência do padrão são nominalmente localizados entre si, mas não têm o mesmo tamanho. A rotação geral é diferente entre a ASME e a ISO, pois os tamanhos de referência são diferentes.

ASME e ISO superpostas

É mais fácil ver a diferença entre a ASME e a ISO quando as duas imagens acima são superpostas:



Referências comum: Cilindros coaxiais

Uma referência comum de múltiplos cilindros coaxiais usa um hífen na referência, por exemplo, A-B ou A-D-F. Tipicamente, esses itens serão diferentes entre os cilindros: os tamanhos nominais, a tolerância de tamanho ou a característica de interno ou externo. Os simuladores de referência para um padrão são nominalmente orientados e localizados entre si. Isso significa que os simuladores serão coaxiais.

Conforme a ASME Y14.5, os tamanhos dos simuladores são relacionados entre si, mas geralmente não são correspondentes. O parágrafo 7.12.4 da ASME Y14.5 2018 estabelece que os simuladores têm que aumentar ou diminuir simultaneamente entre o MMB (limite de máximo material) e o LMB (limite de mínimo material). O conjunto dos simuladores de referência real é definido por um ajuste de mínimos quadrados restritos às superfícies dos elementos simultaneamente. O ajuste também mantém a orientação e localização nominal entre cada simulador e os tamanhos relacionados pelo crescimento ou diminuição simultâneo entre o MMB e o LMB. Não é realizada filtragem de vazio.



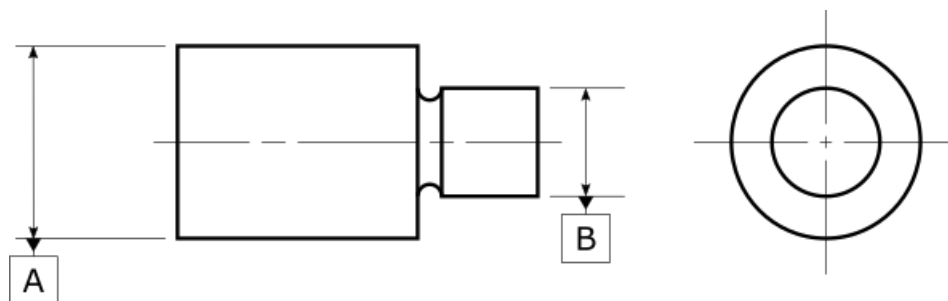
Para o PC-DMIS aumentar ou diminuir os tamanhos do simulador simultaneamente, você tem que criar as tolerâncias de tamanho e tolerâncias geométricas nas referências *antes* de permitir que qualquer tolerância geométrica use tais referências. Ou seja, as tolerâncias da referência têm que ser colocadas na rotina de medição antes das tolerâncias geométricas que usam tal referência.

Se você editar posteriormente alguma tolerância de tamanho em uma referência, certifique-se de que todas as tolerâncias geométricas subsequentes que usam essa referência tenham as informações corretas de tolerância de tamanho da referência.

A ISO 5459 não define claramente se os simuladores têm que ter tamanhos relacionados ou independentes. Em nossa interpretação, os tamanhos são independentes para simuladores de referência da ISO dentro de uma referência comum. Veja o exemplo após o parágrafo 6.2.3 da ISO 5459 : 2011, assim como a Figura A.8 que usamos para nossa interpretação. O conjunto dos simuladores de referência real é definido por um ajuste de máximo e mínimo restritos às superfícies filtradas de vazios dos elementos simultaneamente. Esse ajuste também mantém a orientação e localização nominal entre cada simulador, mas permite a variação independente dos tamanhos.

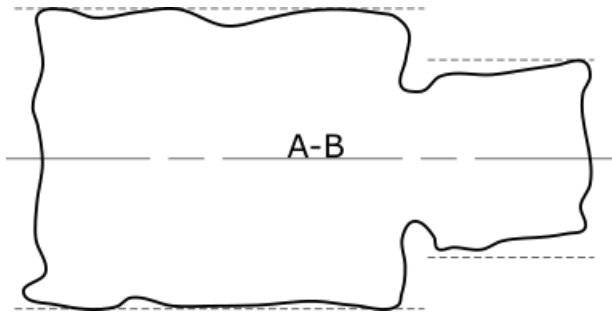
Ilustrações de referências coaxiais

Suponha que você tenha a seguinte especificação:



ASME

Nesse caso, a referência comum A-B seria assim conforme a ASME:



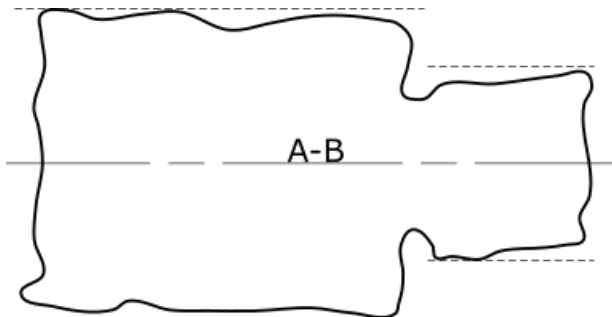
Note que os simuladores A e B são exatamente coaxiais.

ISO

Com a especificação acima, a referência comum A-B seria diferente conforme a ISO, por duas razões:

1. A razão menos importante é que a ISO tem tamanhos independentes.
2. A razão mais importante é que a associação da ISO para referências comum usa máximo e mínimo restritos por padrão. Isso minimiza a distância entre os pontos baixos das superfícies de referência filtradas e os simuladores.

A referência comum da ISO tem essa aparência:



Referências comum: Planos paralelos afastados

Uma referência comum a planos paralelos afastados usa um hífen na referência, por exemplo, A-B ou A-D-F. Os simuladores de referência para um padrão são nominalmente orientados e localizados entre si. Isso significa que os simuladores serão paralelos e afastados de acordo com suas distâncias nominais.

Conforme a ASME Y14.5, o conjunto dos simuladores de referência real é definido por um ajuste de mínimos quadrados restritos às superfícies filtradas de vazio dos elementos simultaneamente. Esse ajuste também mantém a orientação e localização nominal entre cada simulador.

Conforme a ISO 1101, o conjunto dos simuladores de referência real é definido por um ajuste de mínimo e máximo restritos às superfícies filtradas de vazios dos elementos simultaneamente, mantendo a orientação e localização nominal entre cada simulador.

Referências com um modificador de material

Cilindros, círculos, esferas, larguras, slots e entalhes de referência podem ter modificadores de material \textcircled{M} ou \textcircled{L} . Um modificador de material faz com que o comando de tolerância geométrica use a referência de um modo diferente do que as referências que não têm o modificador.

Sem um modificador de material, a referência restringe totalmente os graus de liberdade normais.

Com um modificador de material, a referência precisa somente que um limite de material encaixe dentro da superfície do elemento ou que a superfície do elemento encaixe dentro de um limite de material.

O comportamento é semelhante a um calibre funcional. Por exemplo, em um caso típico, o simulador de referência física no calibre é um pino, que tem que encaixar no furo da peça real, mas não pode ter folga dentro do furo. Portanto, os graus de liberdade normais não são totalmente restritos.

O comando de tolerância geométrica aproxima a interação entre o limite e a superfície medida. Isso é feito com uma aproximação do eixo na zona. Primeiro, é calculado um envelope da superfície. Em seguida, o eixo do envelope da superfície é restrito para ficar dentro de uma zona de forma perfeita. O tamanho do envelope da superfície e o tamanho do limite de material determinam o tamanho da zona. A zona é localizada e orientada nominalmente a referências de maior precedência. A zona é como o próprio elemento: esférica para elementos esféricos, diamétrica para elementos cilíndricos e circulares, e planar para elementos de largura, slot e entalhe. Nesse caso, usamos o conceito de "eixo do envelope da superfície" de modo informal:

Para uma esfera de referência, é um ponto único.

Para um cilindro de referência, é o eixo.

Para uma largura de referência, é o plano central.

Essa aproximação de eixo na zona é a mais conservadora, a menos que o erro de orientação do envelope correspondente seja extremo. Ela costuma também ser uma excelente aproximação, a menos que o erro de forma da superfície seja extremo. A natureza conservadora da aproximação significa que mesmo que o erro da forma da superfície seja extremo, o comando de tolerância geométrica não aceitará peças não conformes (desde que o erro de orientação do envelope correspondente não seja extremo). O PC-DMIS usa essa aproximação por duas razões principais: (1) os tempos

de cálculo são muito mais rápidos, e (2) ela não exige superfícies de referência medidas densamente (apesar de sempre recomendarmos que você meça as superfícies de referência densamente).

Com dados de superfície, a técnica matemática de referência fica disponível. Para a técnica matemática de referência **PADRÃO** (e a técnica matemática de referência **CL2** da ISO), com um modificador de máximo material, o PC-DMIS calcula o envelope da superfície externamente ao material. Ele usa mínimos quadrados restritos (é um envelope correspondente). Com um modificador de mínimo material, o envelope da superfície é interno ao material, mas o PC-DMIS ainda assim usa mínimos quadrados restritos (é um envelope de mínimo material). As referências da ISO com técnica matemática de referência **PADRÃO** ou **CL2** filtram o vazio da superfície antes de fazer o ajuste, mas as referências da ASME não fazem isso. Para a técnica matemática de referência **MÍN QUAD**, o envelope da superfície usa mínimos quadrados sem filtros, independentemente do modificador de material.

Quando não há dados de superfície, o elemento MED é usado como o envelope da superfície. Veja no tópico "Tipos de elemento com e sem dados de superfície" as listas de tipos de elemento que não têm dados de superfície. Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de elementos de referência sem dados de superfície porque você estará assumindo as fases 2 e 3 do processo de avaliação conceitual. Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados.

As regras para cálculo do tamanho do limite de material são complicadas, consulte "Determinação do tamanho do limite de material". O tamanho do limite de material é raramente especificado. Se for especificado, ele sobrepõe-se às regras originais de cálculo do tamanho do limite de material. O comando de tolerância geométrica aceita isso: clique primeiro em **Modificadores avançados** e depois digite um tamanho do limite de material.



Para o PC-DMIS determinar corretamente o tamanho do limite de material, você tem que criar as tolerâncias de tamanho e tolerâncias geométricas nas referências *antes* de permitir que qualquer tolerância geométrica use tais referências. Ou seja, as tolerâncias da referência têm que ser colocadas na rotina de medição antes das tolerâncias geométricas que usam tal referência.

Se você editar posteriormente alguma tolerância de tamanho em uma referência, certifique-se de que todas as tolerâncias geométricas subsequentes que usam essa referência tenham as informações corretas de tolerância de tamanho da referência.

Após o PC-DMIS calcular o envelope da superfície e o tamanho do limite de material, o tamanho da zona é a diferença entre o tamanho do envelope da superfície e tamanho do limite de material:

Para elementos internos com um modificador de máximo material e para elementos externos com um modificador de mínimo material, esse valor é o tamanho do envelope da superfície menos o tamanho do limite de material.

Para elementos externos com um modificador de máximo material e para elementos internos com um modificador de mínimo material, esse valor é o tamanho do limite de material menos o tamanho do envelope da superfície.

O eixo do envelope da superfície de referência tem que permanecer na zona para todas as referências de menor precedência e para os cálculos da zona de tolerância que usa tal referência. Contudo, o eixo não é otimizado na zona. O eixo somente precisar estar dentro da zona.

Um tamanho de zona igual a zero ou negativo indica que a zona violou sua tolerância de tamanho. Para um calibre funcional, o pino do calibre não encaixaria no furo da peça real. Nesse caso, o comando de tolerância geométrica não acusa uma falha de tolerância de posição ou perfil simplesmente porque a referência está fora da tolerância, mas deixa que a tolerância de tamanho da referência acuse uma falha na referência. Em vez de acusar uma falha de tolerância de posição ou perfil, a referência é reavaliada sem um modificador de material.

Em alguns casos, uma referência secundária ou terciária com um modificador de material tem uma translação disponível para ela. Isso é sempre verdade conforme a ISO, e também ocorre conforme a ASME quando existe um modificador de translação. Nesse caso, a zona de tolerância pode ser movida em relação a referências de maior precedência, até que contenha otimamente o eixo do envelope da superfície. Depois disso, sua posição é fixa com relação a referências de maior precedência. A orientação da zona continua nominal com relação a referências de maior precedência.

A extensão do "eixo do envelope correspondente" é definida da seguinte maneira:

Para esferas de referência, é o ponto central do envelope da superfície.

Para cilindros de referência, o eixo do envelope da superfície é extrapolado para as faces da extremidade da mesma maneira que o elemento tolerado é extrapolado. Para mais informações, veja "Derivação de elementos tolerados".

Para círculos de referência, é o ponto central do envelope da superfície.

Para larguras de referência, os pontos de superfície medidos são projetados no plano central do envelope da superfície, e o eixo do envelope correspondente é o polígono convexo mínimo que contém todos os pontos projetados.

Para slots de referência, a linha média medida é extrapolada para o comprimento do slot.

Para entalhes de referência, a linha média medida é extrapolada para a largura do entalhe.

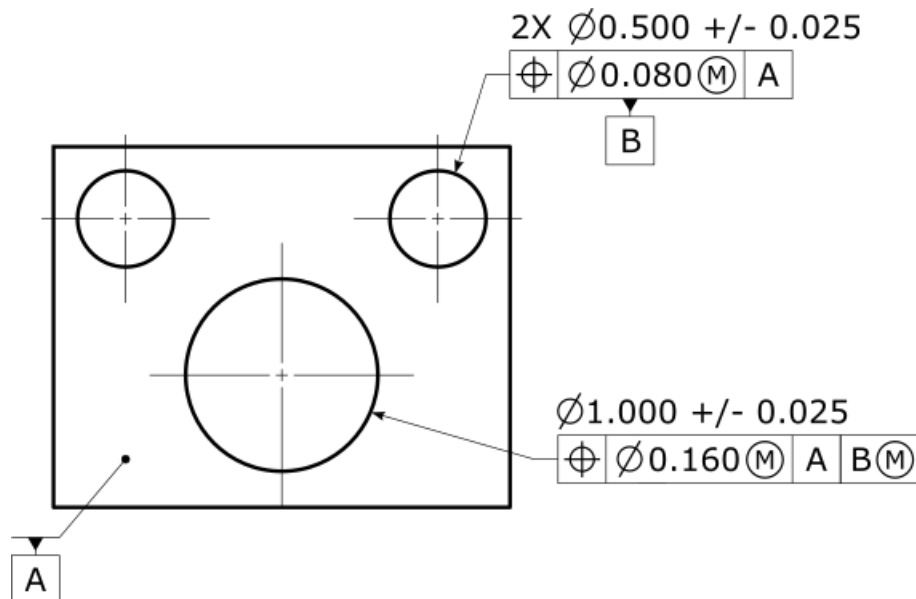
Padrões de referência e referências comum de cilindros coaxiais também podem ter um modificador de material. Nesse caso, cada envelope da superfície é tamanho de zona é calculado independentemente. Isso maximiza a precisão da aproximação do eixo na zona. As zonas são nominalmente orientadas e localizadas entre si.

Quando não translação disponível (ASME sem um modificador de translação), as zonas são localizadas e orientadas nominalmente a referências de maior precedência.

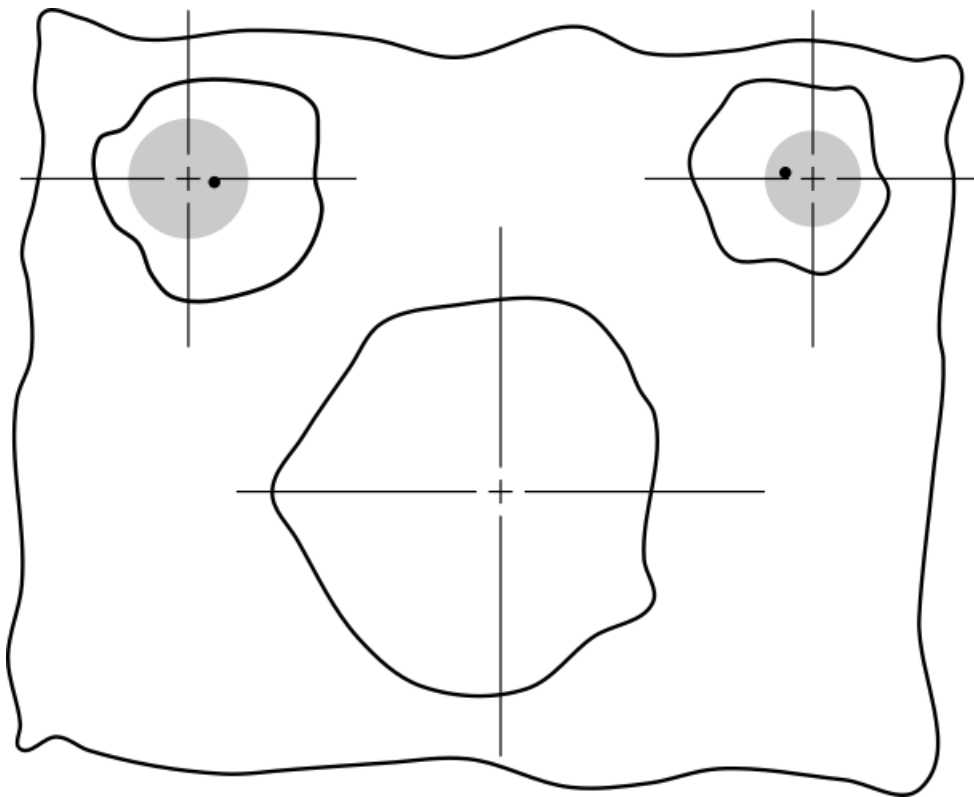
Quando há translação disponível (ASME com um modificador de translação ou ISO), as zonas de tolerância podem ser transladadas juntas até que contenham otimamente os eixos do envelope da superfície. Contudo, as zonas permanecem nominalmente orientadas e localizadas entre si, e permanecem nominalmente orientadas a referências de maior precedência.

Ilustrações de referências com um modificador de material

Suponha que você tenha a seguinte especificação, usando um padrão de referência secundária referente ao MMB:

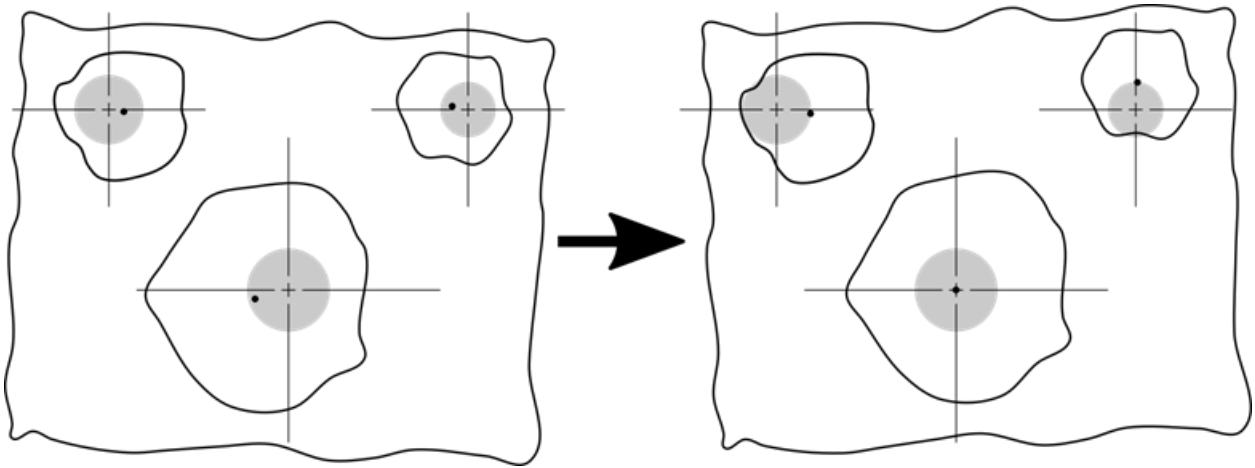


A solução do quadro de referência pode resultar nesta ilustração:



As linhas sólidas são a superfície real, as áreas sombreadas em cinza representam as zonas de referência e o pequenos pontos representam o eixo de referência que tem que estar dentro da zona. A referência na esquerda tem uma zona maior porque o furo de referência real é maior. Os tamanhos das zonas estão exagerados para mostrar o funcionamento do processo.

Como os eixos de referência podem se movimentar dentro das zonas de referência (mas não fora delas), isso significa que o valor real para a tolerância de posição pode ser zero. Eis uma ilustração desse processo:

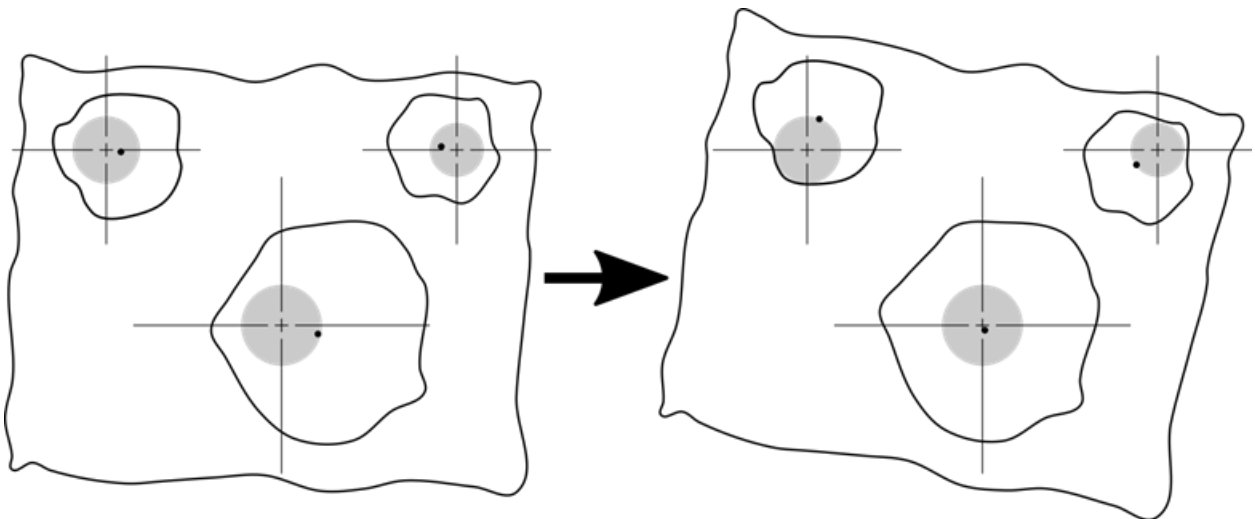


A figura na esquerda é a solução antes da otimização, mostrando o eixo e a zona de tolerância do furo grande. A figura na direita é a solução depois da otimização, onde o eixo do furo grande está otimizado para a localização perfeita (resultando em valor real igual a zero), enquanto os eixos de referência são forçados a permanecer dentro da zona, mas não são otimizados.



As superfícies são mostradas para ajudar na compreensão, mas não fazem parte da otimização. A otimização usa somente as zonas e os eixos.

Contudo, se o furo grande tiver um erro de posição grande o suficiente, o valor medido não será zero. Eis uma ilustração desse caso:



O valor real do furo grande é otimizado para ser o menor possível, mas as referências têm que permanecer em suas zonas e, portanto, o valor real não é zero.

Determinação do tamanho do limite de material

Quando você faz uma referência com um modificador de limite de material, o comando de tolerância geométrica precisa calcular o tamanho do limite de material, a menos que esse tamanho tenha sido especificado. O tamanho do limite de material é baseado na tolerância de tamanho do elemento de referência e nas tolerâncias geométricas aplicáveis.

Para referências com modificador de máximo material, você deve iniciar com o tamanho da condição de máximo material. Esse é o limite superior de tamanho para elementos externos, e o limite inferior de tamanho para elementos internos. Em seguida, ajuste o tamanho de acordo com tolerância geométrica aplicável.

Para referências com modificador de mínimo material, você deve iniciar com o tamanho da condição de mínimo material. Esse é o limite inferior de tamanho para elementos externos, e o limite superior de tamanho para elementos internos. Em seguida, ajuste o tamanho de acordo com tolerância geométrica aplicável.

Para limites de material que contêm a superfície do elemento, a tolerância geométrica aplicável aumenta o tamanho do limite de material. Isso é para elementos externos com um modificador de máximo material e para elementos internos com um modificador de mínimo material.

Para limites de material contido pela superfície do elemento, o tamanho do limite de material é diminuído pela tolerância geométrica aplicável. Isso é para elementos internos com um modificador de máximo material e para elementos externos com um modificador de mínimo material.

Regras para determinar tolerâncias geométricas

As regras para determinar qual tolerância geométrica usar, quando existem, são complicadas. Elas são descritas na ISO 2692:2014 (seção 4) e de modo incompleto na ASME Y14.5-2018 (seção 7.9). As regras do PC-DMIS são mostradas abaixo. No caso da ISO, as regras são adaptadas aos tipos de tolerância que o PC-DMIS suporta.

Referências primárias conforme a ISO 1101

Para referências primárias com ISO, ajustamos o limite de material de acordo com a tolerância de forma na mesma condição de material, se existir:

Se a referência primária é um cilindro, usamos a retilidade do eixo na mesma condição de material, se existir:

Se a referência primária é uma esfera ou largura, ignoramos a tolerância de forma e não ajustamos o limite de material.



Se a referência primária é A \textcircled{M} e o cilindro de referência A é uma haste e tem uma retilidade de eixo a \textcircled{M} , o limite de máximo material é o tamanho máximo da haste mais a tolerância de retilidade do eixo.

Referências secundárias conforme a ISO 1101

Para referências secundárias com ISO, ajustamos o limite de material de acordo com a tolerância de orientação ou localização na mesma condição de material relativa à mesma referência primária, com os mesmos modificadores de referência, e que não tem nenhuma referência secundária. Todas as outras tolerâncias são ignoradas. Se existe mais de uma tolerância assim, o ajuste de limite de material usa a menor tolerância desse tipo.

Referências terciárias conforme a ISO 1101

Para referências terciárias com ISO, ajustamos o limite de material de acordo com a tolerância de orientação ou localização na mesma condição de material relativa à mesma referência primária com os mesmos modificadores de referência, e que não refere à mesma referência secundária com os mesmos modificadores de referência, e não tem nenhuma referência terciária. Todas as outras tolerâncias são ignoradas. Se existe mais de uma tolerância assim, o ajuste de limite de material usa a menor tolerância desse tipo.

Referências primárias conforme a ASME Y14.5

Para referências primárias com ASME, ajustamos o limite de material de acordo com a tolerância de forma da retilidade do eixo, se existir. Nós não ajustamos o limite de material para esferas e larguras.



Se a referência primária é A \textcircled{M} e o cilindro de referência A é uma haste e tem uma retilidade de eixo, o limite de máximo material é o tamanho máximo da haste mais a tolerância de retilidade do eixo.

Em raros casos, é usado um padrão como uma referência primária com um modificador de limite de material. Contudo, procuramos primeiro por uma tolerância de posição no padrão sem referências. Se a tolerância de posição existe, o PC-DMIS ajusta o limite de material de acordo com o valor de tal tolerância. Se a posição não existe, procuramos por uma tolerância de retilidade de eixo.

Referências secundárias conforme a ASME Y14.5

Para referências secundárias com ASME, ajustamos o limite de material de acordo com a tolerância de orientação ou posição na referência secundária.

- Para uma única referência, usamos a tolerância de orientação da referência à referência primária.
- Se tal tolerância de orientação não existir, usamos a tolerância de posição do padrão de referência à referência primária, com os mesmos modificadores de referência.
- Para um padrão de referência, usamos a tolerância de posição do padrão de referência à referência primária, com os mesmos modificadores de referência.
- Para uma referência comum, usamos as tolerâncias de posição simultâneas dos elementos de referência comum à referência primária, com os mesmos modificadores de referência.
- As únicas tolerâncias geométricas consideradas são as especificadas na mesma condição de material como a referência secundária em questão, e não tem uma referência secundária.

Referências terciárias conforme a ASME Y14.5

Para referências terciárias com ASME, ajustamos o limite de material de acordo com a tolerância de posição na referência terciária (não orientação). A tolerância de posição tem que referenciar as mesmas referências secundárias e primárias, com os mesmos modificadores de referência e sem qualquer referência terciária. A tolerância de posição tem que estar na mesma condição de material que a referência terciária em questão. Se tal tolerância de posição não é encontrada, o limite de material não é ajustado por qualquer tolerância geométrica. Para uma referência única, a tolerância de posição tem que referenciar tal elemento. Para uma referência padrão, a tolerância de posição tem que referenciar o padrão. Para uma referência comum, tem que ser uma posição simultânea dos elementos de referência comum.

Mensagens sobre referências

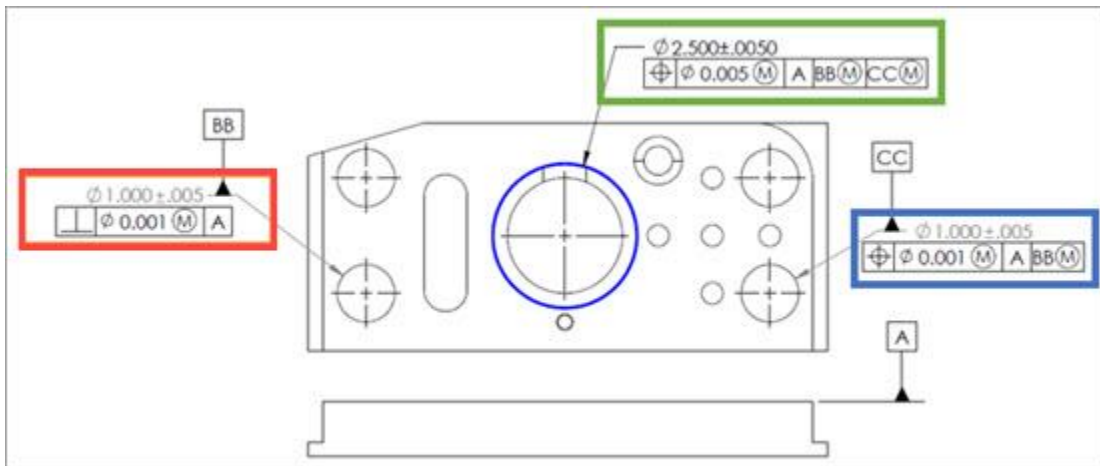
Quando referencia uma referência com um modificador, o PC-DMIS mostra esta mensagem na caixa de diálogo **Tolerância geométrica**:

As referências de MMB/LMB têm que ter sido toleradas previamente nos modificadores de condição do material (MMC/LMC) conforme as suas referências de maior precedência. Quando não há tal tolerância, é aplicado zerto no MMC/LMC.

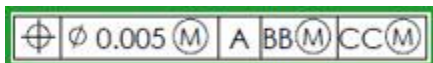
Isso é para lembrar que assume-se que os comandos de tolerância geométrica aplicáveis já foram criados para qualquer elemento de referência com um modificador de condição de material. Se você ainda não criou comandos de tolerância geométrica aplicáveis às referências com um modificador de condição de material, o PC-DMIS usa a tolerância geométrica de 0.0 MMC para determinar o valor de MMB/LMB (fronteira máxima de material/fronteira mínima de material).



Essa mensagem não pode ser desligada ou desativada.



Nesse exemplo, a chamada de posição para avaliar é:



Exemplo de tolerância geométrica para um elemento de posição.

Além do modificador de elemento, as referências secundária e terciária também têm modificadores.

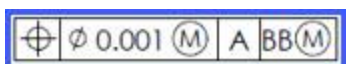
Segunda as regras de referência secundária, a referência BB tem uma tolerância geométrica aplicável à referência A:



Exemplo de tolerância geométrica para a referência (datum) BB.

Segunda as regras de referência terciária, a referência CC tem uma tolerância geométrica aplicável às referências A e BB:

Uso de tolerâncias geométricas

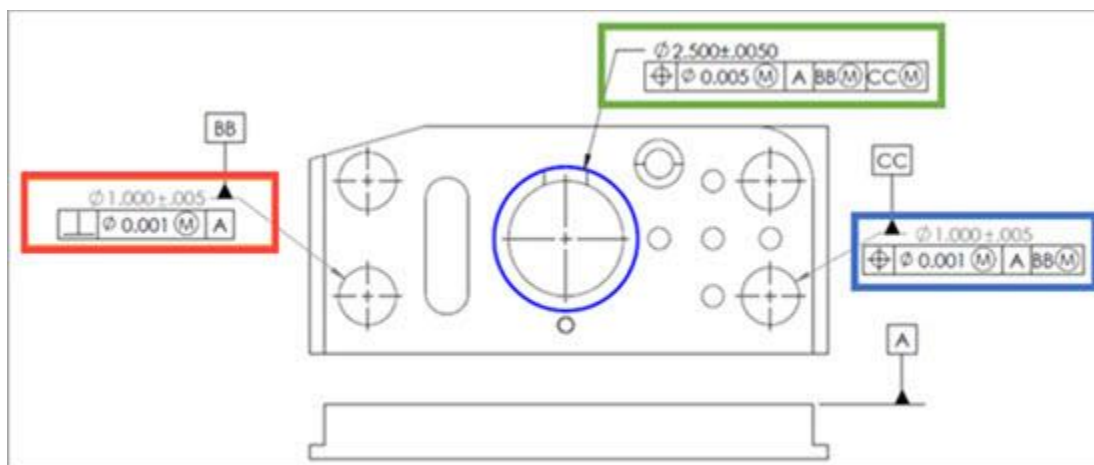


Exemplo de tolerância geométrica para a referência (datum) CC.

Você tem que **primeiro** adicionar a tolerância geométrica para a referência BB à rotina de medição. Após a adição dessa tolerância geométrica, você pode adicionar a tolerância geométrica para a referência CC.

Após definir as tolerâncias geométricas para tais referências, você pode adicionar a tolerância geométrica do elemento Posição à rotina de medição. O PC-DMIS usa as tolerâncias geométricas para as referências BB e CC (tolerâncias geométricas aplicáveis para determinar o espaço (deslocamento da referência)).

Por exemplo, quando você cria a tolerância geométrica do elemento Posição citado acima, o PC-DMIS faz a leitura na rotina de medição para localizar as tolerâncias geométricas aplicáveis às referências com modificadores de condição de material. Se o PC-DMIS não encontra nada, ele usa 0.0 @ MMC co,o as referências secundária e terciária.



Quando o PC-DMIS usa 0.0 @ MMC, em muitos casos, o PC-DMIS aplica um deslocamento de referência limitado. Se o desenho não especifica nenhuma tolerância geométrica aplicável, pode ser que haja um erro no projeto ou no desenho.



Apesar de o PC-DMIS aplicar tolerâncias de 0.0 @ MMC para fazer um cálculo conservador dos deslocamentos de referências, os dados não aparecem nos relatórios do PC-DMIS. Para confirmar se as referências estão conformes com as tolerâncias conservadoras, você pode adicionar as tolerâncias à rotina de medição.

Uso de modificadores em referências e a exibição dos resultados de medição no relatório

Quando você usa modificadores em referências, o PC-DMIS avalia o espaço disponível no quadro de referência (DRF) usando as tolerâncias aplicáveis fornecidas nas referências. Quando isso ocorre, uma destas duas soluções é possível:

Resultado 1

O quadro de referência **está em conformidade** com as tolerâncias e o PC-DMIS determina que há um espaço disponível do quadro de referência.

Nesse caso, o PC-DMIS otimiza o ajuste no quadro de referência, aplica o deslocamento da referência e fornece os resultados da medição.

Resultado 2

O quadro de referência **não está em conformidade** com as tolerâncias e o PC-DMIS determina que **não há um espaço disponível** do quadro de referência.

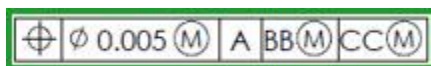
Se você tentasse usar um calibre funcional na peça, **ele não se encaixaria**. Isso deixa o PC-DMIS com duas opções de relatório:

Relatório Opção 1: O PC-DMIS pode gerar um relatório com uma mensagem de erro, mas nenhum resultado de medição.

Relatório Opção 2: O PC-DMIS pode gerar um relatório com uma solução de medição conservadora sem deslocamento da referência.

O PC-DMIS utiliza a opção 2 e ainda avalia a tolerância geométrica **sem** usar modificadores nas referências::

- O PC-DMIS usa a tolerância da posição original



e a avalia através da remoção dos

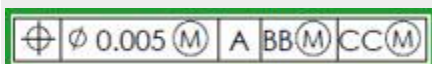
modificadores dos elementos de referência. Em seguida, o PC-DMIS completa a avaliação final:



- O PC-DMIS não aplica um deslocamento de referência

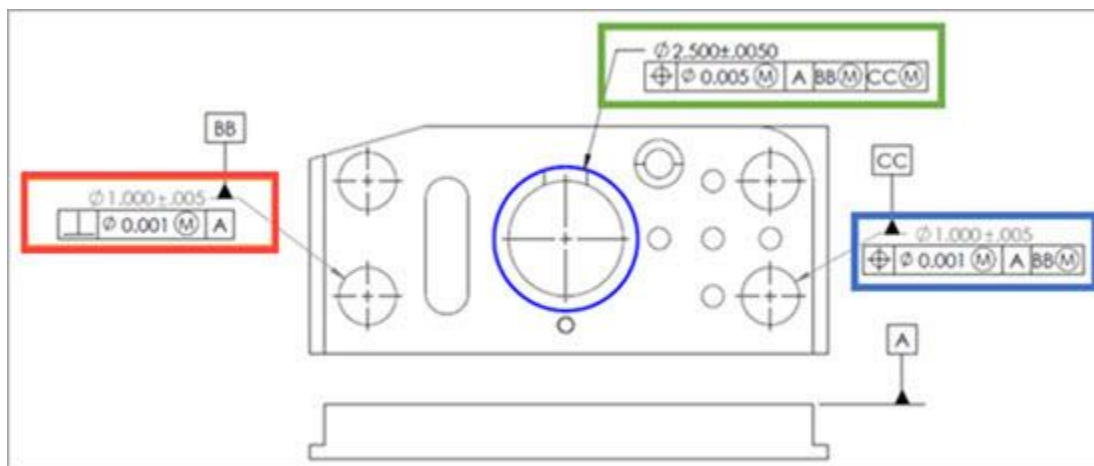


O PC-DMIS ainda indica o requisito de tolerância da posição original no relatório:




Os dois resultados são possíveis mesmo quando nenhuma tolerância geométrica é encontrada e o PC-DMIS usa 0.0 @ MMC para as tolerâncias geométricas aplicáveis. Para informações adicionais, consulte "Regras para determinar tolerâncias geométricas" nesse capítulo da documentação do PC-DMIS Core.

Consider este exemplo novamente:




Se as referências estão em conformidade com suas tolerâncias geométricas

aplicáveis, o PC-DMIS avalia a tolerância  e inclui os resultados da medição no relatório após os deslocamentos da referência, como descrito no **Resultado 1** acima.



Contudo, se alguma das referências não está em conformidade com suas tolerâncias geométricas aplicáveis, o PC-DMIS avalia a tolerância original



sem os modificadores em qualquer das referências

como . O PC-DMIS reporta os resultados da medição **sem** o deslocamento da referência, como descrito no **Resultado 2** acima.

Com o Resultado 2, uma verificação das tolerâncias geométricas aplicáveis às referências irá mostrar que pelo menos uma delas está em não conformidade.

Nesse exemplo, as tolerâncias não conformes estariam  na referência BB ou  na referência CC.

Referências com localização restrita comparadas a referências de maior precedência

Uma referência da ASME com um modificador de translação, ou uma referência da ISO sem um modificador [DF], tem uma translação sem restrições em comparação a simuladores de referência de maior precedência. Tanto o padrão da ASME quanto o da ISO não são claros sobre o que acontece quando não há nenhuma referência ligada a um modificador de material.

Por essas razões, recomendamos o seguinte:

- Para padrão ASME, quando você usa um modificador em uma referência, não recomendamos usar o modificador de translação no quadro de referência (DRF).
- Para padrão ISO, quando você usa um modificador em uma referência, recomendamos usar sempre o modificador [DF] no DRF.

Se você escolher ignorar essas recomendações, o PC-DMIS solucionará o DRF conforme descrito abaixo e a simulação do ajuste de calibre do PC-DMIS irá provavelmente ter movimento seguro no DRF.



Suponha que você tenha um plano de referência primária, um círculo de referência secundária com máximo de material e um círculo de referência terciária sem um modificador de material, mas com translação autorizada. Há duas interpretações possíveis:

1. Podemos avaliar o quadro de referência independentemente da tolerância de posição: otimizamos a distância B-C para que B seja otimamente centrado em

seu furo e depois mantemos a distância constante enquanto avaliamos a tolerância de posição.

2. Podemos avaliar o quadro de referência simultaneamente à tolerância de posição: enquanto otimizamos a tolerância de posição, permitimos que a distância B-C varie até que o valor da tolerância de posição medida seja o menor possível.

No PC-DMIS, usamos a primeira interpretação por ser a mais conservadora (os valores medidos são maiores).

Tipos de elementos com e sem dados de superfície

Introdução

O comando de tolerância geométrica possui regras detalhadas para tipos de elementos com dados de superfície, elementos sem dados de superfície e elementos que não podem nunca ser usados em um comando de tolerância geométrica. Infelizmente, os detalhes sobre o uso de alguns tipos de elemento que somente podem ser usados com um poucos tipos de tolerância não estão descritos aqui. Além disso, algumas exceções às regras detalhadas aqui são tão raras, que foram omitidas por razão de clareza.

Há vários tipos de elementos que você pode usar com o comando de tolerância geométrica:

- Plano
- Seção transversal de um plano (linha de superfície)
- Amostra de um plano (ponto de superfície)
- Cilindro
- Seção transversal de um cilindro (círculo de superfície)
- Eixo sem superfície
- Largura
- Cone
- Esfera
- Ponto em 3D sem superfície
- Forma livre

A documentação abaixo discorre sobre cada elemento do PC-DMIS e ilustra os tipos de elementos associados a cada tipo de comando de tolerância geométrica.



Para construções de Melhor ajuste (BF) ou Melhor ajuste recompensado (BFRE), embora você possa usar qualquer tipo de elemento para os elementos de entrada, os tipos de ajuste BF e BFRE são tipicamente usados com elementos de ponto ou conjuntos de ponto (uma varredura de pontos, um conjunto de elementos com pontos ou uma expressão que se torna uma matriz de pontos).

Para mais detalhes sobre os métodos Melhor ajuste e Melhor ajuste recompensado "para construir elementos, consulte o tópico Construções de Melhor ajuste (MA) e Melhor ajuste recompensado (MARE)" na documentação do PC-DMIS Core.

Planos

Com dados de superfície

Tipos de elemento Plano com dados de superfície incluídos:

Planos medidos, planos automáticos (qualquer estratégia de medição), planos MA construídos e planos MARE construídos

Sem dados de superfície

Tipos de elemento Plano sem dados de superfície incluídos:

Planos de alinhamento, planos de conversão, planos médios, planos perpendiculares, planos paralelos, planos de referência primária, planos afastados, planos de translação e planos genéricos

Permitido somente para referências

Alguns tipos de planos podem ser usados somente como referências, mas não como elementos considerados. Tais elementos incluem:

Planos de alinhamento, planos de conversão, planos perpendiculares, planos paralelos, planos de referência primária, planos afastados, planos de translação e planos genéricos

Linhas

A caixa de diálogo Tolerância geométrica mostra uma mensagem de interpretação sempre que você usa uma linha construída como um elemento construído ou como uma referência, informa você se a linha construída está

sendo tratada como uma linha em uma superfície (por ex., seção transversal de uma superfície planar) ou como um eixo de rotação (por ex., eixo sem superfície).

Com dados de superfície

O comando de tolerância geométrica trata um elemento de linha em uma superfície como uma seção transversal de uma superfície planar. Embora você possa medir uma linha em uma superfície não planar no PC-DMIS, o comando de tolerância geométrica sempre trata linhas em superfícies como provenientes de uma superfície planar. Tais tipos de linha possuem dados de superfície. Estes elementos estão incluídos:

Linhas medidas, linhas automáticas (qualquer estratégia de medição), linhas MA em 2D construídas, linhas MARE construídas e linhas de segmento de varredura



As linhas MARE em 3D construídas frequentemente têm valores nominais incorretos, mesmo quando você programa a rotina a partir de um modelo do CAD. Em específico, o plano de trabalho nominal da linha MARE em 3D construída contém tanto o vetor normal à superfície nominal quando o vetor de linha nominal. Como resultado, com frequência isso causa desalinhamento nominal com o desenho. Se você usa o elemento como uma referência, a seguinte mensagem costuma aparecer:

"O elemento de referência <nome do elemento> é em 2D. É necessário uma referência de maior precedência para restringir o plano de trabalho."

Na maioria dos casos, recomendamos usar linhas MARE em 2D construídas em vez de linhas MARE em 3D construídas, para que o plano de trabalho nominal da linha fique correto.

Para mais informações sobre como o PC-DMIS utiliza vetores de superfície de linha para linhas construídas 2D e 3D, consulte a seção "Vetores de superfície de linha construída" do tópico "Migração a partir de versões anteriores do PC-DMIS", na documentação do PC-DMIS Core.

Sem dados de superfície

Alguns elementos de linha são seções transversais de um plano, mas não têm dados de superfície. Como por exemplo:

Linhas médias, linhas projetadas e linhas de referência secundárias

Alguns elementos de linha são eixos sem superfície. Eles representam alguns eixos de rotação e não têm uma superfície. Eles não possuem dados de superfície. Tais elementos de linha incluem:

Linhas de alinhamento, linhas MA em 3D construídas, linhas de conversão, linhas de interseção, linhas perpendiculares, linhas afastadas, linhas distintas e linhas genéricas

Casos especiais

Alguns elementos de linha não seguem a interpretação acima, como nestes casos especiais:

- Linhas construídas MA em 3D e linhas afastadas são seções transversais de um plano e têm dados de superfície quando são construídas a partir de pontos medidos em uma superfície.
- Linhas paralelas e linhas perpendiculares são seções transversais de um plano, mas não têm dados de superfície quando a normal à superfície nominal resultante corresponde à referência da localização (a segunda entrada para a construção).

pontos

Com dados de superfície

Um elemento de ponto em uma superfície é sempre tratado como uma amostra de uma superfície planar. Embora você possa medir um ponto em uma superfície não planar no PC-DMIS, o comando de tolerância geométrica sempre trata pontos em superfícies como provenientes de uma superfície planar. Tais tipos de ponto possuem dados de superfície. Tais elementos de ponto incluem:

Pontos medidos, pontos vetorial (estratégia padrão, mas uma auto-centralizante), pontos de superfície, pontos de borda, pontos altos, pontos médios e pontos de referência terciária.

Sem dados de superfície

Alguns elementos de ponto não têm uma superfície e são restritos em 3 dimensões, do mesmo modo que um ponto central de uma esfera. Estes são os pontos em 3D sem superfície. Tais elementos de ponto incluem:

Pontos de conversão, pontos de canto, pontos de recuo, pontos genéricos, pontos de interseção, pontos de deslocamento, pontos de origem, pontos de projeção e pontos de distância vetorial.

Uso de tolerâncias geométricas

Um ponto de perfuração é restrito em duas dimensões, portanto, ele é um eixo sem superfície com um comprimento igual a zero. Para informações sobre eixos sem superfície, veja o item "Linhas" acima.

Não permitido

O PC-DMIS não permite que elementos automáticos de ponto de ângulo sejam usados como entradas no comando de tolerância geométrica, seja como elementos considerados ou referências.

Cilindros

Com dados de superfície

Tipos de elemento Cilindro com dados de superfície incluídos:

Cilindros medidos, cilindros automáticos (qualquer estratégia de medição), cilindros MA construídos e cilindros MARE construídos

Sem dados de superfície

Tipos de elemento Cilindro sem dados de superfície incluídos:

Cilindros e cilindros genéricos

Não permitido

Cilindros de projeção não podem ser usados como entradas para o comando de tolerância geométrica, nem como elementos considerados ou referências.

Círculos

Com dados de superfície

Elementos de círculo são tratados como uma seção transversal de uma superfície cilíndrica. Embora você possa medir um círculo em uma superfície não cilíndrica no PC-DMIS, o comando de tolerância geométrica sempre trata círculos como provenientes de uma superfície cilíndrica (com uma exceção, detalhada em "Batimento circular").

Tipos de elemento Círculo com dados de superfície incluídos:

Círculos medidos, círculos automáticos (exceto a estratégia de medição de calibração da varredura do calibre), círculos MA construídos, círculos MARE construídos e círculos de segmento de varredura

Sem dados de superfície

Tipos de elemento Círculo sem dados de superfície incluídos:

Círculos de interseção, círculos de projeção, círculos de cilindro, círculos de cone, círculos de esfera, círculos derivados, círculos de 2 linhas tangentes, círculos de 3 linhas tangentes, círculos de 3 tangentes, círculos mínimos de varredura e círculos genéricos

Não permitido

Alguns tipos de elemento Círculo não podem ser usados como entradas para o comando de tolerância geométrica, nem como elementos considerados ou referências. Como por exemplo:

Círculos automáticos com a estratégia de medição de calibração de varredura de calibre

Além disso, círculos de esfera são permitidos como elemento considerado, mas não como referência.

Larguras

Todos os elementos de largura têm dados de superfície.

Slots e entalhes

Com dados de superfície

Slots e entalhes têm dados de superfície quando você os usa em um perfil de uma tolerância de linha.

Sem dados de superfície

Slots e entalhes não têm dados de superfície quando você os usa em uma tolerância de posição ou como uma referência.



Tenha muito cuidado ao trabalhar com elementos de slot e entalhe.

Você deve usá-los se já tiver certeza de que a forma dos elementos é a adequada. Se suspeitar que o erro da forma fabricada pode ser significativo, não use um comando de ranhura ou entalhe. Em vez disso, faça uma varredura em torno do perímetro do

elemento e defina a tolerância de forma, orientação e localização do elemento com uma tolerância perfil de uma linha.

Cones

Com dados de superfície

Tipos de elemento Cone com dados de superfície incluídos:

Cones medidos, cones automáticos (qualquer estratégia de medição), cones MA construídos e cones MARE construídos

Sem dados de superfície

Os cones de conversão representam uma superfície cônica, mas não tem dados de superfície.

Cones genéricos não têm um diâmetro no PC-DMIS, portanto, representam um eixo sem superfície e não têm dados de superfície.

Não permitido

Cones de projeção não podem ser usados como entradas para o comando de tolerância geométrica, nem como elementos considerados ou referências.

Esferas

Com dados de superfície

Tipos de elemento Esfera com dados de superfície incluídos:

Esferas medidas, esferas automáticas, esferas MA construídas e esferas MARE construídas

Sem dados de superfície

Tipos de elemento Esfera sem dados de superfície incluídos:

Esferas de conversão e esferas genéricas

Não permitido

Esferas de projeção não podem ser usadas como entradas para o comando de tolerância geométrica, nem como elementos considerados ou referências.

Tipos de elemento de forma livre

O comando de tolerância geométrica permite o uso de elementos de forma livre como elementos considerados para tolerâncias de perfil. Esses elementos possuem um número de pontos medidos, com vetores nominais e pontos nominais correspondentes.

Quando não há um modelo de CAD presente, ou quando você não usa a opção de iteração ou reperfuração, o PC-DMIS calcula os desvios como sendo o desvio do vetor do ponto medido à superfície planar nominal definida pelo ponto nominal e o vetor nominal. Essa é a aproximação "conjunto de variáveis planar".

Quando a rotina de medição usa um modelo do CAD e você usa iteração e reperfuração, o PC-DMIS calcula os desvios em relação ao modelo do CAD (não há aproximação de conjunto de variáveis planar). Para mais informações, consulte "Perfil de uma linha" e "Perfil de uma superfície".

O PC-DMIS considera estes tipos de elemento como elementos de forma livre considerados:

Comandos de varredura, conjuntos construídos, conjuntos filtrados construídos, objetos de filtro de ajuste construídos, elementos Perfil2D automáticos (Vision) e tori

Possíveis dados de superfície

O PC-DMIS considera alguns polígonos como elementos de forma livre (com dados de superfície) quando você os usa em uma tolerância de perfil, mas como elementos de círculo (sem dados de superfície) quando você os usa em uma tolerância de posição. Esses tipos de elementos não são realmente criados para tolerâncias de posição, mas são incluídos como círculos (sem superfície de dados) para propósitos de migração.

O PC-DMIS considera slots e entalhes como elementos de forma livre (com dados de superfície) quando você os usa em uma tolerância de perfil, mas como elementos de largura (sem dados de superfície) quando você os usa em uma tolerância de posição.

Não permitido

Estes elementos ou tipos de elemento não podem ser usados como entradas para o comando de tolerância geométrica, nem como elementos considerados ou referências:

Conjuntos medidos, varreduras de área, elipses projetadas, entalhes projetados, ranhuras projetadas, bolhas automáticas, elementos de normal e folga, elementos de dispositivo de fixação de carga, elementos de face,

elementos de objeto, elementos de curva construídos, elementos de superfície construídos e elementos de calibre

Elementos reversos

Vários tipos de elemento são elementos "reversos". Como por exemplo:

Planos reversos, cilindros reversos, etc.

Possíveis dados de superfície

Elementos reversos podem ter dados de superfície. O resultado depende da entrada no elemento reverso. Se a entrada tem dados de superfície, o elemento reverso também tem.

Talvez permitido

Você pode ser capaz de usar elementos reversos como um elemento considerado ou elemento de referência. O resultado depende da entrada no elemento reverso. O manuseio da superfície do elemento reverso é igual ao do elemento de entrada. Por exemplo, uma linha reversa pode ser um eixo sem superfície ou uma seção transversal de um plano. O resultado depende da entrada no elemento reverso.

Não permitido

Elementos reversos que foram construídos a partir de um tipo de elemento diferente do elemento reverso em questão não podem ser usados como entradas para o comando de tolerância geométrica, nem como elementos considerados ou referências. Por exemplo, você não pode usar uma linha reversa que foi construída a partir de um cilindro como uma entrada para um comando de tolerância geométrica.

Avaliar o tamanho com o comando de tolerância geométrica

Muitos comandos de tolerância geométrica contêm uma tolerância de tamanho. Esta página descreve como o comando de tolerância geométrica calcula valores de tamanho medidos e valores de tamanho local medidos.

Especificações de tamanho

O comando de tolerância geométrica suporta apenas algumas especificações de tamanho. Há um comando de tamanho separado para especificações de tamanho mais complicadas. Para mais informações, consulte "", na documentação do PC-DMIS Core.

De acordo com a norma ASME, o comando de tolerância geométrica usa a seguinte especificação de tamanho. O envelope de correspondência real não relacionado (UAME) controla a superfície do elemento na direção do material positivo, e os tamanhos locais controlam a superfície do elemento na direção do material negativo. Os tamanhos locais são tamanhos de pontos opostos, a menos que o elemento seja um cilindro e você tenha a opção de tamanho local [ELEMENTOS_CIRCULARES](#). Dito isto, o comando de tolerância geométrica não informa tamanhos locais, a menos que você ative o relatório de tamanhos locais, porque muitos sistemas de medição têm precisão insuficiente para verificar se os tamanhos locais estão em conformidade com a tolerância de tamanho.

Em conformidade com a ISO, a partir do PC-DMIS 2025.1, a técnica matemática de tamanho e a técnica matemática de elementos são independentes uma da outra (para mais detalhes, consulte a seção "Comparação com práticas anteriores - Técnicas matemáticas para ISO" do tópico "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na documentação do PC-DMIS Core. A maior parte das tolerâncias de tamanho são tamanhos de envelope, conforme definido na norma ISO 14405-1. Isso significa que a direção do material positivo é controlada pelo tamanho do envelope correspondente e a direção do material negativo é controlada pelos tamanhos locais dos pontos opostos. No entanto, quando a norma ISO 17450-3 se aplica, conforme discutido em "Derivar o elemento tolerado", a tolerância de tamanho é um tamanho sem modificadores (padrão). Isso significa que a tolerância de tamanho não controla nenhum envelope correspondente e os únicos tamanhos são os tamanhos locais de dois pontos.

Tamanho global

Sempre que a especificação de tamanho incluir um tamanho de envelope correspondente, a tolerância de tamanho terá um tamanho global. As tolerâncias ISO chamam a isso TAMANHO GLOBAL na janela Edição, enquanto as tolerâncias ASME chamam a isso UAME na janela Edição. A única situação em que a tolerância de tamanho não tem tamanho global é quando a norma ISO 17450-3 se aplica, conforme discutido acima, ou quando um modificador de tamanho (LP) ISO é selecionado.

Se o elemento considerado não possuir dados de superfície, o tamanho global será o tamanho [MEAS](#) do elemento de entrada. Os modificadores de tamanho ISO não estão disponíveis para elementos que não tenham dados de superfície.

Se o elemento considerado tiver dados de superfície e a opção de técnica matemática de tamanho ISO ou técnica matemática de elemento ASME for **MÍN QUAD**, o tamanho global será o tamanho do melhor ajuste de mínimos quadrados (sem restrições).

Se o elemento considerado tiver dados de superfície e a opção de técnica matemática de tamanho ISO ou técnica matemática de elemento ASME for **PADRÃO**, o tamanho global será o tamanho do melhor ajuste inscrito ou circunscrito, aquele que for externo ao material. Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Conforme discutido na seção "Especificação versus verificação" do tópico "Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle de elementos" na documentação do PC-DMIS Core, o PC-DMIS oferece opções de técnicas matemáticas de elemento **MÍN QUAD** e **PADRÃO**, porque diferentes sistemas de medição apresentam diferentes quantidades de incerteza de medições. Se o seu sistema de medição for preciso o suficiente para medir o erro de formulário do elemento—se a incerteza de medição for muito menor que o erro de formulário—faz sentido usar a técnica matemática **PADRÃO**. Se a incerteza de medição for maior que o erro de formulário, você deverá usar a técnica matemática do **LSQ**. Para obter mais informações, consulte "Especificação versus verificação".

Tamanho do local

Se a norma ISO 17450-3 se aplicar como discutido acima, a especificação de tamanho será a especificação de tamanho ISO padrão (sem modificadores), o que significa que existem apenas tamanhos locais e sem tamanho global. O comando de tolerância geométrica reporta o tamanho local máximo e mínimo.

Se a norma ISO 17450-3 não se aplicar, e se o seu elemento considerado tiver dados de superfície, você poderá registrar tamanhos locais. Isso é útil principalmente quando a técnica matemática de elemento é **PADRÃO**, porque o comando de tolerância geométrica reporta apenas o *pior* tamanho local na direção interna para a do material. Quando combinado com a técnica matemática de elemento **PADRÃO**, o tamanho global controla a superfície na direção externa à do material, enquanto o tamanho local controla a superfície na direção interna à do material. Por outro lado, a técnica matemática de elemento **MÍN QUAD** tem um tamanho global de mínimos quadrados, que não controla os desvios da superfície em nenhuma direção. Nesse caso, a superfície será descontrolada na direção externa à do material.

Para tolerâncias de tamanho ISO e para tolerâncias de tamanho ASME em esferas e larguras, os tamanhos locais são avaliados usando pontos opostos. Cada tamanho local é essencialmente uma medida de paquímetro de dois pontos. Verifique se todos os seus pontos medidos têm um ponto oposto diretamente, ou a precisão da medição pode sofrer. Isso é especialmente desafiador nas esferas.

Para tolerâncias de tamanho ASME em cilindros, você pode optar por usar a interpretação [PONTOS_OPOSTOS](#) ou [ELEMENTOS_CIRCULARES](#). Essas interpretações são especificadas na norma ASME Y14.5.1 - 2019. A interpretação dos pontos opostos se comporta conforme descrito abaixo.

A interpretação dos elementos circulares requer que os dados da superfície sejam medidos em seções transversais circulares. Ele se encaixa melhor em um círculo para cada seção transversal; os tamanhos dos círculos são os tamanhos locais. Quando o tipo matemático do elemento é **LSQ**, os círculos são calculados usando o mínimo de quadrados. Quando o tipo matemático do elemento é **PADRÃO**, os círculos são inscritos ou circunscritos, o que for interno dos materiais. Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Não faz sentido relatar tamanhos locais, a menos que seu sistema de medição seja preciso e preciso o suficiente para medir o erro de formulário do elemento.

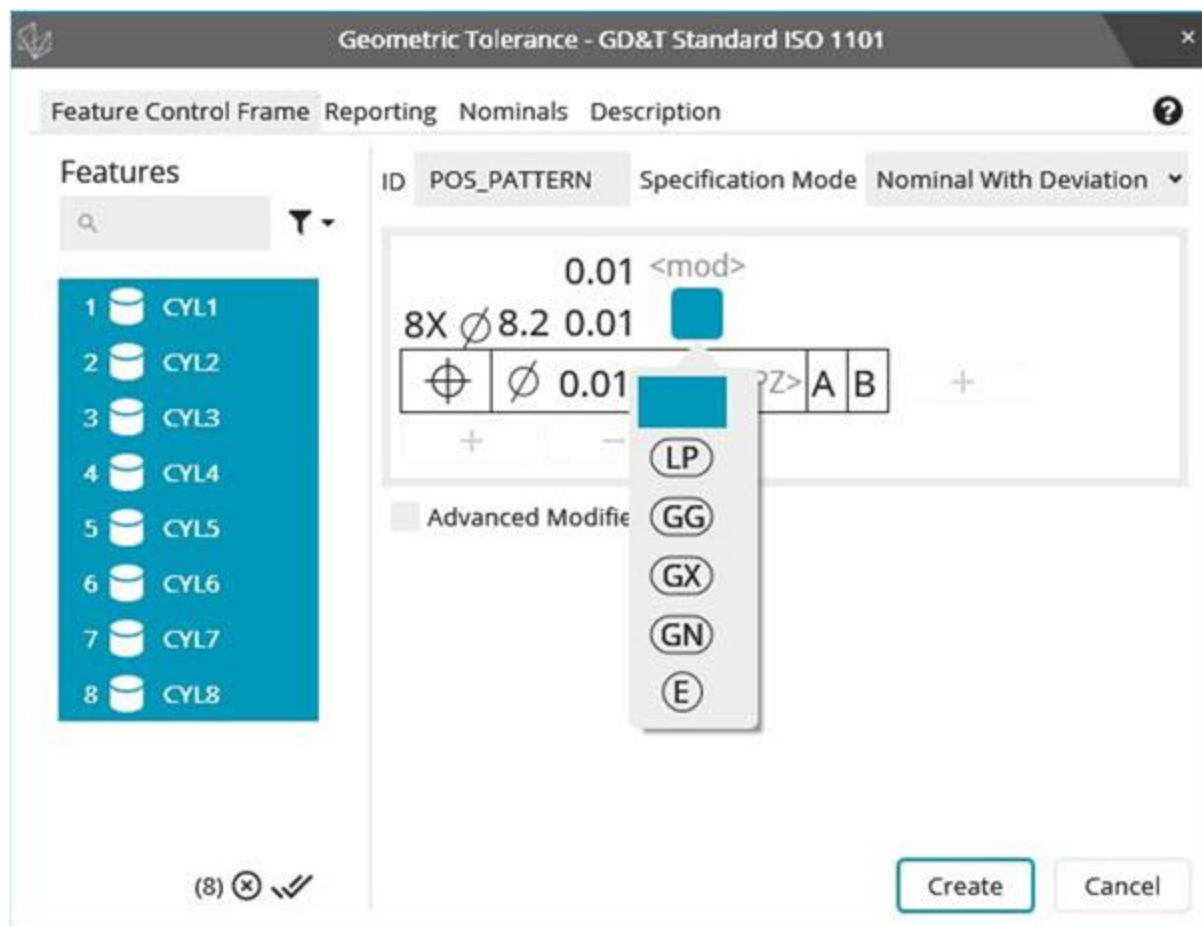
Modificadores de tamanho ISO

A partir do PC-DMIS 2025.1, o comando de tolerância geométrica passa a aceitar alguns dos modificadores de tamanho mais comuns da ISO 14405-1, tais como:

- (LP) - Tamanho de dois pontos
- (GG) - Critério de associação de mínimos quadrados
- (GX) - Critério de associação de inscrito máximo
- (GN) - Critério de associação de circunscrito mínimo
- (E) - Requisito de envelope

Estes modificadores são disponibilizados na caixa de diálogo **Tolerância geométrica**.

Uso de tolerâncias geométricas



Os modificadores de tamanho também podem ser adicionados ou removidos diretamente na janela Edição. Você pode digitar o que deseja ou selecionar em uma lista, conforme mostrado abaixo:

```

POS_PATTERN=GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO 1101,SHOWEXPANDED=YES,
DESCRIPTION=ON,,
FEATURE_MATH=DEFAULT,SIZE_MATH=DEFAULT,DATUM_MATH=DEFAULT,DISPLAY_COORDS=DRF,
UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
SIZE/NOMINAL=0.2,TOLERANCE SPECIFICATION MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
UPPER TOLERANCE=0.01,LOWER TOLERANCE=0.01,
UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=
LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=
CYL1:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL2:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL3:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL4:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL5:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL6:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL7:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
CYL8:
  MIN LOCAL SIZE:0.200,
  MAX LOCAL SIZE:0.200,
SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.0,
TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRA
MEASURED:
  CYL1:0.000,
  CYL2:0.000,
  CYL3:0.000,
  CYL4:0.000,
  CYL5:0.000,
  CYL6:0.000,
  CYL7:0.000,
  CYL8:0.000,
ADD
FEATURES/CYL1,CYL2,CYL3,CYL4,CYL5,CYL6,CYL7,CYL8,,

```



Uma vez que a lista `MODIFICADOR_DE_ESPECIFICAÇÃO SUPERIOR` e `MODIFICADOR_DE_ESPECIFICAÇÃO INFERIOR` da janela Edição do comando de tolerância geométrica é compartilhada com o comando de tamanho, todos os modificadores ISO são mostrados. No entanto, isso não significa que todos eles estão disponíveis para seleção. Você só pode adicionar modificadores que o comando de tolerância geométrica aceita. Se você tentar adicionar um modificador não aceito, o PC-DMIS irá ignorar sua seleção e manter a seleção existente do `MODIFICADOR_DE_ESPECIFICAÇÃO INFERIOR` ou `MODIFICADOR_DE_ESPECIFICAÇÃO SUPERIOR`.

Um exemplo típico de como as informações aparecem no comando da janela Edição e no relatório quando a opção de reportar modificadores de tamanho é selecionada pode ser visto aqui:

Uso de tolerâncias geométricas

```
FCFLOC1 =GEOMETRIC_TOLERANCE/STANDARD=ISO 1101,SHOWEXPANDED=YES,
DESCRIPTION=OFF,,
FEATURE_MATH=DEFAULT,SIZE_MATH=MODIFIER_SELECTED,DISPLAY_COORDS=DRF,
UNITS=MM,OUTPUT=BOTH,ARROWDENSITY=100,
SIZE/NOMINAL=20,TOLERANCE SPECIFICATION MODE=NOMINAL_WITH_DEVIATIONS,
UPPER TOLERANCE=0.1,LOWER TOLERANCE=0.1,
UPPER_SPECIFICATION_MODIFIER=(LP),
LOWER_SPECIFICATION_MODIFIER=(GX),
CYL2:
  UPPER SIZE:20.033115,
  LOWER SIZE:19.965135,
SEGMENT_1,POSITION,DIAMETER,0.500039,__,__,<len>,<dat>,<dat>,<dat>,
TEXT=OFF,CADGRAPH=OFF,REPORTGRAPH=OFF,MULT=10,
MEASURED:
  CYL2:0.015947,
ADC
FEATURES/CYL2,,
```

FCFLOC1 Size		MM	Ø 20 [+0.1 LP] - [-0.1 GX]			MODIFIER	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2 - LP	20.000000	0.100000	0.100000	20.033115	0.033115	0.000000	
CYL2 - GX	20.000000	0.100000	0.100000	19.965135	-0.034865	0.000000	
FCFLOC1		MM	⌀ 0.500039			DEFAULT NONE	ISO 1101
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	BONUS
CYL2 (LEVEL# 1)	TP	0.000000	0.500039	0.000000	0.015947	0.015947	0.000000

Cálculos bônus

Algumas tolerâncias geométricas possuem um modificador de condição de material máximo **(M)** (MMC) ou um modificador de condição de material **(L)** (LMC). Isso significa que, à medida que o tamanho do envelope não relacionado (ou o tamanho do envelope de mínimo material não relacionada para o LMC) se desvia do MMC (ou LMC), uma tolerância adicional ou tolerância "de bônus" é adicionada à tolerância no quadro de controle do elemento, produzindo uma tolerância total. Para a técnica matemática de elemento **PADRÃO**, a tolerância de bônus medida é a diferença entre um melhor ajuste inscrito ou circunscrito e um dos limites de tamanho. Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável. Para a técnica matemática de elemento **MÍN QUAD**, a tolerância de bônus medida é a diferença entre um tamanho global de mínimos quadrados e um dos limites de tamanho.

A tolerância de bônus medida é calculada da seguinte maneira.

- Para tolerâncias do MMC em elementos externos, o bônus é o limite superior de tamanho (o tamanho do MMC) menos o tamanho circunscrito (externo ao envelope do material), ou o tamanho de mínimos quadrados (dependendo da técnica matemática do elemento).

- Para tolerâncias do MMC em elementos internos, o bônus é o tamanho inscrito (externo ao envelope do material), ou o tamanho de mínimos quadrados (dependendo da técnica matemática do elemento) menos o limite inferior do tamanho (o tamanho do MMC).
- Para tolerâncias do LMC em elementos externos, o bônus é o tamanho inscrito (interno ao envelope do material), ou o tamanho de mínimos quadrados (dependendo da técnica matemática do elemento) menos o limite inferior do tamanho (o tamanho do LMC).
- Para tolerâncias do LMC em elementos internos, o bônus é o limite superior de tamanho (o tamanho do LMC) menos o tamanho circunscrito (interno ao envelope do material), ou o tamanho de mínimos quadrados (dependendo da técnica matemática do elemento).

Em todos os casos, o bônus é limitado, portanto nunca é negativo e nunca excede a tolerância total do tamanho (o limite superior do tamanho menos o limite inferior do tamanho).

A seleção dos modificadores de tamanho ISO não afeta o cálculo do bônus. Os valores do bônus são sempre calculados conforme descrito acima.

Relatório

Sem tamanho local

Quando você não está relatando tamanho local, o rótulo de tamanho do relatório tem este aspeto:

FCFLOC5 Size		MM	SØ 31.75 +0.025/-0.025			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
SPH1	31.750000	0.025000	-0.025000	31.751629	0.001629	0.000000	
SPH2	31.750000	0.025000	-0.025000	31.748836	-0.001164	0.000000	

A barra de cabeçalho mostra a ID da dimensão da tolerância, as unidades de dimensão (MM ou IN), a especificação de tamanho, a técnica matemática (**LSQ** neste caso) e a norma (ASME Y14.5 neste caso). A tabela abaixo mostra os tamanhos medidos de cada esfera.

Com tamanhos globais e locais

Quando você está relatando tamanhos globais e tamanhos locais, o rótulo de tamanho possui linhas extras, com LS adicionado como sufixo para os piores tamanhos locais. Por exemplo, "SPH1 - LS". Para tolerâncias ASME em cilindros, a barra de cabeçalho também informa se a interpretação do tamanho local é OPOSTP ou CIRCULAR. Ao relatar tamanhos globais e tamanhos locais, o relatório tem este aspeto:

Uso de tolerâncias geométricas

FCFLOC5 Size		MM	SØ 31.75 +0.025/-0.025 OPPOSED			LSQ	ASME Y14.5 2018
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
SPH1	31.750000	0.025000	-0.025000	31.751629	0.001629	0.000000	
SPH1 - LS	31.750000	0.025000	-0.025000	31.731449	-0.018551	0.000000	
SPH2	31.750000	0.025000	-0.025000	31.748836	-0.001164	0.000000	
SPH2 - LS	31.750000	0.025000	-0.025000	31.734986	-0.015014	0.000000	

Sem tamanho global

Quando a norma ISO 17450-3 se aplica, não há tamanho global relatado. Em vez disso, MIN e MAX são adicionados como sufixo para os piores tamanhos locais nas duas direções. O relatório tem este aspeto:

LOC12 Size		MM	Ø 152.4 +/- 5			DEFAULT	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL2 - MIN	152.400	5.000	-5.000	152.477	0.077	0.000	
CYL2 - MAX	152.400	5.000	-5.000	152.830	0.430	0.000	
CYL3 - MIN	152.400	5.000	-5.000	152.490	0.090	0.000	
CYL3 - MAX	152.400	5.000	-5.000	152.848	0.448	0.000	

Com modificadores de tamanho da ISO 14405

Quando os modificadores de tamanho da ISO 14405 são aplicados, os detalhes são listados no cabeçalho, com o sufixo apropriado adicionado ao nome do elemento, conforme mostrado abaixo:

FCFLOC3 Size		MM	Ø 30 [+0.1 LP] - [-0.1 GX]			MODIFIER	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
CYL1 - LP	30.000000	0.100000	0.100000	29.957540	-0.042460	0.000000	
CYL1 - GX	30.000000	0.100000	0.100000	29.919873	-0.080127	0.000000	

Derivar o elemento tolerado

Introdução

Para a maioria dos tipos de especificação, o elemento tolerado são os dados de superfície do elemento considerado. No entanto, com tolerâncias geométricas de localização e orientação (posição, concentricidade, simetria, perpendicularidade, paralelismo e angularidade), o elemento tolerado é derivado dos dados de superfície do elemento considerado. Isso se aplica a círculos, cones, cilindros, entalhes, slots, esferas e larguras. Isso também se aplica aos elementos planares do modificador de plano tangente. Cada tipo de elemento considerado é tratado de maneira diferente. Este tópico aborda elementos que possuem dados de superfície, elementos sem dados

de superfície (incluindo planos intermediários e linhas intermediárias) e, finalmente, o modificador de plano tangente. Para obter informações sobre os tipos de comando que possuem e não possuem dados de superfície, consulte "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".

Em vários lugares abaixo, discutimos o plano de amostra. Os elementos automáticos círculo, cone e cilindro podem ter um plano de amostra.

- Quando o elemento tem um elemento de amostra, o elemento de amostra é o plano de amostra.
- Quando o elemento tem um toque de amostra, o plano de amostra passa por esse toque e é orientado nominalmente às referências medidas.
- Quando o elemento possui três ou mais toques de amostra, o plano de amostra é o plano de mínimos quadrados para esses toques de amostra.
- Quando o elemento não possui toques de amostra nem elemento de amostra selecionado, não há plano de amostra.



Quando há um plano de amostra, também há um plano inicial que cruza o eixo no ponto inicial. É permitido que o plano de amostra nominal seja deslocado do plano de partida nominal, porque o plano de amostra nominal pode não cruzar o eixo nominal no ponto inicial. O plano inicial medido é paralelo ao plano de amostra medido e é nominalmente desviado dele.

Modificadores de elementos tolerados associados (ATFM) ISO



Para mais detalhes sobre ATFM ISO, consulte a seção 8.2.2.2.2 da norma ISO 1101:2017.

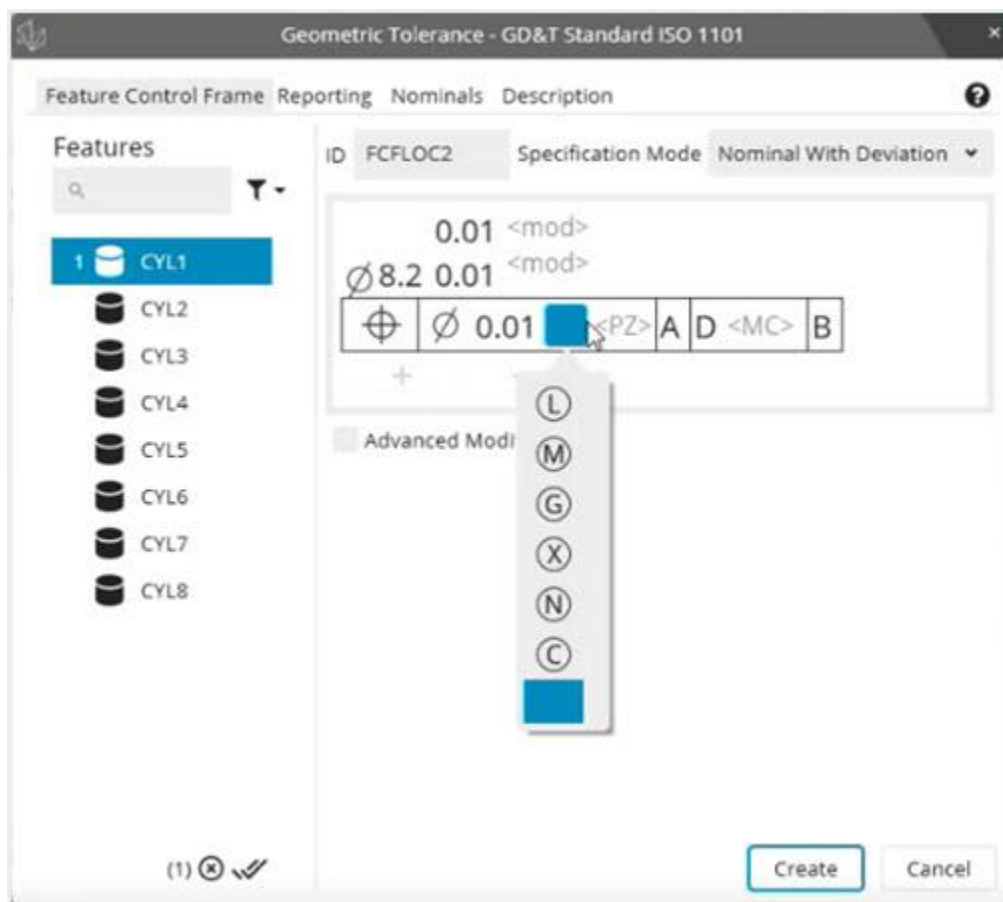
A partir do PC-DMIS 2025.1, o comando de tolerância geométrica passa a aceitar os seguintes Modificadores de elementos tolerados associados (ATFM) ISO:

- Modificador de elementos  **MinMax (Chebyshev)** - Este modificador de elementos está disponível para os tipos de elementos considerados círculos, cones, cilindros, linhas, planos e larguras.
- Modificador de elementos de  **Mínimos quadrados (gaussiano)** - Este modificador de elementos está disponível para os tipos de elementos considerados círculos, cones, cilindros, linhas, planos e larguras.

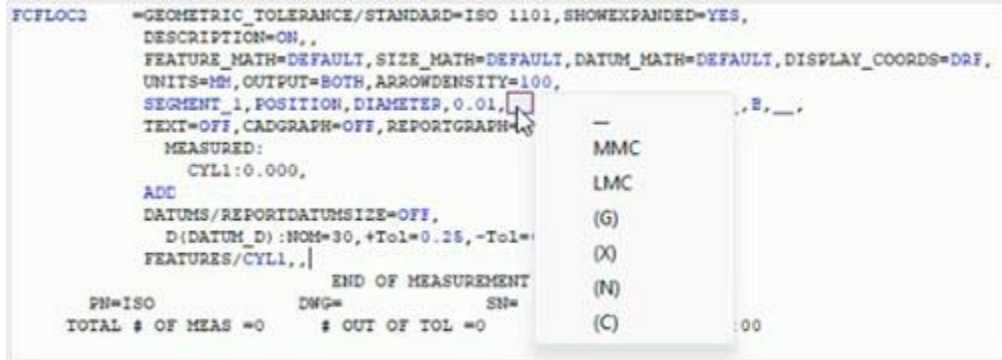
Uso de tolerâncias geométricas

- Modificador de elementos **(N) Mínimo de circunscritos** - Este modificador de elementos está disponível para os tipos de elementos considerados círculos, cilindros, linhas, planos e larguras.
- Modificador de elementos **(X) Máximo de inscritos** - Este modificador de elementos está disponível para os tipos de elementos considerados círculos, cilindros, linhas, planos e larguras.
- Modificador de elementos **(T) Tangente** - Este modificador de elementos está disponível somente para os tipos de elementos considerados planos.

Você pode adicionar o modificador de elemento tolerado associado à seção de tolerância do Quadro de controle do elemento, na caixa de diálogo **Tolerância geométrica**.



Você também pode selecionar o modificador de elemento tolerado associado na janela Edição, quando estiver no modo Comando:



Quando você seleciona o modificador na janela Edição, TÉCNICA_MATEMÁTICA_DO_ELEMENTO mostra "MODIFICADOR_SELECIONADO", e o modificador selecionado substitui o ajuste de elemento **PADRÃO** ou **MÍN QUAD** usual.



Não é possível combinar um modificador de elemento tolerado associado com um modificador de condição de material (MMC ou LMC).

O relatório resultante mostra os modificadores selecionados e as técnicas matemáticas aplicáveis:

FCFLOC2 Size		MM	Ø 8.2 +/- 0.01				DEFAULT	ISO 1101
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL		
CYL1 - MAX	8.200000	0.010000	0.010000	8.200000	0.000000	0.000000		
CYL1 - MIN	8.200000	0.010000	0.010000	8.200000	0.000000	0.000000		

FCFLOC2		MM	⊕ Ø 0.1 (G) A D B				MODIFIER DEFAULT	ISO 1101
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CYL1 (START PT)	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.13112	0.01112	0.000000	0.000000

1

2

3

1. Técnica matemática de TAMANHO
2. Técnica matemática de ELEMENTO (indicando que um modificador foi selecionado)
3. Técnica matemática de REFERÊNCIA

Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO

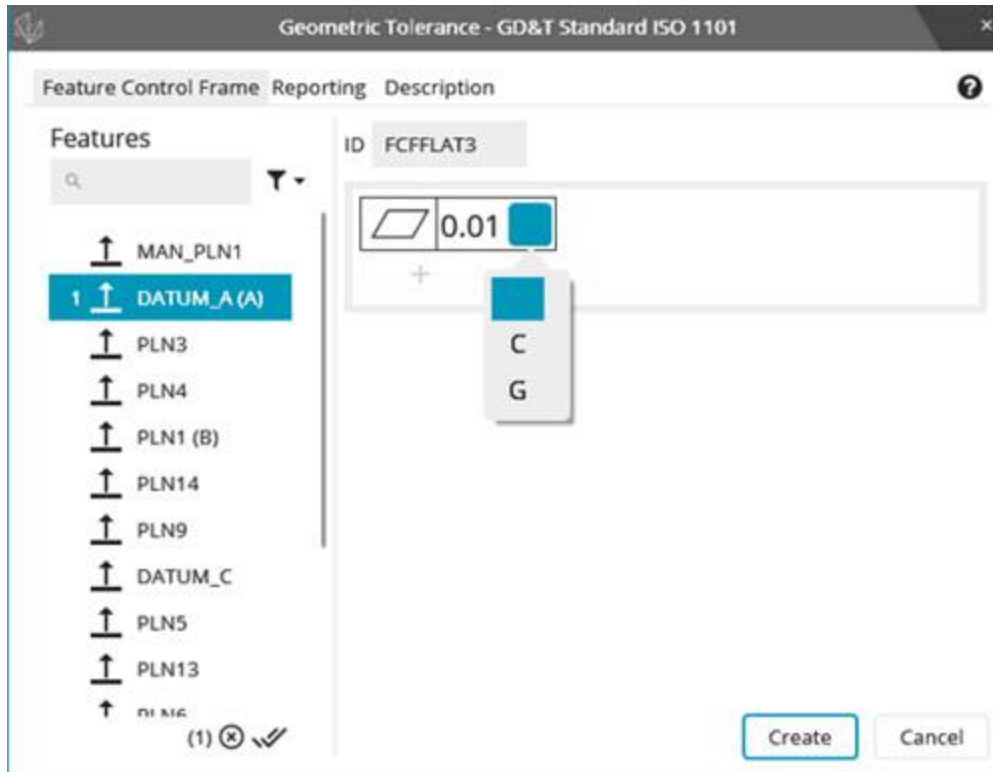


Para mais detalhes sobre Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO, consulte a seção 8.2.2.3.1 da norma ISO 1101:2017.

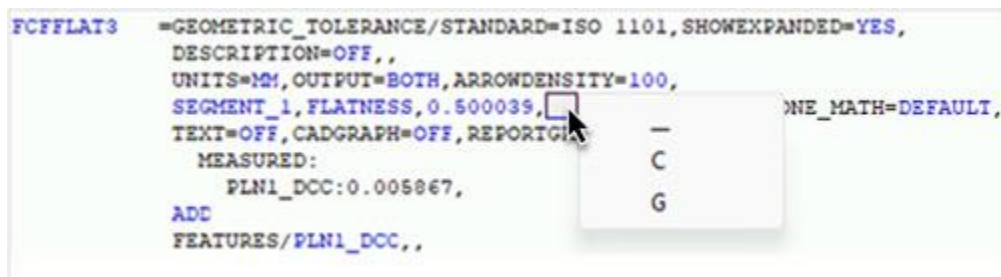
A partir do PC-DMIS 2025.1, o comando de tolerância geométrica passa a aceitar os seguintes Modificadores de associação de elementos de referência (RFAM) ISO:

- Elemento sem Restrição **C - MinMax (Chebyshev)**: este modificador de associação de elemento de referência está disponível para tolerâncias de circularidade, cilindridade, planicidade e retilidade de superfícies.
- Elemento sem Restrição **G - Mínimos quadrados (gaussiano)**: este modificador de associação de elemento de referência está disponível para tolerâncias de circularidade, cilindridade, planicidade e retilidade de superfícies.

Os RFAM ISO não são aplicáveis à retilidade de eixos. Você pode adicionar um RFAM à seção de tolerância do Quadro de controle do elemento, na caixa de diálogo **Tolerância geométrica**, conforme mostrado aqui.



Você também pode selecionar o RFAM na janela Edição, quando estiver no modo Comando:




Quando você seleciona o modificador na janela Edição, TÉCNICA_MATEMÁTICA_DA_ZONA_DE_TOLERÂNCIA mostra "MODIFICADOR_SELECIONADO", e o modificador selecionado substitui o ajuste de elemento **PADRÃO** ou **MÍN QUAD** usual.



Não é possível combinar um modificador de elemento de referência com um modificador de condição de material (MMC ou LMC).

O relatório resultante mostra os modificadores selecionados e as técnicas matemáticas aplicáveis:

FCFFLAT3	MM	 0.500039 C	MODIFIER	ISO 1101		
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
PLN1_DCC	0.000000	0.500039		0.005867	0.005867	0.000000

1. *TÉCNICA_MATEMÁTICA_DA_ZONA_DE_TOLERÂNCIA* (indicando que um modificador foi selecionado)

Técnicas matemáticas de elemento

Conforme discutido na seção "Especificação versus verificação" do tópico "Introdução a tolerâncias geométricas e quadros de controle de elementos", oferecemos várias técnicas matemáticas para o cálculo de elementos tolerados. O PC-DMIS fornece dois desses tipos de matemática para elementos que medem dados de superfície:

PADRÃO e **LSQ**. O que eles fazem está detalhado abaixo. Na maioria das vezes, **PADRÃO** é uma boa opção quando a incerteza de medição dos dados da superfície é muito menor que o erro de forma da superfície, porque a técnica matemática é semelhante à especificação.

A técnica matemática do elemento **MÍN QUAD** calcula os mínimos quadrados de melhor ajuste aos dados da superfície. Esse algoritmo é matematicamente bastante diferente da especificação, mas é uma escolha melhor que **PADRÃO** quando a incerteza de medição de cada ponto é muito maior que o erro de forma da superfície.

Para obter mais detalhes, consulte "Especificação versus verificação".

Elementos esféricos com dados de superfície

O elemento tolerado é um ponto 3D quando o elemento considerado é uma esfera. Quando o elemento esférico possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Um tipo de ajuste é selecionado, com base no tipo matemático do elemento (**PADRÃO** ou **LSQ**) e com base no modificador de material. A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é RFS (sem modificador de material) ou MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Portanto, a técnica matemática **PADRÃO** geralmente produz o envelope de correspondência real não relacionado (UAME), a menos que o modificador seja LMC. Nesse caso, a técnica matemática produz o envelope mínimo real não relacionado (UAMME). Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de

mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

O ponto central da esfera ajustada é o elemento tolerado.

Elementos cilíndricos com dados de superfície de acordo com a norma ASME Y14.5

O elemento tolerado é um eixo quando o elemento considerado é um cilindro. De acordo com a norma ASME Y14.5, quando um elemento cilíndrico possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Primeiro, um tipo de ajuste é selecionado, com base na técnica matemática do elemento (**PADRÃO** ou **MÍN QUAD**) e no modificador de material. A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é RFS (sem modificador de material) ou MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Portanto, a técnica matemática **PADRÃO** geralmente produz o envelope correspondente real não relacionado (UAME), a menos que o modificador seja LMC. Nesse caso, a técnica matemática produz o envelope mínimo real não relacionado (UAMME). Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Segundo, uma extrapolação é selecionada. É baseado na disponibilidade de um plano de amostra e na presença de um modificador de zona projetada:

- Quando não há um plano de amostra e não há um modificador de zona projetado, o eixo de melhor ajuste é extrapolado para as faces finais nominais do cilindro. As faces finais nominais do cilindro são orientadas e localizadas nominalmente às referências medidas. Se há um modificador de zona projetado, a extrapolação começa na face inicial nominal do cilindro. Ele continua para longe da face final, até atingir o plano de projeção nominal paralelo ao plano inicial na distância projetada para longe dele.
- Quando existe um plano de amostra, a extrapolação começa no plano inicial medido.

O eixo extrapolado com melhor ajuste é o elemento tolerado.

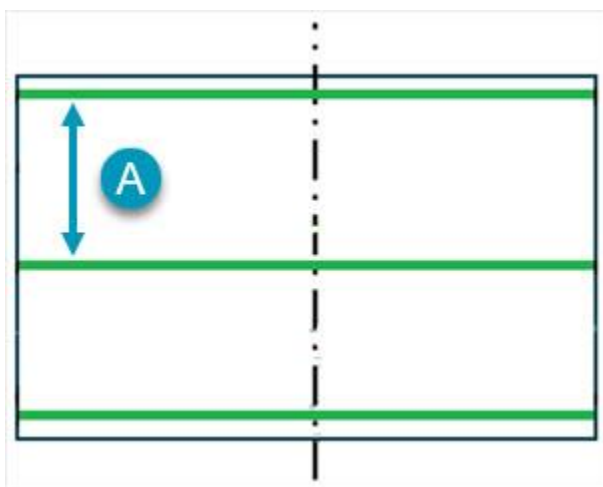
Elementos cilíndricos com dados de superfície de acordo com a norma ISO 1101

O elemento tolerado é um eixo quando o elemento considerado é um cilindro. De acordo com a norma ISO 1101, quando um elemento cilíndrico possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Primeiro, o PC-DMIS determina se a norma ISO 17450-3: 2016 se aplica ou não. Para o PC-DMIS, ela se aplica quando não há nenhum modificador de material, modificador de elemento tolerado associado, modificador de zona projetada e a técnica matemática do elemento é **PADRÃO**.

Quando a norma ISO 17450-3 se aplica, e os dados da superfície foram medidos em seções transversais, o elemento tolerado é um eixo imperfeito. Cada seção transversal possui um círculo de mínimos quadrados. O vetor de cada círculo é o vetor do eixo dos mínimos quadrados de todo o cilindro. Os pontos centrais dos círculos formam o elemento tolerado. Esse processo é compatível com a especificação na norma ISO 17450-3. Quando os dados da superfície não foram medidos em seções transversais, o PC-DMIS tenta sectionar automaticamente os dados da seguinte maneira:

- Se o cilindro foi medido em seções transversais limpas, ou seja, vários níveis distintos com uma folga facilmente detectável entre cada nível, o PC-DMIS usa essas seções transversais limpas.

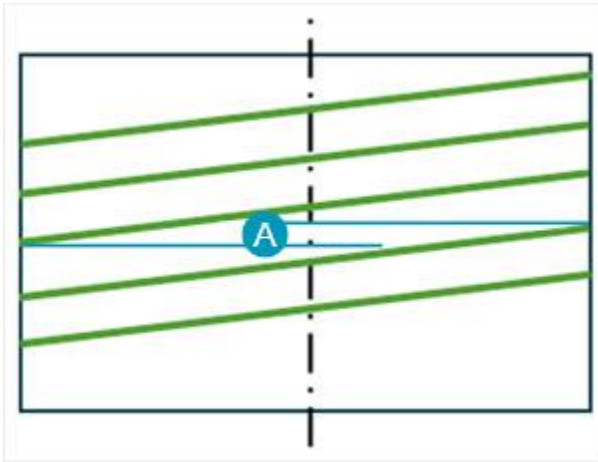


A - Folga

Folga facilmente detectável entre o fim de um nível e o começo do próximo. Três seções transversais são retornadas.

- Se o cilindro não foi medido em seções transversais limpas, mas os dados seguem um padrão de espiral limpa, o PC-DMIS divide a espiral em várias

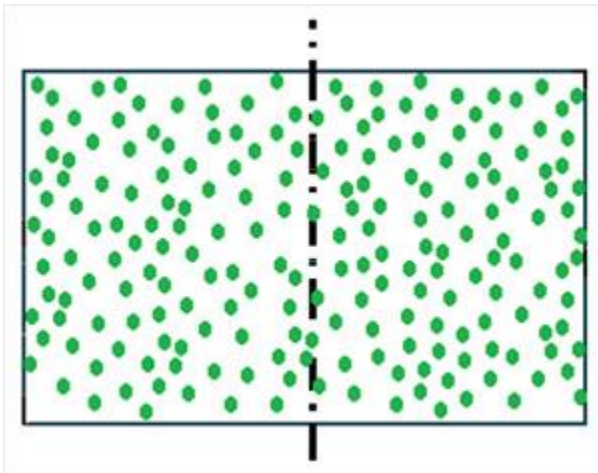
seções transversais, iguais ao número de revoluções na espiral (desde que a espiral tenha mais de duas revoluções).



A - Sem folga

Neste exemplo, pode-se ver uma espiral contínua ou pontos iniciais e finais sobrepostos. Cinco seções transversais são retas.

- Se o cilindro não foi medido em seções transversais limpas, nem em um padrão de espiral limpa, o PC-DMIS faz o melhor possível para dividir os dados em seções transversais.



Neste exemplo, pode-se ver que não há um padrão discernível. O número de seções transversais retornadas depende da distribuição e densidade dos pontos.

Depois que o PC-DMIS divide o cilindro em seções transversais, ele rejeita todas aquelas que têm menos de 90 graus de arco. O centro do círculo correspondente não é incluído no elemento tolerado.

Em alguns casos, o procedimento acima não gerar nenhum centro de círculo. Por exemplo, varreduras de espirais com duas ou menos revoluções, ou quando todas as seções transversais têm menos de 90 graus de arco. Nesses casos, não é possível seguir tão bem a descrição da norma ISO 17450-3 e, portanto, o PC_DMIS emprega uma aproximação. Especificamente, o elemento tolerado é o eixo do cilindro de mínimos quadrados, extrapolado para os pontos finais dos dados de superfície medidos.

Quando a norma ISO 17450-3 não se aplica, um tipo de ajuste é selecionado, com base no tipo matemático do elemento (**PADRÃO** ou **LSQ**) e com base no modificador de material. A técnica matemática MÍN QUAD sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é RFS (sem modificador de material) ou MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Quando a norma ISO 17450-3 não se aplica, e depois que um ajuste é calculado, uma extrapolação é selecionada. A extrapolação é baseada na disponibilidade de um plano de amostra e na presença de um modificador de zona projetada:

- Quando não há um plano de amostra e não há um modificador de zona projetado, o eixo de melhor ajuste é extrapolado para as faces finais nominais do cilindro. As faces finais nominais do cilindro são orientadas e localizadas nominalmente às referências medidas. Se há um modificador de zona projetado, a extrapolação começa na face inicial nominal do cilindro. Ele continua para longe da face final, até atingir o plano de projeção nominal paralelo ao plano inicial na distância projetada para longe dele.
- Quando existe um plano de amostra, a extrapolação começa no plano inicial medido.

O eixo extrapolado com melhor ajuste é o elemento tolerado.

Elementos circulares com dados de superfície de acordo com a norma ASME Y14.5

O elemento tolerado é um ponto 2D quando o elemento considerado é um círculo. Na norma ASME Y14.5, quando um elemento circular possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Primeiro, um tipo de ajuste é selecionado, com base na técnica matemática do elemento (**PADRÃO** ou **MÍN QUAD**) e no modificador de material. A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é RFS (sem modificador de material) ou MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Portanto, a técnica matemática **PADRÃO** geralmente produz o envelope correspondente real não relacionado (UAME), a menos que o modificador seja LMC. Nesse caso, a técnica matemática produz o envelope mínimo real não relacionado (UAMME). Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Segundo, uma projeção é selecionada, com base na existência de um plano de amostra:

- Quando não há plano de amostra, o ponto central de melhor ajuste é projetado no plano inicial nominal do círculo. O plano inicial nominal é orientado e localizado nominalmente às referências medidas.
- Quando existe um plano de amostra, o ponto central de melhor ajuste é projetado no plano inicial medido.

O ponto projetado é o elemento tolerado.

Elementos circulares com dados de superfície de acordo com a norma ISO 1101

O elemento tolerado é um ponto 2D quando o elemento considerado é um círculo. Na norma ISO 1101, quando um elemento circular possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Todas as possibilidades envolvem encaixar um círculo.

Primeiro, o PC-DMIS determina se a norma ISO 17450-3: 2016 se aplica ou não. Para o PC-DMIS, ela se aplica quando não há nenhum modificador de material, nenhum modificador de elemento tolerado associado, e a técnica matemática do elemento é **PADRÃO**.

Quando a norma ISO 17450-3 se aplica, o elemento tolerado é o ponto central do círculo dos mínimos quadrados.

Quando a norma ISO 17450-3 não se aplica, um tipo de ajuste é selecionado, com base no tipo matemático do elemento (**PADRÃO** ou **LSQ**) e com base no modificador de material. A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de

mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

O vetor do eixo do círculo de melhor ajuste é orientado nominalmente às referências medidas. Se houver um plano de amostra, ele controla o vetor do eixo do círculo de melhor ajuste, desde que as referências medidas não controlem os vetores dos eixos.

Em seguida, uma projeção é selecionada, com base na existência de um plano de amostra:

- Quando não há plano de amostra, o ponto central de melhor ajuste é projetado no plano inicial nominal do círculo. O plano inicial nominal é orientado e localizado nominalmente às referências medidas.
- Quando existe um plano de amostra, o ponto central é projetado no plano inicial medido. A orientação do plano inicial medido depende da quantidade de toques de amostra feitos. Se houver apenas um toque de amostra, o plano inicial medido utiliza a orientação nominal. Se houver três ou mais toques de amostra, o plano inicial medido utiliza a orientação do plano de amostra medido.

O ponto projetado é o elemento tolerado.

Elementos cônicos com dados de superfície de acordo com a norma ASME Y14.5

O elemento tolerado é um eixo quando o elemento considerado é um cone. Na norma ASME Y14.5, quando um elemento cônico possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Primeiro, um tipo de ajuste é selecionado, com base na técnica matemática do elemento (**PADRÃO** ou **LSQ**). A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito, escolhido para ser externo ao material. Portanto, a técnica matemática **PADRÃO** produz o envelope de correspondência real não relacionado (UAME). Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável. Em todos esses ajustes, o ângulo do cone pode otimizar a partir do ângulo nominal.

Segundo, uma extrapolação é selecionada. Ele se baseia na disponibilidade de toques de amostra:

- Quando não há plano de amostra, o eixo de melhor ajuste é extrapolado para as faces finais nominais do cone. As faces finais nominais do cone são orientadas e localizadas nominalmente às referências medidas.
- Quando existe um plano de amostra, a extrapolação começa no plano inicial medido.

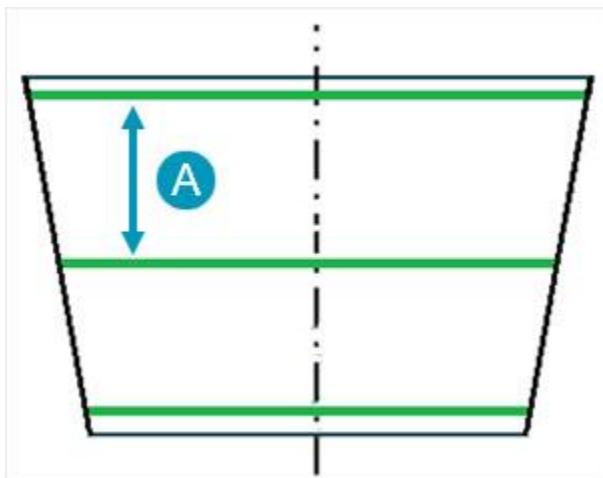
O eixo extrapolado com melhor ajuste é o elemento tolerado.

Elementos cônicos com dados de superfície de acordo com a norma ISO 1101

O elemento tolerado é um eixo quando o elemento considerado é um cone. De acordo com a norma ISO 1101, quando um elemento cilíndrico possui dados de superfície, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Quando a técnica matemática do elemento é a **PADRÃO**, o PC-DMIS decide que uma generalização da norma ISO 17450-3:2016 se aplica, de forma que o elemento tolerado é um eixo imperfeito derivado de várias seções transversais. Cada seção transversal possui um círculo de mínimos quadrados. O vetor de cada círculo é o vetor do eixo dos mínimos quadrados de todo o cone. Os pontos centrais dos círculos formam o elemento tolerado. Esse processo é compatível com a especificação na norma ISO 17450-3. O PC-DMIS determina as seções transversais da seguinte maneira:

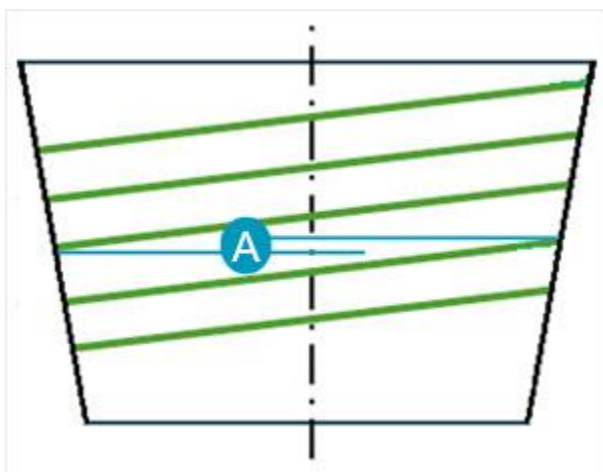
- Se o cone foi medido em seções transversais limpas, ou seja, vários níveis distintos com uma folga facilmente detectável entre cada nível, o PC-DMIS usa essas seções transversais limpas.



A - Folga

Folga facilmente detectável entre o fim de um nível e o começo do próximo. Três seções transversais são retornadas.

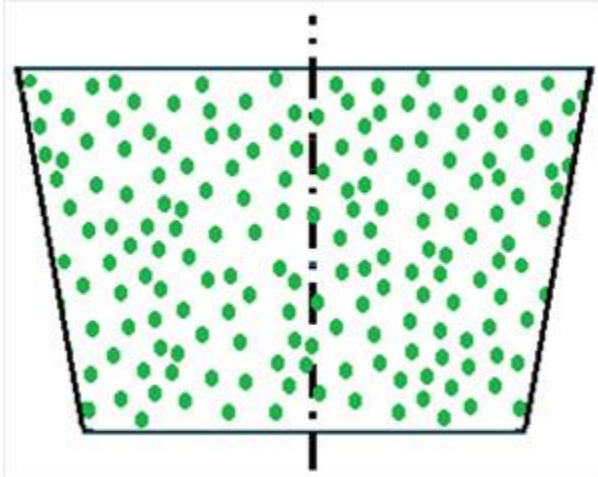
- Se o cone não foi medido em seções transversais limpas, mas os dados seguem um padrão de espiral limpa, o PC-DMIS divide a espiral em várias seções transversais, iguais ao número de revoluções na espiral (desde que espiral tenha mais de duas revoluções).



A - Sem folga

Neste exemplo, pode-se ver uma espiral contínua ou pontos iniciais e finais sobrepostos. Cinco seções transversais são retonadas.

- Se o cone não foi medido em seções transversais limpas, nem em um padrão de espiral limpa, o PC-DMIS faz o melhor possível para dividir os dados em seções transversais.



Neste exemplo, pode-se ver que não há um padrão discernível. O número de seções transversais retornadas depende da distribuição e densidade dos pontos.

Depois que o PC-DMIS divide o cone em seções transversais, ele rejeita todas aquelas que têm menos de 90 graus de arco. O centro do círculo correspondente não é incluído no elemento tolerado.

Em alguns casos, o procedimento acima não gerar nenhum centro de círculo. Por exemplo, varreduras de espirais com duas ou menos revoluções, ou quando todas as seções transversais têm menos de 90 graus de arco. Nesses casos, não é possível seguir tão bem a descrição da norma ISO 17450-3 e, portanto, uma aproximação é empregada. Especificamente, o elemento tolerado é o eixo do cone de mínimos quadrados, extrapolado para os pontos finais dos dados de superfície medidos.

Quando o tipo matemático do elemento é **LSQ**, o PC-DMIS decide que a norma ISO 17450-3: 2016 não se aplica. Um ajuste de mínimos quadrados é calculado para produzir um eixo de mínimos quadrados. É permitido otimizar o ângulo do cone a partir do ângulo nominal. Em seguida, uma extrapolação é selecionada, com base na disponibilidade de ocorrências de amostra:

- Quando não há plano de amostra, o eixo de melhor ajuste é extrapolado para as faces finais nominais do cone. As faces finais nominais do cone são orientadas e localizadas nominalmente às referências medidas.
- Quando existe um plano de amostra, a extrapolação começa no plano inicial medido.

O eixo extrapolado com melhor ajuste é o elemento tolerado.

Elementos de largura com dados de superfície de acordo com a norma ASME Y14.5

O elemento tolerado é um plano quando o elemento considerado é uma largura. Observe que todos os elementos de largura do PC-DMIS possuem dados de superfície. De acordo com a norma ASME Y14.5, quando o elemento considerado é uma largura, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Primeiro, um tipo de ajuste é selecionado, com base na técnica matemática do elemento (**PADRÃO** ou **MÍN QUAD**) e no modificador de material. A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é RFS (sem modificador de material) ou MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Portanto, a técnica matemática **PADRÃO** geralmente produz o envelope correspondente real não relacionado (UAME), a menos que o modificador seja LMC. Nesse caso, a técnica matemática produz o envelope mínimo real não relacionado (UAMME). Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Segundo, todos os pontos de superfície são projetados no plano central da largura ajustada. O elemento tolerado é o polígono convexo que descreve o perímetro desses pontos de superfície projetados. Matematicamente, o elemento tolerado é o casco convexo dos pontos de superfície projetados.

Elementos de largura com dados de superfície de acordo com a norma ISO 1101

O elemento tolerado é um plano quando o elemento considerado é uma largura. Observe que todos os elementos de largura do PC-DMIS possuem dados de superfície. De acordo com a norma ISO 1101, quando o elemento considerado é uma largura, o elemento tolerado é construído da seguinte maneira:

Primeiro, o PC-DMIS decide se a norma ISO 17450-3:2016 se aplica ou não. No PC-DMIS, a norma ISO 17450-3: 2016 se aplica quando não há modificador de material e o tipo matemático do elemento é **PADRÃO**.

Quando a norma ISO 17450-3 se aplica, o elemento tolerado é um plano imperfeito. O elemento tolerado são os pontos centrais dos dois tamanhos de pontos opostos, conforme descrito na norma ISO 17450-3 e na norma ISO 14405-1. Esse processo é compatível com a especificação na norma ISO 17450-3.

Quando a norma ISO 17450-3 não se aplica, um tipo de ajuste é selecionado, com base no tipo matemático do elemento (**PADRÃO** ou **LSQ**) e com base no modificador de material. A técnica matemática **MÍN QUAD** sempre faz um melhor ajuste de mínimos quadrados. A técnica matemática **PADRÃO** faz um melhor ajuste inscrito ou circunscrito. Quando o modificador de material é RFS (sem modificador de material) ou MMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser externo ao material. Quando o modificador de material é LMC, o ajuste inscrito ou circunscrito é escolhido para ser interno ao material. Como os ajustes inscritos e circunscritos tradicionais são notoriamente instáveis, o PC-DMIS usa um algoritmo de mínimos quadrados restritos para calcular o ajuste inscrito ou circunscrito de maneira estável.

Quando a norma ISO 17450-3 não se aplica e depois que um ajuste é calculado, todos os pontos de superfície são projetados no plano ajustado. O elemento tolerado é o polígono convexo que descreve o perímetro desses pontos de superfície projetados. Matematicamente, o elemento tolerado é o casco convexo dos pontos de superfície projetados.

Elementos sem dados de superfície

Vários tipos de elementos considerados não possuem dados de superfície (para obter informações, consulte "Tipos de elementos com e sem dados de superfície"). Quando o elemento considerado não possui dados de superfície, o tipo matemático do elemento não está disponível no comando de tolerância geométrica. Na maioria dos casos, você não deve usar elementos que não possuem dados de superfície. Isso ocorre porque o comando de tolerância geométrica é incapaz de construir o elemento tolerado a partir dos dados da superfície de uma maneira que esteja em conformidade com a norma ASME Y14.5 ou ISO 1101. Em vez disso, você é responsável por definir o elemento tolerado de acordo com os padrões aplicáveis.

Para elementos axiais ou lineares sem dados de superfície, o elemento tolerado é o segmento de linha do ponto inicial medido até o ponto final medido. Para elementos circulares, esféricos e de ponto sem dados de superfície, o elemento tolerado é o centroide medido do elemento.

As linhas BF construídas em 3D têm uma entrega mais complexa. O PC-DMIS interpreta-os como elementos sem dados de superfície. Em vez disso, ele interpreta os pontos de entrada como centros de círculos de seções transversais circulares. De acordo com a norma ISO 1101, essa interpretação está em conformidade com a norma ISO 17450-3: 2016, e o elemento tolerado é o conjunto de centroides. No entanto, de acordo com a norma ASME Y14.5, o PC-DMIS interpreta as linhas BF construídas em 3D da mesma maneira que outras características axiais ou lineares sem dados de superfície. Nesse caso, o elemento tolerado é o segmento de linha do início ao fim (exceto a retidão das tolerâncias de um eixo que usa todos os centroides de entrada).

O plano médio é apenas um elemento planar sem dados de superfície que é permitido como um elemento considerado. Para a maior parte, você deve usar larguras 3D em

vez de planos médios (e larguras 2D em vez de linhas médias e larguras 1D em vez de pontos médios). O comando do meio do avião ainda é suportado, para que os programas antigos continuem funcionando depois de migrarem para o PC-DMIS 2020 R2 ou posterior. Como o PC-DMIS ainda suporta o plano intermediário para esses aplicativos herdados, sua interpretação no comando de tolerância geométrica é semelhante à interpretação do XactMeasure. Especificamente, o PC-DMIS interpreta os planos médios para ter quatro cantos situados no plano intermediário, e o elemento tolerado consiste no retângulo entre esses quatro cantos.

Slots e entalhes

Slots e entalhes são tratados como larguras em 2D sem dados de superfície. Ou seja, o elemento tolerado é uma linha centralizada no centroide do elemento. Para slots, os usuários podem escolher se o slot é considerado longitudinal ou transversal, como discutido em "Slots longitudinais versus transversais":

Para um slot transversal, o tamanho do slot é a sua largura, e a zona de tolerância controla a posição na direção da largura. Isso significa que a linha do elemento tolerado é paralela ao comprimento do slot e é tão longa quanto tal comprimento.

Para um slot longitudinal, o tamanho do slot é o seu comprimento, e a zona de tolerância controla a posição na direção do comprimento. Isso significa que a linha do elemento tolerado é paralela à largura do slot e é tão longa quanto tal largura.

Para entalhes, o tamanho do entalhe é o seu comprimento, e a zona de tolerância controla a posição na direção do comprimento. Isso significa que a linha do elemento tolerado é paralela à largura do entalhe e é tão longa quanto tal largura.

Modificador de plano tangente

Na maioria das vezes, para elementos considerados do tipo plano, o elemento tolerado são os dados de superfície do elemento considerado. No entanto, o modificador do plano tangente torna o elemento tolerado diferente dos dados da superfície. As tolerâncias de angularidade, paralelismo, perpendicularidade e posição em planos podem usar o modificador de plano tangente. O elemento tolerado é derivado da seguinte maneira.

Primeiro, um plano de mínimos quadrados restrito ao material é montado de maneira a remover a influência de vazios na superfície. Essa é a mesma maneira pela qual os planos de referências primárias são ajustados de acordo com a norma ASME Y14.5 com a técnica matemática de referência **PADRÃO**, e a mesma forma pela qual os planos de referências primárias são ajustados de acordo com a norma ISO 1101 com a técnica matemática de referência **CL2**. Usamos essa técnica matemática porque (1) é

externa ao material, (2) imita o comportamento de uma placa de superfície muito bem e (3) é estável em comparação com outros ajustes externos ao material.

Em seguida, todos os pontos de superfície são projetados no plano de mínimos quadrados restritos. O elemento tolerado é o polígono convexo que descreve o perímetro desses pontos de superfície projetados. Matematicamente, o elemento tolerado é o casco convexo dos pontos de superfície projetados.

Tolerâncias simultâneas

Muitas tolerâncias geométricas devem ser consideradas simultaneamente. Por exemplo, quando as especificações de um perfil de uma superfície e/ou uma posição referenciam o mesmo quadro de referência de dados parcialmente restrito, você deve considerá-las simultaneamente. Para mais detalhes, consulte as seguintes normas:

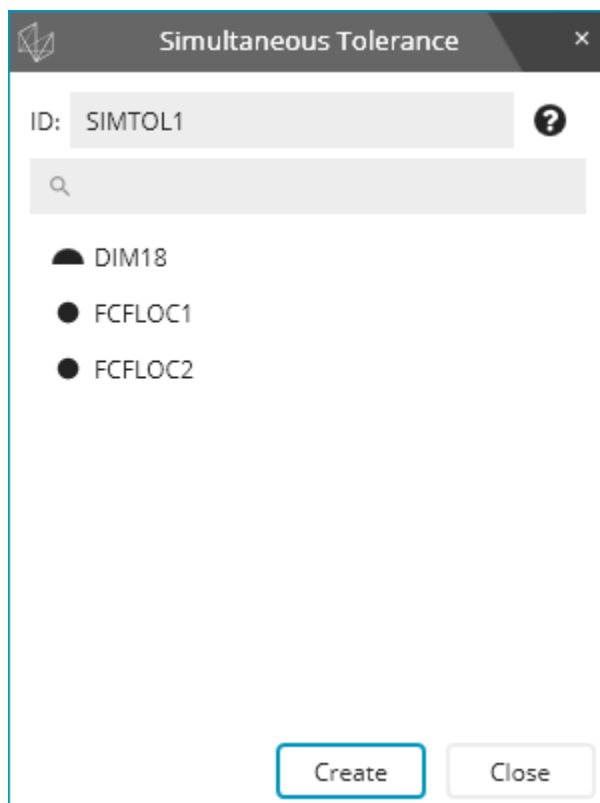
- ASME Y14.5 - 1994 seções 4.5.12 and 5.3.6
- ASME Y14.5 - 2009 seção 4.19
- ASME Y14.5 - 2018 seção 7.19
- ISO 5458 - 1998

Você é responsável por escolher quais tolerâncias geométricas considerar simultaneamente. Para fazer isso, você cria um comando de tolerância simultânea para cada conjunto de tolerâncias geométricas simultâneas.

O PC-DMIS pode considerar simultaneamente especificações de perfil de uma linha que tenham pelo menos uma referência, mas isso não é recomendado. Para mais detalhes, veja "Perfil de uma linha".

Definir uma tolerância simultânea

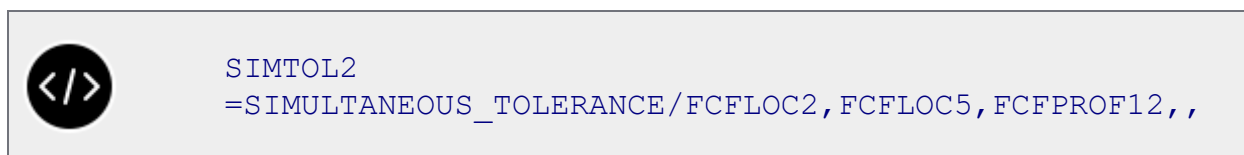
1. No menu, escolha **Inserir | Dimensão | Tolerância Simultânea** para abrir a caixa de diálogo **Tolerância Simultânea**:



2. Modifique o ID da dimensão, se necessário.
3. Selecione quais comandos de tolerância geométrica pertencem à tolerância simultânea.
4. Depois de selecionar um comando de tolerância geométrica, a lista se filtra para que você veja apenas as dimensões com o mesmo quadro de referência de dados que o primeiro comando de tolerância selecionado.

Sintaxe do modo de comando

Na janela Edição, a sintaxe do modo Comando parece-se com isto:



Como na caixa de diálogo, os únicos controles na janela Edição são para o ID da dimensão e quais comandos de tolerância geométrica pertencem à tolerância simultânea.

Comportamento

Considere o comando de tolerância simultânea como uma anotação ou diretiva. Nada acontece se você executá-lo. Também não aparece no relatório. Em vez disso, o comando de tolerância simultânea altera a maneira como as tolerâncias geométricas são avaliadas.

Durante a execução, os comandos de tolerância geométrica sabem que pertencem ao comando de tolerância simultânea. Eles também sabem quais dos outros comandos de tolerância geométrica também fazem parte do comando de tolerância simultânea. Se você mediu todas as entradas para todas as tolerâncias simultâneas (para que a tolerância esteja pronta para avaliar), o cálculo simultâneo ocorre. Se você não mediu todos os elementos de entrada, a tolerância não está pronta para avaliar. Nesse caso, o PC-DMIS mostra temporariamente uma mensagem "Aguardando avaliação" em todos os comandos de tolerância geométrica no conjunto simultâneo. A mensagem identifica qual tolerância geométrica está causando o atraso e quaisquer elementos não medidos. Seu relatório também mostra temporariamente "Aguardando", em vez de um valor medido. Depois de medir todos os elementos de entrada, o PC-DMIS atualiza a janela Edição e indica os valores medidos.

O relatório para uma tolerância que pertence a um conjunto simultâneo é semelhante a este:

FCFLOC8		MM	⊕ ∅ 0.1 (M) D N (M) O (M) : SIMTOL2 LSQ					ASME Y14.5 2018
Feature	AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	BONUS	OUTTOL
DAT_Y1_Z1	X	57.150000			57.211490	0.061490		
	Z	101.600000			101.529825	-0.070175		
	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.186606	0.186606	0.024326	0.062280
DAT_Y2	X	-209.550000			-209.559500	-0.009500		
	Z	-25.400000			-25.493130	-0.093130		
	TP	0.000000	0.100000	0.000000	0.187227	0.187227	0.024740	0.062487

O relatório é essencialmente o mesmo que qualquer outra tolerância geométrica. O PC-DMIS mostra o rótulo no relatório no mesmo local em que estaria se não houvesse tolerância simultânea. Você pode saber se uma tolerância foi considerada simultaneamente pelo texto no cabeçalho do rótulo. Por exemplo, na imagem acima, SIMTOL2 é esse texto. Indica a qual comando de tolerância simultânea o comando de tolerância geométrica pertence.

O PC-DMIS não considera segmentos inferiores da posição composta ou tolerâncias de perfil simultaneamente. O segmento superior é simultâneo com outros comandos de tolerância, mas o PC-DMIS considera quaisquer segmentos inferiores independentemente de todo o resto.

Recomendações de estruturação da rotina de medição

Lembre-se de que, durante a execução, quando o PC-DMIS executa cada tolerância geométrica no conjunto simultâneo, ele exibe uma mensagem temporária "Aguardando", até que todas as tolerâncias pertencentes ao conjunto simultâneo tenham sido executadas. A maneira mais fácil de evitar essa mensagem temporária "Aguardando" é medir todos os elementos primeiro e então colocar todas as tolerâncias depois de todos os elementos. Isso garante que todas as tolerâncias estejam prontas para serem avaliadas e você nunca recebe a mensagem "Aguardando".

Se você utilizar expressões com os comandos de tolerância geométrica, coloque-as em um momento suficientemente tardio em sua rotina para não obter a mensagem "Aguardando".

Por fim, embora a sua rotina de medição não precise de nenhuma estrutura especial para usar tolerâncias simultâneas, é mais seguro ter o mesmo "alinhamento ativo" para todos os comandos de tolerância geométrica individuais e o comando "Tolerância simultânea". Onde possível, posicione o comando "Tolerância simultânea" diretamente após o comando de tolerância geométrica final do grupo de FCFs (não aguarde até o fim da rotina de medição). Se houver mudanças de alinhamento na rotina de medição, os valores medidos não serão afetados, mas poderá ser necessário adicionar comandos "Recuperar alinhamento", para prevenir problemas com as informações de resumo XYZ.

Comparação com práticas anteriores

O PC-DMIS 2020 R2 introduziu o comando de tolerância simultânea ([SIMULTANEOUS_TOLERANCE](#)). Este comando funciona com o novo comando de tolerância geométrica. Antes disso, o PC-DMIS tinha o comando de avaliação simultânea ([SIMULTANEOUS_EVALUATION](#)). Ele foi projetado para funcionar com o comando XactMeasure. O novo comando de tolerância simultânea funciona de maneira diferente do comando de avaliação simultânea:

Avaliação simultânea	Tolerância simultânea
Comportamento de 2021.2 e versões anteriores)	Comportamento de 2021.2 e versões posteriores)
As tolerâncias do XactMeasure não foram marcadas para execução (azul, na janela de edição do modo Comando).	As tolerâncias geométricas são marcadas para execução (brancas na janela Edição no modo de Comando).

As tolerâncias do XactMeasure não tinham nada no relatório.	Relatório de tolerâncias geométricas com resultados normais e uma pequena nota no relatório afirma que elas pertencem a um conjunto simultâneo.
O relatório de avaliação simultânea apresentou todos os resultados de todas as tolerâncias no conjunto simultâneo.	A tolerância simultânea não produz resultados no relatório

Migração

Se você abrir um programa da versão 2020 R1 ou anterior, o PC-DMIS fará o seguinte:

- Converte todos os comandos de avaliação simultânea em comandos de tolerância simultâneos
- Converte tolerâncias do XactMeasure em comandos de tolerância geométrica
- Marca os comandos de tolerância geométrica para execução (branco na janela Edição no modo de Comando)
- As especificações de perfil de uma linha incluídas em um comando de avaliação simultânea, sem ter uma referência, são convertidas pelo PC-DMIS para perfil de uma superfície.

Para obter informações adicionais sobre migração, consulte "Migração a partir de versões anteriores do PC-DMIS".

Saídas de resultados de tolerâncias geométricas

Há várias maneiras de registrar as saídas resultantes de comandos de tolerância geométrica.

Dados estatísticos

Dados estatísticos é um dos modos mais comuns para acessar os resultados de tolerâncias geométricas. Para mais informações, consulte o capítulo "Rastreamento de dados estatísticos".



Somente os métodos `ESTATS/LIG`, `Datapage+` ou `ESTATS/LIG ,QDAS` de resultados estatísticos aceitam os comandos de tolerância geométrica.

Saída do Excel

Saídas em Excel é outro modo comum para acessar os resultados de tolerâncias geométricas. Para mais informações, consulte "Saídas para um arquivo de Excel" no capítulo "Uso de opções básicas de arquivo" da documentação do PC-DMIS Core.



Você também pode exportar conteúdo usando o Relatório em formulário de Excel (**Inserir | Comando Relatórios | Relatório em formulário de Excel**). Para mais detalhes, consulte a seção "Uso do comando Relatório em formulário de Excel" da documentação do PC-DMIS Toolkit Modules.

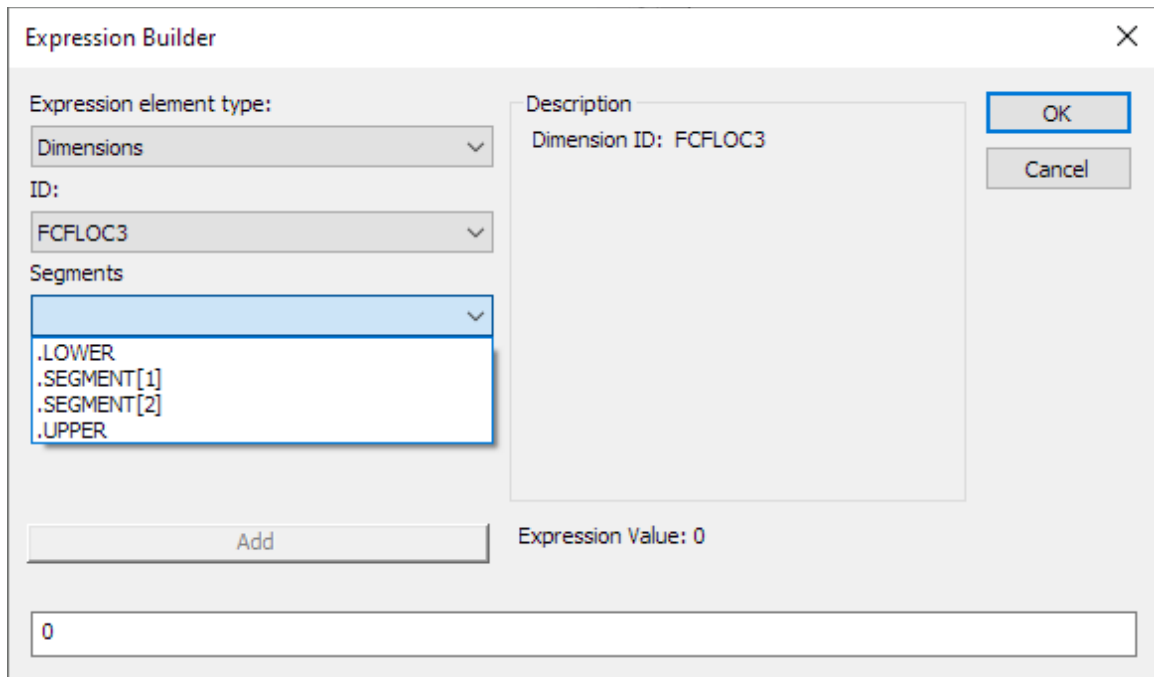
Expressões

Expressões são também um modo comum para acessar os resultados de tolerâncias geométricas. Para uma visão geral sobre como expressões funcionam, consulte o capítulo Uso de expressões e variáveis.

A maneira mais fácil de construir uma expressão que faz referência a uma tolerância geométrica, é usar a caixa de diálogo **Construtor de expressões**.

1. Escolha a opção de menu **Editar | Expressão** para acessar a caixa de diálogo **Construtor de expressões**. Se a opção de menu não estiver visível, mova o cursor da janela Edição para um campo que aceite uma expressão, como o valor de uma atribuição de variável.
2. Na lista **Tipo de elemento de expressão**, selecione **Dimensões**.
3. Na lista **ID**, selecione o nome da ID da dimensão.

4. Na lista **Segmentos**, selecione o segmento para usar na expressão. Você verá todos os segmentos do comando de tolerância geométrica listados aqui:



- **.TAMANHO_LOCAL** acessa o tamanho do local
 - **.UAME** acessa o tamanho do envelope correspondente não relacionado
 - **.SEGMENTO[1]** acessa o primeiro segmento
 - **.SEGMENTO[2]** acessa o segundo segmento
5. Após você selecionar o segmento, a lista **Segunda extensão** aparece. Escolha na lista o elemento sobre o qual deseja saber os resultados:

Uso de tolerâncias geométricas

Expression Builder

Expression element type:
Dimensions

ID:
FCFLOC3

Segments
.SEGMENT[2]

Second Extension:
.FEATURE[1]
.FEATURE[2]
.FEATURE[3]
.FEATURE[4]

Add

Description
Segments of Geometrical Tolerance. for dimension FCFLOC3.
Value: 0

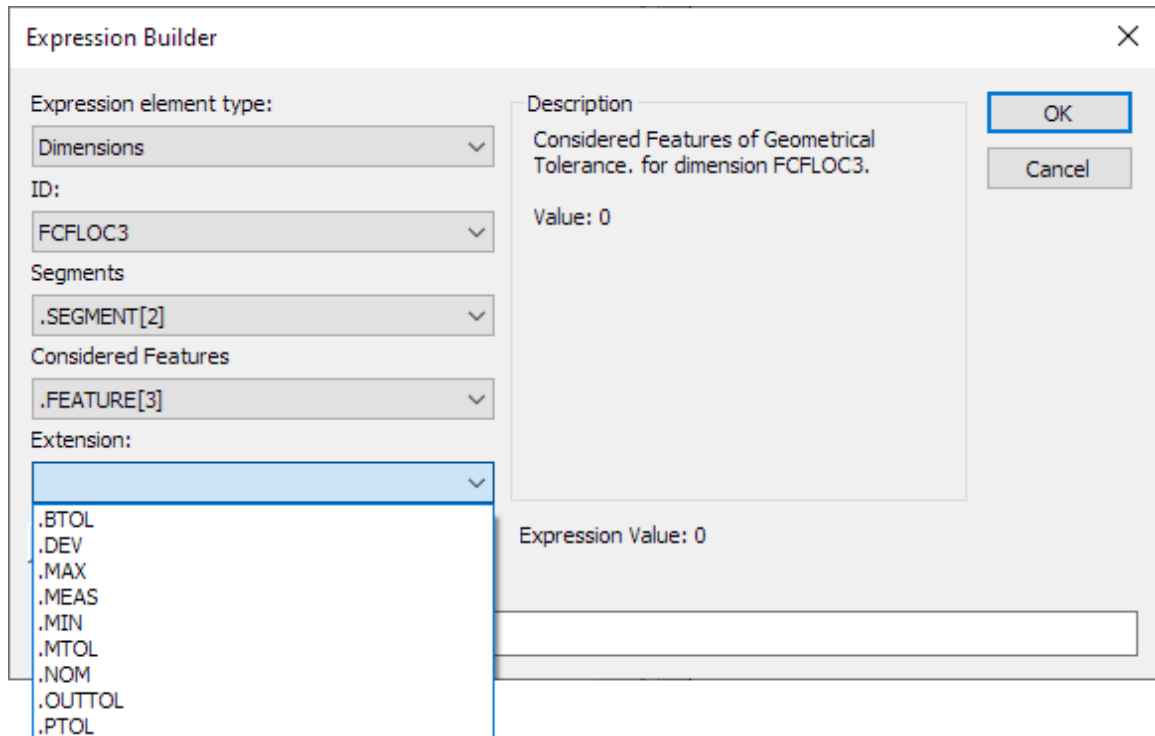
OK
Cancel

Expression Value: 0

0

O PC-DMIS mostra todos os elementos do comando de tolerância geométrica listados aqui.

6. Após você escolher o elemento, a lista **Extensão** aparece. Escolha a extensão na lista.



Para mais informações sobre essas extensões, consulte "Extensões válidas para referência de dimensão de tipo duplo por exemplo" em "Referência de tipo duplo" no capítulo "Uso de expressões e variáveis".

7. Clique em **OK** para inserir a expressão na janela Edição.

Observações sobre rótulos de relatório para tolerância geométrica

Rótulos GEOTOL_SUMMARY

Devido ao design dos rótulos GEOTOL_SUMMARY de tolerância geométrica (GEOTOL_SUMMARY.lbl, GEOTOL_SUMMARY1.lbl, GEOTOL_SUMMARY2.lbl, GEOTOL_SUMMARY3.lbl e GEOTOL_SUMMARY4.lbl), você não deve personalizar os alinhamentos vertical e horizontal.

A razão para não personalizar os rótulos GEOTOL_SUMMARY é que eles usam somente uma linha para cada elemento. Devido a isso, o conteúdo (por exemplo, X, Y, Z, PR, PA e TP) usa retornos de comportamentos não ajustáveis para definir cada linha de dados. Se você tenta definir um alinhamento horizontal para o rótulo GEOTOL_SUMMARY, somente a primeira linha é alterada. Se você tenta definir um alinhamento vertical para o rótulo GEOTOL_SUMMARY, ele produz um relatório tipo escada, pois +Tol e -Tol não são mostradas para X, Y, Z, PR e PA.

Rótulo SIZE_GEOTOLERANCE.LBL

O conteúdo dos rótulos SIZE_GEOTOLERANCE.LBL de tolerância geométrica são linhas individuais, mas cada uma é exclusiva, pois agrupam os tamanhos superiores e inferiores para cada elemento. Por essa razão, você não deve personalizar o rótulo SIZE_GEOTOLERANCE.LBL.



O relatório de dimensões no modo Texto não aceita comandos de tolerância geométrica. Para mais detalhes sobre edição de texto em relatórios de tolerância geométrica, consulte "Edição de relatório em texto" na seção "Mudança do conteúdo da janela Relatórios" da documentação do PC-DMIS Core.

Migração do XactMeasure

Neste tópico *MostrarOcultar*

Introdução

Quando você abre uma rotina de medição a partir de uma versão anterior, O PC-DMIS tenta migrar os comandos. Dependendo da versão na qual a rotina foi anteriormente salva, dos tipos de comandos de tolerância geométrica que ela contém e dos elementos que eles referenciam, você poderá obter um relatório de migração. O relatório de migração detalha todos os erros encontrados e todas as alterações que precisam ser aplicadas para tornar a rotina compatível com o PC-DMIS 2026.1.



Antes da migração, quando você abre a rotina nessa versão do PC-DMIS, o software cria um backup da rotina de medição na pasta:

`C:\Usuários\Público\Documentos\Hexagon\PC-DMIS\2026.1\MigrationBackup`

Nunca abra uma rotina de medição a partir dessa pasta de backup. Se você quiser usar o backup da rotina de medição, primeiro copie e cole essa rotina em outra pasta.



Se você clica no botão **Cancelar** no relatório de migração, o PC-DMIS descarta a rotina de medição migrada e restaura a versão original automaticamente.

Você pode controlar se o PC-DMIS cria ou não um backup da rotina de medição com a configuração `MigrationBackup` do Editor de Configurações. Essa configuração é definida como **Verdadeiro** por padrão. Se você a define como **Falso**, o PC-DMIS gera um relatório de migração, mas não cria um backup da rotina de medição. Devido a isso, o PC-DMIS não mostra a opção **Cancelar** no relatório de migração, pois o backup está disponível para executar uma restauração.

Para mais detalhes sobre a configuração `MigrationBackup`, veja a seção "MigrationBackup" na seção "FileMan" da documentação do Editor de configurações do PC-DMIS.

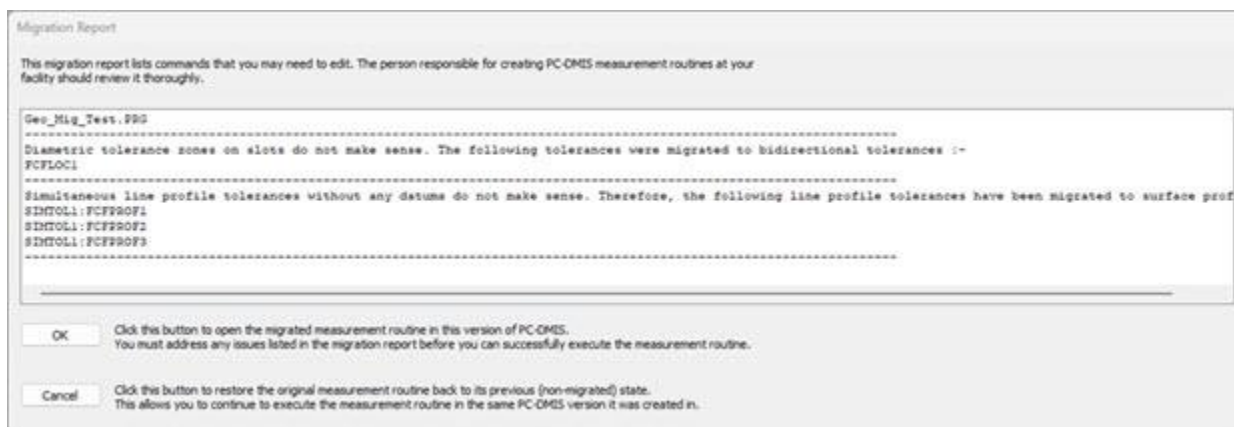
Fluxo de trabalho sugerido

A migração é geralmente automática, mas em alguns casos, pode ser necessário adaptar a migração às suas necessidades. Você pode usar algumas opções para controlar como a migração ocorre. Sugerimos o seguinte fluxo de trabalho para migrar as suas rotinas de medição a partir de um PC-DMIS de versão anterior:

- Faça um backup das suas rotinas de medição antigas em um local seguro e nunca as abra usando a versão 2020 R2 ou posterior.
- Faça uma cópia do backup das rotinas de medição em uma pasta em que você possa testá-las.
- Abra as cópias experimentais das rotinas de medição nessa versão do PC-DMIS.
- Examine cuidadosamente os resultados da migração. Verifique se a migração funcionou como desejado e se os novos valores medidos se ajustam às suas necessidades.
- Em raros casos, uma migração pode não funcionar em um pequeno número de locais. Em tais situações, edite manualmente os locais no programa de modo a atualizar os comandos.
- Em raros casos, as técnicas matemáticas migradas podem não funcionar em um grande número de locais. Se isso ocorrer, ajuste as opções de migração, faça novas cópias do backup das rotinas de medição e coloque as cópias na pasta experimental. Em seguida, abra as novas cópias com essa versão.
- Repita esse fluxo de trabalho até que todas as rotinas de medição funcionem como você deseja.

Relatório de migração

Quando o PC-DMIS se depara com problemas durante a migração, a ferramenta de migração cria um relatório na caixa de diálogo **Relatório de migração**. O relatório de migração tem este aspecto:



Caixa de diálogo Relatório de migração com um relatório de migração.

O PC-DMIS salva automaticamente o relatório de migração no mesmo local que a rotina de medição e com o mesmo nome da rotina de medição, mas com `_migratedReport.txt` adicionado a ele.

A maioria dos relatórios de migração é muito mais simples do que o exemplo na imagem acima. Na imagem acima, o relatório mostra estas duas informações importantes:

- O PC-DMIS mudou FCFLOC1 de uma única posição diamétrica de um slot para duas posições planares separadas do slot - uma para a orientação o comprimento do slot e uma para a orientação da largura do slot. Isso ocorre porque a compatibilidade com a posição diamétrica de slots foi removida a partir do PC-DMIS 2020 R2 SP1.
- O PC-DMIS detectou que múltiplas tolerâncias de perfil de linha sem referências (datums) estavam anteriormente sendo avaliadas de forma simultânea. A compatibilidade com tolerâncias de perfil de linha simultâneas sem datums foi removida no PC-DMIS 2022.1 e nos seguintes Service Packs: 2020 R2 SP11, 2021.1 SP8 e 2021.2 SP3. Para mais detalhes, consulte a seção "Tolerâncias de perfil de linha simultâneas", neste tópico.

Observações importantes

Vetores de superfície de linha construída

Todas as linhas MA e MARE construídas têm um vetor de linha e um vetor de superfície que são importantes para o comando de tolerância geométrica. Quando no modo Comando, você pode ver e editar o vetor de linha na janela Edição, mas as informações do vetor de superfície são acessíveis somente através da seção **Especificar Teór** da caixa de diálogo **Construção de linha** da linha.

The screenshot shows the 'Construct Line' dialog box. On the left, a list of features is displayed, with 'PNT1 1' and 'PNT2 2' selected. The 'ID' field contains 'LÍN5'. The 'Method' is set to 'Best Fit'. The '3D' radio button is selected. The 'Remove outliers' checkbox is unchecked, and the 'Standard deviation multiple' is set to 3. The 'Apply gauss filter' checkbox is unchecked, and the 'Cutoff wavelength' is set to 0. The 'Feature theoreticals' section has 'Specify theos' checked. The 'Start point' is X: 96.436, Y: -100, Z: 6. The 'End point' is X: 96.436, Y: 100, Z: 6. The 'Line vector' is I: 0, J: 1, K: 0. The 'Surface vector' is I: 0.999, J: 0, K: 0.052. Buttons for 'Select All Hits', 'Clear', 'Create', and 'Close' are visible at the bottom.

Se você edita manualmente o vetor de linha, o PC-DMIS ajusta automaticamente o vetor de superfície para que permaneça ortogonal. Em versões mais antigas do PC-DMIS, nem sempre isso acontecia e o vetor de superfície podia ficar incorreto (por ex., quando vetores de linha TEÓR eram corrigidos na janela Edição após aprender os pontos manualmente na máquina ou quando uma rotina de medição era criada sem um modelo do CAD). Como o comando MedidaExata não usava o vetor de superfície de linha, isso não era um problema. Contudo, para o comando de tolerância geométrica, os vetores de superfície corretos são importantes em vários casos. Assim, a partir da

versão 2024.1, o PC-DMIS verifica se há linhas com vetores de linha e superfície não-ortogonais quando abre as rotinas de medição. Se encontra algum erro, o PC-DMIS normaliza automaticamente o vetor de superfície e adiciona uma mensagem de advertência no relatório de migração.

Tolerâncias simultâneas de perfil de uma linha

Se um conjunto de tolerâncias do perfil de uma linha é parte de um comando de avaliação simultânea, e se tais tolerâncias do perfil de uma linha não usam nenhuma referência, então elas são migradas para o perfil de uma superfície. Isso porque não faria sentido (sob a perspectiva de conformidade com padrões) avaliar simultaneamente tolerâncias de perfil de uma linha. O relatório de migração avisa sobre a migração quando isso ocorre. Para mais detalhes, veja "Perfil de uma linha" e "Tolerâncias simultâneas".

Opções para controlar migração

Quando você migra rotinas de medição de versões anteriores do PC-DMIS que contêm comandos de tolerância geométrica, o PC-DMIS tenta selecionar automaticamente o padrão de GD&T apropriado usando as seguintes regras:

- Se o total combinado dos comandos ISO de tolerância geométrica e tamanho for **maior** que o total combinado dos comandos ASME de tolerância geométrica e tamanho, **todos** os comandos migrados de tolerância geométrica e tamanho usarão a ISO 1101 (ver nota).
- Se o total combinado dos comandos ISO de tolerância geométrica e tamanho for **menor** que o total combinado dos comandos ASME de tolerância geométrica e tamanho, **todos** os comandos migrados de tolerância geométrica e tamanho usarão a ASME Y14.5, sujeito a regras adicionais para seleção do ano (ver nota).
- Se o total combinado dos comandos ISO de tolerância geométrica e tamanho for **igual** ao total combinado dos comandos ASME de tolerância geométrica e tamanho, **todos** os comandos migrados de tolerância geométrica e tamanho usarão a entrada GDTStandard na seção Dimensões do Editor de configurações do PC-DMIS. Para mais detalhes, consulte "GDTStandard" na documentação do Editor de configurações do PC-DMIS (ver nota).

Regras adicionais para determinar para qual ano da ASME Y14.5 a rotina deve migrar:

- Se os comandos de tolerância geométrica da ASME incluírem tolerâncias de concentricidade ou de simetria, a rotina de medição migrada usará a norma ASME Y14.5 – 2009.

- Se os comandos de tolerância geométrica da ASME não incluírem nenhuma tolerância de concentricidade ou de simetria, a rotina de medição migrada usará a norma ASME Y14.5 – 2018.



A partir do PC-DMIS versão 2023.2, não é possível ter diferentes padrões GD&T em uma mesma rotina de medição. Assim, o PC-DMIS não permite que você migre uma rotina de medição da versão 2023.2 (ou mais recente) do padrão ISO para ASME, ou vice-versa.

A ASME Y14.5 - 1994 não permite o uso de modificador de translação, modificador de perfil dinâmico, estruturas de referência de datum personalizadas ou um tamanho de limite de material especificado. Ela também utiliza a definição de perfil de dois valores mais antiga (ver ASME Y14.5.1M – 1994).

A ASME Y14.5 - 2009 não permite o uso de modificadores de perfis dinâmicos.

A ASME Y14.5 - 2018 não permite o uso de concentricidade ou simetria.

Em alguns casos, pode ser que você não queira o padrão escolhido pelo PC-DMIS durante a migração. Você não pode controlar qual padrão migrado será aplicado. Para fazer isso, crie um arquivo com o nome `fcfMigrationPreferences.json` e salve-o na pasta `C:\Dados de programas\Hexagon\PC-DMIS2026.1\`. Note que a pasta `C:\Dados de programas\` fica oculta por padrão.

O arquivo `"fcfMigrationPreferences.json"` precisa ser no formato JSON (veja <https://en.wikipedia.org/wiki/JSON>).

Esse é um exemplo de arquivo:



```
"default standard migrates to" (padrão migra para): "ASME
Y14.5"
}
```

"default standard migrates to" é a única chave válida para o arquivo `"fcfMigrationPreferences.json"` file. Quando o arquivo `"fcfMigrationPreferences.json"` não existe (ou existe, mas não é um arquivo JSON válido), o PC-DMIS seleciona as opções de técnicas matemáticas migradas de acordo com as regras descritas acima. Quando o arquivo `"fcfMigrationPreferences.json"` existe, o PC-DMIS determina que ele é um arquivo JSON válido e tem as chaves e os valores válidos para controlar a migração, o PC-DMIS usa as opções de técnicas matemáticas definidas pelo arquivo `"fcfMigrationPreferences.json"`.

Chaves inválidas são permitidas no arquivo "*fcmigrationPreferences.json*", mas são ignoradas. Se o arquivo "*fcmigrationPreferences.json*" existe e o PC-DMIS determina que é um arquivo JSON válido, mas ele não tem a chave ou valor válido, o comportamento dessa chave é o mesmo como se não houvesse um arquivo "*fcmigrationPreferences.json*".

Os valores válidos para a chave "default standard migrates to" no arquivo "*fcmigrationPreferences.json*" são:

- "ASME Y14.5-1994"
- "ASME Y14.5-2009"
- "ASME Y14.5-2018"
- "ISO 1101"

As chaves e os valores válidos no arquivo "*fcmigrationPreferences.json*" precisam estar em inglês.

Usar o comando de tamanho

O comando Tamanho (**Inserir | Dimensão | Tamanho**) facilita computar e reportar tamanhos global e local de acordo com o padrão ISO 14405-1 ou ASME Y14.5. Os padrões ISO 14405-1 e ASME Y14.5 definem tamanhos reais local e global.

Para o ASME Y14.5, os elementos permitidos são cilindros, planos paralelos opostos (também conhecidos como larguras 3D), esferas, círculos (seções transversais de cilindro), larguras 2D (seções transversais de largura 3D). O ASME Y14.5 define o envelope real correspondente não relacionado e o tamanho local.

Para o ISO 14405-1, os elementos permitidos são cilindros, larguras 3D e suas seções transversais. Mais de vinte modificadores são definidos no ISO 14405-1. Você pode combinar esses modificadores em vários modos para criar um operador de especificação para tamanho. Permite-se operadores de especificação separados para os limites de tamanho superior e inferior. Isto significa que existem milhares de diferentes tipos de cálculos de tamanho.

Modos de comando

O comando Tamanho define quatro modos diferentes. Esses modos permitem que você insira, calcule e reporte diferentes tipos de cálculos de tamanho:

1. **ASME Y14.5**

O comando Tamanho neste modo faz o seguinte:

- Ele registra um tamanho nominal, um limite de desvio superior e um limite de desvio inferior.
- Ele calcula o envelope real correspondente não relacionado. O comando também calcula uma longa lista de tamanhos locais.
- Ele reporta o envelope real correspondente. O comando também reporta o pior dos tamanhos locais.

2. ISO 14405-1, Valor nominal com desvio

O comando Tamanho neste modo registra um tamanho nominal, um limite de desvio superior e um limite de desvio inferior.

- Se há um único operador de especificação, o operador aplica ambos os limites.
- Se há dois operadores de especificação, cada operador aplica um limite.
- Se um operador de especificação é um tamanho global, tal tamanho global é computado, e o relatório compara o tamanho global ao limite, ou limites, aplicável.
- Se um operador de especificação é um tamanho local, uma lista longa de tais tamanhos locais é computada, e o pior tamanho local é reportado para cada limite aplicável.

3. ISO 14405-1, Código ISO

O comando Tamanho neste modo registra um tamanho nominal e um código ISO. Essa informação, junto com o ISO 286-1, define os limites de tamanho.

O padrão ISO 286-1 define centenas de códigos de tolerância que se parecem um pouco com "E9" e "H7". Esses códigos de tolerância são todos suportados pelo comando Tamanho. Reportar é muito parecido com o modo ISO nominal com desvios.

4. ISO 14405-1, Intervalo de tamanhos

Você deve usar esse modo com o intervalo de modificadores de tamanho definidos pelo ISO 14405-1 (o texto SR incluído é um oval).

O comando Tamanho neste modo faz o seguinte:

- Ele registra somente um operador de especificação.
- Ele não registra um tamanho nominal, não limites em desvios.

- Ele registra um único valor de tolerância, porque o intervalo do modificador de tamanhos produz operadores de especificação que são similares a tolerâncias de forma. Para ver um exemplo, consulte a Figura 17 no padrão ISO 14405-1. Reportar neste modo é similar a reportar tolerâncias de forma.

Elementos de entrada

O comando Tamanho permite somente um elemento de entrada por vez.

Nos modos ASME Y14.5 e ISO 14405-1, os tipos de elemento de entrada válidos são larguras 1D, larguras 2D, larguras 3D, círculos, cilindros e esferas.

Qualquer elemento de entrada que você use com o comando Tamanho deve conter pontos suficientes para representar bem a superfície atual. Para melhor representar a intenção dos padrões, tais pontos devem ser pontos opostos.

Limites em elementos de entrada para tamanhos de seção

Vários operadores de especificação ISO para tamanho são referenciados como "tamanhos de seção". Por exemplo, "(GG) ACS" e "(LP) ACS (SX)" são tamanhos de seção. Tamanhos de seção são tamanhos locais onde cada seção transversal do cilindro ou da largura 3D tem um tamanho. Depois, o pior tamanho de seção é reportado para cada limite aplicável.

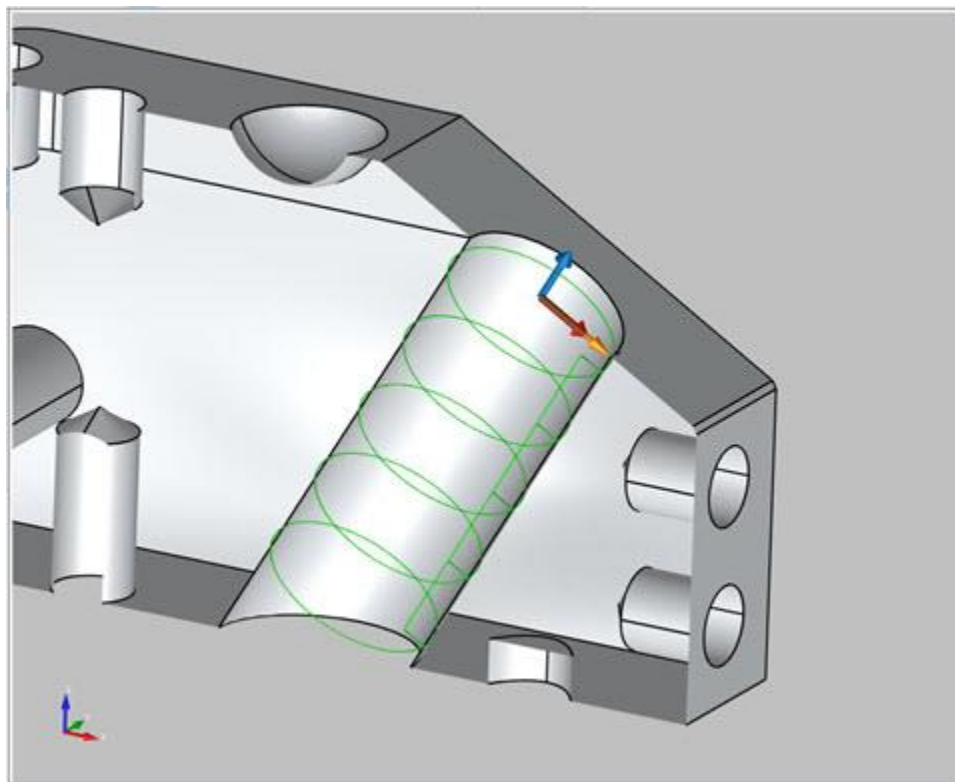
Uma possibilidade para produção de dados em seções é usar elementos de seção transversal 2D como círculos e larguras 2D. Outra possibilidade é usar uma estratégia de medição que produz dados em seções, como "Estratégia de medição padrão do PC-DMIS" ou "Varredura de círculo concêntrico de cilindro adaptável". Para informações sobre estratégias de medição, consulte o tópico "Trabalho com estratégias de medição" na documentação do "PC-DMIS CMM".

Ao avaliar os tamanhos de seção, o comando divide os dados em seções, de acordo com essas regras:

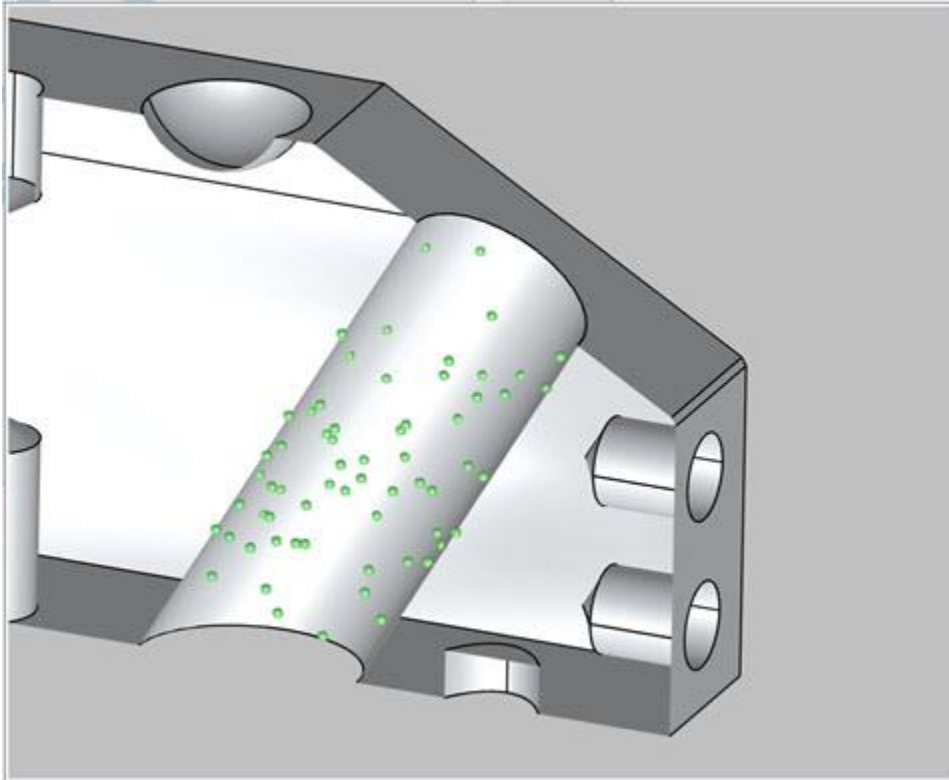
- Para elementos círculo e larguras 2D, o comando usa os dados sem dividi-los, pois o elemento já é uma seção transversal.
- Para cilindros, o comando tenta dividir os dados em seções transversais circulares. Os dados têm que ser organizados em círculos ou o comando falha.
- Para larguras 3D, o comando falha.

Ao dividir dados cilíndricos, o comando primeiro projeta os pontos no eixo do cilindro. Ele então identifica pontos aglomerados ou projetados como pertencentes à mesma seção transversal.

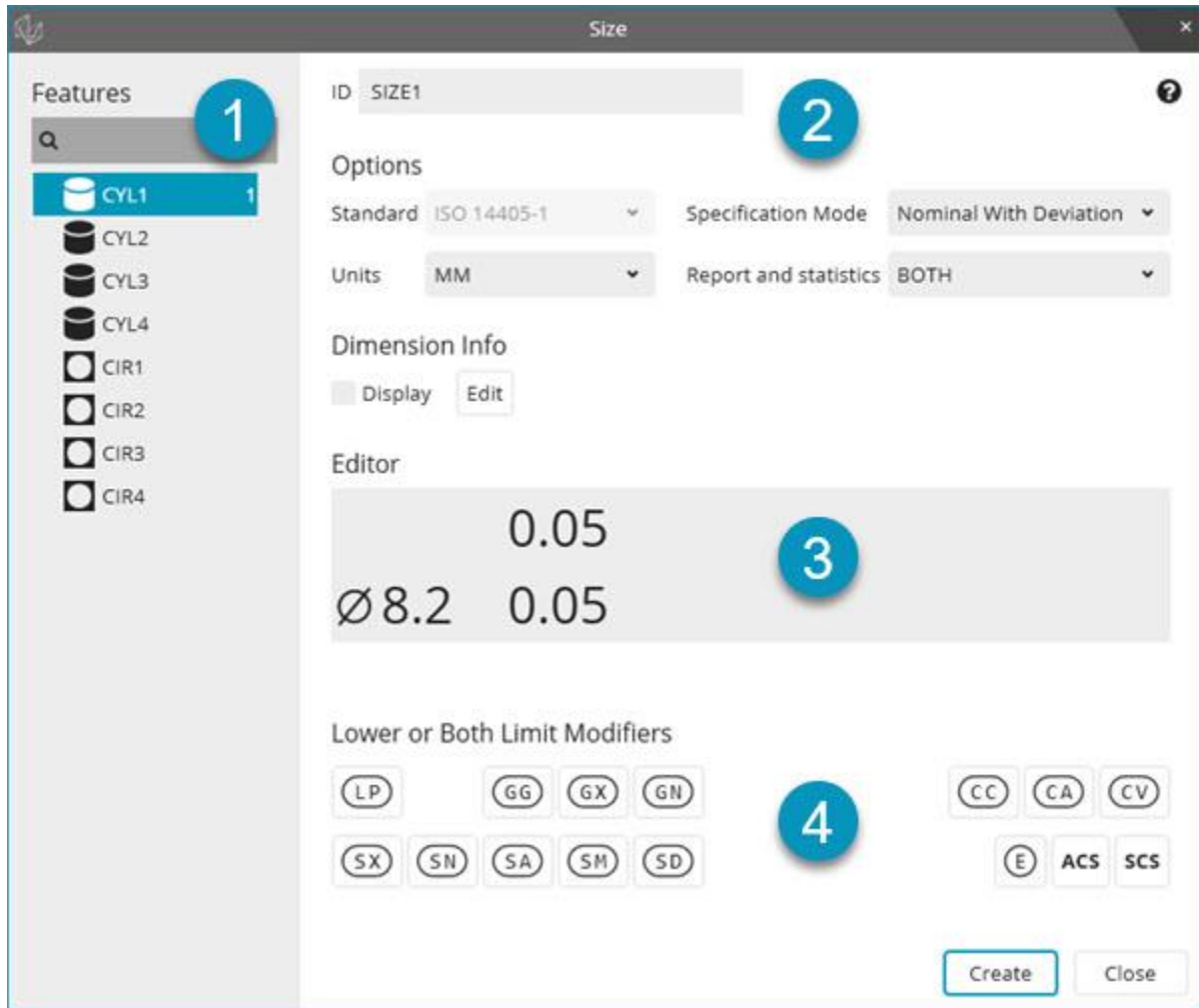
Exemplo de boas entradas



Exemplo de más entradas



Para dimensionar um elemento utilizando a opção TAMANHO:



Os principais componentes da caixa de diálogo Dimensionar tamanho são:

- 1 - Área Lista de elementos
- 2 - Área Opções
- 3 - Área Editor
- 4 - Área Modificador de limites



Para entender como exibir informações dimensionais, consulte o tópico "Exibir informações de dimensionamento", na documentação do PC-DMIS Core.

Para dimensionar um elemento usando a opção TAMANHO, faça o seguinte:

1. Selecione **Inserir | Dimensão | Tamanho** para mostrar a caixa de diálogo **Tamanho**.
2. A lista **Padrão** na área **Opções** mostra o padrão ativo para uso na tolerância. Ele deve corresponder ao padrão usado em sua impressão. O PC-DMIS aceita impressões com base na ASME Y14.5 e ISO 1101.
3. Na área **Opções**, escolha suas opções:
 - a. Na lista **Padrão**, selecione o padrão a ser usado para calcular o tamanho.
 - b. Se você usa o padrão ISO 14405-1, selecione o modo Comando na lista **Modo de especificação**. Para mais informações, consulte "Modos de comando". O requisito de impressão determina qual seleção usar.
 - c. Se você usa o padrão ASME Y14.5, aparece uma lista **Opções de tamanho local** onde está o **Modo de especificação**. Escolha o tipo de tamanho local: **Pontos opostos** ou **Elementos circulares** (padrão).



Você pode encontrar informações sobre as interpretações de Pontos opostos e Elementos circulares para Tamanho local na seção "Tamanho local" do tópico "Avaliação de tamanho com o comando de tolerância geométrica" na documentação do PC-DMIS Core.

- d. Configure as **Unidade** e **Relatório e dados estatísticos** conforme necessário. Para informações sobre essas opções, consulte "Opções da caixa de diálogo Dimensões comuns" no capítulo "Uso de dimensões legadas".
4. Na área **Editor**, siga o procedimento abaixo para definir a tolerância:



A área **Editor** ajusta-se para se adaptar aos requisitos de modo que você escolha nas listas **Padrão** e **Especificação**. Isso significa que quaisquer mudanças existentes feitas na caixa de diálogo são perdidas quando você seleciona um novo modo de especificação.

- a. Selecione a região que você deseja editar e digite o valor.
- b. Para adicionar um operador de especificação superior, clique no valor de tolerância superior. Na área **Modificadores de limite inferior ou**

superior, você pode então clicar nos botões modificadores para adicionar modificadores no operador de especificação superior.

- c. Para adicionar um operador de especificação inferior, clique no valor de tolerância inferior. Na área **Modificadores de limite inferior ou superior**, você pode então clicar nos botões modificadores para adicionar modificadores no operador de especificação inferior. Quando há somente um operador de especificação, coloque os modificadores no operador de especificação inferior.
- d. Para remover um modificador, selecione o botão novamente para apagar o realce.



Exemplo mostrando os modificadores selecionados.

- 5. Clique no botão **Criar** para criar um comando Tamanho na janela Edição.

Leitura do relatório

ISO 14405-1 : Nominal com desvios

Com o modo NOMINAL_COM_DESVIOS, o PC-DMIS compara o tamanho medido do operador de especificação superior contra o limite superior de tamanho. Ele também compara o tamanho medido do operador de especificação inferior contra o limite inferior de tamanho. Portanto, o comando Tamanho gera dois valores medidos para um determinado elemento de tamanho:

SIZE1-CYL1			MM	Ø 25.4 [+0.15 GN] - [-0.15 GX]		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
GN	25.500	25.400	0.150		0.100	0.000
GX	25.300	25.400		0.150	-0.100	0.000

ISO 14405-1 : Códigos de tolerância

Com o modo CÓDIGO_DE_TOLERÂNCIA, o relatório do PC-DMIS imita o modo NOMINAL_COM_DESVIOS, exceto que exibe o código de tolerância no cabeçalho de dimensão:

SIZE2-CYL1			MM	Ø 25.4 JS14 [GN] - [GX]		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
GN	25.500	25.400	0.260		0.100	0.000
GX	25.300	25.400		0.260	-0.100	0.000

ISO 14405-1, Intervalo de tamanhos

Com o modo INTERVALO_DE_TAMANHOS, o PC-DMIS compara o tamanho máximo medido contra o tamanho mínimo medido e reporta a diferença. Esse modo requer um único valor medido. O software compara o valor medido contra uma tolerância superior.

SIZE3-CYL1			MM	Ø 0.25 SR		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
SR	0.200	0.000	0.250		0.200	0.000

ASME Y14.5 - Tamanho local

Com a ASME Y14.5, dois tamanhos característicos são incluídos no relatório, o tamanho local e o envelope de correspondência real não relacionado (UAME).

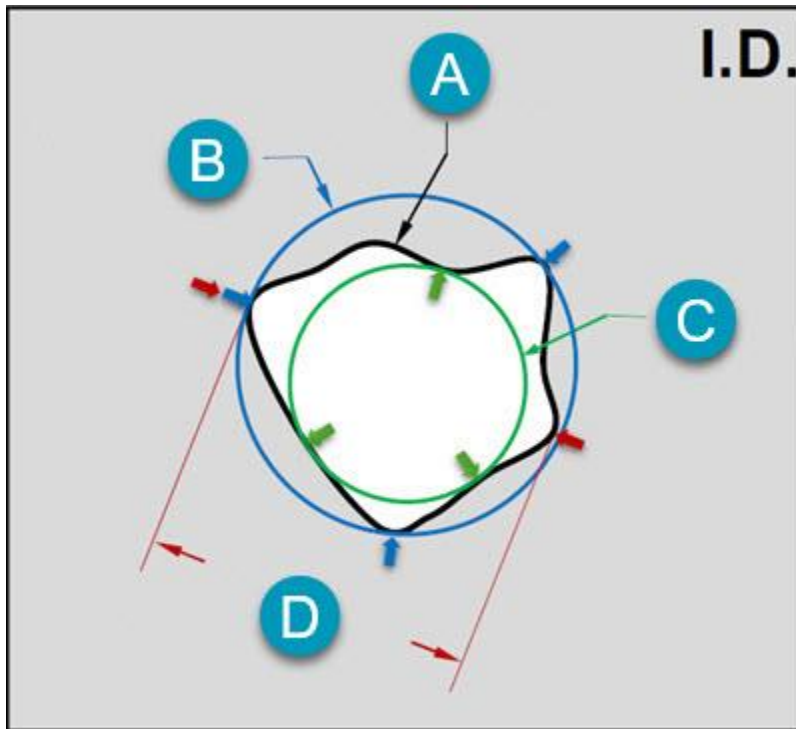
O UAME é o tamanho circunscrito mínimo para elementos externos (por ex., pino) e o tamanho inscrito máximo para elementos internos (por ex., furo).

Tamanho local:

1. **Elementos circulares** (padrão) inclui no relatório o menor elemento circular circunscrito (elemento interno/furo) ou o maior elemento circular inscrito (elemento externo/pino) entre todos os tamanhos locais.
2. **Pontos opostos** inclui no relatório a maior distância entre pontos opostos (elemento interno/furo) e a menor distância entre pontos opostos (elemento externo/pino) entre todos os tamanhos locais.

SIZE4-CYL1			MM	\varnothing 25.4 +0.15/-0.15 OPPOSED POINTS		
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL
UAME	25.300	25.400	0.150	0.150	-0.100	0.000
Local Size	25.500	25.400	0.150	0.150	0.100	0.000

Exemplo de ASME Y14.5 - Tamanho local



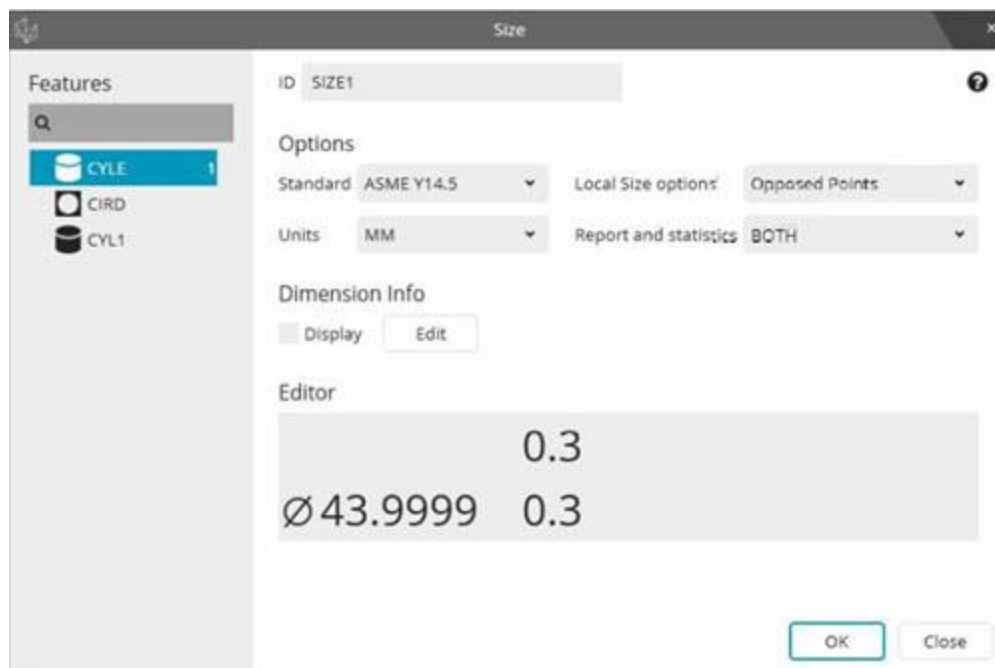
- A. **Forma verdadeira da seção transversal do elemento**
- B. **Tamanho local (elementos circulares) - \varnothing 44,2659**
- C. **UAME - \varnothing 43,8849**
- D. **Tamanho local (pontos opostos) - \varnothing 44,2656**

O símbolo " \varnothing " significa **Diâmetro**.

Para um elemento de diâmetro interno (DI) usando o padrão ASME Y14.5, pode ser visto na imagem acima que:

- O envelope real correspondente não relacionado (UAME) é o maior círculo inscrito possível.
- O tamanho local depende da opção que você seleciona na lista **Opções de tamanho local** da caixa de diálogo de tolerância geométrica de **Tamanho** (veja descrições acima).

Uso de tolerâncias geométricas



Se você seleciona **Pontos opostos** na lista **Opções de tamanho local**, como mostrado na imagem da caixa de diálogo de tolerância geométrica de **Tamanho** acima, o PC-DMIS mostra o resultado como:

SIZE1-CYL1			MM	Ø 43.9999 +0.3/-0.3 OPPOSED POINTS			
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	
UAME	43.8849	43.9999	0.3000	0.3000	-0.1150	0.0000	
Local Size	44.2656	43.9999	0.3000	0.3000	0.2656	0.0000	

Se você seleciona a opção **Elementos circulares**, o PC-DMIS mostra o elemento como:

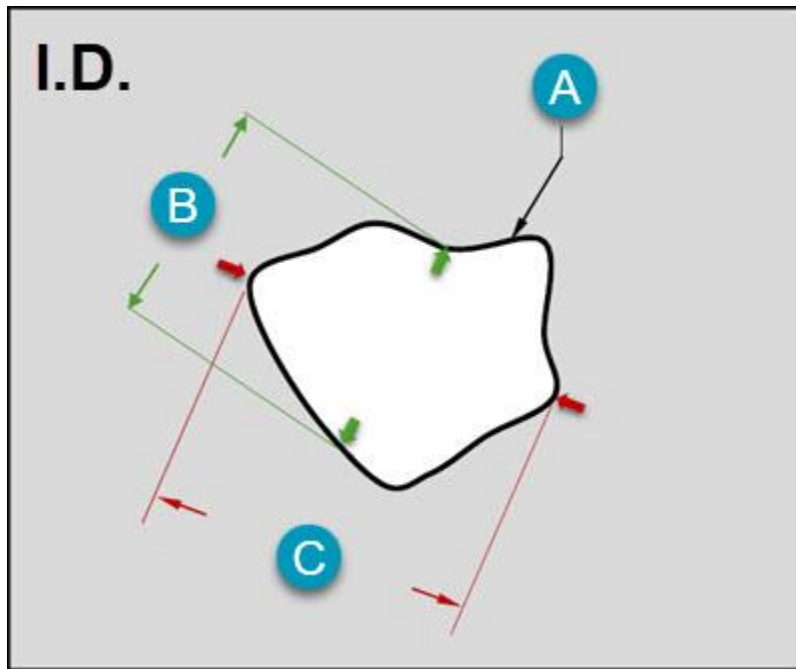
SIZE10-CYL1			MM	Ø 43.9999 +0.3/-0.3 CIRCULAR ELEMENTS			
MODIFIER	MEAS	NOMINAL	+TOL	-TOL	DEV	OUTTOL	
UAME	43.8849	43.9999	0.3000	0.3000	-0.1150	0.0000	
Local Size	44.2659	43.9999	0.3000	0.3000	0.2660	0.0000	



Em todos os casos de detalhes relacionados aos padrões ASME, consulte a fonte original no site The American Society of Mechanical Engineers (ASME).

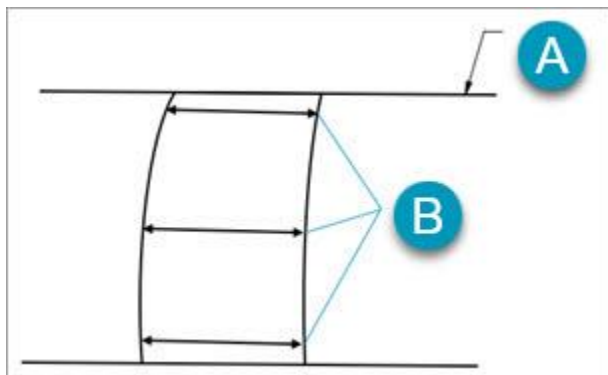
ISO 1101 - Tamanho local

Quando o PC-DMIS reporta Tamanho usando o padrão ISO, ele se baseia somente no Tamanho local. Devido à Regra da independência, ele não se baseia em envelopes correspondentes, relacionado ou não relacionado. Para mais informações sobre a Regra da independência da ISO, veja a ISO 8015: 2011 seção 5.5 “Princípio da independência”.



- A. **Forma verdadeira da seção transversal do elemento**
- B. **Tamanho mínimo local de 2-pontos**
- C. **Tamanho máximo local de 2-pontos**

Por exemplo, quando você mede um elemento Cilindro em vários níveis, o PC-DMIS avalia cada seção transversal individualmente e depois reporta os tamanhos máximo e mínimo de 2-pontos, semelhante a executar uma verificação de calibre.



- A. *Simulador de elemento de referência para elemento de referência A (Plano)*
B. *Tamanho local real (qualquer distância individual em qualquer seção transversal de um elemento de tamanho)*



Em todos os casos de detalhes relacionados aos padrões ISO 1101, consulte a fonte original no site The International Organization for Standardization (ISO).

Modificadores ISO 14405-1 suportados

O comando Tamanho suporta os seguintes modificadores que são definidos no padrão ISO 14405-1:


- (LP) - Tamanho de dois pontos
- (GG) - Critério de associação de mínimos quadrados
- (GX) - Critério de associação de inscrito máximo
- (GN) - Critério de associação de circunscrito mínimo
- (CC) - Diâmetro da circunferência (tamanho calculado)
- (CA) - Diâmetro da área (tamanho calculado)
- (CV) - Diâmetro de volume (tamanho calculado)
- (SX) - Tamanho máximo
- (SN) - Tamanho mínimo
- (SA) - Tamanho médio
- (SM) - Tamanho mediano
- (SD) - Tamanho de meio-intervalo

- (SR) - Intervalo de tamanhos
- (E) - Requisito de envoltório
- ACS - Qualquer seção transversal, ou seções
- SCS - Seção transversal fixa específica, ou seções

Usar modos de seleção GD&T para criar FCFs


O PC-DMIS fornece estas maneiras para inserir legendas (FCFs - quadros de controle de elemento) a partir de tolerâncias de GD&T de outras fontes.



Modo de seleção GD&T (do CAD) () - Isso permite importar textos explicativos de GD&T incorporados ao seu modelo CAD. Nesse modo, você pode selecionar ou clicar em frases explicativas para importá-las. Para obter mais informações sobre esta opção, consulte "Uso do modo de seleção GD&T (do CAD)".

O **Modo de seleção do GD&T (do CAD)** pode ser acessado a partir da barra de ferramentas **Modos gráficos** ou da barra de ferramentas **QuickMeasure**.




Modo de seleção GD&T (do arquivo) () - O PC-DMIS permite importar um desenho e decidir quais tolerâncias de GD&T serão importadas. Esse processo usa o reconhecimento óptico de caracteres (OCR). Para obter informações sobre esta opção, consulte "Uso do modo de seleção GD&T (do arquivo)". Para obter mais informações, consulte "Sobre o OCR (Reconhecimento de caracteres ópticos) para criar FCFs" abaixo.

O **Modo de seleção do GD&T (de arquivo)** pode ser acessado a partir de:

- Barra de ferramentas **Modos gráficos**
- Barra de ferramentas **QuickMeasure**
- Menu **Arquivo | Importar**


Uso do modo de seleção de GD&T (do CAD)



O **Modo de seleção de GD&T (do CAD)** () importa as chamadas de GD&T selecionadas em um modelo do CAD que as contém como definições de referências ou de dimensões de tolerância geométrica geradas dinamicamente.

Para mais informações sobre como fazer isso, consulte o título "Importação de chamadas de GD&T do CAD" dentro do tópico "Trabalho com chamadas de GD&T do CAD" no capítulo "Edição da exibição do CAD".

Uso do modo de seleção de GD&T (de arquivo)

O PC-DMIS pode reconhecer e importar tolerâncias de GD&T em plantas para sua rotina de medição com a opção **Modo de seleção de GD&T (de Arquivo)** ().

O PC-DMIS usa o reconhecimento óptico de caracteres (OCR) para importar as tolerâncias de GD&T. O PC-DMIS pode importar um arquivo .pdf ou um arquivo de imagem.




Você pode encontrar arquivos .pdf de esquemas de amostra que correspondem aos modelos CAD do bloco de demonstração Hexagon, na subpasta **Treinamento** em que você instalou o PC-DMIS.

Quando você importa um arquivo de esquema, o software analisa o conteúdo do arquivo. Ele mostra então a janela **GD&T de captura** e destaca em laranja todas os itens suportados que você pode importar.

Você decide então quais itens suportados importar:

- Um item de cada vez - Para fazer isso, clique em uma tolerância de cor laranja.
- Múltiplos itens - Para fazer isso, use uma caixa de seleção para marcar várias tolerâncias de cor laranja.
- Todos os itens em uma página - Para fazer isso, na barra de ferramentas na

janela **GD&T de captura**, clique em **Processar página inteira** ().


Se você optar por processar vários, ou todos, os itens suportados em uma página, o software abre o widget OCR e percorre cada tolerância de GD&T da seleção.

Esteja ciente de que o reconhecimento OCR não trabalha com todos os itens no arquivo. Para mais informações sobre quais itens são ou não suportados, consulte o tópico "Sobre o OCR (Reconhecimento de caracteres ópticos) para criar FCFs", na documentação do PC-DMIS.

O PC-DMIS também analisa unidades de medição e tolerâncias padrão do bloco de título, destacando-as em azul. Para mais informações sobre o bloco de título, consulte "Sobre o OCR (Reconhecimento de caracteres ópticos) para criar FCFs". Se o PC-DMIS não determina corretamente os valores de tolerância padrão a partir do bloco de título, você pode usar o botão Pausar no widget e corrigir manualmente uma tolerância ou um item criado. Para mais informações sobre como usar o botão Pausar, consulte "Widget OCR".

Procedimento

Esse procedimento explica como importar uma ou mais chamadas.

1. Na barra de ferramentas **Modos gráficos** ou **QuickMeasure**, clique em **Modo de seleção de GD&T (de arquivo)** ().
2. Importe um modelo CAD para a janela Exibição de gráficos que corresponde ao seu esquema.
3. Na caixa de diálogo **Abrir**, navegue para um arquivo de esquema eletrônico. Pode ser um arquivo de imagem ou um arquivo .pdf. A detecção do OCR funciona melhor com uma imagem de no mínimo 300 DPI. Resoluções mais baixas pode produzir resultados menos precisos.
4. Selecione o arquivo e clique em **Abrir** para analisar o arquivo e mostrar todo o conteúdo reconhecido como itens realçados em laranja na janela [GD&T de captura](#).



Observe que, com essa janela aberta, inicialmente a janela Edição não está disponível para seleção. Isso significa que você não pode excluir os elementos que criou a menos que os crie com o widget OCR ou clique no botão Pausar no widget para pausar o processo de importação.

5. Siga um destes procedimentos para importar um ou mais itens para o PC-DMIS e mostrar o widget OCR:
 - Clique em uma única chamada. Ela pode ser uma tolerância de GD&T ou uma distância linear, distância angular ou dimensão de localização.
 - Caixa de seleção de várias chamadas na página.

- Na barra de ferramentas na janela GD&T de captura, clique em

Processar página inteira ()

6. Siga as instruções no Widget OCR.



Durante o procedimento, você precisa selecionar elementos para referências ou elementos de entrada para as tolerâncias geométricas. Você pode criar esses elementos com o QuickFeatures. Você também pode selecionar os elementos existentes na janela Exibição de gráficos, se clicar nos respectivos IDs. O PC-DMIS não suporta clicar na janela Edição para selecionar elementos.

IDs características

Se o arquivo importado tem IDs características e você ativou a caixa de seleção **Usar IDs características** na guia **Geral** da caixa de diálogo **Opções de configuração**, o PC-DMIS atribui automaticamente uma ID no widget OCR correspondente à ID característica. Qualquer elemento definido em seguida com o widget OCR para a próxima chamada para tal ID usa esta sequência de nomeação:

<BalloonID>__1, <BalloonID>__2, etc.



Por exemplo, se você tem uma ID característica de 3 no seu arquivo e precisa criar dois elementos para a tolerância com tal ID, o PC-DMIS dá ao elemento que você cria as IDs de 3__1 e 3__2.

Se uma chamada tem um multiplicador, como uma chamada para um padrão de parafuso-furo, o PC-DMIS atribui as IDs características para o primeiro elemento ou dimensão no padrão. Qualquer outro elemento ou dimensão no padrão segue a sequência de nomeação para o elemento ou dimensão.

Definição de destino de referências


Se o widget OCR solicitar que você defina pontos de destino de referências, siga este procedimento:

1. Pressione Ctrl + Shift e clique no CAD para criar um QuickFeature de ponto vetorial para cada destino.

2. Conforme você define cada destino de referências, o elemento do ponto vetorial aparece na janela Edição.
3. Após você definir todos os destinos para um elemento de referência, aparece "Concluído" para tal elemento de referência. A análise do arquivo pelo OCR pode não determinar todos os destinos necessários. Se isso acontece, você ainda pode criar elementos de ponto vetorial adicionais, mesmo se os destinos para um elemento de referência aparecem como "Concluído".
4. Quando terminar de criar todos os pontos para um destino, clique em **Próximo** para ir para o próximo conjunto de destinos de referência.
5. Continue a definir os destinos de referência até que o texto no widget mostre "Definição de destinos de referência concluída".
6. Nesse ponto, você pode usar o botão **Pausar** () no widget para pausar o processo de importação do GD&T e trabalhar com o PC-DMIS para terminar a definição de referências. Isso pode ser um processo complexo que envolve alinhamentos, elementos construídos ou realizar outras tarefas no PC-DMIS.
7. Use a janela Edição e pressione F9 em cada Definição de referência (Comando DEFREF no modo Comandos) para abrir a caixa de diálogo **Definição de referência**.
8. Vincule os destinos de referência à letra de referência.
9. Após usar o PC-DMIS para definir as referências a partir dos destinos, clique no botão **Retornar** () no widget.





Definição de referências

Se o widget OCR mostra a **Definição de referências**, você precisa usar o QuickFeatures para criar elementos de referência para esses comandos de tolerância geométrica. (Se você já criou um elemento de referência, pode clicar no ID do elemento na janela Exibição de gráficos para selecioná-lo.)

10. Crie ou selecione um elemento de referência ou clique em **Ignorar definição de elemento atual** () se desejar ignorar a definição de elemento único por enquanto.
11. Clique em **Próximo** e selecione elementos de referência adicionais.
12. Continue repetindo as etapas acima até que o widget mostre "Definição de referências concluída".
13. Em seguida, clique em **Aplicar** para definir as informações restantes de GD&T.

Definição de tolerâncias

Se o widget OCR mostrar **GEOTOL1**, você precisará definir as informações restantes de GD&T. Se você tiver ignorado alguma definição de referência no procedimento anterior, o widget solicitará que você a defina agora, durante a definição do GD&T.

14. Depois que as referências são completamente definidos, você precisa criar ou selecionar o elemento ou elementos considerados reais. Use o QuickFeatures para criar o número mínimo de elementos do modelo do CAD para a etapa atual. (Se você já criou um elemento considerado, pode clicar no ID do elemento na janela Exibição de gráficos para selecioná-lo).
15. Se você não deseja importar uma tolerância GD&T, clique em **Ignorar** ). Você pode voltar para um item ignorado com o botão **Voltar** , desde que não esteja em uma página .pdf anterior.
16. Após definir os elementos do modelo do CAD para usar na ação, clique em **Próximo**  no widget. Isso o leva para a próxima etapa da definição do GD&T. O botão **Próximo** é ativado quando você define o número mínimo de elementos.
17. Após definir os elementos e ser informado pelo widget que a definição das tolerâncias foi concluída, clique em **Aplicar** ). Isso aceita suas alterações e passa para a próxima tolerância GD&T na janela GD&T de captura.
18. Continue repetindo as etapas acima até definir todas as tolerâncias GD&T selecionadas.


Definições de dimensões básicas de distância linear, distância angular ou localização


Quando você importa dimensões básicas, tais como distância linear, distância angular ou localização, precisa selecionar ou criar elementos como de costume para cumprir os requisitos de definição de tais dimensões básicas.

Para as dimensões de distância linear ou distância angular, isso pode ser um processo complexo que envolve alinhamentos, elementos construídos ou



realizar outras tarefas no PC-DMIS. Nesses casos, utilize o botão **Pausar** disponível para ajudar você. Estes são os procedimentos para tais casos:

19. Para esses dois tipos de dimensão, selecione os elementos de distância ou ângulo.

20. No widget, clique em **Próximo** () . Isso o leva para a próxima etapa da definição, e o widget exibe a mensagem "Definição de tolerâncias concluída".

21. Nesse ponto, se você precisar fazer algo no PC-DMIS para completar a definição, clique no botão **Pausar** () pequeno no widget OCR. O processo de importação é interrompido temporariamente e você passa a ter controle total sobre o PC-DMIS.

22. Faça o que for necessário no PC-DMIS para completar a definição da chamada.

23. No widget, clique no botão **Retomar** () para retornar ao processo de importação, e depois clique em **Aplicar** () para aceitar a definição. Se as chamadas têm valores de tolerância definidos no plano gráfico, tais valores são também analisados e atribuídos a qualquer dimensão criada na janela Edição.

Melhores práticas

A detecção do OCR funciona melhor com uma imagem de no mínimo 300 DPI. Resoluções mais baixas pode produzir resultados menos precisos.

Após importar as tolerâncias do GD&T desejadas, verifique novamente os comandos de tolerância geométrica que o PC-DMIS gerou.

Tópicos relacionados:

Sobre o OCR (Reconhecimento de caractere óptico) para criar FCFs (legendas)

Janela GD&T de captura

Widget OCR

Sobre o OCR (Reconhecimento de caractere óptico) para criar FCFs (legendas)

Os métodos **Modo de seleção de GD&T (de Arquivo)** e () usam o OCR para identificar as informações de tolerância de GD&T a importar.

Para mais informações, veja o tópico "Uso do modo de seleção de GD&T (de arquivo)".

Resolução

A detecção do OCR funciona melhor com uma imagem de no mínimo 300 DPI. Resoluções mais baixas pode produzir resultados menos precisos.

Tipos de tolerância geométrica suportados


Os métodos de OCR descritos suportam estes tipos de tolerâncias geométricas:

- Os 14 símbolos característicos
- O símbolo de diâmetro
- M, L, P e outros símbolos modificadores limitados por círculos
- Dados dentro das caixas e dados de tamanho acima das caixas
- Tolerâncias de uma linha, múltiplas linhas, não compostas e compostas
- Dimensões de linha, ângulo e localização

O PC-DMIS realça em laranja os itens suportados com os quais você pode trabalhar.



Quando você importa o GD&T através do OCR, o PC-DMIS verifica o texto do bloco de título para ver se um padrão GD&T está declarado.

UNLESS OTHERWISE STATED, ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.		 HEXAGO MANUFACTURING INTELLIGENCE 250 CIRCUIT DRIVE, N. KINGSTOWN	
TOLERANCES ARE: $x = \pm 0.4$ $x.x = \pm 0.25$ $x.xx = \pm 0.1$ ANGLES = $\pm 0.5^\circ$		HEXAGON DEMO BL DTBlock - Large (FOR TRAINING USE ON	
DIMENSIONS & TOLERANCES PER ASME Y14.5-2009			
CREATED BY: DAT	DATE: 30-OCT-2014	SIZE: ANSI A	DWG NO: H009945

Se ele está, o PC-DMIS o compara ao que está definido na rotina de medição. Se os padrões são correspondentes, o PC-DMIS exibe uma mensagem de advertência perguntando se você deseja continuar ou cancelar a importação.



Exemplo de mensagem de advertência mostrando a não correspondência entre os padrões GD&T atual e importado

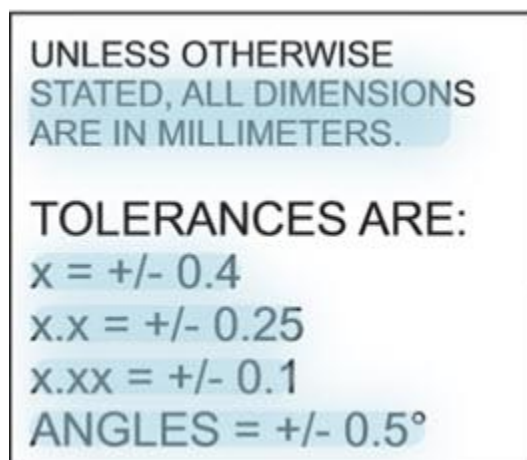
- Se você clica em **OK**, o PC-DMIS aplica os padrões GD&T chamados ao bloco de título e define todos os comandos de tolerância geométrica existentes na rotina de medição como inválidos. Você pode usar os comandos inválidos para recriar novas versões dos comandos baseados no Padrão GD&T atualizado. Você pode então excluir os comandos inválidos após recriar os novos comandos.
- Se você clica em **Cancelar**, o PC-DMIS cancela a importação e nada muda na rotina de medição.

Outros itens suportados

- A detecção de OCR também analisa algumas unidades de medição e tolerâncias padrão do bloco de título. Isso ocorre automaticamente e o PC-DMIS

Uso de tolerâncias geométricas

realça o texto do bloco de título em azul claro para indicar visualmente a análise, desta maneira:



Exemplo de um bloco de título, com texto analisado (destacado em azul).

O PC-DMIS compara as unidades de medição no plano gráfico com as unidades de medição da rotina. Se elas são diferentes, o PC-DMIS converte os valores de tolerância do plano gráfico em unidades usadas pela rotina. Se o plano gráfico não estipula claramente as unidades de medição, o PC-DMIS assume que as tolerâncias correspondem às unidades de medição da rotina. O PC-DMIS aplica as tolerâncias padrão analisadas a qualquer dimensão no desenho que ainda não tenha as tolerâncias definidas.

- A detecção de OCR pode também trabalhar com IDs características. Para isso funcionar, é preciso ativar a caixa de seleção **Usar nomeação de ID característica** da guia **Geral** da caixa de diálogo **Opções de configuração** antes de executar a detecção de OCR. Para mais informações sobre a caixa de seleção, consulte "Usar nomeação de ID característica" no capítulo "Configuração de preferências". Para mais informações sobre a detecção de OCR de IDs características, consulte "Uso do modo de seleção de GD&T (de arquivo)".

Itens não aceitos

Os métodos do OCR acima não são compatíveis com alguns elementos complexos. Eles incluem colchetes, caracteres estendidos, setas de duas pontas, etc.

FAQ

Pergunta: O que acontece se a minha rotina de medição já tem uma referência definida com o mesmo rótulo da referência definida no desenho?

Resposta: Se já existe uma definição de referência com o mesmo nome na sua rotina de medição, o PC-DMIS não pede que você crie um novo elemento de referência com o mesmo nome. Em vez disso, o PC-DMIS usa o elemento de referência existente na sua rotina de medição.

Pergunta: Preciso usar o OCR para reconhecer uma referência totalmente sozinha?

Resposta: Não. Como as referências são sempre definidas por uma tolerância de GD&T, o OCR não as reconhece como notificações de GD&T separadas. Você só precisa definir as tolerâncias de GD&T, e o PC-DMIS solicita que você selecione os elementos de referências necessários.

Pergunta: O que acontece se há um texto de tamanho logo acima da tolerância de GD&T?

Resposta: O PC-DMIS analisa essa linha adicional e atribui o dado para criar a tolerância geométrica.

Pergunta: O que acontece com tolerâncias de GD&T para linhas múltiplas não compostas?

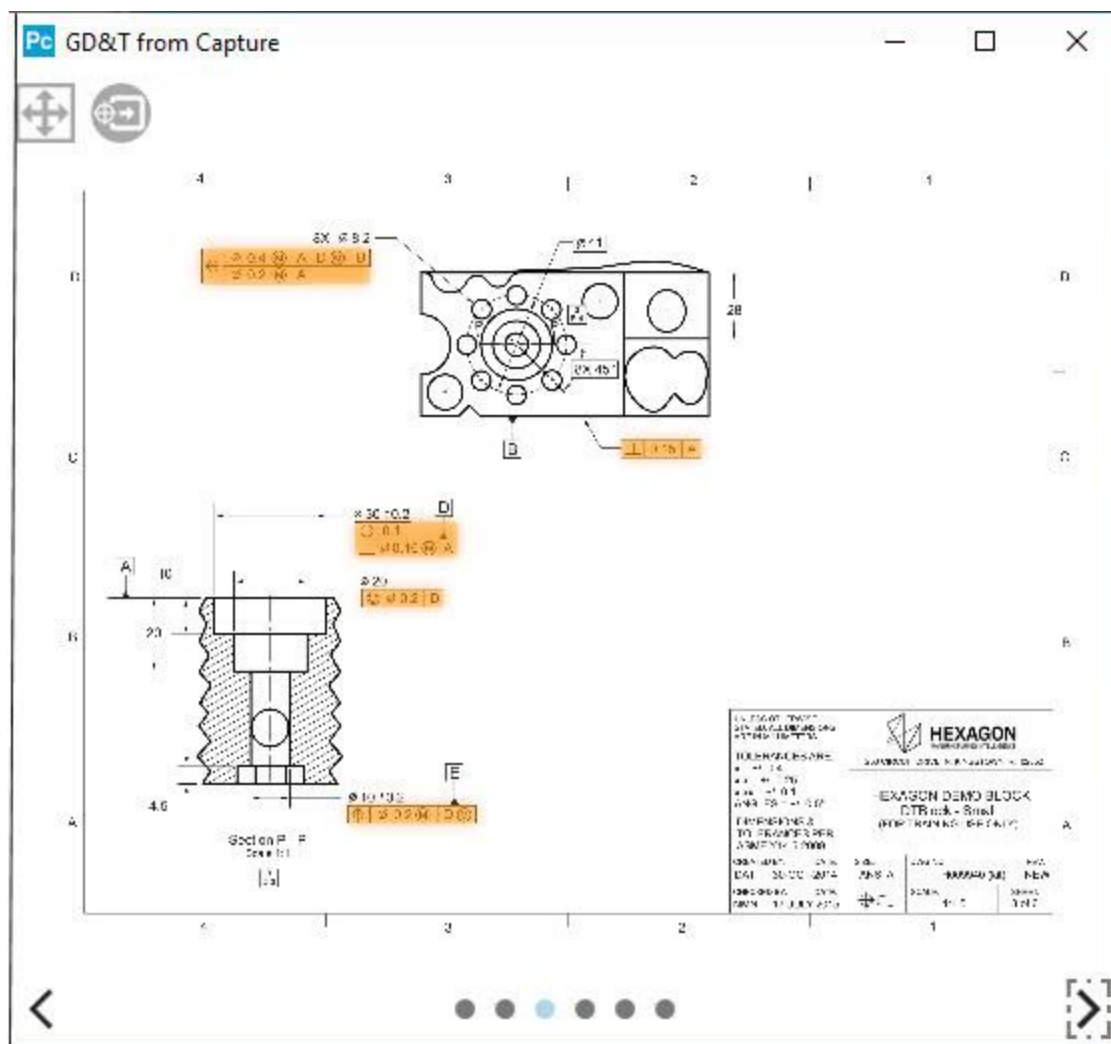
Resposta: O PC-DMIS as importa como dois comandos de tolerância geométrica separados.

Janela GD&T da captura

Quando você importa uma imagem ou arquivo .pdf que contém informações de

tolerância de GD&T usando a opção **Modo Seleção de GD&T (de arquivo)** () , o PC-DMIS usa Reconhecimento de caractere óptico (OCR) para processar o arquivo

O PC-DMIS exibe então a janela **GD&T da captura** e as tolerâncias detectadas.




Janela GD&T da captura com tolerâncias de GD&T detectadas em laranja.


Essa janela é dimensionável e móvel. Você pode clicar duas vezes na barra de título para maximizar a janela ou restaurá-la ao seu tamanho anterior. A imagem em cada página do arquivo ajusta-se para caber na janela.

Elementos de tela



 **Ajustar à página** - Esse elemento dimensiona o conteúdo da página atual para caber nas dimensões da janela.



 **Processar a página inteira** - Esse elemento processa todas as tolerâncias de GD&T realçadas em laranja em todas as páginas.

Realce em laranja - Uma tolerância de GD&T com essa cor mostra que ela foi identificada pelo OCR e pode ser importada na rotina.

Realce em amarelo - Uma tolerância de GD&T com essa cor mostra que essa é a tolerância ativa e que o Widget OCR está esperando uma ação sua para continuar. O software cria uma chamada de GD&T temporária na janela Exibição de gráficos, e o Widget OCR fornece breves instruções sobre como proceder.

Realce em verde - Uma tolerância de GD&T com essa cor mostra que a tolerância foi processada e que existe um comando de tolerância geométrica ou similar para ela na rotina.

● ● ● ● ● ● - Os pontos cinzas na parte inferior da janela mostram o total de páginas. O ponto azul mostra qual página é a atual.



- Os botões de seta na parte inferior da página permitem que você passe de uma página a outra.

Uso de panorâmica e zoom

Do mesmo modo que na janela Exibição de gráficos, você pode usar o botão de rolagem do mouse para ampliar e reduzir o desenho. Você pode clicar com o botão direito e arrastar o mouse para aplicar panorâmica no desenho.

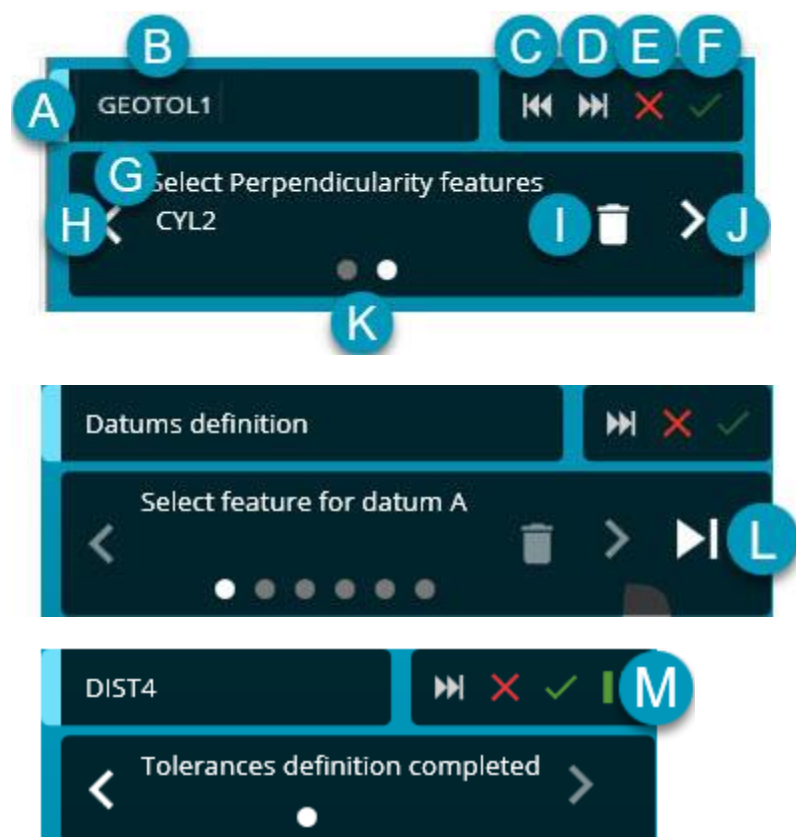
Widget OCR

O PC-DMIS usa esse widget para importar tolerâncias de GD&T de um desenho com OCR (Reconhecimento de caractere óptico). O widget aparece se você seleciona



Modo de seleção de GD&T (de arquivo) () e depois escolhe uma ou mais tolerâncias de GD&T para importar a partir da janela GD&T da captura.

Geralmente há várias etapas de instruções no widget OCR para cada definição de tolerância de GD&T. Por exemplo, com frequência você precisa selecionar um elemento (ou elementos) de referência a partir de um modelo do CAD, e posteriormente selecionar o elemento (ou elementos) considerados. Essas instruções e as seleções ocorrem em diversas etapas.

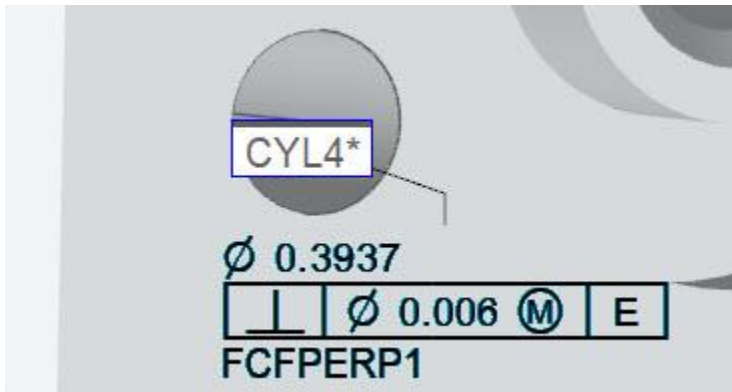


Exemplo de widget de OCR para a tolerância de GD&T realçada.


- A. Esse identificador permite que você arraste e reposicione o widget.
- B. **Elemento** - Essa caixa define o nome da tolerância de GD&T ou a etapa.
- C. **Voltar** - Esse botão aparece somente se há múltiplas tolerâncias de GD&T em uma página de .pdf, ou uma captura de múltiplas tolerâncias, e você pulou uma ou mais delas com o botão **Ignorar**. Se você clica em **Voltar**, o software retorna às tolerâncias ignoradas e as realça na janela [Visualizar seleção](#).
- D. **Ignorar** - Esse botão aparece com a importação de um .pdf ou captura de mais uma tolerância de GD&T. Por padrão, para cada tolerância, você tem que definir as referências primeiro (ou os destinos de referência). Em tal caso, esse botão pula a definição atual de referência (ou definição do destino das referências). Quando você passa para a definição do resto das tolerâncias de GD&T, esse botão pula a tolerância de GD&T realçada. Ele realça então a próxima tolerância de GD&T disponível na página em .pdf ou captura. Na importação do arquivo, se há somente uma tolerância de GD&T na página, o software pergunta se você deseja prosseguir para a próxima página. Se não há mais páginas de .pdf com tolerâncias de GD&T, o software pergunta se você deseja sair do processo de importação do GD&T. Para um arquivo importado, se você precisa voltar para

um item ignorado em uma página anterior, é necessário iniciar a importação do arquivo novamente.

- E. **Cancelar** - Esse botão cancela o processo do OCR e fecha o widget OCR e a janela **Visualizar seleção**.
- F. **Aplicar** - Esse botão aceita os destinos de referência ou elementos selecionados para a tolerância de GD&T e passa para a próxima peça de importação ou próxima tolerância.
- G. Esse campo mostra as instruções para a etapa atual. É necessário usar QuickFeatures para selecionar o elemento indicado na janela Exibição de gráficos.
- H. **Anterior** - Esse botão volta uma etapa para trás.
- I. **Remover** - Esse botão remove o elemento selecionado na etapa atual.
- J. **Próximo** - Esse botão aceita a seleção para a etapa e passa para a próxima etapa na definição. O software ativa esse botão quando você define o número mínimo de elementos. A chamada temporária na janela Exibição de gráficos é atualizada conforme você progride na definição:



Exemplo de uma chamada temporária.


- K. Esses pontos mostram o número de etapas para definir um ou mais referências ou uma tolerância de GD&T. O ponto branco indica a etapa atual.
- L. **Pular definição de elemento atual** - Isso pula a definição de referência atual.
- M. **Pausar / Retomar** - O botão **Pausar** () aparece somente se você está processando estes tipos de chamadas:
 - Destinos de referência
 - Dimensões de distância linear
 - Dimensões de distância angular

Definir esses itens pode ser um processo complexo. Pode ser necessário trabalhar com alinhamentos, elementos construídos ou realizar outras tarefas no

PC-DMIS. O botão **Pausar** é útil porque ele pausa o processo de importação de modo que você tenha praticamente acesso total ao PC-DMIS e possa finalizar a definição da chamada.

Para destinos de referência, o software ativa esse botão após você definir todos os diferentes pontos de destino de referência e o widget mostra "Definição dos destinos de referência concluída".

Para dimensões de distância, ele aparece após você definir os dois elementos, e o widget mostra "Definição de tolerâncias concluída".

Após você completar as definições de chamada, clique em **Retomar** () para continuar o processo de importação.

Resolução de problemas de mensagens de erro e avisos

O PC-DMIS ajuda você a criar corretamente seu comando de tolerância geométrica, fornecendo muitas mensagens de erro e avisos. Essas mensagens podem ajudá-lo a entender problemas com sua rotina de medição. Este tópico fornece detalhes adicionais sobre muitas dessas mensagens.

Mensagem	Descrição	Solução
Advertência: As referências primárias em 2D não restringem a orientação, portanto, a vista dos elementos de referência será usada como uma referência primária implícita.	<p>Essa é uma mensagem de advertência, não um erro.</p> <p>Círculos, linhas e larguras em 2D são elementos em 2D e não conseguem restringir a orientação suficientemente. Eles não são recomendados como referências primárias.</p> <p>Quando você usa um elemento em 2D como uma referência primária, o PC-DMIS coloca-se ao nível da</p>	Você pode continuar a usar tolerâncias geométricas normalmente quando essa mensagem de advertência aparece. Contudo, recomendamos o uso de uma referência primária em 3D, como um plano, cilindro, largura em 3D ou esfera.


	<p>vista da referência primária. Em outras palavras, a vista se torna uma referência primária implícita e a referência primária especificada se torna uma referência secundária.</p> <p>Para mais informações, consulte "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".</p>	
<p>Advertência: Esse tipo de ponto construído não tem informações de superfície. Portanto, ele é tratado do mesmo modo que o centro de uma esfera. Preste atenção para garantir que os resultados representem a especificação.</p>	<p>Essa é uma mensagem de advertência, não um erro.</p> <p>Esse aviso fica visível durante estas condições:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quando o ponto construído é tratado como um ponto em 3D sem superfície. • Quando ponto é usado como uma referência ou como um elemento considerado. <p>Como discutido em "Estruturação da rotina de medição para tolerâncias geométricas", na maioria dos casos, não recomendamos o uso de pontos em 3D sem superfície, pois você está assumindo as fases 2 e 3 do</p>	<p>Você pode continuar a usar tolerâncias geométricas normalmente quando essa mensagem de advertência aparece. Contudo, na maioria dos casos recomendamos o uso de um elemento que preserve as informações da superfície. Dessa maneira, o comando de tolerância geométrica pode garantir conformidade ao padrão aplicável.</p>

	<p>processo de avaliação conceitual.</p> <p>Se fizer isso, será sua responsabilidade construir o elemento de acordo com os padrões apropriados. DEvido ao ponto ser tratado com um centro de esfera, é fácil obter um comportamento não desejado.</p> <p><i>(Mais informações)</i></p> <p>Para mais informações sobre referências com pontos em 3D sem superfície, consulte "Como o PC-DMIS soluciona referências".</p> <p>Para mais informações, sobre elementos considerados com pontos em 3D sem superfície, veja "Derivação de elementos tolerados".</p> <p>Para mais informações sobre o processo de avaliação conceitual, consulte "Introdução às tolerâncias geométricas e aos quadros de controle de elementos".</p>	
--	--	--

<p>Advertência: tolerâncias simultâneas de perfis de uma linha são tratadas da mesma maneira que para perfis de uma superfície.</p>	<p>Essa é uma mensagem de advertência, não um erro.</p> <p>As tolerâncias de um perfil de uma linha têm um significado diferente das tolerâncias de um perfil de uma superfície, e a rigor não faz sentido considerar simultaneamente tolerâncias de perfil de uma linha. Para mais informações, consulte "Perfil de uma linha".</p> <p>Contudo, o PC-DMIS permite que tolerâncias de perfil de uma linha sejam incluídas em tolerâncias simultâneas. Ele faz isso tratando-as como se fossem tolerâncias de perfil de uma superfície.</p>	<p>Você pode continuar a usar tolerâncias geométricas normalmente quando essa mensagem de advertência aparece. Contudo, na maioria dos casos, recomendamos o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quando seções transversais forem consideradas individualmente, use especificações de perfil de uma linha. • Quando várias tolerâncias de perfil precisarem ser consideradas simultaneamente, use o perfil de uma superfície.
<p>Advertência: O modificador [DF] não existe na ISO 5459:2011. O modificador [DF] (distância fixa) adiciona uma restrição de localização à referência. Nenhum modificador [DF] remove a restrição de localização.</p>	<p>Essa é uma mensagem de advertência, não um erro.</p> <p>O modificador [DF] não é padronizado, como descrito em "Modificadores para referências". Contudo, como isso é funcionalmente necessário em certos tipos de quadro de referência, o PC-DMIS permite o uso de um modificador não padronizado. Para mais</p>	<p>Você pode continuar a usar tolerâncias geométricas normalmente quando essa mensagem de advertência aparece. Contudo, na maioria dos casos, recomendamos o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contate o órgão governamental que representa os padrões ISO TC/213 no seu país e informe-os que você precisa que o


	<p>detalhes sobre como o modificador [DF] se comporta, veja "Modificadores de referências".</p>	<p>modificador [DF] seja padronizado na ISO 5459.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certifique-se de que a funcionalidade obtida com o modificador [DF] cumpre as suas necessidades funcionais.
<p>As especificações da posição composta exigem mais de um elemento.</p>	<p>As especificações de posição composta têm o propósito de controlar a localização de um padrão em relação a si própria. Não faz sentido especificar a posição composta de um único elemento.</p>	<p>Sugerimos que você faça um dos seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certifique-se de que a especificação da sua posição composta inclui pelo menos dois elementos. • Mude a especificação da posição composta para ser duas especificações de posição separadas. • Substitua o segmento mais baixo da especificação da posição composta por uma especificação de orientação, pois os segmentos mais baixos das especificações da posição composta não têm restrições de localização com

		relação ao quadro de referência.
As tolerâncias simultâneas de perfis de uma linha que não tenham nenhuma referências não são suportadas.	Como descrito em "Perfil de uma linha", a rigor não faz sentido incluir tolerâncias de perfil de uma linha em comandos de tolerância simultânea. Se não há referências, faz ainda menos sentido, pois não há referências ou planos de trabalho para você selecionar de modo a controlar a orientação das seções transversais. Portanto, não são aceitas as especificações de perfil de uma linha que não tenham nenhuma referência dentro de comandos de tolerância simultânea.	<p>Sugerimos que você faça um dos seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mude a sua especificação de perfil de uma linha para ser de perfil de uma superfície. • Certifique-se de que as suas especificações de perfil de uma linha não são consideradas simultaneamente.
O elemento de referência <nome do elemento> é 2D. Ele precisa de uma referência de maior precedência para restringir seu plano de trabalho.	<p>Caso 1: conforme discutido em "Como o PC-DMIS resolve e usa referências", alguns tipos de elementos são 2D e seu plano de trabalho precisa ser restrito a referências de precedência mais alta.</p> <p>Caso 2: por vezes, esse erro ocorre porque uma linha 3D BFRE construída foi usada como de referência</p>	<p>Para o Caso 1, as duas soluções mais comuns para esse problema são:</p> <p>(1) medir o elemento de dados como uma característica 3D e (2) usar um ou mais dados de precedência mais alta para restringir o plano de trabalho do elemento de referência.</p>

	<p>secundária. É comum que o vetor de linha TEÓR de tais linhas seja não paralelo ao plano de referência primária. Isso significa que o plano de trabalho nominal da linha não é paralelo ao plano de referência primária e, portanto, o plano de referência primária não restringe o plano de trabalho da linha de referência secundária.</p>	<p>Para o Caso 2, altere a linha 3D BFRE construída para ser uma linha 2D BFRE construída, para que o plano de trabalho nominal da linha seja paralelo ao plano de referência primária.</p> <div data-bbox="997 615 1427 1633">  <p>Para construções de Melhor ajuste (BF) ou Melhor ajuste recompensado (BFRE), embora você possa usar qualquer tipo de elemento para os elementos de entrada, os tipos de ajuste BF e BFRE são tipicamente usados com elementos de ponto ou conjuntos de ponto (uma varredura de pontos, um conjunto de elementos com pontos ou uma expressão que se torna uma matriz de pontos).</p> <p>Para mais detalhes sobre os métodos Melhor ajuste e Melhor ajuste recompensado "para construir elementos, consulte o tópico Construções de Melhor ajuste (MA) e Melhor ajuste recompensado (MARE)" na documentação do PC-DMIS Core.</p> </div>
<p>O elemento <nome do elemento> possui muito poucos</p>	<p>Este erro indica que o elemento considerado não possui pontos suficientes</p>	<p>Aumente o número de pontos medidos.</p>

<p>pontos para se ajustar exclusivamente.</p>	<p>para uma forma ajustada exclusiva. Por exemplo, o PC-DMIS não pode ajustar exclusivamente em um cilindro com apenas quatro pontos de superfície.</p> <p>Os elementos com menos do que o número mínimo absoluto de pontos produzem esse erro.</p> <p><i>(Mais informações)</i></p> <p>Geralmente, recomendamos que você avalie os elementos o mais densamente possível. No entanto, o número mínimo absoluto de pontos para cada tipo de elemento está listado aqui:</p> <ul style="list-style-type: none">• Plano: 3 pontos• Linha de superfície: 2 pontos• Círculo de superfície: 3 pontos• Cilindro: 5 pontos• Cone: 6 pontos• Esfera: 4 pontos• Largura 3D: 4 pontos• Largura em 2D: 3 pontos	
---	--	--

	Os elementos com o número mínimo absoluto de pontos têm todos os desvios iguais a zero (com algumas exceções muito raras e complexas para serem documentadas aqui). Portanto, esses elementos têm zero erros de forma medidos.	
A referência <referência> tem muito poucos pontos para se ajustar exclusivamente.	<p>A maneira mais comum de obter esse erro é quando os pontos de superfície do elemento não são colocados de maneira a restringir graus de liberdade.</p> <p><i>(Mais informações)</i></p>	<p>Meça o elemento de referência como um elemento 3D completo (plano, cilindro, cone, esfera, largura 3D, etc.) em vez de como um elemento 2D ou 1D (linha de superfície, círculo de superfície, largura 2D, ponto de superfície, largura 1D).</p> <p>Se isso não for possível, verifique se o elemento de referência e seus pontos de superfície realmente restringem os graus de liberdade necessários.</p>

	 <p>Suponha que um quadro de referência tem um plano de referência primário, com o Z-positivo normal da superfície. A referência secundária é um cilindro com o vetor de eixo Z-positivo e a referência terciária é um ponto de superfície. A orientação do ponto da superfície terciário determina se esse erro ocorre ou não. Se a superfície normal do ponto for paralela ao vetor entre o cilindro e o ponto de superfície, você receberá esse erro porque o ponto não restringirá a rotação em torno do cilindro. No entanto, se a superfície normal do ponto for qualquer outra direção, você não receberá esse erro.</p> <p>Você também pode obter esse erro se o elemento de referência tiver menos do que o número mínimo absoluto de pontos, mas essa não é uma maneira comum de obter esse erro.</p>	
<p>Elementos de forma livre precisam de pontos em mais lugares para conseguir um ajuste exclusivo.</p>	<p>Você recebe esse erro quando o comando de tolerância geométrica não pode determinar os graus de liberdade que são otimizáveis para os elementos considerados de</p>	<p>Você pode corrigir o erro das seguintes maneiras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faça uma amostra maior da superfície. Por exemplo, se você mediu apenas em uma seção transversal,

	<p>forma livre, sujeitos ao quadro de referência.</p> <p>Para conhecer os tipos de comando de elemento considerados de forma livre, consulte o tópico "Tipos de elementos com e sem dados de superfície" na documentação do PC-DMIS Core.</p> <p>Uma das maneiras de ocorrer esse erro é quando você não mede o suficiente da superfície inteira para ajudar o comando de tolerância geométrica a entender a superfície. Talvez você tenha medido somente um único ponto na superfície, ou somente uma seção transversal.</p> <p>Outro modo desse erro ocorrer é quando os vetores nominais dos pontos medidos não estão teoricamente corretos. Por exemplo, se você mede um plano, mas os vetores nominais não são exatamente planares. Nesse caso, o comando de tolerância geométrica determina que a superfície</p>	<p>meça em mais de uma seção transversal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certifique-se de que todos os vetores nominais dos pontos medidos estão exatamente corretos. • Se a superfície nominal é quase simétrica, de modo que os graus de liberdade não sejam claros, restrinja os graus de liberdade incertos usando referências adicionais no quadro de referência. • Se você não tiver nenhuma referência definida, verifique se o plano de trabalho escolhido (na guia Relatórios da caixa de diálogo Tolerância geométrica) corresponde ao plano de trabalho dos elementos em 2D considerados.
--	--	---

	<p>não é exatamente planar, mas não é capaz de determinar se a superfície é cilíndrica, esférica, cônica ou complexa.</p> <p>Uma terceira maneira desse erro ocorrer é quando a superfície nominal é quase simétrica, mas não totalmente. Por exemplos, talvez ela seja quase planar, ou quase cilíndrica. Nesses casos, o comando de tolerância geométrica não consegue determinar os melhores graus de liberdade.</p> <p>Por fim, esse erro pode também ocorrer para o perfil de uma linha sem referência quando você seleciona um plano de trabalho incorreto.</p>	
<p>Elementos de forma livre precisam de pontos em mais lugares para conseguir um ajuste exclusivo.</p>	<p>Você recebe esse erro quando o comando de tolerância geométrica não pode determinar os graus de liberdade que são otimizáveis para os elementos considerados de forma livre, sujeitos ao quadro de referência.</p> <p>Para conhecer os tipos de comando de elemento</p>	<p>Você pode corrigir o erro das seguintes maneiras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faça uma amostra maior da superfície. Por exemplo, se você mediu apenas em uma seção transversal, meça em mais de uma seção transversal. • Certifique-se de que todos os vetores

	<p>considerados de forma livre, consulte o tópico "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".</p> <p>Uma das maneiras de ocorrer esse erro é quando você não mede o suficiente da superfície inteira para ajudar o comando de tolerância geométrica a entender a superfície. Talvez você tenha medido somente um único ponto na superfície, ou somente uma seção transversal.</p> <p>Outro modo desse erro ocorrer é quando os vetores nominais dos pontos medidos não estão teoricamente corretos. Por exemplo, se você mede um plano, mais os vetores nominais não são exatamente planares. Nessa caso, o comando de tolerância geométrica percebe que a superfície não é exatamente planar, mas não é capaz de definir se ela é cilíndrica, esférica, cônica ou complexa.</p> <p>Uma terceira maneira desse erro ocorrer é quando a</p>	<p>nominais dos pontos medidos estão exatamente corretos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Se a superfície nominal é quase simétrica, de modo que os graus de liberdade não sejam claros, restrinja os graus de liberdade incertos usando referências adicionais no quadro de referência.
--	--	--

	superfície nominal é quase simétrica, mas não totalmente. Por exemplos, talvez ela seja quase planar, ou quase cilíndrica. Nesses casos, o comando de tolerância geométrica não consegue determinar os melhores graus de liberdade.	
O perfil de tolerâncias de uma linha precisa ter seu plano de trabalho definido pelo quadro de referência.	O perfil de uma tolerância de linha possui elementos considerados em 2D. Seu plano de trabalho precisa ser restringido pelo quadro de referência.	<p><i>Se você tiver uma ou mais referências referenciadas, verifique se o quadro de referência restringe o plano de trabalho dos elementos considerados em 2D.</i></p> <p><i>Se você não tiver nenhuma referência referenciada, verifique se o plano de trabalho escolhido (na guia Relatórios na caixa de diálogo) corresponde ao plano de trabalho dos elementos considerados 2D.</i></p>
Essa tolerância requer que os dados sejam medidos nas seções transversais circulares.	Algumas tolerâncias, como a circularidade de um cilindro ou a interpretação de tamanho local CIRCULAR_ELEMENTS, precisam que seus dados sejam medidos em seções transversais circulares.	<p>Meça novamente o elemento considerado para que os dados sejam organizados em círculos.</p> <p>Você pode achar útil uma estratégia de medição, mas não precisa usá-la.</p>
Essa tolerância de tamanho de local	Ao registrar a posição, a orientação e o batimento de	Desative o tamanho do local (se não for exigido) ou meça

requer que os dados sejam medidos nas seções transversais circulares. Para corrigir isso, meça o elemento usando as seções transversais circulares ou desative o tamanho do local na guia Relatórios.	algumas tolerâncias de tamanho de local (como ELEMENTOS_CIRCULARES da ASME), você precisa fazer as medições em seções transversais circulares.	novamente o elemento considerado para que os dados sejam arranjados em seções transversais circulares.
A tolerância precisa de pelo menos uma referência.	Várias tolerâncias, como a perpendicularidade, exigem pelo menos uma referência.	Adicione uma referência primária à tolerância.
Uma referência de múltiplos elementos não pode misturar elementos com dados de superfície e elementos sem dados de superfície.	<p>As referências de múltiplos elementos incluem padrões de referência e referências comuns. Todos devem ter dados de superfície ou nenhum deve ter dados de superfície.</p> <p>Para obter informações sobre os tipos de comando de elemento que possuem e não possuem dados de superfície, consulte "Tipos de elementos com e sem dados de superfície".</p>	Escolha dados que possuem referências de superfície ou escolha referências que não possuem dados de superfície.
A orientação dos elementos tem que ser compatível com	As zonas de tolerâncias polares incluem zonas de tolerância de arco radial e zonas de tolerância	Verifique se todos os elementos considerados estão nominalmente paralelos ao eixo polar ou

suas zonas de tolerância polar.	perpendicular a radial. Os elementos considerados devem ser nominalmente paralelos ao eixo polar definido pelo quadro de referência.	pare de usar as zonas de tolerância polar.
Elementos com zonas de tolerância polar não podem ser centrados na origem polar.	As zonas de tolerâncias polares incluem zonas de tolerância de arco radial e zonas de tolerância perpendicular a radial.	Os elementos considerados não devem ser coaxiais com o eixo polar. Se você tem um elemento considerado que é coaxial com o eixo de referência, normalmente você precisa usar uma zona de tolerância diamétrica em vez de uma zona de tolerância polar.
O quadro de referência tem que definir claramente uma origem polar.	As zonas de tolerâncias polares incluem zonas de tolerância de arco radial e zonas de tolerância perpendicular a radial. Eles só fazem sentido quando o quadro de referência define um eixo polar claro.	Verifique se o quadro de referência define um eixo polar claro.
Referências de elementos múltiplos em RMB têm que ter dados de superfície.	As referências de múltiplos elementos incluem padrões de referência e referências comuns. Se a referência de múltiplos elementos não possuir um modificador de material, os elementos de referência deverão ter dados de superfície.	Meça novamente os elementos de referência para que eles tenham dados de superfície.

Para tolerâncias perpendiculares, os elementos nominais considerados têm que ser perpendiculares à referência nominal primária.	A causa mais comum desse erro são valores THEO incorretos nos elementos considerados e/ou de referência.	Certifique-se de que os elementos considerados sejam nominalmente perpendiculares à referência primária.
Para tolerâncias paralelas, os elementos nominais considerados têm que ser paralelos à referência nominal primária.	A causa mais comum desse erro são valores THEO incorretos nos elementos considerados e/ou de referência.	Certifique-se de que os elementos considerados sejam nominalmente paralelos à referência primária.
A orientação de uma zona de tolerância planar tem que ser totalmente definida pelo quadro de referência.	<p>Você recebe esse erro com zonas de tolerância planar em elementos axiais, como cilindros, cones e círculos.</p> <p>Especificamente, quando o quadro de referência não restringe a orientação da zona de tolerância, o valor real não está bem definido.</p>	<p>Você pode corrigir o erro das seguintes maneiras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifique se o quadro de referência restringe totalmente a orientação da zona de tolerância. • Use uma zona de tolerância diamétrica.
Essas tolerâncias simultâneas têm que usar o tipo matemático da zona de tolerância PADRÃO.	<p>Você recebe esse erro quando todas essas condições são atendidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Você tem várias tolerâncias de perfil. • Nenhuma referência pertence a um 	Defina todos os técnicas matemáticas da zona de tolerância do perfil como PADRÃO .

	<p>comando de tolerância simultâneo.</p> <ul style="list-style-type: none"> As tolerâncias do perfil têm diferentes técnicas matemáticas da zona de tolerância. 	
Referências em RMB sem referências de superfície que seguem referências em MMB ou LMB não são suportados.	O comando de tolerância geométrica permite que referências sem um modificador de material sigam referências com um modificador de material. No entanto, as referências não modificadoras de material devem ter dados de superfície.	Volte a medir a referência de menor precedência para que ele tenha dados de superfície.
Quando uma tolerância especifica mais de um elemento considerado, todos os elementos devem ser compatíveis com os padrões. Isso significa que eles devem ter o mesmo tipo de forma, o mesmo tamanho nominal e o mesmo interior/exterior.	Quando existem vários elementos considerados, eles devem ser idênticos, exceto por terem locais e orientações diferentes. Assim, por exemplo, os cilindros devem ser todos internos ou externos e todos devem ter o mesmo tamanho nominal.	Use comandos de tolerância geométrica separados para elementos que não são idênticos. Se necessário, use um comando de tolerância simultânea para considerar todos os elementos simultaneamente.

<p>O elemento é usado duas vezes de maneiras fundamentalmente diferentes, onde a forma nominal (ou falta dela) tem que ser considerada diferente nos dois contextos.</p>	<p>Este é um erro muito incomum. A maneira mais comum de obter esse erro é com a posição e o perfil simultâneos de um slot, entalhe ou elipse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A posição trata o elemento como um círculo sem dados de superfície. • O perfil trata o elemento como um elemento de forma livre com dados de superfície. <p>O erro ocorre porque a tolerância simultânea precisa tratar o mesmo elemento de duas maneiras diferentes ao mesmo tempo.</p>	<p>Você pode corrigir o erro das seguintes maneiras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use apenas o perfil e não a posição para controlar a posição do slot. • Crie um círculo fundido ou genérico a partir do seu slot, entalhe ou elipse e faça a posição simultânea do círculo derivado com o perfil do slot.
<p>Tolerâncias simultâneas têm que ter quadros de referência idênticos.</p>	<p>Este erro ocorre se as tolerâncias geométricas na sua tolerância simultânea tiverem quadros de referência diferentes; ou as referências nessas tolerâncias não são idênticos, estão fora de ordem ou usam modificadores diferentes.</p>	<p>Certifique-se de que todas as tolerâncias geométricas em seu comando de tolerância simultânea tenham quadros de referência idênticos. As referências devem ser as mesmas, estar na mesma ordem e ter os mesmos modificadores.</p>
<p>Tolerâncias simultâneas têm</p>	<p>Você recebe esse erro se não estiver usando as tolerâncias geométricas</p>	<p>Certifique-se de que todas as tolerâncias geométricas em seu comando de tolerância</p>

que ser tolerâncias de perfil ou posição.	corretas para a tolerância simultânea.	simultânea sejam de posição ou de perfil.
Erro de referência de vários elementos. Esse erro pode ocorrer devido a valores nominais incorretos (vetores X, Y, Z ou I, J, K) ou uma combinação de elementos para a qual não há suporte.	Esse erro ocorrer quando você tenta usar uma combinação de elementos não suportada como sendo uma referência comum.	Verifique a tabela de combinações de elementos suportadas e as diretrizes gerais para referências comuns. Cheque também os valores nominais dos elementos para as referências em questão e faça as correções necessárias.
A especificação exige uma zona de tolerância totalmente restrita.	Algumas tolerâncias, como simetria e concentricidade, exigem que a zona de tolerância seja totalmente restringida pelo quadro de referência.	Verifique se o quadro de referência restringe totalmente a zona de tolerância.
O modificador de translação é inválido porque a referência não tem nenhum grau de translação de liberdade que pode ser desbloqueado.	Existem muitas circunstâncias em que o comando de tolerância geométrica permite colocar um modificador de conversão em uma referência em que não faz sentido.	Remova o modificador de conversão da referência.
A referência é inválida porque não tem nenhum grau de liberdade.	Se sua referência secundária ou terciária não restringir graus de liberdade, esse erro ocorre. Provavelmente, isso significa (a) sua impressão	Se esse erro ocorrer com uma nova tolerância geométrica, verifique novamente sua impressão e seus tipos de elementos. Preste atenção especial às

	está errada ou (b) há um erro na sua rotina de medição.	linhas de melhor ajuste, conforme discutido em Tipos de elementos com e sem dados de superfície.
Tolerâncias de batimento exigem elementos concêntricos ao quadro de referência.		Certifique-se de que todos os elementos considerados sejam nominalmente concêntricos com o quadro de referência.
Há pontos demais para esse tipo de cálculo.	Este erro ocorre ao usar uma técnica matemática PADRÃO com muitos pontos. Isso pode ocorrer devido à técnica matemática do elemento, à técnica matemática de referências ou à técnica matemática da zona de tolerância. O ponto de corte para quantos pontos é "demais" é de várias dezenas de milhares de pontos.	Você pode corrigir o erro das seguintes maneiras: <ul style="list-style-type: none"> • Use apenas alguns milhares de pontos. • Use a técnica matemática LSQ.
Tolerâncias de concentricidade exigem elementos de entrada que são concêntricos ao quadro de referência.		Certifique-se de que todos os elementos considerados sejam nominalmente concêntricos com o quadro de referência.
Tolerâncias de simetria exigem elementos de		Certifique-se de que todos os elementos considerados sejam nominalmente

entrada que são simétricos ao quadro de referência.		simétricos com o quadro de referência.
Extensão por unidade inválida.		Verifique se o comprimento por unidade e/ou a largura por unidade estão corretos.
A densidade de pontos é insuficiente para a tolerância por unidade.		Volte a medir o elemento considerado com maior densidade de pontos.
A personalização de referência é inválida.	O comando de tolerância geométrica permite quadros de referência ASME personalizados. Este erro ocorre quando a personalização não faz sentido matematicamente. É muito comum cometer erros com DRFs personalizados e isso pode resultar nesse erro.	Você pode corrigir o erro das seguintes maneiras: <ul style="list-style-type: none"> • Pare de usar a personalização de referência. • Para cada referência no quadro de referência, certifique-se de que a personalização resulte em uma invariante única e totalmente definida.
Círculos usados para calcular a linha mediana extraída têm que incluir pelo menos 90 graus de arco.	Conforme discutido em "Derivar o elemento tolerado", várias tolerâncias geométricas ISO usam a linha mediana extraída como o elemento tolerado. Todas as seções transversais	Verifique se todas as seções transversais circulares em seu elemento considerado contêm pelo menos 90 graus de arco.

	<p>circulares devem ter pelo menos 90 graus de arco.</p> <p>Este erro também pode ocorrer com a retidão de um eixo (ASME ou ISO). Conforme discutido no tópico "Retidão", a retidão de um eixo requer que você meça os dados da superfície em seções transversais circulares. Se alguma das seções transversais tiver menos de 90 graus de arco, o PC-DMIS mostrará esta mensagem de erro.</p>	
<p>O plano de amostra usado tem ser nominalmente ortogonal ao elemento considerado.</p>		<p>Verifique se o plano de amostra do elemento é nominalmente perpendicular ao eixo do elemento considerado. Para obter informações sobre como o plano de amostra é definido, consulte "Derivar o elemento tolerado".</p>
<p>O elemento <nome do elemento> e seus elementos filhos estão fora de sincronização. Refaça a execução para sincronizá-los novamente.</p>	<p>Se você muda a estratégia de medição de um elemento, ou muda o número de linhas na estratégia de medição, o elemento pode ficar dessincronizado com os elementos filhos até que o elemento seja executado.</p>	<p>Execute o elemento.</p>

O segmento <número do segmento> contém um quadro de referência inválido para o segmento inferior de uma tolerância composta.	Conforme discutido em "Posição", "Perfil de uma linha" e "Perfil de uma superfície", os segmentos inferiores de tolerâncias compostas têm regras estritas para governar seu quadro de referência.	Verifique se os quadros de referência de todos os segmentos inferiores estão em conformidade com as regras.
As referências de MMB/LMB têm que ter sido toleradas previamente nos modificadores de condição do material (MMC/LMC) conforme as suas referências de maior precedência. Quando não há tal tolerância, é aplicado zerto no MMC/LMC.	Isso é para alertar você que já deveria ter criado os comandos de tolerância geométrica aplicáveis para qualquer elemento de referência com um modificador de condição de material. Se você ainda não criou comandos de tolerância geométrica aplicáveis às referências com um modificador de condição de material, o PC-DMIS usa a tolerância geométrica de 0.0 MMC para determinar o valor de MMB/LMB (fronteira máxima de material/fronteira mínima de material).	Você pode continuar a usar tolerâncias geométricas normalmente quando essa mensagem de advertência aparece. Contudo, você deve checar o desenho e garantir que a rotina de medição já inclui todas as tolerâncias geométricas relacionadas aos elementos de referência. Para mais detalhes, veja a seção "Mensagens sobre referências" do tópico "Como o PC-DMIS soluciona e usa referências".
O cálculo da tolerância geométrica falhou.	Isso indica que há algum problema interno no cálculo. Solicite a abertura de uma ordem de suporte através da Assistência técnica da	Com a solicitação da ordem de suporte, forneça as seguintes informações: <ul style="list-style-type: none"> • Passos para duplicar a mensagem de erro

	Hexagon (support.hexagonmi.com).	<ul style="list-style-type: none">• Sua rotina de medição (arquivo .prg)• Seu modelo do CAD (arquivo .cad)• Forneça uma cópia do desenho e marque o que está tentando verificar• Quaisquer arquivos de sonda usados (arquivos .prb)• O arquivo de depuração
--	-------------------------------------	---