INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

Matheus Reibnitz Willemann

Avaliação da influência de parâmetros geométricos empregados na geração de superfícies a partir de nuvem de pontos obtidas por escaneamento 3D

FLORIANÓPOLIS, 2024.1

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

Matheus Reibnitz Willemann

Avaliação da influência de parâmetros geométricos empregados na geração de superfícies a partir de nuvem de pontos obtidas por escaneamento 3D

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro em Engenharia Mecatrônica.

Orientador:
Prof. André Roberto de Sousa, Dr.

FLORIANÓPOLIS, 2024.1

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Willemann, Matheus Reibnitz
Avaliação da influência de parâmetros geométricos empregados na geração de superfícies a partir de nuvem de pontos obtidas por escaneamento 3D / Matheus Reibnitz Willemann; orientação de André Roberto de Sousa. - Florianópolis, SC, 2024.
125 p.
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Mecatrônica. Departamento Acadêmico de Metal Mecânica.
Inclui Referências.

1. Metrologia. 2. Escaneamento. 3. Engenharia reversa. 4. Braço de medição. 5. PolyWorks. I. Sousa, André Roberto de. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Avaliação da influência de parâmetros geométricos empregados na geração de superfícies a partir de nuvem de pontos obtidas por escaneamento 3D.

MATHEUS REIBNITZ WILLEMANN

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS GEOMÉTRICOS EMPREGADOS NA GERAÇÃO DE SUPERFÍCIES A PARTIR DE NUVEM DE PONTOS OBTIDAS POR ESCANEAMENTO 3D

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Mecatrônico, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Florianópolis - SC, 5 de Setembro de 2024.

Documento assinado digitalmente
ANDRE ROBERTO DE SOUSA
Data: 26/09/2024 20:51:44-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

André Roberto de Sousa, Dr. Eng.
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
GREGORY CHAGAS DA COSTA GOMES
Data: 27/09/2024 11:23:19-0300
CPF: ***.008.969-**
Verifique as assinaturas em https://v.ufsc.br

Gregory Chagas da Costa Gomes, Me. Eng.
Instituto Federal de Santa Catarina

Documento assinado digitalmente
RAIMUNDO RICARDO MATOS DA CUNHA
Data: 26/09/2024 21:56:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Raimundo Ricardo Matos da Cunha, Dr. Eng.
Instituto Federal de Santa Catarina

À minha família e meus amigos,
não seria nada sem seu apoio.
Em especial ao meu avô Eucário,
que não pôde me ver formado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus professores, do IFSC e de fora, que me auxiliaram em toda a minha trajetória de aprendizado, em especial ao meu orientador, André Roberto de Sousa, por sua paciência e apoio continuado na concepção e elaboração do presente trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos, que me apoiaram emocionalmente durante a jornada da graduação e da vida no geral, em especial ao Lucas Martins Mendes, por seu apoio importantíssimo com o uso e *debug* do LaTeX.

Agradeço minha psicóloga, Aline Gusberti, por me ouvir e aconselhar em todas as dificuldades de escrita e pesquisa enfrentadas.

E agradeço, acima de tudo, a minha família, meus pais Marynes Terezinha Reibnitz e Carlos Willemann, por sempre me incentivarem e apoiarem, e meus irmãos, Caio, Felipe e Diego, por me aturarem.

RESUMO

O presente trabalho veio de uma demanda interna do Laboratório de Metrologia do IFSC, onde utiliza-se frequentemente o braço de medição Hexagon RA7520 SI, em conjunto com o *software* PolyWorks, para escanear e criar modelos CAD de objetos de estudo, e onde tal uso é atualmente baseado em tentativa e erro quanto a forma de configuração devido a variedade de opções de parâmetros disponibilizados pelo programa. Com o objetivo de compreender melhor o funcionamento e aplicações do equipamento, este TCC propõe um estudo estatístico da qualidade da geração desses modelos quando aplicados diferentes valores aos seus parâmetros de configuração de funcionamento, de forma a procurar a forma mais ideal de uso para referência futura das pessoas que virão a operar o aparelho. Para isso, utilizou-se uma única nuvem de pontos escaneados para gerar 87 arquivos de saída, cada um com uma combinação paramétrica diferente, e em cada um se avaliou algumas medidas dimensionais chave para comparação e extração de conclusões sobre a influência dos parâmetros escolhidos, sendo esses os de suavização e malhagem da etapa de processamento da nuvem de pontos no programa IMMerge, parte do PolyWorks. Por fim, se encontrou correlação entre valores paramétricos mais baixos com arquivos de saída maiores, e pouca variação dos erros médios no geral, apresentando valores dentro da faixa de tolerância dimensional do equipamento.

Palavras-chave: Metrologia. Escaneamento. Engenharia reversa. Braço de medição. PolyWorks.

ABSTRACT

The present work came about from an internal demand of IFSC's Metrology Laboratory, where the measuring arm Hexagon RA7520 SI is frequently used, along with the PolyWorks software, to scan and create 3D models of objects of study, and where this use is currently based on trial-and-error in regard to the form of configuration because of the variety of options of parameters offered by the program. With the objective of better understanding the workings and applications of the equipment, this thesis proposes a statistical study of the quality of these models' generation when applying different values to its configuration parameters, as a way to search for the most ideal form of use for future reference of those who will come to use this apparel. For that, a single scanned point cloud was used to generate 87 output files, each with a different parametric combination, and each had its key geometric dimensions measured for comparison and extraction of conclusions about the chosen parameters' influence, those being the meshing and smoothing parameters on the cloud point processing stage done on IMMerge, part of PolyWorks. Finally, correlation was found between lower numeric parameters and bigger output files, and little variation on the average error, presenting values within the tolerance range of the equipment used.

Keywords: Metrology. Scanning. Reverse engineering. Measuring arm. PolyWorks.

Lista de Figuras

Figura 1 – Braço de medição Hexagon RA7520 SI, junto com laptop e bancada de trabalho 15
Figura 2 – Retícula de escaneamento laser 16
Figura 3 – Exemplo de aplicação de ER - Digitalização por imagem 18
Figura 4 – Exemplo de aplicação de ER - Digitalização com braço articulado . 19
Figura 5 – Máquina de medir tridimensional da Thome Precision 21
Figura 6 – Exemplo de aplicação de ER - Digitalização com braço articulado . 22
Figura 7 – Diagrama - Projeção de luz estruturada 23
Figura 8 – Diagrama - Fotogrametria digital 24
Figura 9 – Metodologia idealizada para o TCC 25
Figura 10 – Parâmetros IMAlign (1) 27
Figura 11 – Parâmetros IMAlign (2) 28
Figura 12 – Parâmetros IMAlign (3) 28
Figura 13 – Parâmetros IMAlign (4) 29
Figura 14 – Parâmetros IMAlign (5) 29
Figura 15 – Parâmetros IMAlign (6) 30
Figura 16 – Parâmetros IMAlign (7) 30
Figura 17 – Parâmetros IMAlign (8) 31
Figura 18 – Parâmetros IMEdit - "Preenchimento Automático de Furos" 31
Figura 19 – Parâmetros IMMerge 32
Figura 20 – Placa escolhida para corpo de prova 33
Figura 21 – Medição do corpo de prova na CNC LK80C 34
Figura 22 – Modelo CAD 3D gerado a partir das dimensões calibradas da peça 35
Figura 23 – Instalação do braço de medição na bancada 36
Figura 24 – Processo de digitalização/escaneamento 37
Figura 25 – Tela de execução do IMEdit, com o caminho até a ferramenta de Preenchimento Automático de Furos 39
Figura 26 – Exemplo de preenchimento de furos - Antes 40
Figura 27 – Exemplo de preenchimento de furos - Depois 40
Figura 28 – Exemplo de suavização - Antes 41
Figura 29 – Exemplo de suavização - Depois 41
Figura 30 – Apoio e fixação de uma peça diferente a ser escaneada 43
Figura 31 – Resultado do Escaneamento - IMAlign 44
Figura 32 – Resultado do Escaneamento - Processado com suavização padrão alto, mostrando os vértices geométricos 45
Figura 33 – IMEdit - Acessando "Preenchimento Automático de Furos" 47
Figura 34 – IMInspect - O programa de análise 48

Figura 35 – IMInspect - Aplicado um dos modelos 48
Figura 36 – IMInspect - Relatório de inspeção 49
Figura 37 – Gráfico dos erros médios das análises 55
Figura 38 – Gráfico dos tamanhos de arquivo das análises 55
Figura 39 – Distribuição de frequência dos erros médios 57
Figura 40 – Desvio padrão dos erros das dimensões em cada modelo 57
Figura 41 – Distribuição de frequência dos desvios padrão dos erros 58
Figura 42 – Diagrama de dispersão entre tamanho de arquivo e erro médio . . . 58
Figura 43 – Diagrama de dispersão entre tamanho de arquivo e desvio padrão dos erros 59
Figura 44 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "A" 63
Figura 45 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "A" 64
Figura 46 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "B" 64
Figura 47 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "B" 65
Figura 48 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "C" 65
Figura 49 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "C" 66
Figura 50 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "D" 66
Figura 51 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "D" 67
Figura 52 – Exemplo de modelo com "dm5" 70
Figura 53 – Exemplo de modelo com "dm10" 71
Figura 54 – Exemplo de modelo com "dm20" 71
Figura 55 – Exemplo de modelo com furo/"buraco" 72
Figura 56 – Exemplo de modelo com furo/"buraco" no IMInspect 72
Figura 57 – Exemplo 1 de modelo final 74
Figura 58 – Exemplo 2 de modelo final 74
Figura 59 – Exemplo 3 de modelo final 75
Figura 60 – Três exemplos de modelos vistos da lateral 76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas de calibração do corpo de prova 35
Tabela 2 – Parâmetros e valores escolhidos 46
Tabela 3 – Análises dos valores diretos 51
Tabela 4 – Análises por categoria de medida 52
Tabela 5 – Os 10 melhores modelos para erro médio e tamanho de arquivo . . 53
Tabela 6 – Os 10 melhores modelos em soma de *ranks* 54
Tabela 7 – Estatísticas gerais calculadas 56
Tabela 8 – Destaques de melhores e piores resultados por categoria 60
Tabela 9 – Cálculos de proporção entre erro/tamanho e desvio/tamanho 60
Tabela 10 – Análises por valor dos parâmetros 62
Tabela 11 – Comparação dos arquivos de melhores médias com seus arquivos parametricamente similares 68
Tabela 12 – Comparação dos melhores resultados com seus arquivos parametricamente similares 69
Tabela 13 – Comparações dos arquivos IMEdit com os respectivos Arquivos-Mãe 73
Tabela 14 – Os dois maiores erros e seus Arquivos-Mãe respectivos 77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	*Computer Aided Design* - Desenho Assistido por Computador
CAE	*Computer Aided Engineering* - Engenharia Assistida por Computador
CAM	*Computer Aided Manufacturing* - Manufatura Assistida por Computador
CNC	Comando Numérico Computadorizado
ER	Engenharia Reversa
ID	Identificador
IFSC	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO . . . 14
1.1 Justificativa e relevância . . . 15
1.2 Objetivos . . . 17
1.2.1 Objetivo geral . . . 17
1.2.2 Objetivos específicos . . . 17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . 18
2.1 O processo de engenharia reversa . . . 18
2.2 Métodos de digitalização 3D de superfícies . . . 20
2.2.1 Máquinas de medir tridimensionais . . . 20
2.2.2 Braços articulados de medição . . . 21
2.2.3 Projeção de luz estruturada . . . 22
2.2.4 Fotogrametria digital . . . 23
2.3 Desafios na geração de superfícies a partir de nuvens de pontos 24
2.4 Parâmetros de influência na qualidade e no tamanho do arquivo digital . . . 24
3 METODOLOGIA . . . 25
3.1 Fluxo de trabalho . . . 25
3.2 Tabulação e análise dos dados obtidos . . . 26
4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO . . . 27
4.1 Planejamento dos experimentos . . . 27
4.1.1 Listagem dos parâmetros envolvidos . . . 27
4.1.2 Parâmetros escolhidos . . . 32
4.2 Projeto e construção de uma peça de referência . . . 33
4.3 Calibração das dimensões da placa . . . 34
4.4 Digitalização da peça de referência - IMAlign . . . 35
4.5 Geração das superfícies - IMMerge . . . 38
4.6 Edição das superfícies - IMEdit . . . 38
4.7 Inspeção das superfícies - IMInspect . . . 42
5 EXPERIMENTOS E RESULTADOS . . . 43
5.1 Processo de escaneamento . . . 43
5.2 Processamento da nuvem de pontos alternando os parâmetros - IMMerge . . . 45
5.3 Pós-processamento no IMEdit . . . 47
5.4 Análise dos modelos no IMInspect . . . 47
5.5 Análises finais . . . 49
5.5.1 Estatísticas gerais . . . 50
5.5.2 Análise dos parâmetros . . . 60
5.5.3 Melhores e piores resultados . . . 67
5.5.4 Comparações com IMEdit . . . 69
5.5.5 Visualizando alguns modelos finais . . . 73
5.5.6 Casos notáveis . . . 76
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . 78
6.1 Análise do projeto desenvolvido . . . 78
6.2 Recomendações para trabalhos futuros . . . 79

REFERÊNCIAS 81
APÊNDICES 82
ANEXOS 83
ANEXO A – TABELA PRINCIPAL DE DADOS 84
ANEXO B – TABELA DE ANÁLISE DOS DADOS 121

1 INTRODUÇÃO

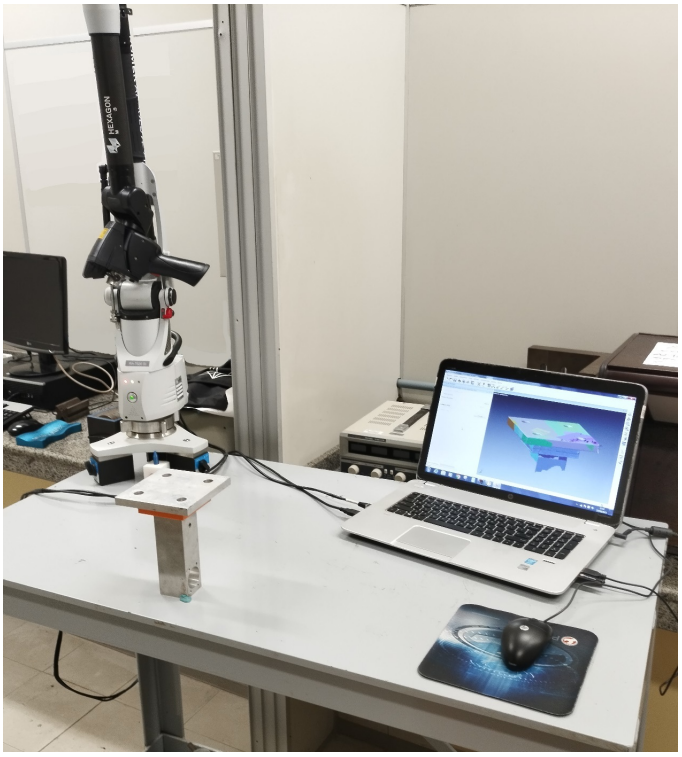
Nos dias atuais, sistemas de medição de precisão têm sido fundamentais para o avanço da engenharia e da indústria. Dentre os diversos campos que contribuem para o desenvolvimento de soluções de metrologia e análise eficazes e avançadas, a engenharia reversa e o escaneamento 3D se destacam como pilares essenciais. Estes campos interagem e se complementam, permitindo a criação de novos produtos, a melhoria dos existentes e a compreensão detalhada de sistemas complexos. A metrologia é a base sobre a qual a precisão e a confiabilidade dos resultados são estabelecidas, e nela se aplicam diversas tecnologias distintas para atender as exigências de diversas situações de medição.

Desde o advento da tecnologia *laser*, veio aumentando a gama de áreas do conhecimento que a utilizam de forma a agilizar processos antes muito mais longos, assim como permitir tarefas antes impossíveis. A metrologia é uma destas áreas, onde antes a obtenção de pontos em uma análise dimensional de um objeto só era feita individualmente, ponto a ponto, e com a utilização de sistemas ópticos de localização de pontos no espaço através de *laser*, tornou-se extremamente rápida a obtenção dos dados, capturando centenas, ou até milhares, de pontos por segundo.

Apesar de ter suas desvantagens, a metrologia por sistema *laser* tomou espaço substancial no mercado, agilizando muito medições de maior abrangência de área, e dentro do Laboratório de Metrologia do IFSC não seria diferente. Lá, foi adquirido um braço de medição RA7520 SI da empresa Hexagon (ilustrado na Figura 1), que apresenta a praticidade e mobilidade de um braço móvel de medição e possui tanto uma série de palpadores mecânicos de captura de pontos discretos, quanto um escâner laser (em destaque na Figura 2), sendo muito utilizado tanto nas Unidades Curriculares dos cursos quanto em projetos diversos realizados no Instituto como um todo.

No processo de digitalização 3D das peças ocorre a captura de milhares de pontos que são utilizadas para a geração de uma malha triangular, representando a superfície da peça medida. Nesse procedimento há diversos parâmetros matemáticos que precisam ser definidos de modo adequado, sob pena do resultado final ser uma geometria distorcida ou arquivos demasiadamente grandes.

Figura 1 – Braço de medição Hexagon RA7520 SI, junto com laptop e bancada de trabalho



Fonte: Do Autor.

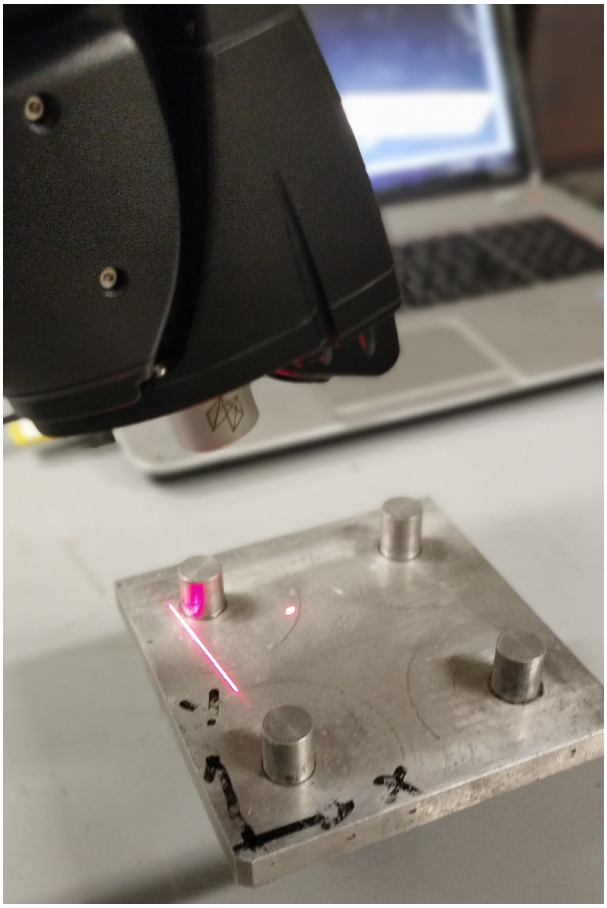
Neste TCC, será buscada a exploração em profundidade destes parâmetros de modo a entender melhor o funcionamento e os impactos individuais de cada uma destas variáveis, permitindo sistematizar as atividades de digitalização na busca dos melhores resultados.

1.1 Justificativa e relevância

A concepção do tema se deu vindo de uma demanda interna do Laboratório de Metrologia do IFSC, onde múltiplos projetos requerem a digitalização de peças de máquinas, ou outros corpos diversos, e a subsequente utilização dos arquivos digitalizados em *softwares* de projeto mecânico, como o SolidWorks ou outros programas CAD.

Distorções na geometria medida, causadas por erros de hardware ou software, tornam os resultados da digitalização de pouca confiabilidade e utilidade. Por outro lado, nuvens de pontos altamente carregadas aumentam a exigência de processamento gráfico, gerando grande esforço computacional e resultando muitas vezes na incapacidade de visualizar e utilizar os resultados.

Figura 2 – Retícula de escaneamento laser



Fonte: Do Autor.

Tal trabalho muitas vezes encontra problemas no momento da integração dos programas envolvidos, devido ao desconhecimento de como exatamente os parâmetros de escaneamento afetam os arquivos de saída do *software* de escaneamento (PolyWorks), muitas vezes resultando em arquivos pesados demais para os programas de modelagem utilizados na sequência. Desta forma, a relevância do Trabalho de Conclusão de Curso em questão é a de facilitar futuros projetos que envolvam o uso do escaneamento realizado no Laboratório de Metrologia.

Neste TCC se pesquisou a engenharia reversa de peças avaliando diversas formas de processamento matemático realizadas em uma mesma nuvem de pontos e avaliando o impacto desses métodos na exatidão da geometria e no tamanho do arquivo digital gerado. Através do emprego de uma peça de referência calibrada, de um braço de medição articulado com apalpação óptica por triangulação laser, e de um *software* de edição gráfica foram realizadas mais de 80 avaliações. Os resultados foram empregados para definir formas de medição e processamento que conciliem de modo equilibrado rapidez e praticidade com boa exatidão no modelo 3D gerado.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de parâmetros geométricos empregados na geração de superfícies a partir de nuvem de pontos obtidas por escaneamento 3D feito no *software* PolyWorks.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Pesquisar sobre processos de engenharia reversa e métodos de geração de nuvens de pontos;

b) Conhecer e desenvolver habilidade no uso do braço de medição e software de geração de superfícies;

c) Projetar, construir e calibrar um corpo de prova a ser usado nos ensaios práticos;

d) Digitalizar o corpo de prova e empregar parâmetros geométricos diversos para a geração das superfícies em instâncias separadas;

e) Analisar os resultados para definir formas de medição e processamento que conciliem de modo equilibrado rapidez e praticidade com boa exatidão no modelo 3D gerado;

f) Documentar os resultados e conclusões relevantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo, são detalhadas as bases teóricas da engenharia reversa, além de seus métodos específicos, de forma a melhorar o entendimento das análises feitas neste trabalho.

2.1 O processo de engenharia reversa

Genericamente, o conceito de Engenharia Reversa (ER) é entendido como o ato de analisar um determinado planejamento, como uma montagem, programa ou máquina, para saber como ele funciona e permitir que seja estudado. Assim, o termo é empregado em diversas áreas do conhecimento, e aplicado a objetos de estudo drasticamente diferentes, desde construtos mecânicos até algoritmos digitais.

No contexto da metrologia, área de estudo do presente trabalho, a ER é aplicada como um processo cujo objetivo é medir e criar um modelo de uma peça a partir do objeto físico, ao digitalizar o objeto de análise e gerar uma modelagem 3D para obter um arquivo CAD que pode nos dar informações precisas sobre o alvo do estudo (exemplificado nas Figuras 3 e 4). Assim, processos de engenharia reversa são cada vez mais realizados para representar graficamente geometrias tridimensionais diversas.

Figura 3 – Exemplo de aplicação de ER - Digitalização por imagem

Fonte: Site da empresa Produteca, acesso em agosto de 2024.

Figura 4 – Exemplo de aplicação de ER - Digitalização com braço articulado

Fonte: Site da empresa 3DLab, acesso em agosto de 2024.

Para aprofundar mais no contexto de metrologia, precisamos trazer um conceito mais amplo de ER. "A Engenharia Reversa é o processo de levantar dimensões, com rapidez e exatidão, determinar padrões geométricos tais como áreas e volumes" (Lima (2003)) e, de acordo com Adriano Batista Dias, é um processo que comporta "pelo menos duas etapas". Nas palavras dele, estas são:

> Uma primeira se constitui na obtenção de informação que caracteriza e especifica o objeto da ação de ER, identificando seus componentes e seu padrão de inter-relacionamento. Na segunda, o objeto é representado em outra forma ou com um mais elevado nível de abstração. É uma atividade que não altera o objeto da ação. É um processo, como norma, não destrutivo, um processo de exame, não de modificação do objeto do exame. (DIAS, 1997, p. 2).

E essas etapas são, na conjuntura do presente trabalho e na metrologia, uma primeira etapa de obtenção de pontos de posição espacial sobre as superfícies do objeto estudado, e uma segunda etapa de representação do corpo de prova, feita na criação de um modelo 3D dele, que pode ser estudado de forma a não ser destrutivo para o objeto original.

Participam desse método um sistema de medição com a capacidade de extrair pontos da externalidade do objeto, e um *software* com recursos para processar estes pontos e gerar superfícies matemáticas, que resultem em um arquivo digital capaz de ser utilizado por outros aplicativos computacionais, como *softwares* CAE, CAD e CAM. Os métodos são exemplificados e ilustrados a seguir.

Em todos os cenários de aplicação, se requer que o sistema de digitalização 3D empregado consiga extrair com boa fidelidade a geometria da superfície medida, e que o *software* de tratamento das nuvens de pontos tenha a capacidade de gerar

modelos CAD com boa definição geométrica e com um arquivo capaz de ser manipulado por *softwares* gráficos.

2.2 Métodos de digitalização 3D de superfícies

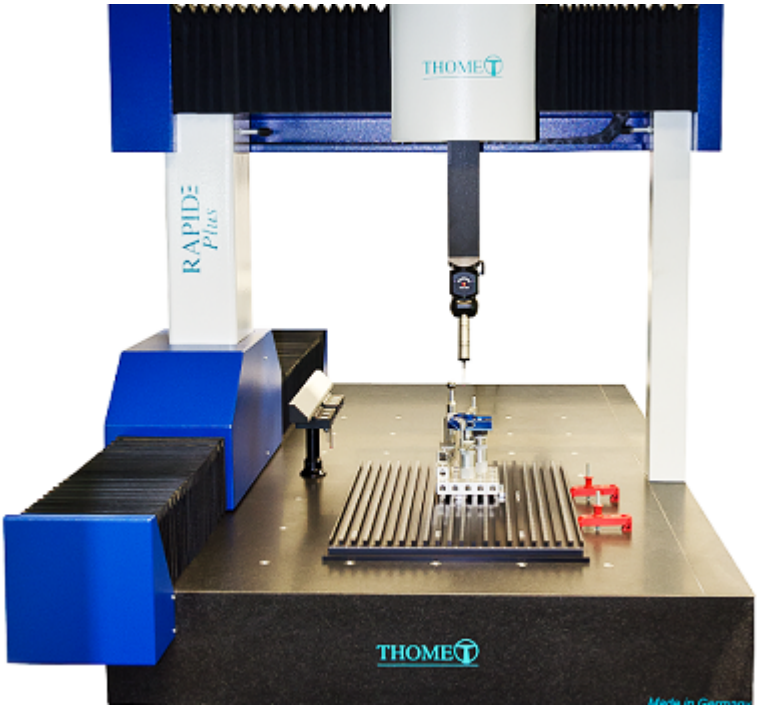
Para a realização da engenharia reversa, são diversos os métodos de medição empregados para realizar a extração dos pontos de posição. Todos os pontos destacados a seguir são métodos de medição tridimensionais com a capacidade de realizar apalpação da peça, com ou sem contato mecânico, e localizar pontos no espaço. Atualmente os principais métodos de medição são:

2.2.1 Máquinas de medir tridimensionais

São máquinas com cinemática cartesiana, 3 eixos de movimentação ortogonais, e um apalpador, que pode por contato mecânico ou por triangulação laser. São os sistemas mais antigos de digitalização, caracterizando-se por alta exatidão na localização dos pontos e a capacidade de medição automática pois alguns modelos são CNC. São também os sistemas de medição de mais alto custo e, pelo fato de serem estacionários, tornam-se menos práticos de utilização em muitas aplicações. A movimentação apenas linear dos eixos torna os processos de medição mais difíceis de acessar todas as parte da peça sendo digitalizada (Figura 5).

> A máquina de medição por coordenadas (MMC) funciona quase da mesma maneira como o seu dedo quando ele traça as coordenadas do mapa; seus três eixos formam o sistema de coordenadas da máquina. Em vez de um dedo, a MMC usa uma sonda para medir pontos sobre uma peça de trabalho. Cada ponto na peça é único para sistema de coordenadas da máquina. A MMC combina os pontos medidos, para formar uma característica que agora pode ser relacionada com todas as outras características. (AB, 2024).

Figura 5 – Máquina de medir tridimensional da Thome Precision



Fonte: Site da empresa Thome Precision, acesso em agosto de 2024.

2.2.2 Braços articulados de medição

São máquinas de medir com a mesma cinemática de robôs antropomórficos, mas sem os motores, criadas com o objetivo de serem "uma solução de apalpação que oferecesse maior portabilidade e flexibilidade do que as CMM fixas"(Sphere (2024)). Possuem operação manual, são portáteis e podem operar com apalpação mecânica ou com apalpação por triangulação *laser*. Em relação às máquinas de medir tridimensionais apresentam menor exatidão, maior praticidade de medição e menor custo (Figura 6). O equipamento utilizado na prática deste TCC é um destes braços articulados, especificamente com uso da apalpação por triangulação *laser*.

Figura 6 – Exemplo de aplicação de ER - Digitalização com braço articulado

Fonte: Site da empresa Faro, acesso em agosto de 2024.

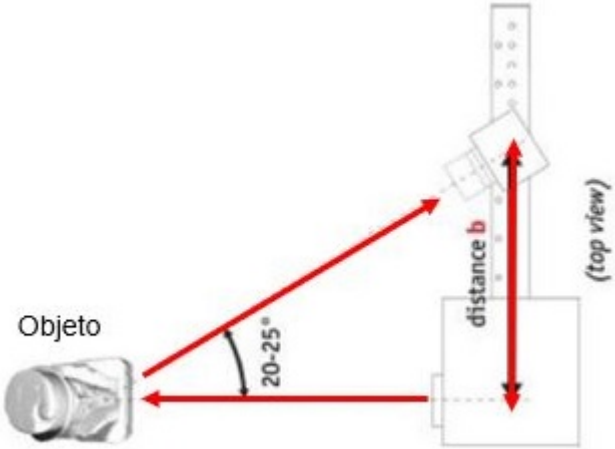
2.2.3 Projeção de luz estruturada

> Entre os métodos ópticos, a projeção de padrões luminosos de franjas geometricamente bem determinados – a chamada luz estruturada – sobre objetos, tem-se apresentado ao longo dos anos como uma ferramenta poderosa no campo da metrologia tridimensional de superfícies. (Geng (2011)).

São sistemas de medição que trabalham exclusivamente por apalpação óptica. Para a medição, a superfície da peça é iluminada por diversas linhas, e o reflexo resultante dessa iluminação é capturado em tempo real por duas câmeras. "Os métodos ópticos são bastante utilizados para medir relevo de superfícies utilizando projeção de padrões de franja de interferência. (Henrique (2003)). As curvaturas e irregularidades na superfície alteram a disposição visual das linhas refletidas na vista capturadas pelas câmeras, e essa informação é utilizada pelo software de medição para localizar os pontos que compõe o formato e medidas do objeto estudado.

É um método com a capacidade de extrair grande quantidade de pontos de modo muito rápido, é portátil e tem custo compatível com o braço de medição articulado. Pode ser empregado junto com dispositivos de movimentação, como uma mesa rotativa ou robôs, para tornar a execução da medição ainda mais automática. O sistema está exemplificado na Figura 7.

Figura 7 – Diagrama - Projeção de luz estruturada



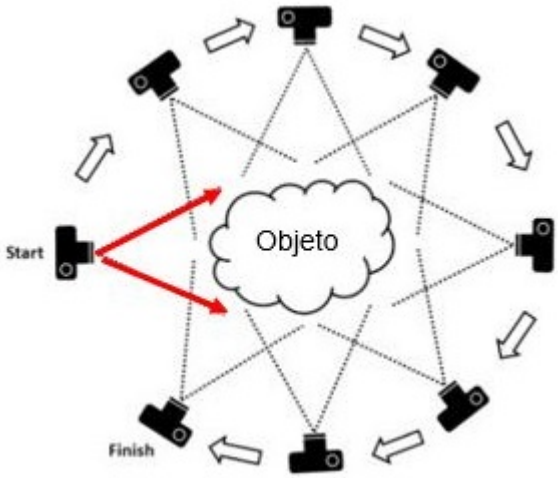
Fonte: Adaptado de: Site da empresa Laff 3D, acesso em agosto de 2024.

2.2.4 Fotogrametria digital

Consiste na localização de pontos em uma superfície a partir de diversas imagens digitais capturadas de diferentes posições em relação à peça. A partir da análise dessas imagens o software de medição identifica *pixels* homólogos na peça e linhas de visão são desenvolvidas a partir de cada imagem para os mesmos pontos no objeto. O resultado deste processo é a localização de grande quantidade de pontos de modo prático e rápido. A exatidão é semelhante aos dois métodos anteriores, com a vantagem de não necessitar iluminar a peça. Em superfícies de uma só cor, costuma-se fixar alvos na peça para auxílio visual. A Figura 8 ilustra o funcionamento desse tipo de sistema.

> A Fotogrametria é, segundo a American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, a arte, ciência, e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre os objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões da energia eletromagnética radiante e outros fenômenos (ASP, 1980). (SANTANA).

Figura 8 – Diagrama - Fotogrametria digital



Fonte: Adaptado de: Site da empresa Laff 3D, acesso em agosto de 2024.

2.3 Desafios na geração de superfícies a partir de nuvens de pontos

No objetivo de obter as informações de superfície e medições do objeto analisado com exatidão, algumas dificuldades são encontradas.

Uma boa exatidão na localização dos pontos espaciais durante a captura varia dependendo do método, onde observa-se a maior exatidão nas máquinas de medir tridimensionais, que capturam a nuvem ponto a ponto, porém métodos como o *laser* do braço de medição ou a fotogrametria conseguem extrair essas informações de forma muito mais rápida. Além disso, tal nuvem de pontos precisa ser processada matematicamente após sua geração, para se chegar em um arquivo CAD com as superfícies bem definidas e com o mínimo de redundâncias, que podem ocorrer nos métodos de extração múltipla simultânea de pontos. Assim, o pós-processamento dos dados é tão crucial para o resultado final quanto a captura inicial deles.

2.4 Parâmetros de influência na qualidade e no tamanho do arquivo digital

A localização dos pontos na superfície da peça gera o que chama de “nuvem de pontos”. Este conjunto de milhares de pontos precisa ser convertido em superfícies poligonais com malha triangular, e esta malha precisa ser tratada de modo a representar a peça medida da forma mais fiel possível, sem distorções, saliências ou furos no modelo CAD.

Nesse processo há vários parâmetros que podem ser ajustados, com influência no resultado em termos da qualidade da geometria gerada e no tamanho do arquivo gerado. Neste trabalho foram estudados e utilizados os parâmetros detalhados na seção 4.1.1.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a metodologia de desenvolvimento planejada para o processo envolvido no estudo realizado sobre o processo de escaneamento e digitalização do programa PolyWorks e do braço articulado Hexagon RA7520 SI.

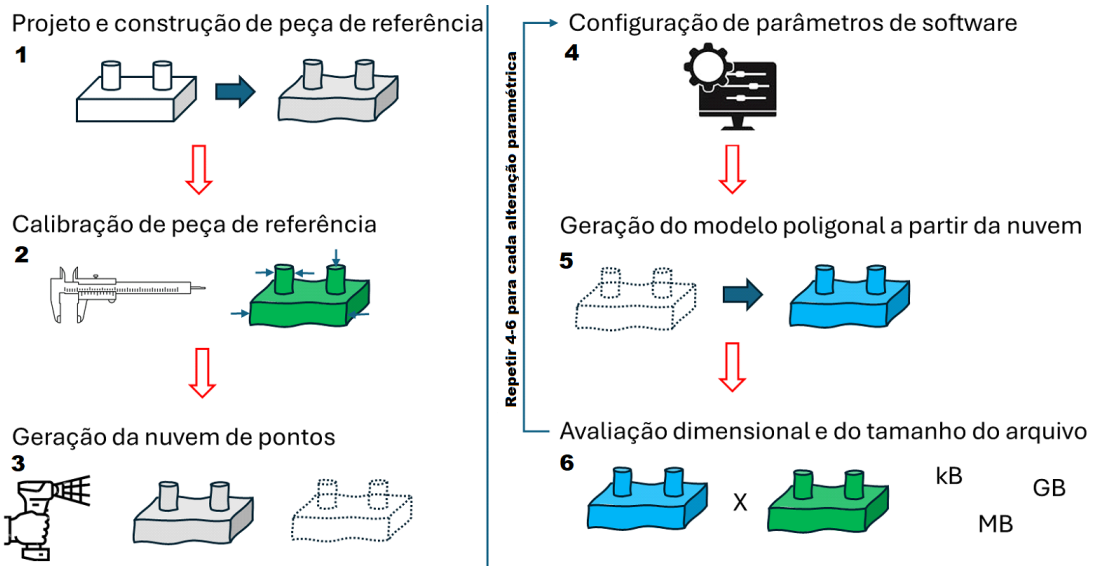
3.1 Fluxo de trabalho

Para a investigação da influência dos parâmetros geométricos sobre a geração das superfícies obtidas a partir da nuvem de pontos, após familiarização com o processo usual operado no laboratório, definiu-se a metodologia ilustrada na Figura 9 como fluxo de angariação de dados para as análises posteriores.

A partir da definição de um corpo de prova adequado contendo elementos geométricos prismáticos e de revolução, se fará a calibração desta peça em um sistema de medição com exatidão superior ao braço de medição empregado na digitalização. Essa calibração gerará as dimensões de referência dos elementos geométricos de interesse, que servirão para avaliar a influência dos parâmetros empregados na engenharia reversa na exatidão dos modelos de resultado.

De posse dessa peça de referência calibrada, será então feita a digitalização dela no braço de medição com apalpação laser, de modo a gerar uma nuvem de pontos. Essa nuvem de pontos será, então, processada para a obtenção das superfícies da peça e, após isso, calculadas as medidas da peça digitalizada. Essa segunda etapa do processo será realizada diversas vezes, alterando configurações de parâmetros geométricos presentes no software de engenharia reversa.

Figura 9 – Metodologia idealizada para o TCC



Fonte: Do Autor.

3.2 Tabulação e análise dos dados obtidos

O resultado final dos experimentos na etapa anterior será um conjunto com dezenas de processos de engenharia reversa realizados sempre sobre a mesma nuvem de pontos inicial. Os resultados a serem analisados serão os erros encontrados nas dimensões em relação àquelas calibradas, e também o tamanho do arquivo digital gerado em cada processo de engenharia reversa.

Após a separação dos dados numéricos relevantes de todos os testes, será então realizada a criação de tabelas e gráficos analisando e comparando as informações obtidas com intuito de retirar conclusões adequadas a motivação inicial do trabalho.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

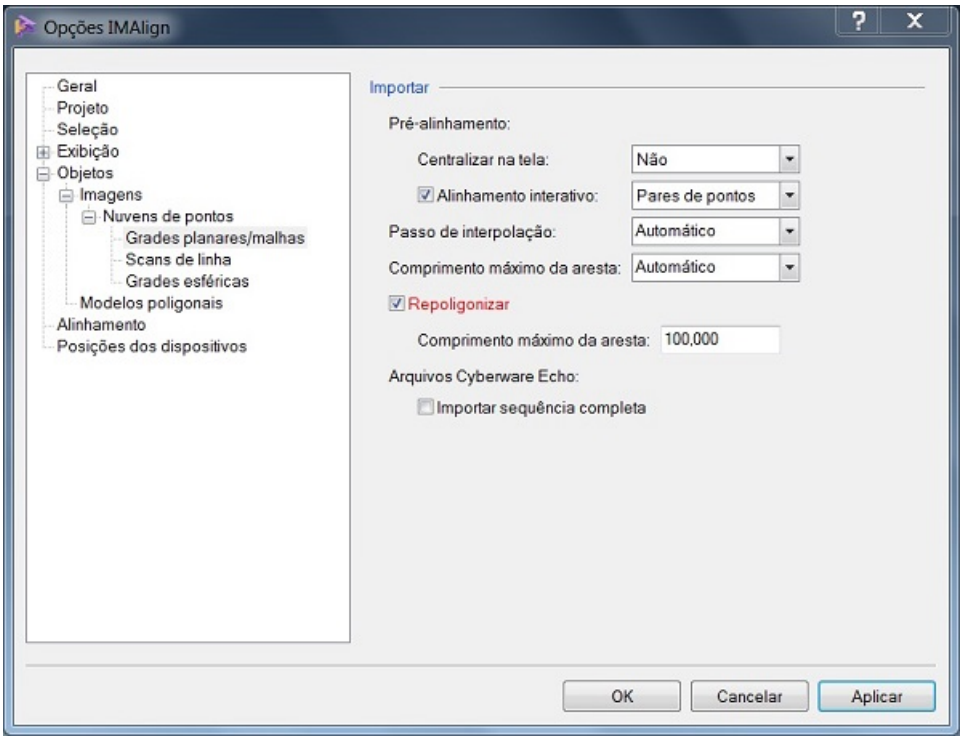
4.1 Planejamento dos experimentos

4.1.1 Listagem dos parâmetros envolvidos

Para ilustração e entendimento, a seguir estão mostradas capturas de tela das janelas de configuração de parâmetros das etapas do processo de escaneamento, nas Figuras de 10 a 18. Para além dos parâmetros visíveis nas capturas, parecem existir outros que não foram possíveis de serem contabilizados e mostrados devido a disposição gráfica da janela de configuração, que não permitia regulação de tamanho e mantinha parte de si mesma para fora da tela do computador.

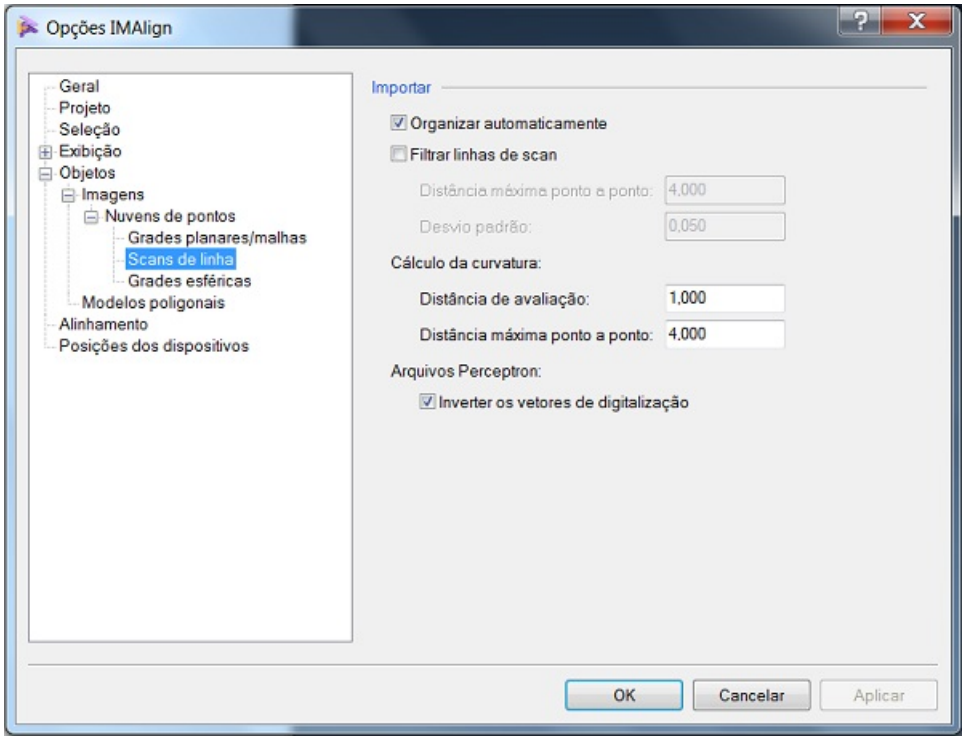
Analisando preliminarmente o total de opções, existem 33 parâmetros diferentes referentes ao processo de escaneamento (no IMAlign), 12 parâmetros acessíveis na etapa de geração das superfície a partir da núvem de pontos (no IMMerge), e mais uma quantidade total desconhecida de opções e parâmetros de edição e adequação do modelo escaneado final utilizando o IMEdit, onde a ferramenta utilizada com frequência no laboratório e considerada neste trabalho, a chamada "preenchimento automático de furos", possui 5 parâmetros, totalizando assim 50 variáveis, número inviável de itens para um único projeto de análise.

Figura 10 – Parâmetros IMAlign (1)



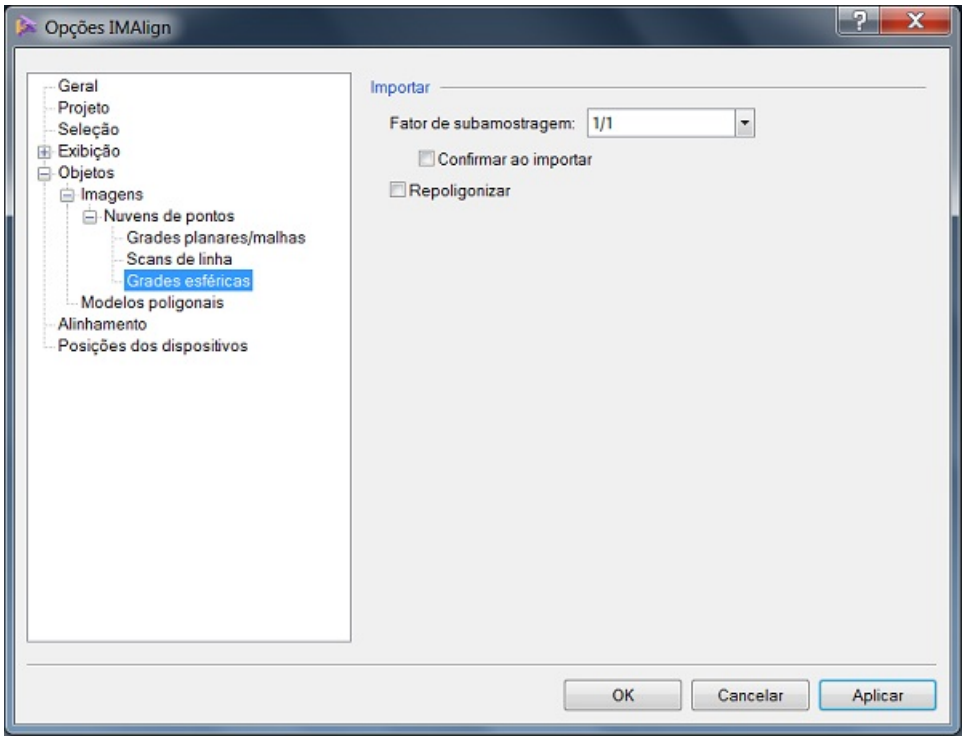
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 11 – Parâmetros IMAlign (2)



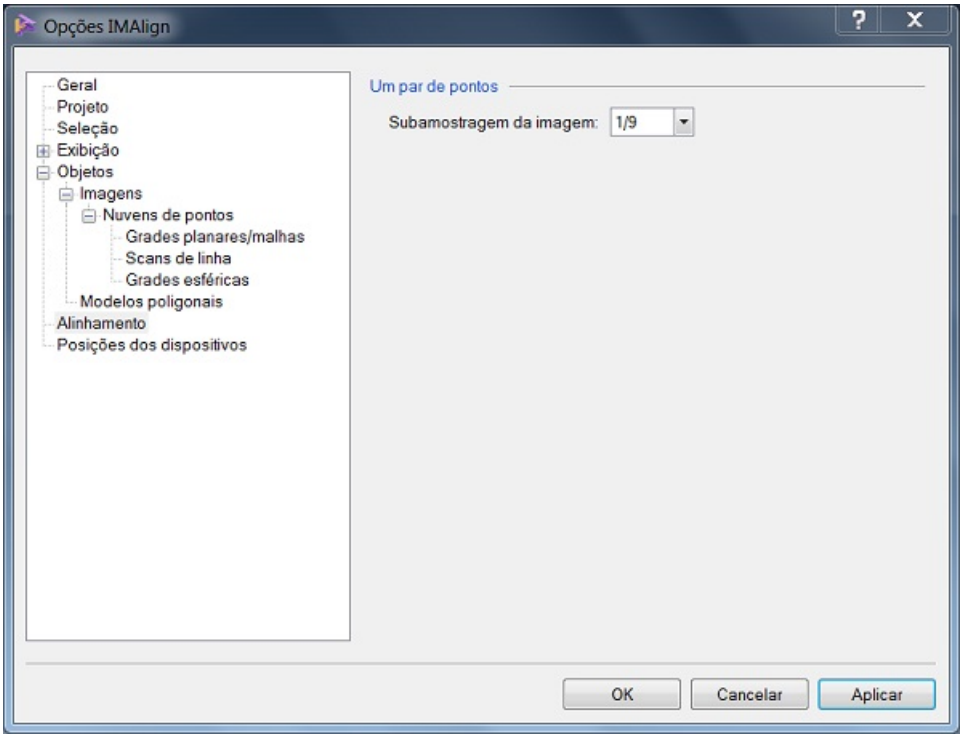
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 12 – Parâmetros IMAlign (3)



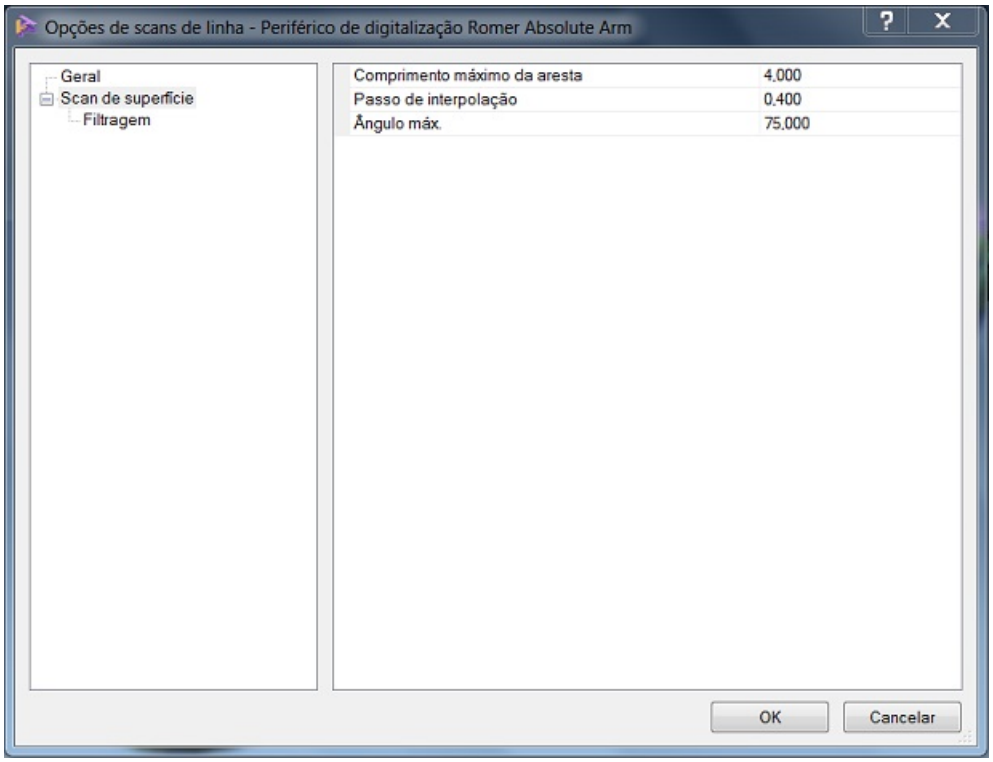
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 13 – Parâmetros IMAlign (4)



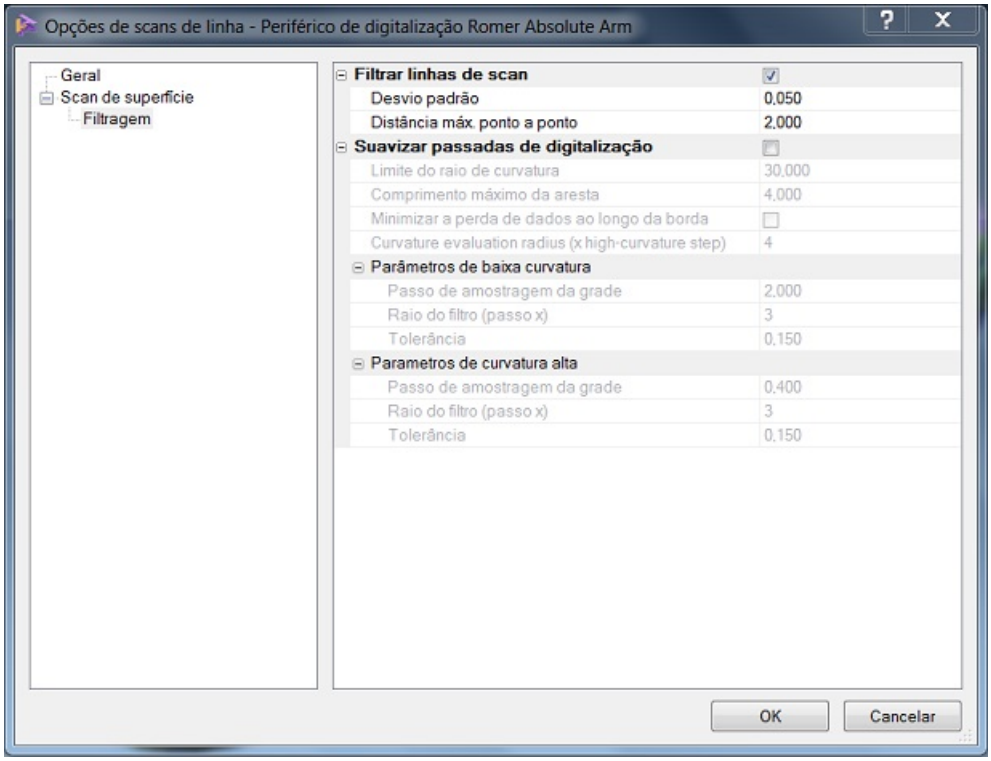
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 14 – Parâmetros IMAlign (5)



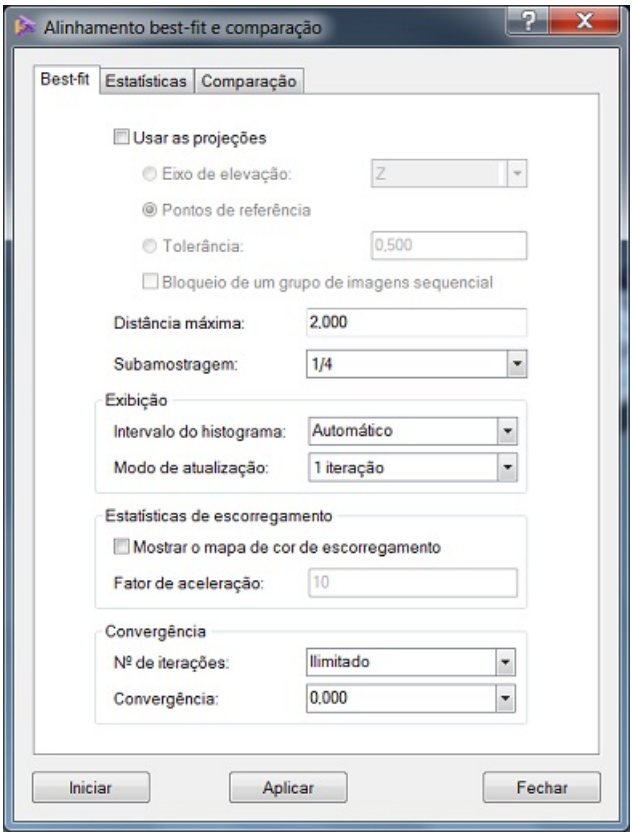
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 15 – Parâmetros IMAlign (6)



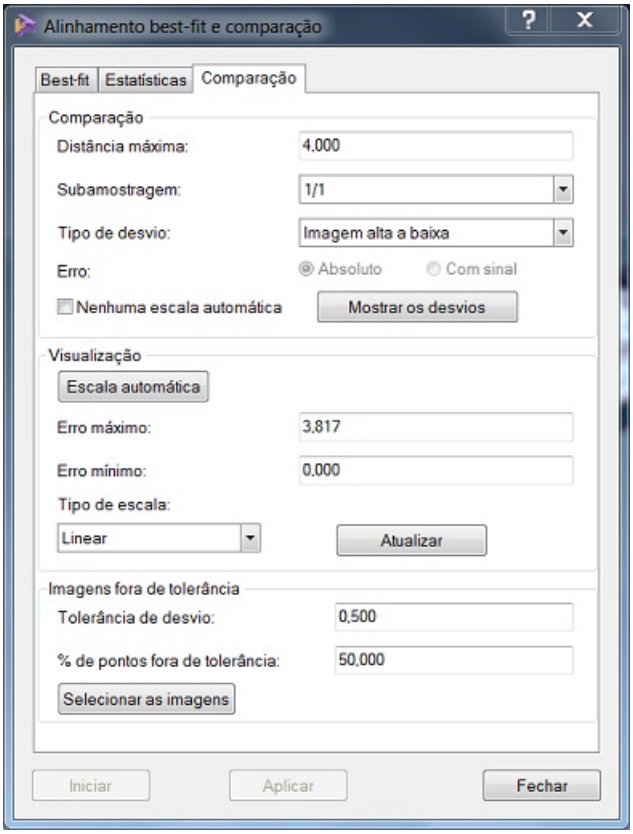
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 16 – Parâmetros IMAlign (7)



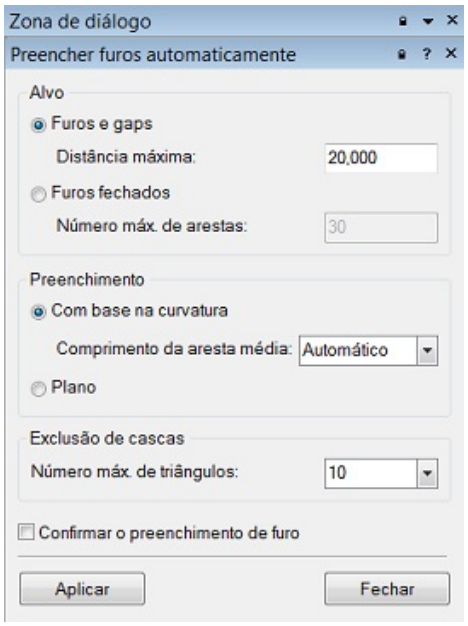
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 17 – Parâmetros IMAlign (8)



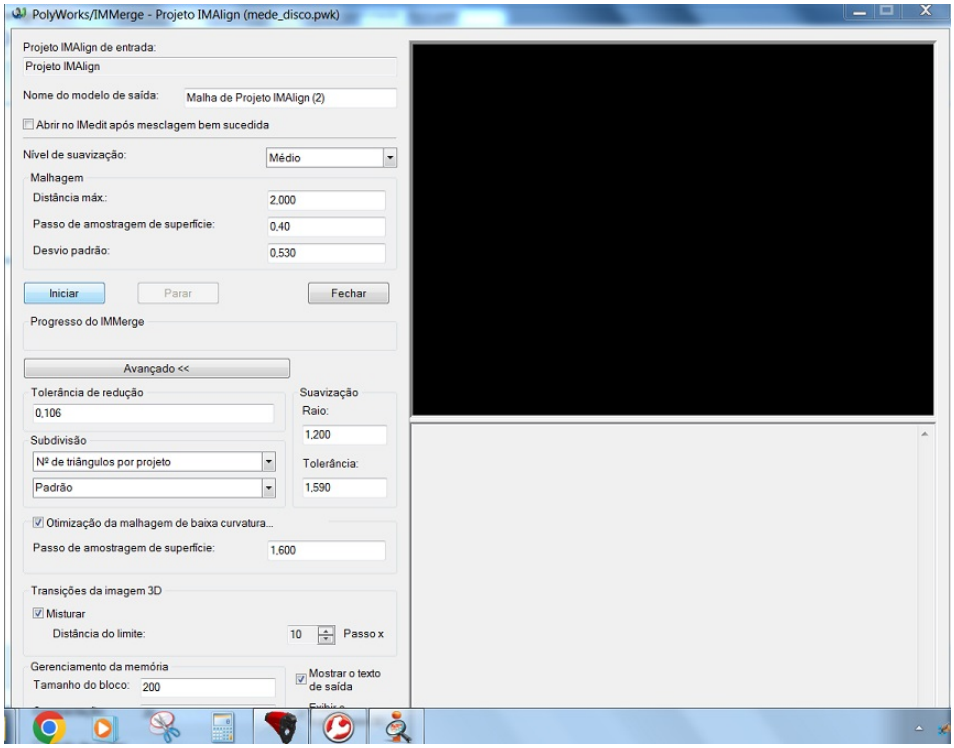
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 18 – Parâmetros IMEdit - "Preenchimento Automático de Furos"



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 19 – Parâmetros IMMerge



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

4.1.2 Parâmetros escolhidos

Como se trata de um número muito grande de parâmetros, o que tornaria inviável um arranho experimental com tantos fatores, neste TCC se priorizou alguns parâmetros com base na experiência prévia do uso do software pelo laboratório de metrologia do IFSC. Assim, após deliberação, foi decidido que a melhor forma de conduzir os testes seria utilizar uma única nuvem de pontos (resultado da etapa inicial da sequência de programas usados, o escaneamento em si) e, com ela fixa, realizar a geração de vários arquivos finais diferentes, escolhendo os parâmetros que acreditavam-se serem os mais relevantes para a análise e alterando-os a cada iteração do processo, para finalmente comparar as medidas dos arquivos 3D com as medidas nominais do corpo de prova, de forma a garantir uma quantidade razoável de dados para análise estatística posterior.

Dessa forma, os parâmetros escolhidos foram o nível de suavização, distância máxima de malhagem, passo de amostragem de superfície de malhagem, e desvio padrão de malhagem, onde o primeiro deles é uma seleção de opções pré-definidas ("alto", "médio", "baixo" ou "nenhum") e os outros três são valores numéricos definíveis. Todos os quatro parâmetros estão localizados na mesma etapa do processo de digitalização, na janela principal do IMMerge, o que também acabou agilizando consideravelmente a tarefa de gerar os arquivos 3D a partir da nuvem de pontos. Para além disso, também foi decidido experimentar com algumas ferramentas do IMEdit,

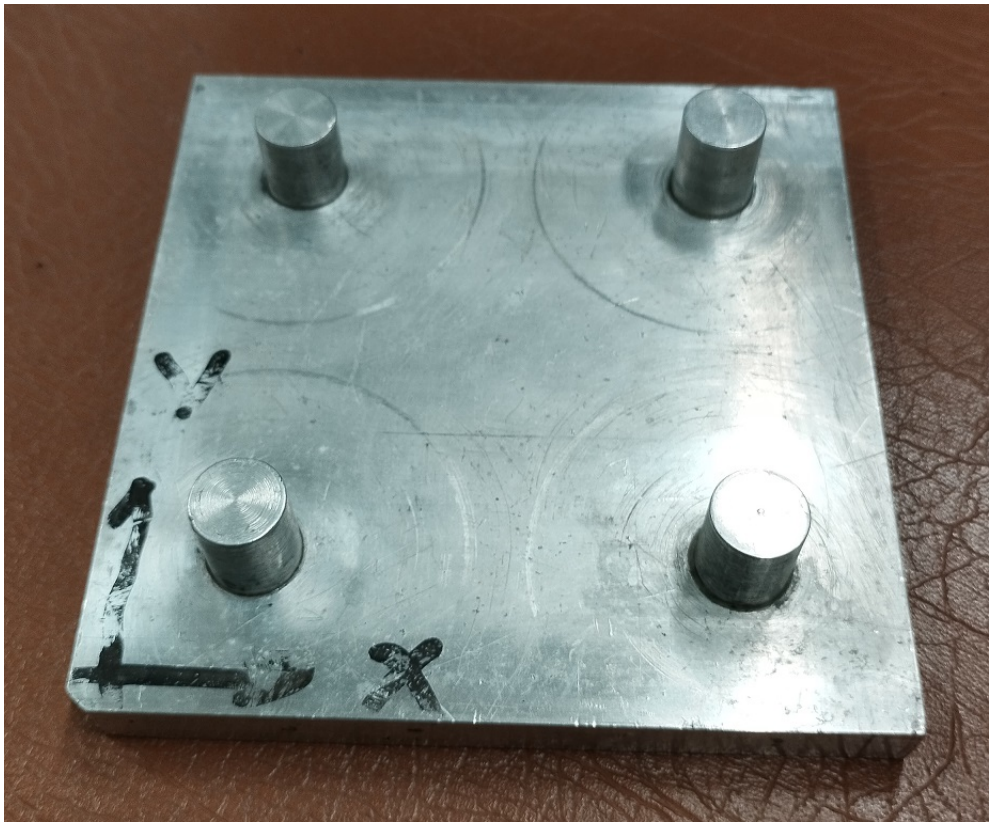
para tentar incluir suas influências na análise final do trabalho.

4.2 Projeto e construção de uma peça de referência

No planejamento do trabalho constava o projeto e a construção de uma peça que seria calibrada e usada como referência. Esta peça deveria ter elementos geométricos prismáticos e de revolução para terem suas dimensões calibradas. No entanto, dado que o enfoque do trabalho seria no estudo do processo de engenharia reversa realizado através do PolyWorks, decidiu-se utilizar uma peça de referência já existente no laboratório de metrologia que possuía as características geométricas desejadas, ao invés de se projetar e produzir uma peça nova, visto que para fins práticos a segunda opção não agregaria na análise dos dados finais.

Assim, foi escolhida uma montagem que estava disponível no laboratório de metrologia: uma placa de metal com 4 pinos inseridos em sua extensão, mostrada na Figura 20. Nesta placa se definiu como dimensões de interesse o diâmetro, a altura e a localização dos pinos em relação a um sistema de referencia local da peça (o "zero peça"), e as 3 dimensões da placa (largura, comprimento e espessura).

Figura 20 – Placa escolhida para corpo de prova

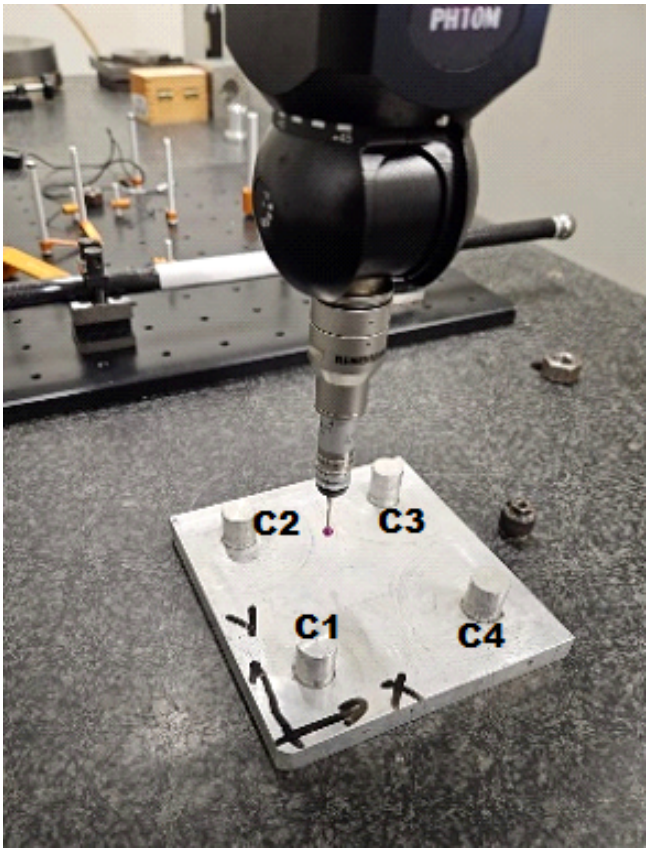


Fonte: Do Autor.

4.3 Calibração das dimensões da placa

Como a peça escolhida é uma montagem fixada e não foi encontrado o projeto original com as medidas nominais ideais da placa nem dos pinos, a obtenção das dimensões de referência da placa foi realizada através do uso da máquina de medir tridimensional CNC LK80C do laboratório de metrologia mostrada na Figura 21, onde também são visíveis os eixos, X e Y, de referência definidos no plano da face da peça, e as marcações denominando os cilindros, de "C1" a "C4". A escolha do equipamento ocorreu pelo fato de sua exatidão ser cerca de 40 vezes melhor do que o braço de medição com o *laser*, permitindo a determinação dos resultados com baixa incerteza.

Figura 21 – Medição do corpo de prova na CNC LK80C



Fonte: Do Autor.

Neste processo de calibração, o ambiente estava climatizado em 20ºC e a peça foi medida 5 vezes em modo CNC, gerando os resultados mostrados na Tabela 1. Importante ressaltar que todos os valores possuem incerteza estimada de 0,005 mm, exatidão da máquina de medir cartesiana utilizada para obtenção dos valores.

Tabela 1 – Medidas de calibração do corpo de prova

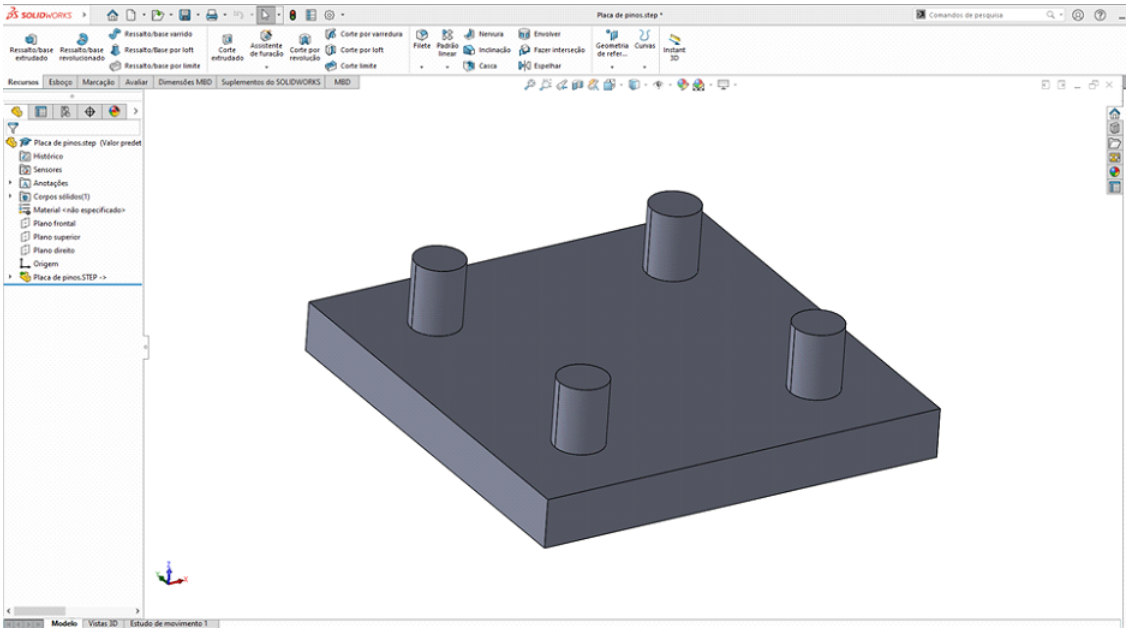
Dimensão	Espessura (mm)	Largura em X (mm)	Largura em Y (mm)
Valor Calibrado (mm)	12,637	124,963	126,827

	Diametro (mm)	X centro (mm)	Y centro (mm)	Altura (mm)
Cilindro 1	14,580	24,840	26,000	16,900
Cilindro 2	14,580	24,820	101,150	16,396
Cilindro 3	14,585	99,718	101,350	18,327
Cilindro 4	14,602	99,977	26,025	17,651

Fonte: Do Autor.

De posse dessas dimensões, foi desenvolvido em *software* de CAD (SolidWorks) o modelo 3D da peça, atividade necessária para a obtenção das medidas da peça escaneada no *software* PolyWorks. A Figura 22 mostra este modelo 3D gerado a partir das dimensões calibradas.

Figura 22 – Modelo CAD 3D gerado a partir das dimensões calibradas da peça



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

4.4 Digitalização da peça de referência - IMAlign

A etapa inicial do processo de digitalização do corpo de prova é a etapa em que é utilizado o braço de medição articulado existente no laboratório de metrologia, que possui a capacidade de apalpação mecânica e por triangulação *laser*. O objetivo dessa digitalização foi gerar uma nuvem de pontos primária, a ser processada de diferentes modos pelo *software* de engenharia reversa. Como já citado, foi decidido

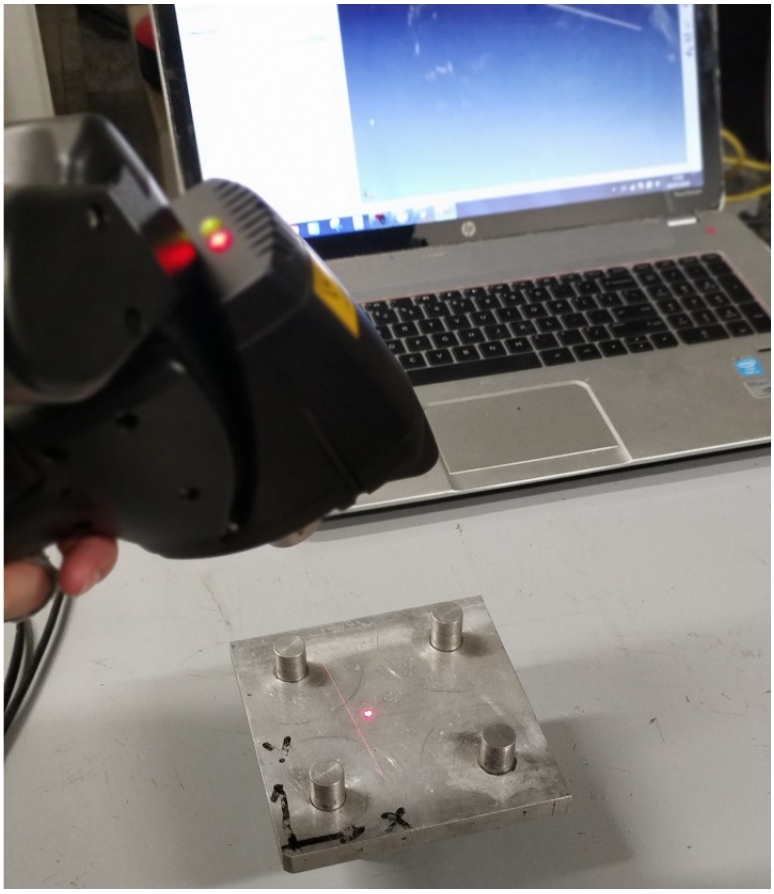
usar uma única nuvem de pontos para todos os processamentos posteriores, resultado de um único processo inicial de escaneamento, de modo a não haver variação dos resultados em função de incerteza advinda do método prático da medição.

O braço articulado Hexagon RA7520 SI é instalado e operado sobre uma mesa, como mostra a Figura 23, de forma que deixe a base do equipamento estável e fixa, e ofereça espaço para o posicionamento do corpo de prova a ser digitalizado. O processo de digitalização pode por sua vez ser visto na Figura 24, sendo gerada uma nuvem de pontos de alta densidade com mais de 500 mil pontos.

Figura 23 – Instalação do braço de medição na bancada

Fonte: Do Autor.

Figura 24 – Processo de digitalização/escaneamento



Fonte: Do Autor.

O processo inicial de escaneamento é o da geração da nuvem de pontos de posição na superfície da peça que é percebida pelo *laser*, e isso ocorre com o pressionamento contínuo do gatilho presente no manipulo do braço de medição, após a configuração inicial do modo de escaneamento *laser* (uma vez que o Hexagon RA7520 SI também oferece outros modos de medição, como os apalpadores mecânicos).

A operação de geração dos pontos é bastante prática, sendo suficiente o posicionamento do apalpador de triangulação *laser* de modo que o reflexo da linha de *laser* que ilumina a peça seja captado pelo sensor de imagem do apalpador. Para que nenhuma região de sombra causa a falta de captura dos pontos é necessário deslocar o apalpador para toda as regiões de interesse na peça.

Ao longo da realização do procedimento, o operador deve manter o manipulo do braço a uma distância indicada pelo equipamento através do alinhamento dos guias de luz vermelha que o *laser* projeta sobre a superfície apontada, enquanto controla o cabeçote de forma a "varrer" toda a superfície que se deseja digitalizar.

IMAlign é nome do subprograma dentro do PolyWorks que realiza esta etapa de escaneamento, fazendo a comunicação do *software* com o braço de medição e gravando todos os pontos de posição espacial (nuvem de pontos/dados) que irão

posteriormente formar as superfícies da peça 3D digitalizada. Essa etapa foi realizada mais de uma vez durante a execução do projeto, porém apenas a última iteração do escaneamento foi utilizada no restante do trabalho, enquanto as instâncias iniciais foram compostas por testes não documentados.

O módulo de *software* IMAlign possui recursos para eliminar pontos capturados fora da peça e para reduzir pontos redundantes, resultantes de múltiplas passadas sobre uma mesma superfície. Estes recursos foram utilizados para uma melhor definição da nuvem de pontos.

4.5 Geração das superfícies - IMMerge

Angariados os dados iniciais e a nuvem de pontos, o próximo passo na sequência de digitalização é o de processar e unificar esses pontos de forma a gerar as superfícies, vértices e arestas tridimensionais que compõe a peça, e isso é feito através do IMMerge, outro subprograma do *software* PolyWorks, onde a parte mais aprofundada do estudo ocorreu. Nesta operação existem parâmetros geométricos destinados a otimizar esta geração, a saber na Figura 19, mais bem documentado na seção 4.1.1, e apresenta a própria interface do subprograma em questão, como vista durante a realização dessa etapa do projeto, e onde estão localizados os 4 parâmetros que foram analisados pelo presente trabalho.

4.6 Edição das superfícies - IMEdit

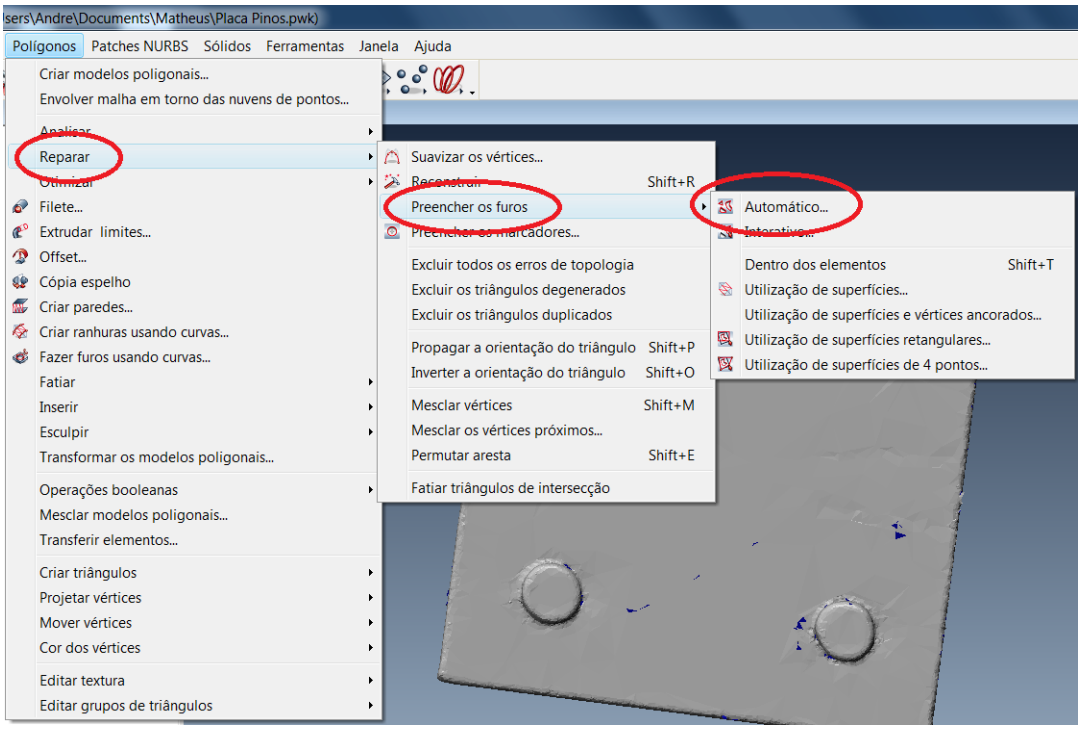
A última, e opcional, etapa da digitalização ofertada pelo PolyWorks é o subprograma de edição e refino dos modelos 3D, chamado IMEdit, mostrado na Figura 25. Nele, o *software* disponibiliza diversas ferramentas para que o operador possa corrigir eventuais problemas no arquivo de imagem, como furos nas superfícies ou irregularidades causadas por erros de arredondamento dos subprogramas anteriores ou pela operação de escaneamento em si, ou quando se deseja otimizar a malha, suavizar vértices, dentre outras possibilidades.

Adicionalmente aos resultados obtidos do IMMerge, aproveitou-se a oportunidade para editar alguns dos arquivos de saída de forma a se tentar estender a análise de resultados também a este subprograma, porém mantendo os arquivos não editados para comparação final. Como foi uma adição esporádica ao escopo do projeto, os parâmetros e ferramentas de edição testados não tiveram uma padronização como a etapa do IMMerge, além de terem interações diferentes com as superfícies de cada arquivo devido as mudanças derivadas dos parâmetros do subprograma anterior, o que dificultou a análise dos resultados. Assim, as ferramentas deste módulo do PolyWorks utilizadas foram:

- Preenchimento automático de furos: uma ferramenta frequentemente utilizada em projetos do laboratório que fazem uso desse *software*, por ser de uso simples e útil para deixar o modelo 3D final mais fiel e completo - Exemplos nas Figuras 26 e 27;

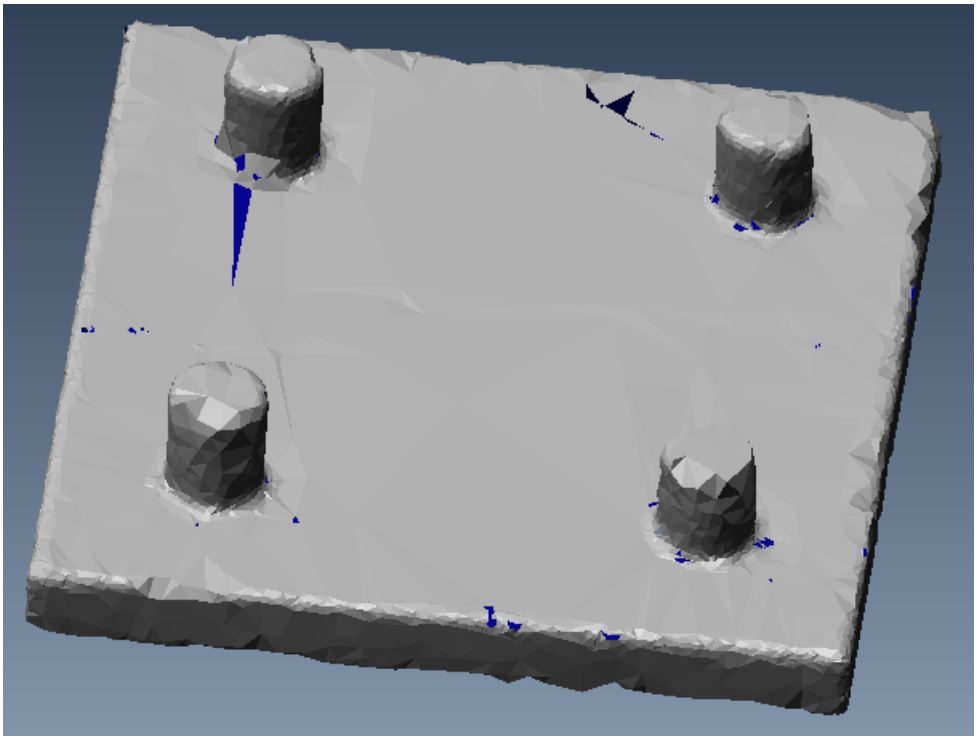
- Suavizar vértices: uma opção encontrada que pode ser empregada para reduzir pontas nas superfícies do modelo que não são necessariamente representativos da realidade da peça - Exemplos nas Figuras 28 e 29.

Figura 25 – Tela de execução do IMEdit, com o caminho até a ferramenta de Preenchimento Automático de Furos



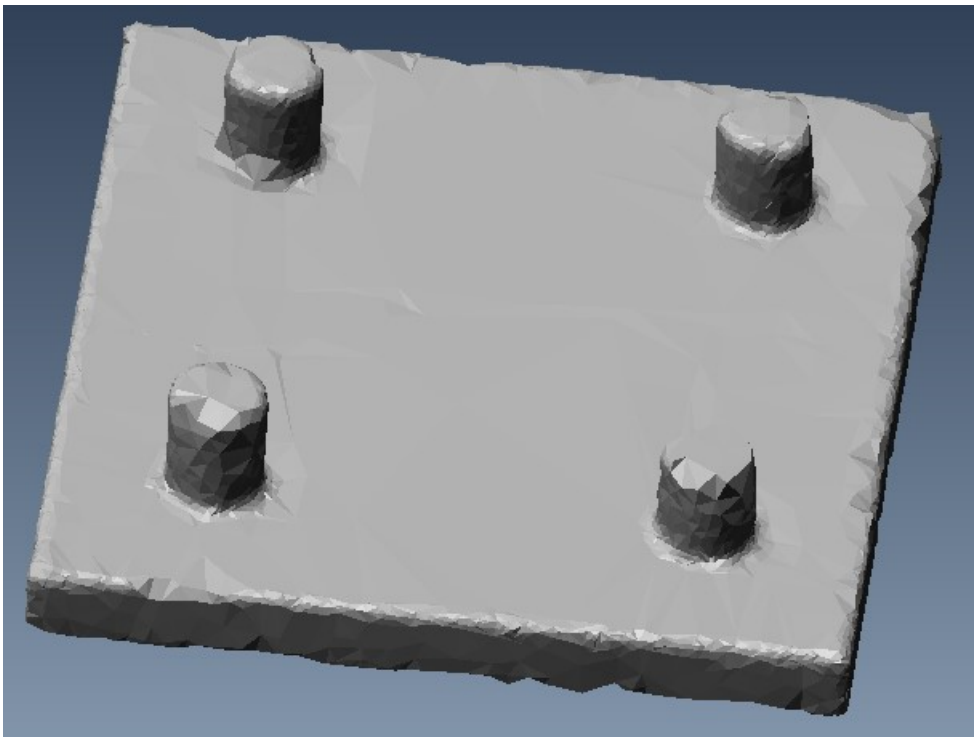
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 26 – Exemplo de preenchimento de furos - Antes



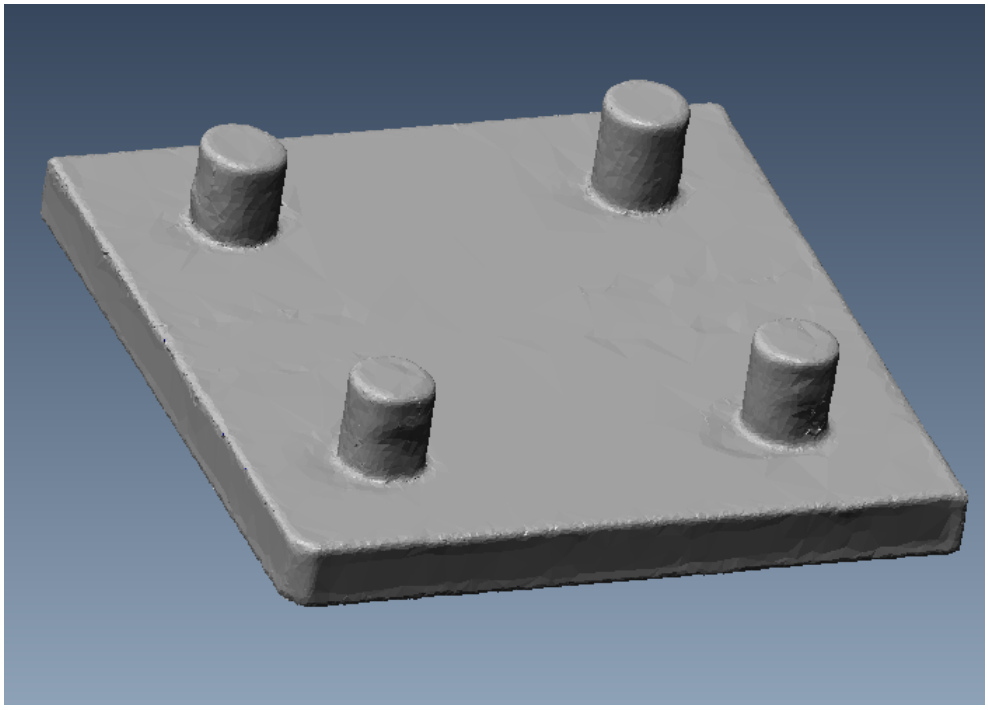
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 27 – Exemplo de preenchimento de furos - Depois



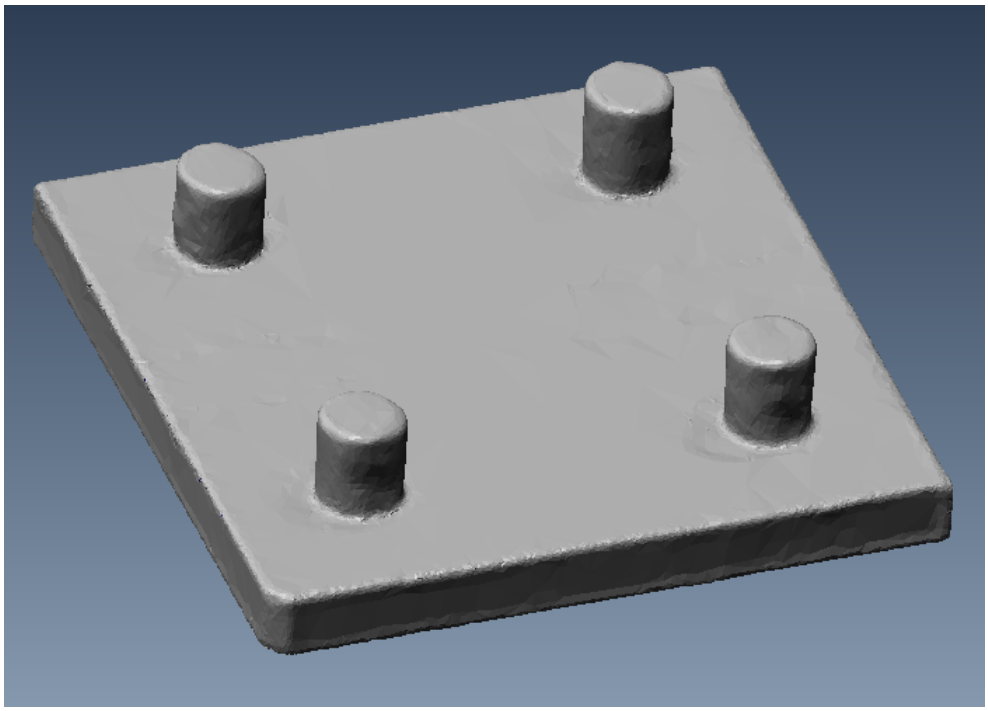
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 28 – Exemplo de suavização - Antes



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 29 – Exemplo de suavização - Depois



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

4.7 Inspeção das superfícies - IMInspect

Além dos subprogramas envolvidos na geração e edição de modelos digitais, o PolyWorks também possui ferramentas de inspeção e análise dos arquivos, dentro do chamado IMInspect, onde utiliza-se a superfície poligonal definida anteriormente. O presente trabalho não analisará este subprograma da mesma forma que os anteriores pois ele não é envolvido na geração de arquivos, porém ele foi uma ferramenta importante para auxiliar na análise das informações resultantes dos testes, onde foi feita a extração das dimensões da peça escaneada, em um processo orientado pelo modelo CAD da peça calibrada.

A execução desta etapa segue os passos:

- Importação da superfície poligonal e do modelo CAD para o ambiente do IMInspect;
- Alinhamento da nuvem de pontos ao modelo;
- Seleção no modelo CAD dos elementos geométricos e dimensões a serem medidas;
- Extração das medidas presentes na superfície poligonal referentes aos elementos selecionados no modelo;
- Geração de relatório com as medidas calculadas.

O processo descrito foi repetido individualmente para cada arquivo de saída dos processos anteriores, e está ilustrado nas Figuras 34, 35 e 36, explicadas novamente na seção 5.4.

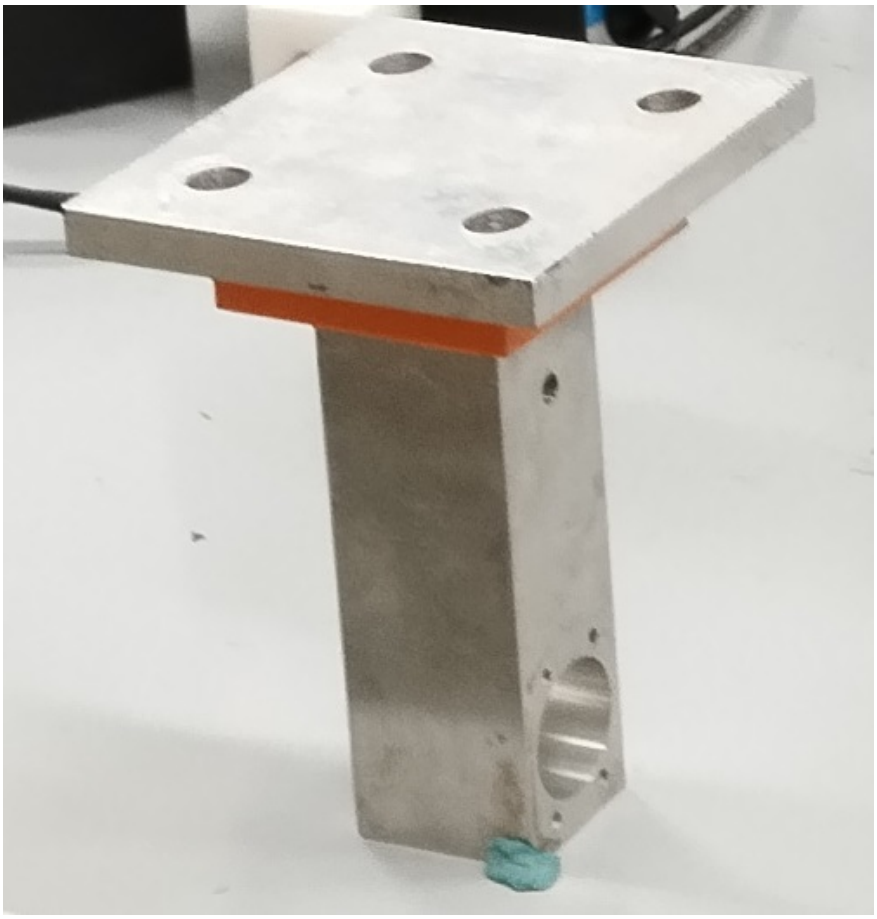
5 Experimentos e Resultados

5.1 Processo de escaneamento

Como explicado anteriormente, foi decidido em favor da utilização de uma única nuvem de pontos (saída do IMAlign) sendo processada pelo subprograma seguinte, o IMMerge, para a obtenção de uma quantidade de arquivos 3D finais distintos e a subsequente avaliação da influência dos parâmetros de geração dos modelos poligonais sobre a exatidão dimensional e o tamanho do arquivo digital final.

O escaneamento foi realizado uma única vez, seguindo o roteiro padrão utilizado no laboratório de Metrologia, onde a peça a ser escaneada foi fixada na bancada de trabalho, de forma a impedir que ela acidentalmente saísse da posição relativa ao Hexagon RA7520 SI e assim desalinhasse os pontos de medição obtidos. O corpo de prova foi apoiado sobre uma outra peça metálica prismática alta de forma a elevar ele da bancada, e ali imobilizado por pedaços de massa de modelar como mostra a Figura 30, e então utilizou-se o braço de medição para realizar a captura dos pontos de posição.

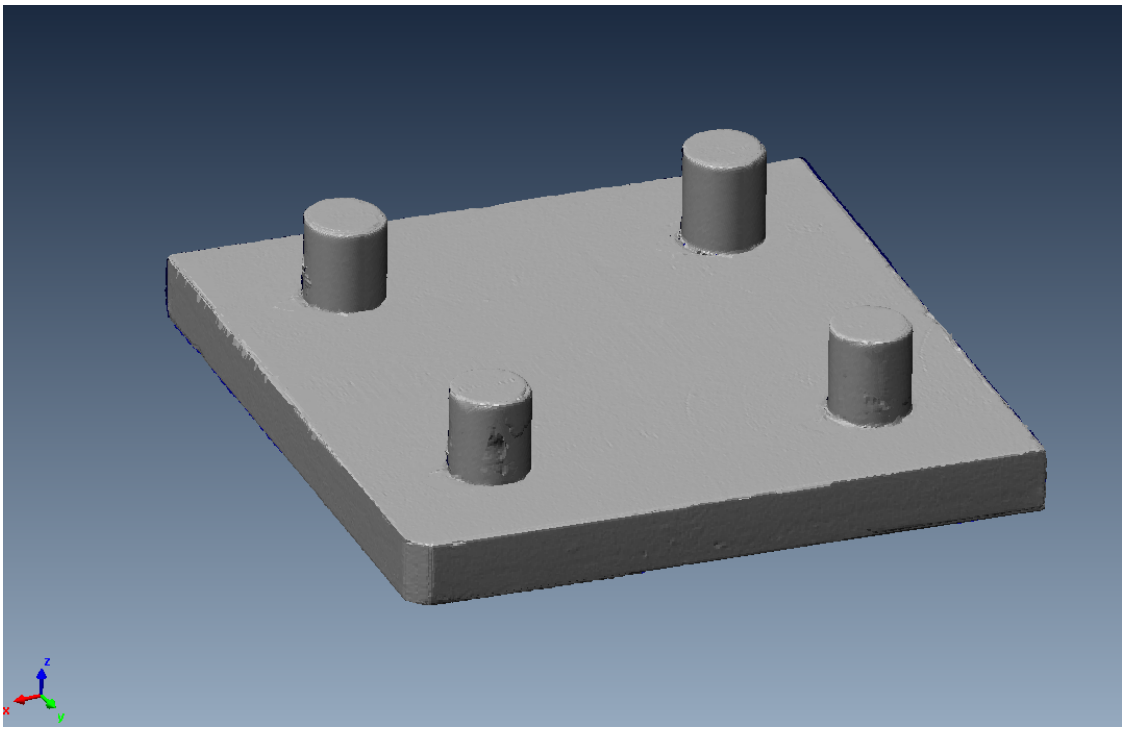
Figura 30 – Apoio e fixação de uma peça diferente a ser escaneada



Fonte: Do Autor.

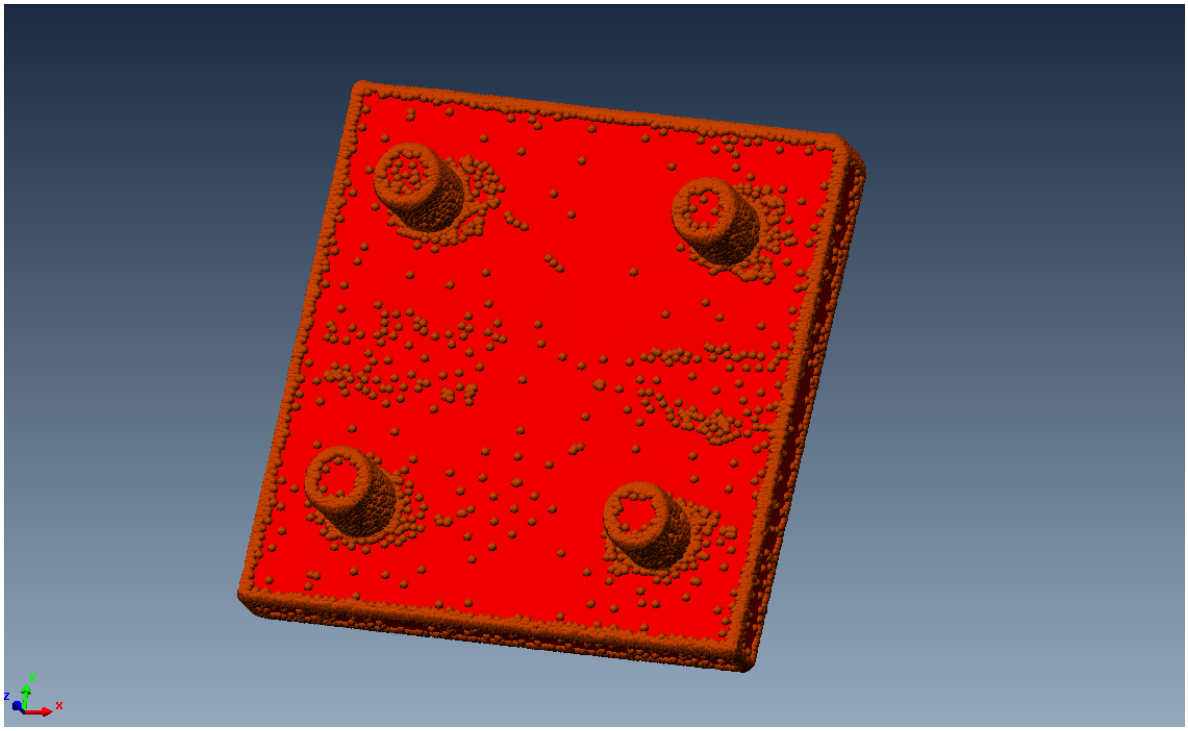
Todos os parâmetros relacionados ao IMAlign, por não fazerem parte do escopo escolhido para os testes, foram mantidos nos valores padrão como já se encontravam anteriormente. O resultado disso, o arquivo IMAlign que foi a base para todos os arquivos processados finais, está mostrado na Figura 31. Na Figura 32 é ilustrado um dos resultados de processamento, destacando os vértices geométricos capturados.

Figura 31 – Resultado do Escaneamento - IMAlign



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 32 – Resultado do Escaneamento - Processado com suavização padrão alto, mostrando os vértices geométricos



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

5.2 Processamento da nuvem de pontos alternando os parâmetros - IMMerge

A parte mais simples e direta da execução dos testes, consistiu em utilizar o IMMerge diversas vezes com o mesmo arquivo de entrada (a nuvem de pontos obtida na etapa do IMAlign), progressivamente alterando os valores dos 4 parâmetros escolhidos a cada iteração. Os parâmetros e os valores dados a eles estão mostrados na Tabela 2. Nela, também está mostrado o sistema de nomenclatura utilizado na análise, com os códigos A, B, C e D indicando em cada arquivo de saída, quais foram os parâmetros utilizados na geração dele. Por exemplo, um resultado chamado A1 B3 C2 D2 utilizou 1,0 no campo "distância máxima", 0,6 no "passo de amostragem", 0,54 no "desvio padrão", e teve "nível de suavização" selecionado como alto.

Tabela 2 – Parâmetros e valores escolhidos

Parâmetro					
Nível de Suavização	Código	A1	A2	A3	A4
	Valor	Alto	Medio	Baixo	Nenhum

	Parâmetro		Padrao	Alto	Baixo	Mais Alto	Mais Baixo
Malhagem	Distância Máxima	Código	B1	B2	B3	B4	B5
		Valor	2,0	3,0	1,0	4,0	0,5
	Passo de Amostragem de Superfície	Código	C1	C2	C3	C4	C5
		Valor	0,4	0,6	0,2	0,8	0,1
	Desvio Padrão	Código	D1	D2	D3	D4	D5
		Valor	0,39	0,54	0,24	0,69	0,1

Fonte: Do Autor.

Vale ressaltar que não foram utilizadas todas as permutações possíveis dos valores escolhidos, pois isso aumentaria consideravelmente a quantidade de arquivos finais para análise. A lógica escolhida foi a de, para cada um dos parâmetros além do de Nível de Suavização (já que este só possui quatro opções pré-definidas), escolher um valor "padrão" (o valor inicial, que já estava definido no início dos estudos do *software*), um valor "alto", e um valor "baixo" (cada um cerca de 50% acima ou abaixo do valor padrão), assim tendo três valores para cada um dos três parâmetros.

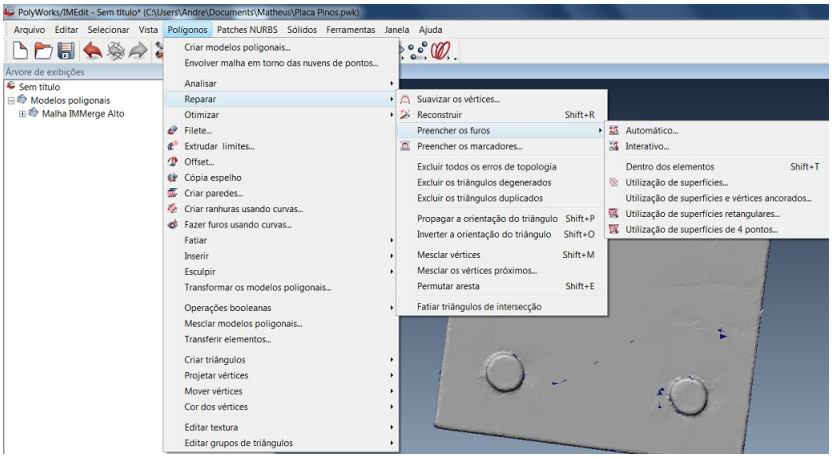
Com estes valores definidos para os três parâmetros numéricos, existiriam um total máximo de 27 permutações, que então multiplicadas pelas quatro opções de valores para o último parâmetro, teriam resultado em 108 arquivos de saída. Porém, ao invés disso, foi optado por uma redução, por simplicidade, na quantidade de combinações, na tentativa de dar ênfase aos valores padrões e manter os resultados mais próximos deles, resultando em um total de 15 conjuntos dos parâmetros numéricos, e posteriormente 60 arquivos de saída quando combinados com o parâmetro de Suavização.

Após a conclusão destes 60 arquivos, foram utilizados outros valores para os três parâmetros numéricos para se gerar mais algumas combinações: os valores "mais alto" e "mais baixo" (novamente com uma alteração próxima de 50%), onde estes foram feitos apenas 8 combinações novas (sendo os quatro tipos de Suavização, combinado com as duas novas parametrizações numéricas), assim totalizando 68 arquivos de saída do IMMerge.

5.3 Pós-processamento no IMEdit

Com o intuito de explorar os efeitos de algumas ferramentas do subprograma de edição sobre os arquivos de saída, alguns dos modelos resultantes da etapa anterior foram submetidos a pós-processamento no IMEdit. As ferramentas em questão são de preenchimento automático de furos e *gaps*, referente a Figura 18 e com seu acesso na interface demonstrado na Figura 33 que é uma adição frequentemente utilizada no laboratório por ser de fácil uso e tornar o modelo final mais completo, e a de suavização automática do modelo, que foi utilizada a título de teste.

Figura 33 – IMEdit - Acessando "Preenchimento Automático de Furos"



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Assim, alguns arquivos resultantes da etapa do IMMerge geraram resultados extras que passaram por edição, aumentando o número total de arquivos a serem analisados de 68 para o total final de 87, onde cada um estes 19 extras pode ser diretamente comparado com seu "arquivo-mãe" que não foi editado.

No sistema de nomenclatura, os resultados que passaram pelo IMEdit possuem um quinto código atrelado, chamado "E", como por exemplo, o item "A4 B4 C4 D4 E".

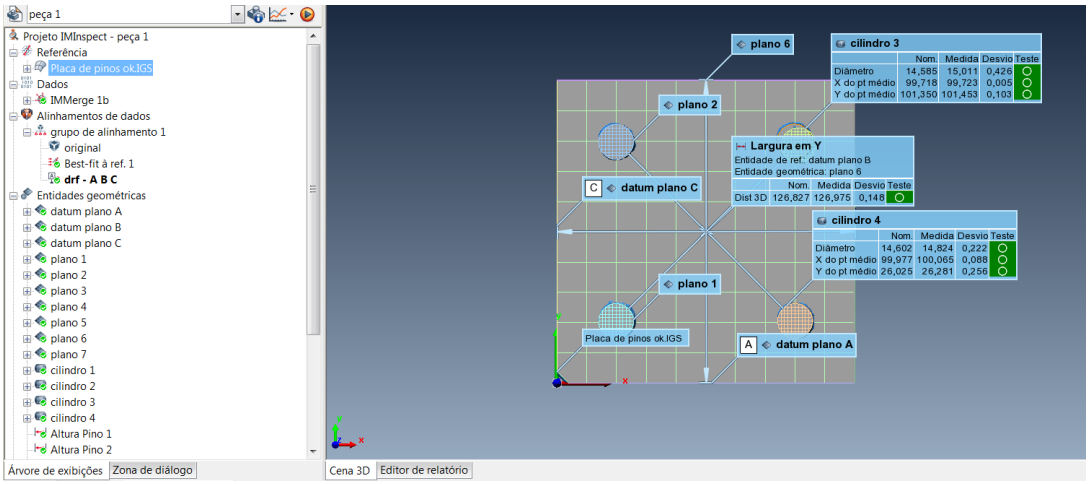
5.4 Análise dos modelos no IMInspect

Para poder realizar uma análise apropriada dos diversos dados que poderiam ser lidos nos modelos finais, foi necessário que antes fosse feita a extração e tabulação destes valores. Com este fim foi utilizado, como mencionado anteriormente, o subprograma de inspeção do PolyWorks, o chamado IMInspect.

Nele, foi programado um arquivo de análise que utilizava de base o projeto CAD com as medidas extraídas da peça original na máquina de medição CNC, recebia um dos modelos 3D, comparava-os e devolvia como resultado um relatório dos valores

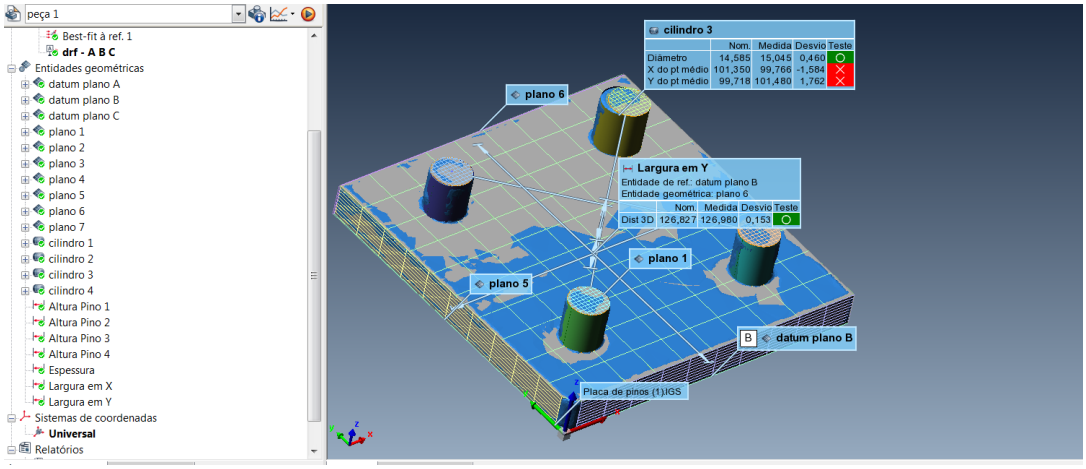
numéricos das medidas relevantes da peça, avaliando se estavam dentro de uma tolerância definida. O processo está ilustrado nas Figuras 34 e 35, e um dos relatórios na Figura 36. Repetindo o processo de rodar o programa para cada um dos modelos gerados, os relatórios foram salvos individualmente em arquivos PDF e depois tiveram seus dados transplantados para uma tabela para análise, visto em anexo ao presente documento (Anexo A).

Figura 34 – IMInspect - O programa de análise



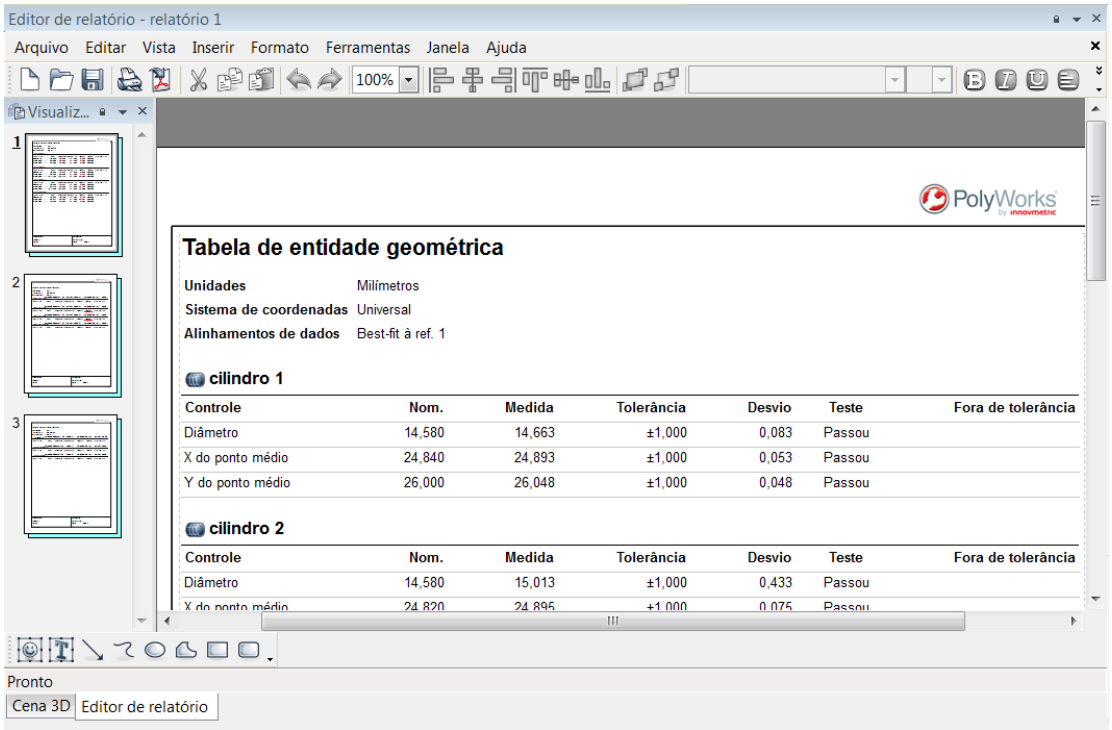
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 35 – IMInspect - Aplicado um dos modelos



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 36 – IMInspect - Relatório de inspeção



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

5.5 Análises finais

Tendo tabulado todos os valores de medidas e dos tamanhos de arquivo de todos os modelos resultantes dos testes, foram feitos alguns cálculos iniciais para gerar sub-dados para análise.

Cada valor absoluto medido foi trocado pela sua diferença com o valor nominal correspondente, pois as análises são todas baseadas no valor do erro. Então, para cada arquivo, calculou-se o valor médio dos erros e o desvio padrão da média. Junto disso, foi calculado também a taxa de milímetros de erro por kBs de tamanho de arquivo, assim como desvio padrão por tamanho, de cada teste, com intuito de avaliar se essa proporção indicaria algo na qualidade geral do método, e esses dados foram incluídos nos dados gerais.

Finalmente associou-se, a cada item, três valores de classificação: os *ranks* de erro médio e tamanho de arquivo, onde o arquivo com menor erro médio recebeu *rank* 1, o segundo menor recebeu 2, e assim por diante até o maior erro médio; a mesma coisa para o *rank* de tamanho de arquivo; e um *rank* unificado, que é a soma dos dois outros valores, pois consideramos que o melhor resultado é um arquivo pequeno e com erros baixos, assim podendo facilmente avaliar o quão bem cada arquivo saiu, em relação aos demais. Estes estão na tabela anexo chamada "Análise" (Anexo B).

Para além e a partir destas duas tabelas principais, foram realizadas diversas análises, cálculos e comparações que geraram novas tabelas auxiliares em contextos diferentes, explicadas nas subseções a seguir.

5.5.1 Estatísticas gerais

Ainda utilizando as dimensões medidas, que em análises posteriores serão "trocadas" pelos seus erros em relação às medidas nominais, a Tabela 3 faz uma análise estatística simples desses valores, mostrando valores médios, extremos, quartis e medianas. Após essa tabela, todas as posteriores utilizam valores de erro para os dados.

Tabela 3 – Análises dos valores diretos

	Cilindro 1				Cilindro 2			
	Diâmetro	X centro	Y centro	Altura	Diâmetro	X centro	Y centro	Altura
Nominal	14,580	24,840	26,000	16,900	14,580	24,820	101,150	16,396
Mínimo	14,56	24,78	25,92	14,02	14,64	24,63	100,90	14,79
1º Quartil	14,70	24,88	26,02	16,91	14,97	24,80	101,00	15,46
Mediana	14,77	24,91	26,04	17,01	15,02	24,85	101,10	15,54
Média	14,76	24,91	26,04	17,05	15,01	24,83	101,10	15,79
3º Quartil	14,84	24,94	26,06	17,18	15,08	24,87	101,10	15,75
Máximo	15,01	25,16	26,23	18,51	15,38	25,00	101,20	26,89

	Cilindro 3				Cilindro 4			
	Diâmetro	X centro	Y centro	Altura	Diâmetro	X centro	Y centro	Altura
Nominal	14,585	99,718	101,350	18,327	14,602	99,977	26,025	17,651
Mínimo	14,96	99,51	101,10	14,92	14,69	99,81	25,96	14,91
1º Quartil	15,01	99,58	101,20	17,03	14,78	99,87	26,05	18,05
Mediana	15,03	99,60	101,30	17,24	14,82	99,89	26,07	18,16
Média	15,04	99,61	101,30	17,25	14,82	99,91	26,08	18,12
3º Quartil	15,05	99,62	101,30	17,41	14,85	99,93	26,09	18,30
Máximo	15,35	100,00	101,50	19,05	15,16	100,2	26,47	18,76

	Geral			Tamanho do Arquivo (kB)
	Espessura	Largura em X	Largura em Y	
Nominal	12,637	124,963	126,827	
Mínimo	12,540	124,998	125,038	143
1º Quartil	12,609	125,021	126,970	437
Mediana	12,614	125,045	126,977	550
Média	12,615	125,063	126,956	3.117
3º Quartil	12,618	125,053	126,997	1.013
Máximo	12,644	126,971	127,041	36.355

Fonte: Do Autor.

Quando são avaliados os erros médios por tipo de característica dimensional (agrupando as medidas dos pinos), se tem o resultado mostrado na Tabela 4, onde se observa uma grande disparidade de valores entre as características, especialmente do diâmetro e altura dos cilindros. A espessura da placa obteve os melhores valores enquanto a altura dos pinos teve uma exatidão bem pior do que as demais características. Ao investigar a razão para tal disparidade uma suspeita principal recai sobre o que foi comentado alguns parágrafos acima, sobre a natureza da interação do *laser* com a geometria dos pinos, o que analogamente também explica a precisão maior da medida de espessura da placa, uma vez que esse é o resultado que possui o maior número de pontos de medição em seu embasamento, por ser calculado a partir das duas maiores e mais regulares áreas do corpo de prova.

Tabela 4 – Análises por categoria de medida

Dimensão	Erro médio (mm)	Desv. Pad. (mm)
Largura em X	0,104	0,214
Largura em Y	0,178	0,188
Espessura	0,027	0,035
Diâmetro	0,323	0,150
X do centro	0,081	0,029
Y do centro	0,071	0,022
Altura	0,714	0,367

Fonte: Do Autor.

Dois conjuntos de 10 melhores resultados, um termos de erro médio e outro de tamanho de arquivo, entre os 87 modelos poligonais totais, estão detalhados a seguir, na Tabela 5. Um terceiro conjunto de 10 melhores, desta vez considerando o *rank* somado dos modelos, pode ser considerado uma melhor representação dos conjuntos paramétricos de maior balanceamento encontrados, uma vez que considera ambos os fatores citados acima, e pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 5 – Os 10 melhores modelos para erro médio e tamanho de arquivo

	ID Modelo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Erro médio (mm)	Desv. padrão (mm)	Tamanho arq. (kB)	Rank - Tamanho
10 Melhores resultados em termos de erro médio	A2 B4 C4 D4	Médio	4,0	0,8	0,69	0,173	0,158	152	2
	A1 B1 C2 D1	Alto	2,0	0,6	0,39	0,208	0,190	492	31
	A1 B3 C3 D2	Alto	1,0	0,2	0,54	0,209	0,233	494	33
	A2 B3 C3 D3	Médio	1,0	0,2	0,24	0,212	0,260	986	63
	A3 B3 C3 D3	Baixo	1,0	0,2	0,24	0,213	0,251	1.001	64
	A4 B3 C1 D1	Nenhum	1,0	0,4	0,39	0,214	0,272	779	55
	A2 B3 C3 D2	Médio	1,0	0,2	0,54	0,215	0,232	478	30
	A2 B2 C2 D2	Médio	3,0	0,6	0,54	0,216	0,218	239	7
	A3 B4 C4 D4	Baixo	4,0	0,8	0,69	0,217	0,188	143	1
	A1 B2 C2 D2	Alto	3,0	0,6	0,54	0,219	0,223	251	9

	ID Modelo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Erro médio (mm)	Desv. padrão (mm)	Tamanho arq. (kB)	Rank - Erro médio
10 Melhores resultados em termos de tamanho de arquivo	A3 B4 C4 D4	Baixo	4,0	0,8	0,69	0,217	0,188	143	9
	A2 B4 C4 D4	Médio	4,0	0,8	0,69	0,173	0,158	152	1
	A4 B4 C4 D4	Nenhum	4,0	0,8	0,69	0,227	0,299	153	18
	A1 B4 C4 D4	Alto	4,0	0,8	0,69	0,284	0,350	158	79
	A3 B2 C2 D2	Baixo	3,0	0,6	0,54	0,268	0,354	232	66
	A3 B3 C2 D2	Baixo	1,0	0,6	0,54	0,267	0,342	238	64
	A2 B2 C2 D2	Médio	3,0	0,6	0,54	0,216	0,218	239	8
	A2 B3 C2 D2	Médio	1,0	0,6	0,54	0,241	0,268	247	37
	A1 B2 C2 D2	Alto	3,0	0,6	0,54	0,219	0,223	251	10
	A1 B3 C2 D2	Alto	1,0	0,6	0,54	0,235	0,236	262	27

Fonte: Do Autor.

Tabela 6 – Os 10 melhores modelos em soma de *ranks*

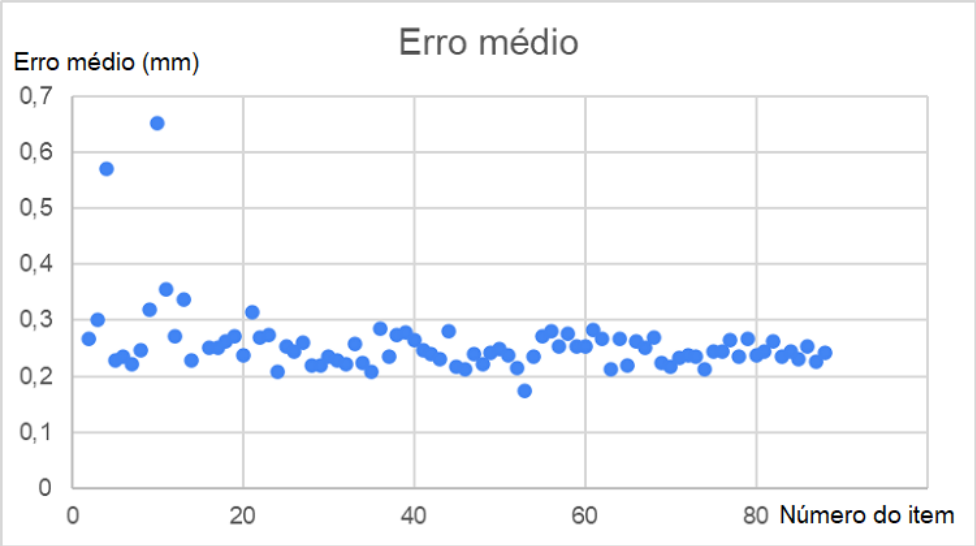
	ID Modelo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Erro médio (mm)	Desv. padrão (mm)	Tamanho arq. (kB)	Rank - Total
10 Melhores resultados em termos de rank somado	A2 B4 C4 D4	Médio	4,0	0,8	0,69	0,173	0,158	152	3
	A3 B4 C4 D4	Baixo	4,0	0,8	0,69	0,217	0,188	143	10
	A2 B2 C2 D2	Médio	3,0	0,6	0,54	0,216	0,218	239	15
	A1 B2 C2 D2	Alto	3,0	0,6	0,54	0,219	0,223	251	19
	A4 B4 C4 D4	Nenhum	4,0	0,8	0,69	0,227	0,299	153	21
	A3 B2 C3 D2	Baixo	3,0	0,2	0,54	0,219	0,249	430	29
	A1 B1 C2 D1	Alto	2,0	0,6	0,39	0,208	0,190	492	33
	A1 B3 C3 D2	Alto	1,0	0,2	0,54	0,209	0,233	494	36
	A2 B2 C3 D2	Médio	3,0	0,2	0,54	0,222	0,276	433	36
	A1 B3 C2 D2	Alto	1,0	0,6	0,54	0,235	0,236	262	37

Fonte: Do Autor.

Observa-se novamente que os parâmetros modificados não causaram alteração significativa nos erros dos modelos poligonais, e estes valores de erro são compatíveis com a exatidão esperada na medição com apalpação laser, que é de 0,2 mm. Porém, podemos perceber que os primeiros 4 melhores tamanhos de arquivo utilizaram os mesmos parâmetros numéricos (os valores mais altos dentre as opções, B4 C4 e D4, ou 4,0, 0 8 e 0,64), e os outros 6 apresentam a combinação "C2 D2", ou seja, os parâmetros "passo de amostragem" e "desvio" são 0,6 e 0,54, respectivamente, para todos esses modelos.

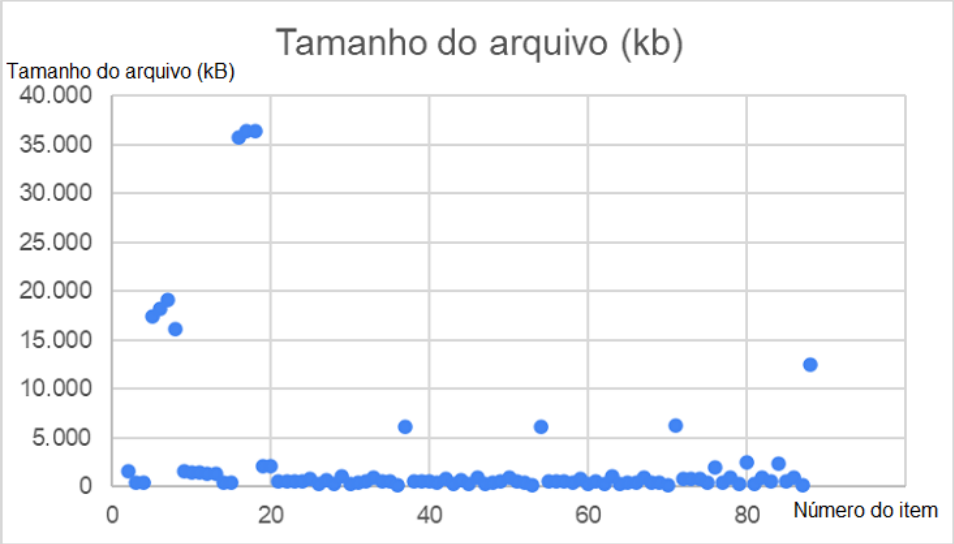
Considerando uma visão mais global dos dados obtidos, podemos retirar algumas estatísticas gerais envolvidas. O gráfico na Figura 37 mostra o erro médio de todas as dimensões nas 87 combinações de parâmetros, indicando que este se manteve relativamente constante em todos os experimentos, exceto por um par de anômalos. Já o gráfico mostrado na Figura 38 visualiza o tamanho do arquivo digital em kB de todos os modelos poligonais, e inicialmente indica que a variação nos parâmetros geométricos não causou influência significativa no tamanho do arquivo.

Figura 37 – Gráfico dos erros médios das análises



Fonte: Do Autor.

Figura 38 – Gráfico dos tamanhos de arquivo das análises



Fonte: Do Autor.

A Tabela 7 mostra que o erro médio total ficou em 0,257 mm, e também apresenta outras estatísticas primárias gerais referentes ao conjunto completo dos testes, como desvio padrão e os limites mínimos e máximos para os dados.

Os limites referidos são critérios calculados a partir da média, somada ou subtraída o desvio padrão, uma ou duas vezes. Analisando estes limites, podemos observar que cada critério inclui quantidades de itens dentro das suas estipulações. Os modelos que entraram nos limites referidos podem ser vistos na tabela de "Análise" no Anexo B, diferenciados pela cor de fundo das células, onde as de fundo verde ou

cinza estão dentro dos limites menores, e as vermelhas estão fora de ambos os limites. Assim:

- No critério de limites do Erro Médio:
  - Considerando 1 desvio padrão, teremos os itens de *rank* 2 até 82 dentro do critério, sendo 81 de 87, ou 93,1% do total analisado;
  - Considerando 2 desvios padrão, teremos os itens de *rank* 1 até 84 dentro do critério, sendo 84 de 87, ou 96,5% do total analisado;
- No critério de Desvio Padrão:
  - Considerando 1 desvio padrão, teremos os itens de *rank* 8 até 82 dentro do critério, sendo 74 de 87, ou 85,1% do total analisado;
  - Considerando 2 desvios padrão, teremos os itens de *rank* 1 até 84 dentro do critério, sendo 84 de 87, ou 96,5% do total analisado;
- No critério de Tamanho do Arquivo:
  - Considerando 1 desvio padrão, teremos os itens de *rank* 1 até 79 dentro do critério, sendo 79 de 87, ou 90,8% do total analisado;
  - Considerando 2 desvios padrão, teremos os itens de *rank* 1 até 82 dentro do critério, sendo 81 de 87, ou 93,1% do total analisado.

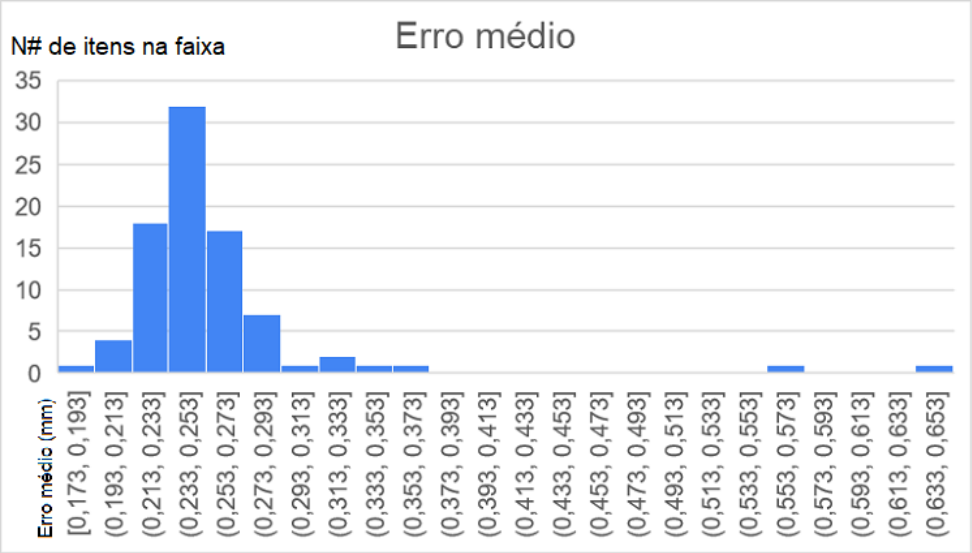
Tabela 7 – Estatísticas gerais calculadas

		Erro (mm)	Desv. p. (mm)	Tamanho (kB)
	Mínimo	0,173	0,158	143,00
	Média	0,257	0,318	3037,68
	Desvio-pad.	0,062	0,088	7399,19
Intervalo de confiança	Limite Mín. (2x)	0,133	0,142	-11760,69
	Limite Máx. (2x)	0,382	0,495	17836,05
	Limite Mín. (1x)	0,195	0,230	-4361,51
	Limite Máx. (1x)	0,320	0,406	10436,86

Fonte: Do Autor.

O gráfico de histograma da Figura 39 mostra a distribuição de frequências do erro médio em todos os 87 modelos poligonais, confirmando a concentração dos erros uma faixa estreita, cuja curvatura se assemelha a uma distribuição normal.

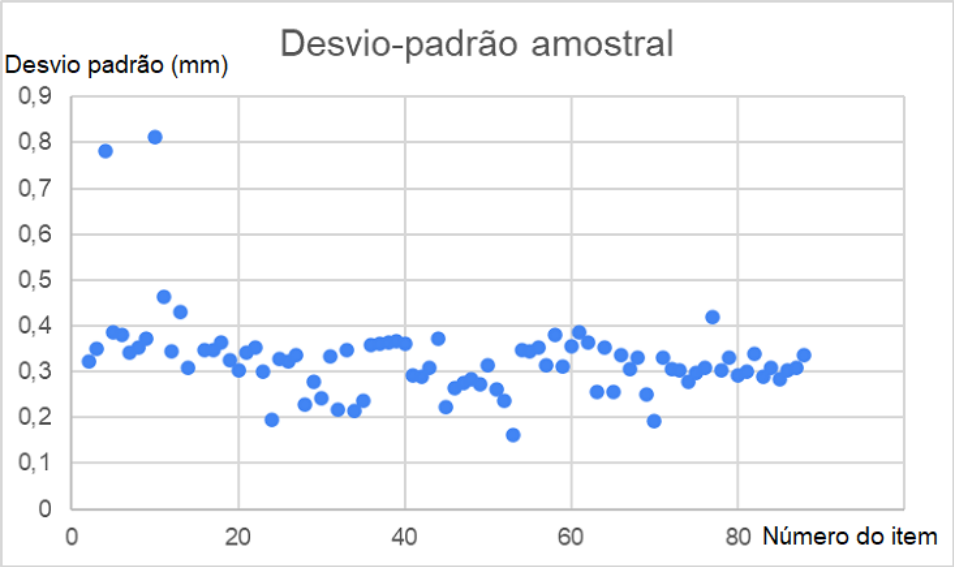
Figura 39 – Distribuição de frequência dos erros médios



Fonte: Do Autor.

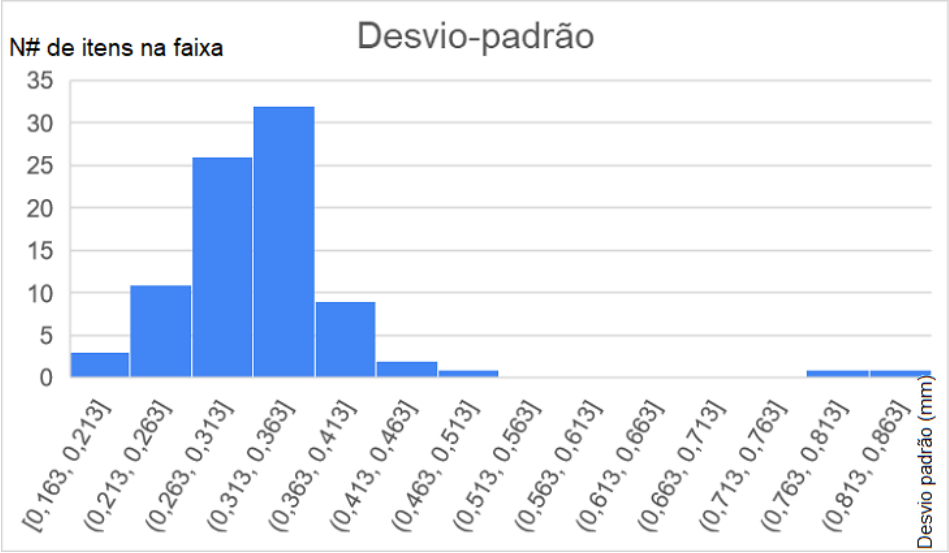
Quando se avaliou a variação ocorrida nos erros dimensionais, estimada pelo desvio-padrão amostral, obteve-se também uma pequena variação entre os modelos poligonais. O gráfico da Figura 40 ilustra o desvio-padrão dos erros em todas as combinações paramétricas testadas, e o gráfico de histograma da Figura 41 mostra a distribuição de frequências dos desvios-padrão em todos os modelos, confirmando a concentração numa faixa estreita.

Figura 40 – Desvio padrão dos erros das dimensões em cada modelo



Fonte: Do Autor.

Figura 41 – Distribuição de frequência dos desvios padrão dos erros

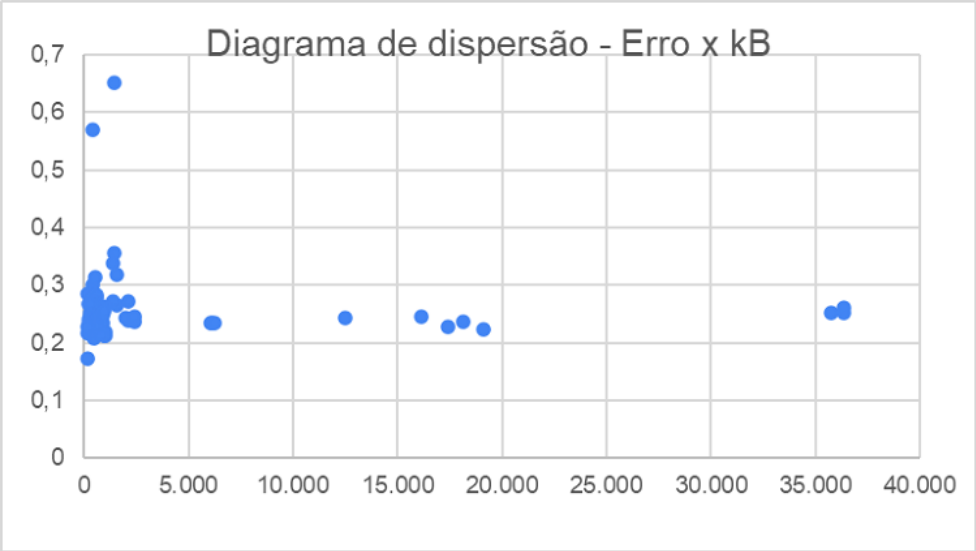


Fonte: Do Autor.

Estes comportamentos são confirmados quando se avaliou a correlação entre os erros e o tamanho do arquivo através dos gráficos de dispersão mostrados a seguir. Na Figura 42 se tem o diagrama de dispersão entre o erro dimensional e o tamanho do arquivo. Este gráfico mostra que a grande maioria dos resultados se concentra numa região de combinação de erro médio de 0,25 mm com tamanho de arquivo perto de 1000 kB.

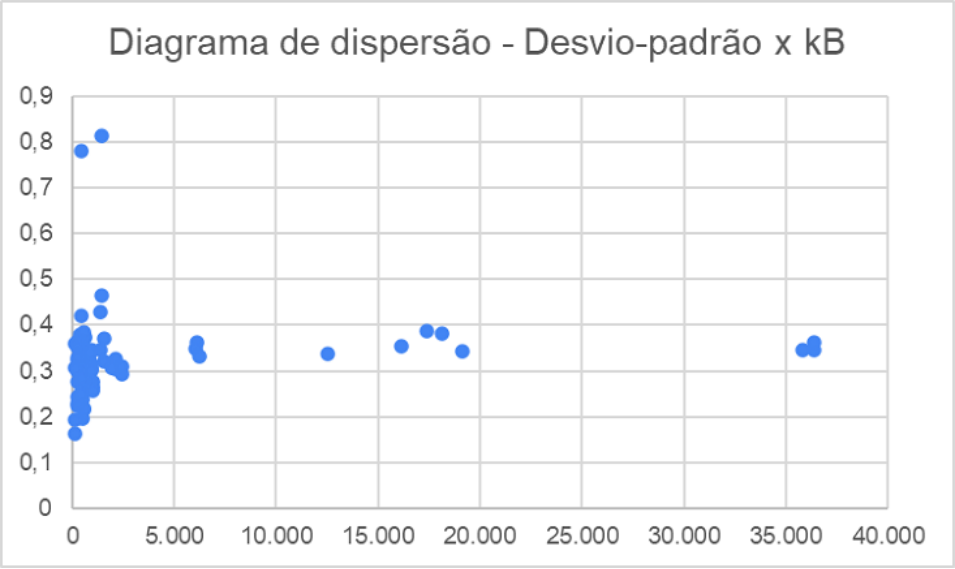
Já no gráfico da Figura 43 o mesmo comportamento é obtido quanto à variação no erro. Cerca de 90% dos resultados se concentram numa combinação de desvio-padrão médio de 0,3 mm com um tamanho de arquivo na proximidade de 1000 kB.

Figura 42 – Diagrama de dispersão entre tamanho de arquivo e erro médio



Fonte: Do Autor.

Figura 43 – Diagrama de dispersão entre tamanho de arquivo e desvio padrão dos erros



Fonte: Do Autor.

Comparando os valores dos arquivos, gerou-se a Tabela 8, que mostra os destaques dos extremos entre os itens. Na parte superior, são considerados todos os resultados, escolhendo os melhores e piores resultados. Então, como os maiores valores são ambos de arquivos que passaram pelo IMEdit (indicados pelo nome do método começando com "E", assim como possuindo a letra "E" no ID), a seção do meio da tabela destaca os itens com maiores erro e tamanho de arquivo caso fossem considerados apenas os testes que terminaram no IMMerge. Da mesma forma, os menores valores foram de métodos que não utilizaram o IMEdit, então a parte inferior da tabela considera apenas os que fizeram uso desse subprograma.

As classificações na parte direita da tabela são referentes à posição dos itens no total dos resultados, indicando assim quantos métodos estão acima ou abaixo naquela categoria, o que deixa claro uma certa vantagem que os arquivos que não utilizaram o IMEdit tem em relação aos que o fizeram, nos quesitos considerados.

Tabela 8 – Destaques de melhores e piores resultados por categoria

	Método	ID	Tamanho (kB)	Erro (mm)	Des. p. (mm)	
Maior arquivo	E 4p P(S)	A4B5C5D5E	36.355	0,251/0,261	0,341/0,357	
Menor arquivo	M 3o	A3B4C4D4	143	0,217	0,188	
Maior erro e desvio	E 2 P	A2B1C1D1E	1451	0,652	0,797	
Menor erro e desvio	M 2o	A2B4C4D4	152	0,173	0,158	
Maior arquivo (M)	M 4p	A4B5C5D5	12517	0,242	0,331	8º
Maior erro (M)	M 1	A1B1C1D1	549	0,314	0,332	6º
Maior desvio (M)	M 4e	A4B1C1D2	430	0,266	0,407	5º
Menor arquivo (E)	E 1o PS buraco	A1B4C4D4E	430	0,570	0,760	18º
Menor erro (E)	E 1p P dm20	A1B5C5D5E	19129	0,223	0,337	15º
Menor desvio (E)	E 4 PS	A4B1C1D1E	2118	0,239	0,296	30º

Fonte: Do Autor.

Como citado acima, foi calculado também taxas de proporção de erro por tamanho de arquivo, assim como desvio padrão por tamanho. A Tabela 9 mostra os extremos dos valores resultantes.

Um problema encontrado com esses critérios é que a variação de tamanhos de arquivo é muito maior que as variações de erro ou de desvio padrão, uma vez que o maior arquivo é 254 vezes maior que o menor, enquanto que nos outros valores a diferença é de 3 a 5 vezes apenas, fazendo com que a melhor taxa E/T seja muito mais afetada pelo peso do arquivo, do que pela exatidão das medidas.

Tabela 9 – Cálculos de proporção entre erro/tamanho e desvio/tamanho

	Método	ID	Erro/Tamanho (mm/kB)	Desvio/Tamanho (mm/kB)
Menor	E 4p P	A4 B5 C5 D5 E	0,00000691	0,00000939
Maior	M 1o	A1 B4 C4 D4	0,00179947	0,00221413
Do M	M 2o	A2 B4 C4 D4	0,00114058	0,00107223
		Médias	0,00047345	0,00056561

Fonte: Do Autor.

5.5.2 Análise dos parâmetros

Foi feita uma série de avaliações sobre os valores utilizados em cada parâmetro individualmente, comparando todos os métodos que utilizaram um certo valor em um certo parâmetro; por exemplo, isolando todos os testes que utilizaram 0,8 no parâmetro de Passo de Amostragem de Superfície, independente do restante dos parâmetros, a média de todos os erros desses foi de 0,286 mm.

Avaliando cada parâmetro dessa forma, foi retirado o melhor, o pior, e o valor médio para cada dado principal, mostrados na Tabela 10, onde em cada seção de

coluna os casos extremos estão pintados, de verde para os menores valores nas partes de "melhores" e "médias", e de vermelho nos maiores valores dos "piores" casos.

Olhando para os "melhores" e "piores", pode-se perceber facilmente que os valores pintados correspondem aos métodos que receberam o primeiro e último *rank*, respectivamente. Já na parte de "médias", podemos unir os parâmetros que receberam os menores totais, e assim indicar os métodos que, na média teórica dessa avaliação, seriam as melhores combinações de configurações paramétricas para cada objetivo: o método A4 B3 C3 D2 para erro, o A4 B3 C2 D2 para desvio padrão, e o A3 B4 C4 D4 para tamanho de arquivo. Esse último palpite foi acertado, pois o método A3 B4 C4 D4 realmente foi o que apresentou o arquivo mais leve, com apenas 143 kB. Porém, ao mesmo tempo, o método aqui indicado como resultante de melhor média para o valor de erro médio se encontra na 55ª posição do *ranking*, o que o posiciona na metade inferior dos testes nesse quesito.

Algumas observações podem ser feitas sobre a Tabela 10. Podemos ver que o parâmetro "A2" (código para nível médio de suavização) foi parte da geração dos dois melhores resultados para erro médio e desvio padrão do erro, porém também fez parte do método que apresentou o pior erro médio dos testes. Além disso, também é visível na tabela que o parâmetro "A4" (nível de suavização configurado como "nenhum") está presente tanto nas médias de erro médio e desvio padrão, quanto nos piores resultados para desvio padrão e tamanho de arquivo. Adicionalmente, existem outros paralelos entre parâmetros em situações similares, fazendo parte de boas médias e também de piores resultados.

Tabela 10 – Análises por valor dos parâmetros

		Melhores			Médias			Piores		
		Erro (mm)	Desvio (mm)	Tamanho (kB)	Erro (mm)	Desvio (mm)	Tamanho (kB)	Erro (mm)	Desvio (mm)	Tamanho (kB)
A	1	0,208	0,190	158	0,262	0,324	3582	0,570	0,760	19129
	2	0,173	0,158	152	0,267	0,322	903	0,652	0,797	6080
	3	0,213	0,188	143	0,258	0,318	887	0,338	0,418	6258
	4	0,214	0,272	153	0,245	0,309	5.862	0,272	0,407	36.355
B	1	0,208	0,190	269	0,280	0,345	909	0,652	0,797	2118
	2	0,216	0,213	232	0,247	0,298	643	0,280	0,356	2415
	3	0,209	0,210	238	0,237	0,275	667	0,273	0,352	2429
	4	0,173	0,158	143	0,286	0,342	293	0,570	0,760	477
	5	0,223	0,327	6.080	0,240	0,349	19.116	0,261	0,379	36.355
C	1	0,214	0,272	269	0,283	0,353	860	0,652	0,797	2118
	2	0,208	0,190	232	0,243	0,277	399	0,275	0,369	570
	3	0,209	0,232	430	0,235	0,286	979	0,263	0,338	2429
	4	0,173	0,158	143	0,286	0,342	293	0,570	0,760	477
	5	0,223	0,327	6.080	0,240	0,349	19.116	0,261	0,379	36.355
D	1	0,208	0,190	404	0,280	0,339	932	0,652	0,797	2118
	2	0,209	0,218	232	0,239	0,2906	397	0,268	0,407	975
	3	0,212	0,210	461	0,243	0,2910	881	0,283	0,375	2.429
	4	0,173	0,158	143	0,286	0,342	293	0,570	0,760	477
	5	0,223	0,327	6.080	0,240	0,349	19.116	0,261	0,379	36.355

Pelas médias, a melhor configuração seria:	P/ erro: A4 B3 C3 D2	(erro real = 0,253mm - Rank 55)
	P/ desvio: A4 B3 C2 D2	(desvio real = 0,292mm - Rank 27)
	P/ tamanho: A3 B4 C4 D4	(tamanho real = 143kB - Rank 1)

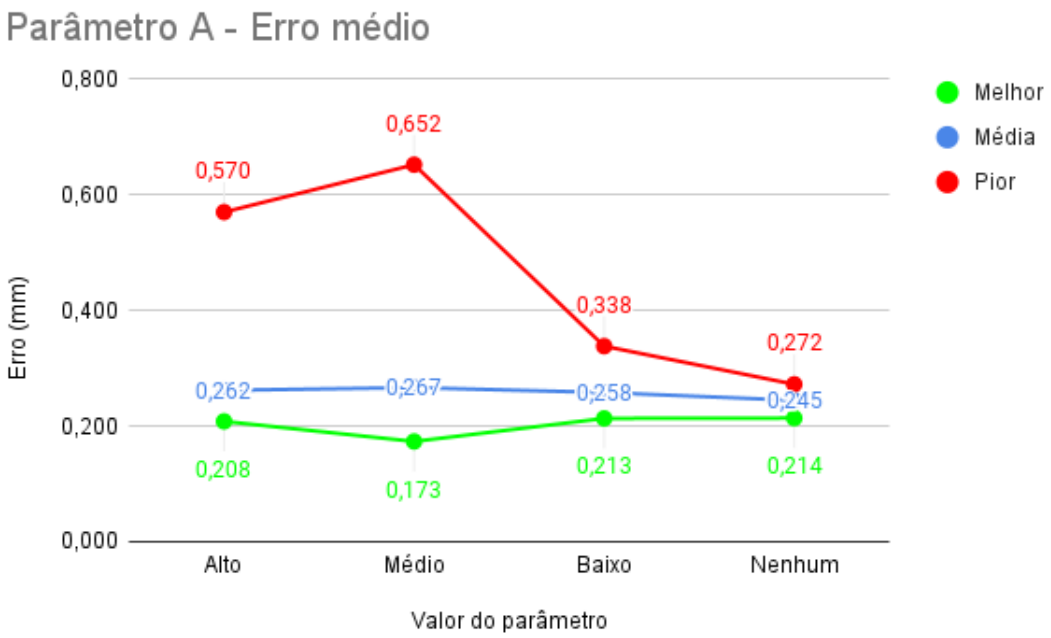
Fonte: Do Autor.

Abaixo, nas Figuras 44 a 51, estão ilustrados graficamente os dados da Tabela 10, de forma a tornar mais intuitiva a análise feita. Neles, pode ser visto mais facilmente algumas conclusões:

- O parâmetro "A" é o que gerou os gráficos menos similares ao restante, sem tendências lineares evidentes entre o valor do parâmetro e o valor dos resultados;
- Sobre os erros médio analisados pela lente do parâmetro "A" (Figura 44), podemos ver pelas médias e pelos valores mínimos que esse item não parece causar muita mudança nos erros resultantes, uma vez que a média permanece quase constante durante o gráfico;
- Ainda sobre o parâmetro "A", em relação aos tamanhos de arquivo (Figura 45), os melhores valores são todos muito próximos, o que causa a impressão de não correlação com esse parâmetro, porém devido a linha de médias ter o mesmo formato da linha de piores valores, somado ao destacado no item abaixo, percebemos que o Nível de Suavização afetou consideravelmente sim o peso digital dos arquivos resultantes dos testes;
- Vale apontar, para o entendimento das afirmações acima, que o parâmetro "A" é o único que teve todas as suas opções (alto, médio, baixo e nenhum) interagindo com todas as combinações possíveis dos outros quatro parâmetros - todas as permutações de "B", "C" e "D" tem 4 versões com "A"s diferentes;

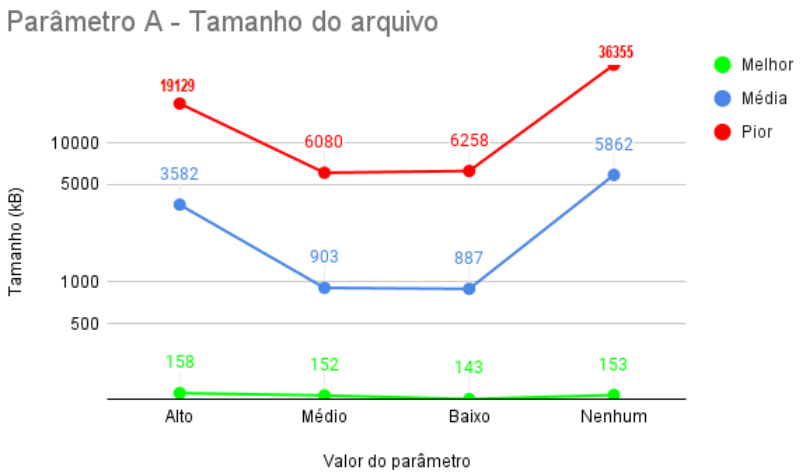
- Os parâmetros numéricos ("B", "C" e "D") apresentam gráficos com formatos bastante semelhantes uns com os outros, indicando que eles causam efeitos próximos nos resultados;
- Nos gráficos de tamanho de arquivo dos parâmetros numéricos, pode-se notar uma tendência ao aumento do valor do eixo vertical quando tem-se uma diminuição do valor do eixo horizontal, correlacionando menores valores paramétricos a arquivos maiores e mais detalhados/pesados;
- É perceptível, em todos os gráficos de erro médio, que as linhas de média e de melhores valores são bastante próximas, indicando pouca influência dos parâmetros quando ampliado o escopo da análise;
- Em todos os gráficos de erro médio, pode ser percebido que os dois picos com valores mais altos são os de erro 0,652 e 0,570. Esses são, quando olhamos a tabela "Análise" do Anexo B e o gráfico geral de erros médios na Figura 37, os dois pontos que mais se afastam das tendências gerais, e são dois testes que passaram pelo IMEdit. Porém as linhas azuis de média, nos valores que incluem esses picos, não são excessivamente influenciadas por eles, indicando que são anomalias, e assim podemos concluir que a imprecisão destes foi causada pelo uso das ferramentas do IMEdit, e não pelos valores dos parâmetros em si.

Figura 44 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "A"



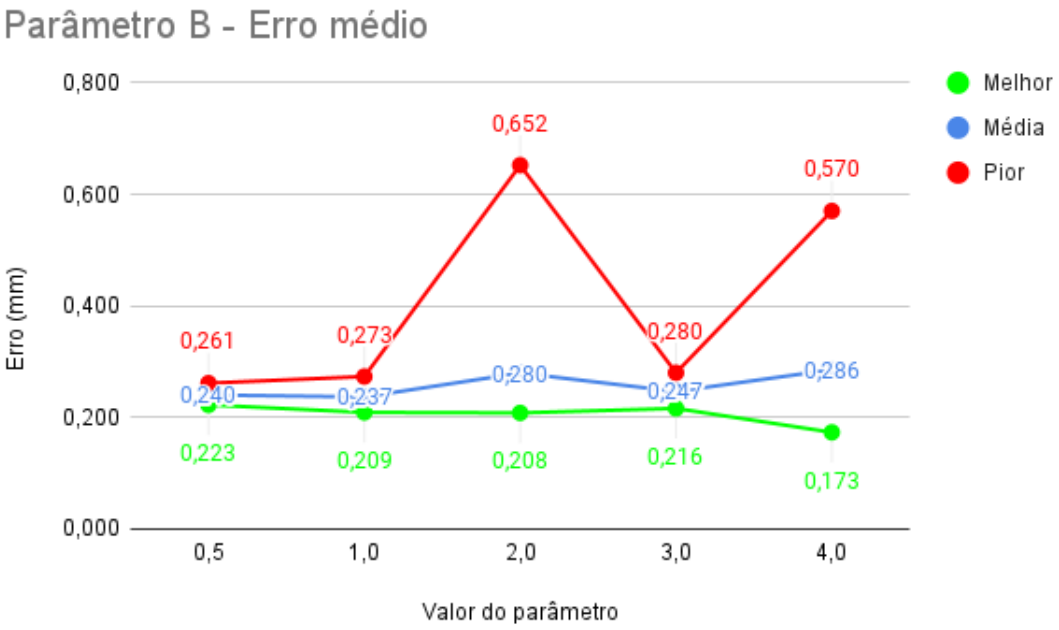
Fonte: Do Autor.

Figura 45 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "A"



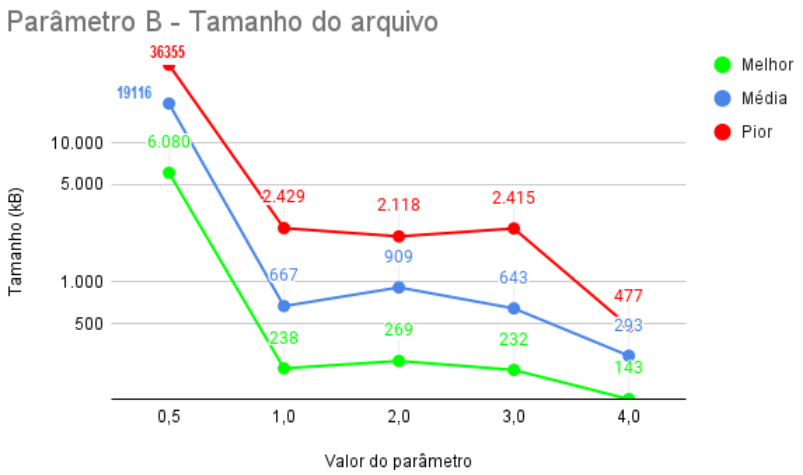
Fonte: Do Autor.

Figura 46 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "B"



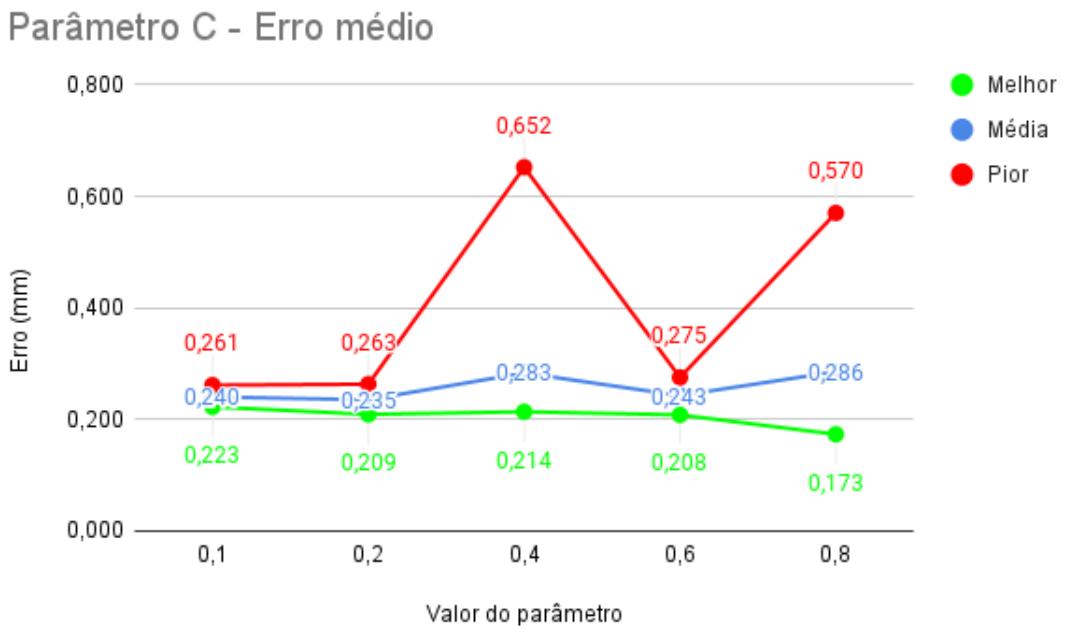
Fonte: Do Autor.

Figura 47 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "B"



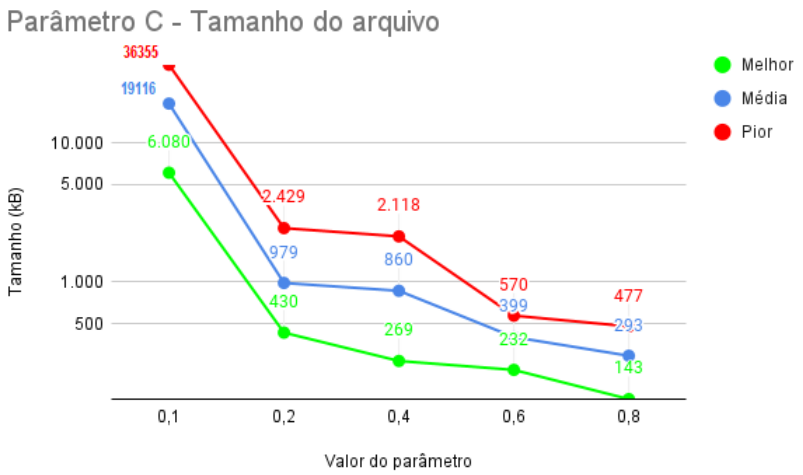
Fonte: Do Autor.

Figura 48 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "C"



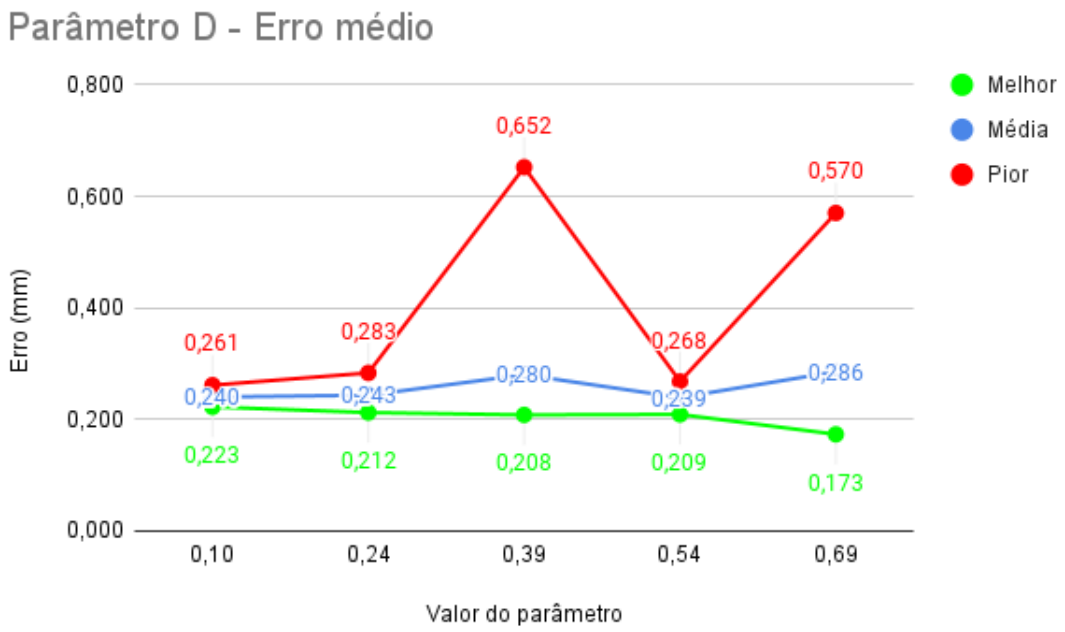
Fonte: Do Autor.

Figura 49 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "C"



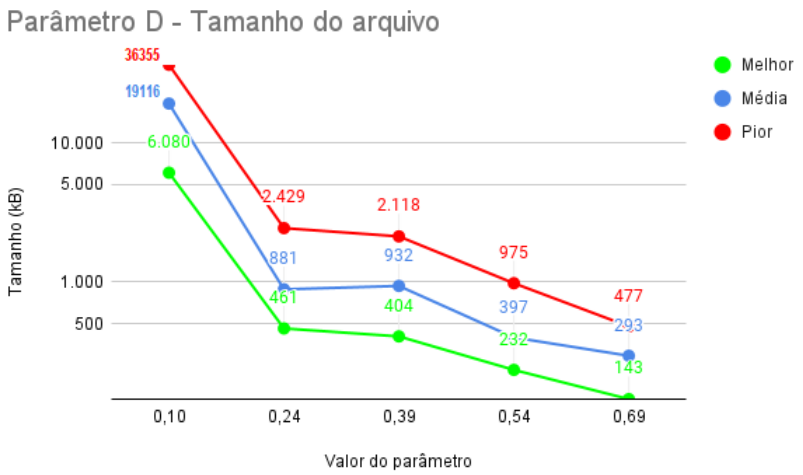
Fonte: Do Autor.

Figura 50 – Gráfico de análise de erro médio pelo parâmetro "D"



Fonte: Do Autor.

Figura 51 – Gráfico de análise de tamanho de arquivo pelo parâmetro "D"



Fonte: Do Autor.

5.5.3 Melhores e piores resultados

A Tabela 11 utiliza novamente os dois métodos da conclusão anterior vinda da Tabela 10, e os compara com outros testes de parametrização similar, alterando pouco os valores dos parâmetros, de forma a tentar avaliar se estes outros conjuntos paramétricos similares também resultaram em bons valores.

Ainda na mesma tabela, novamente estão presentes células pintadas de verde e vermelho, indicando os melhores e piores resultados de cada coluna. As diferentes seções verticais, por sua vez, separam as instâncias de mudanças de diferentes parâmetros na análise. Podemos notar que os melhores resultados são consideravelmente melhores do que os dois métodos principais analisados, e se aproximam bem mais dos melhores resultados globais. Nessa e nas próximas tabelas, foram incluídas colunas com o valor dos *ranks* nas colunas mais à direita.

Tabela 11 – Comparação dos arquivos de melhores médias com seus arquivos parametricamente similares

Pelas médias, a melhor configuração seria:		
	P/ erro: A4 B3 C3 D2	(erro real = 0,253mm - Rank 55)
	P/ desvio: A4 B3 C2 D2	(desvio real = 0,292mm - Rank 27)
	P/ tamanho: A3 B4 C4 D4	(tamanho real = 143kB - Rank 1)

Comparando os dois primeiros itens com iterações próximas:

	ID	Erro	Desvio	Tamanho	R-E	R-T	R+
"Melhores" configurações p/ E/D	A4 B3 C2 D2	0,244	0,292	278	40	13	53
	A4 B3 C3 D2	0,253	0,296	975	55	62	117
Mantendo A4 & B3	A4 B3 C2 D3	0,231	0,277	537	22	42	64
	A4 B3 C3 D3	0,237	0,285	2.429	32	76	108
Mudando apenas A	A1 B3 C3 D2	0,209	0,233	494	3	33	36
	A1 B3 C2 D2	0,235	0,236	262	27	10	37
	A2 B3 C3 D2	0,215	0,232	478	7	30	37
	A2 B3 C2 D2	0,241	0,268	247	14	22	36
	A3 B3 C3 D2	0,223	0,244	470	16	28	44
	A3 B3 C2 D2	0,267	0,342	238	64	6	70
Mudando apenas B	A4 B2 C2 D2	0,267	0,321	268	65	11	76
	A4 B2 C3 D2	0,263	0,330	912	60	58	118
	Médias	0,240	0,280	632	33,8	32,6	66,3

Fonte: Do Autor.

Similar à mostrada anteriormente, a Tabela 12 faz o mesmo tipo de análise que foi explicado acima, porém desta vez utilizando como base de comparação os dois métodos que obtiveram os melhores resultados globais, um dos quais também era um dos indicados pelas médias na Tabela 10.

Por serem métodos que utilizaram os valores de parâmetros "4", eram alguns dos que tem poucas opções de parametrizações com alterações leves, tendo apenas métodos vizinhos onde a única variação é do "Nível de Suavização" (parâmetro "A"). Sendo assim, foram incluídas na análise as versões que passaram por tratamento no IMEdit, que por serem consideravelmente diferentes, foram deixadas em uma seção parcialmente separada da tabela.

Na parte inferior da Tabela 12, foram compilados os valores médios das colunas dela, onde "E0" considerou apenas os métodos sem influência do IMEdit, "E1" apenas os que utilizaram o subprograma, e as médias de todos juntos. Isso deixa em destaque a diferença e a influência do uso das ferramentas de edição da etapa final do PolyWorks.

Tabela 12 – Comparação dos melhores resultados com seus arquivos parametricamente similares

	ID	Erro (mm)	Desvio (mm)	Tamanho (kB)	R-E	R-T	R+
Melhor E/D	A2 B4 C4 D4	0,173	0,158	152	1	2	3
Melhor T	A3 B4 C4 D4	0,217	0,188	143	9	1	10
Métodos próximos	A1 B4 C4 D4	0,284	0,350	158	79	4	83
	A4 B4 C4 D4	0,227	0,299	153	18	3	21
Versões editadas	A1 B4 C4 D4 E	0,300	0,342	430	80	20	100
	A1 B4 C4 D4 E	0,570	0,760	430	85	21	106
	A4 B4 C4 D4 E	0,227	0,299	477	19	29	48
	Médias (E0)	0,225	0,249	152	26,8	2,5	29,3
	Médias (E1)	0,366	0,467	446	61,3	23,3	84,7
	Médias (tudo)	0,286	0,342	278	41,6	11,4	53

Fonte: Do Autor.

5.5.4 Comparações com IMEdit

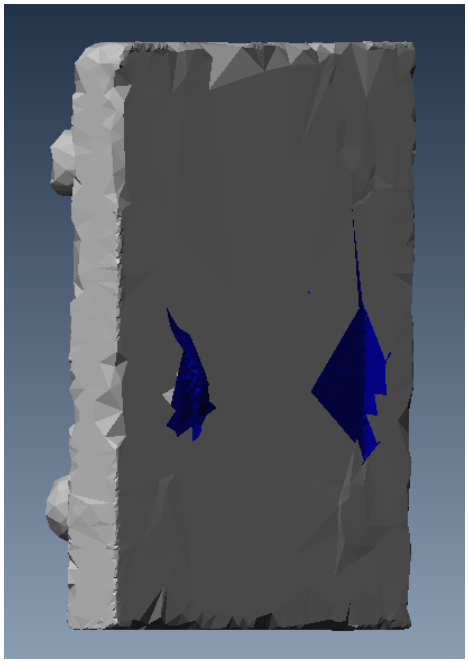
Com o intuito de unificar as comparações do desempenho do uso das ferramentas de edição do IMEdit, foi feita a Tabela 13. Nela, estão apresentadas seções contornadas que separam os métodos dependendo do arquivo IMMerge que deu origem aos resultados alterados pelo subprograma. Tais arquivos originais estão sempre na posição final de cada parte da tabela.

A coluna "Método" descreve os nomes temporários que foram utilizados durante os testes práticos do trabalho para tentar identificar e lembrar quais métodos de edição foram aplicados em cada arquivo. Sobre eles, a logística é:

- A letra inicial "E" faz o mesmo que a letra "E" no ID final, indicando que aquele teste passou pelo uso do IMEdit;
- Similarmente, a letra inicial "M" mostra que o item em questão terminou no IMMerge;
- O número em seguida é o valor do parâmetro "A", assim como no ID final;
- Quando há letra minúscula unida ao número explicado acima, é um indicador de quais foram os outros valores de parametrização. Fazia parte do método de nomenclatura antigo, que foi substituído pelos termos separados dos parâmetros ("B-"D") para clareza;"
- A presença das letras "P" e/ou "S" em maiúsculo após o número significam, respectivamente, o uso de "preenchimento automático de furos" e "suavizar vértices", duas ferramentas do IMEdit, ambos já ilustrados anteriormente, nas Figuras 26 a 29;

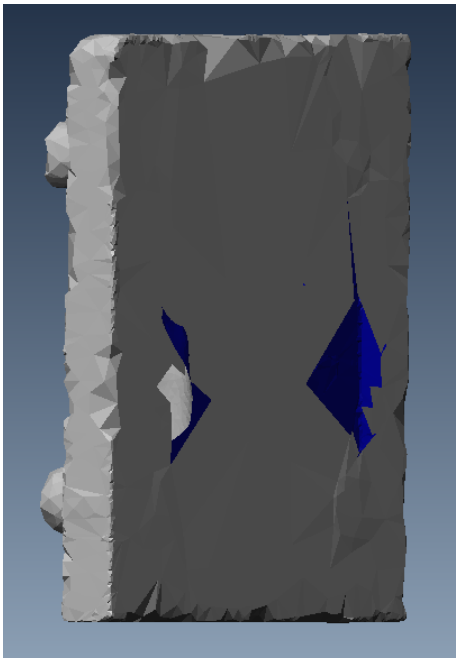
- Os termos "dm 5/10/20" são referentes a uma configuração da ferramenta de preenchimento de furos, que foi testada com valores diferentes. Exemplos da mudança deste parâmetro nas Figuras 52, 53 e 54;
- O termo "buraco" se refere a uma falha de superfície que surgiu no fundo dos modelos 3D destes arquivos, após o uso do preenchimento de furos. Um exemplo é ilustrado na Figura 55, com sua avaliação no IMInspect na Figura 56;
- O termo "barb" vem da palavra barbatana, pois o modelo em questão exibiu uma anomalia na sua superfície que se assemelhava ao termo usado;
- O termo "extra" indica que foi aumentado o valor do "número máximo de triângulos", um parâmetro do "preenchimento automático de furos" que normalmente foi usado em 10, mas neste arquivo foi mudado para 20.

Figura 52 – Exemplo de modelo com "dm5"



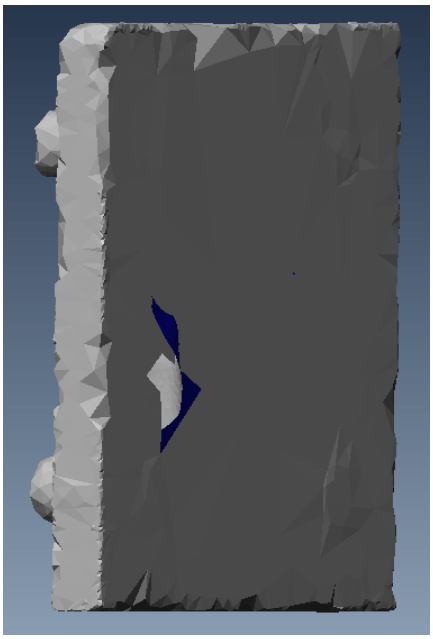
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 53 – Exemplo de modelo com "dm10"



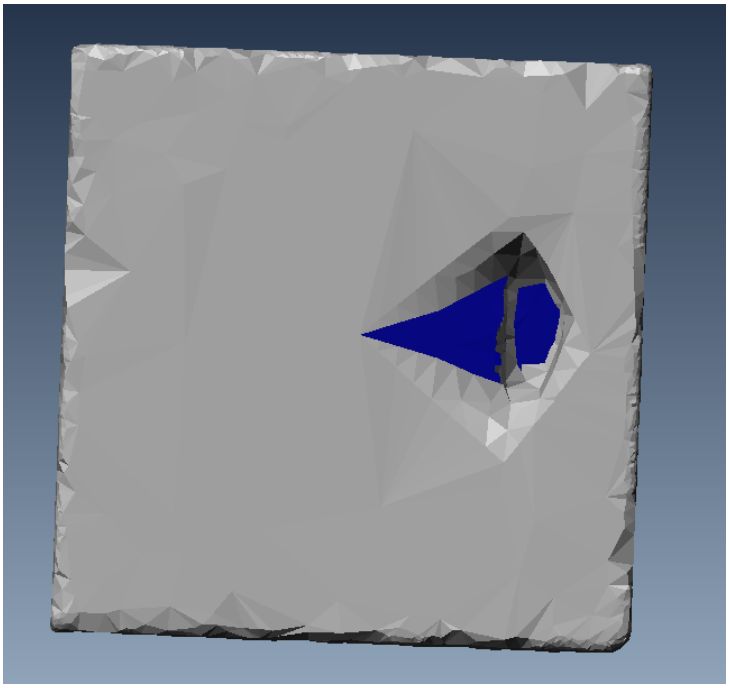
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 54 – Exemplo de modelo com "dm20"



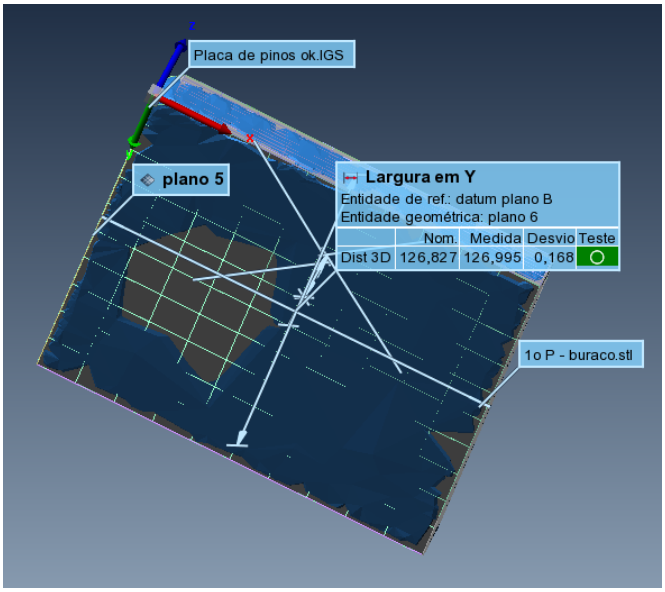
Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 55 – Exemplo de modelo com furo/"buraco"



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Figura 56 – Exemplo de modelo com furo/"buraco" no IMInspect



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Ainda na Tabela 13 podemos observar, auxiliado da pintura verde das células com melhor valor em cada etapa, que uma constante em todos os usos do IMEdit é que a saída sempre tem um tamanho de arquivo maior do que a entrada, pelo menos considerando as ferramentas que foram utilizadas para estes testes. Além disso, dois dos conjuntos mostram que os derivados tiveram diminuição no erro das medidas em relação ao arquivo-mãe correspondente, enquanto quatro tiveram o efeito oposto e dois

outros conjuntos mantiveram o mesmo valor de erro, fazendo com que não tenhamos uma conclusão concreta sobre a eficácia do uso do subprograma nos casos onde o objetivo principal é a exatidão dos modelos finais.

Tabela 13 – Comparações dos arquivos IMEdit com os respectivos Arquivos-Mãe

Método	ID	Tamanho (kB)	Erro (mm)	Des. p. (mm)	R-E	R-T	R+
E 1 P	A1 B1 C1 D1 E	1.560	0,266	0,313	63	70	133
E 1 PS	A1 B1 C1 D1 E	1.560	0,319	0,362	82	71	153
M 1	A1 B1 C1 D1	549	0,314	0,332	81	43	124
E 1o P buraco	A1 B4 C4 D4 E	430	0,300	0,342	80	20	100
E 1o PS buraco	A1 B4 C4 D4 E	430	0,570	0,760	85	21	106
M 1o	A1 B4 C4 D4	158	0,284	0,350	79	4	83
E 1p P dm10	A1 B5 C5 D5 E	18.150	0,236	0,375	30	83	113
E 1p P dm20	A1 B5 C5 D5 E	19.129	0,223	0,337	15	84	99
E 1p P dm5	A1 B5 C5 D5 E	17.408	0,228	0,379	20	82	102
E 1p S	A1 B5 C5 D5 E	16.133	0,246	0,348	46	81	127
M 1p	A1 B5 C5 D5	6.120	0,235	0,356	26	78	104
E 2 P	A2 B1 C1 D1 E	1.451	0,652	0,451	86	69	155
E 2 PS	A2 B1 C1 D1 E	1.451	0,356	0,797	84	68	152
M 2	A2 B1 C1 D1	520	0,274	0,353	73	38	111
E 3 P	A3 B1 C1 D1 E	1.365	0,272	0,3349	69	66	135
E 3 PS	A3 B1 C1 D1 E	1.365	0,338	0,418	83	67	150
M 3	A3 B1 C1 D1	493	0,272	0,3346	71	32	103
E 4 P	A4 B1 C1 D1 E	2.118	0,272	0,317	70	74	144
E 4 PS	A4 B1 C1 D1 E	2.118	0,239	0,2955	34	73	107
M 4	A4 B1 C1 D1	768	0,238	0,2962	33	54	87
E 4o P barb	A4 B4 C4 D4 E	477	0,2275	0,2991	19	29	48
M 4o	A4 B4 C4 D4	153	0,2268	0,2989	18	3	21
E 4p P	A4 B5 C5 D5 E	36.355	0,251	0,341	49	86	135
E 4p P extra	A4 B5 C5 D5 E	35.776	0,251	0,340	48	85	133
E 4p PS	A4 B5 C5 D5 E	36.355	0,261	0,357	58	87	145
M 4p	A4 B5 C5 D5	12.517	0,242	0,331	38	80	118

Fonte: Do Autor.

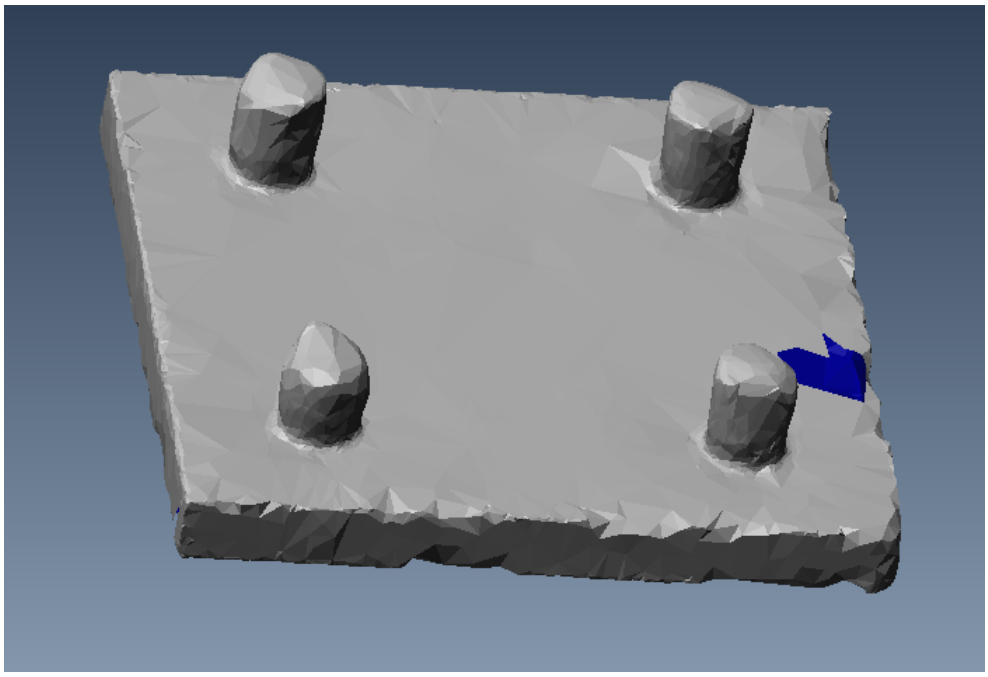
5.5.5 Visualizando alguns modelos finais

O foco da análise feita neste trabalho foram as medidas descritas, pois eram os dados viáveis de se extrair e comparar de forma clara e objetiva dada a quantidade e a natureza dos testes, porém também é possível, apesar de difícil, fazer um estudo visual dos modelos resultantes e assim reparar nas severas diferenças entre eles. Abaixo, estão ilustrados apenas alguns dos resultados dos processos feitos, para exemplificar mudanças visualmente óbvias mas que pouco afetam os resultados numéricos analisados anteriormente.

As Figuras 57 mostra o resultado das alterações feitas no 58 dentro do IMEdit, onde o arquivo foi submetido às ferramentas de Preenchimento e de Suavização. Podemos observar que o original possui bordas mais agudas e triângulos de superfície

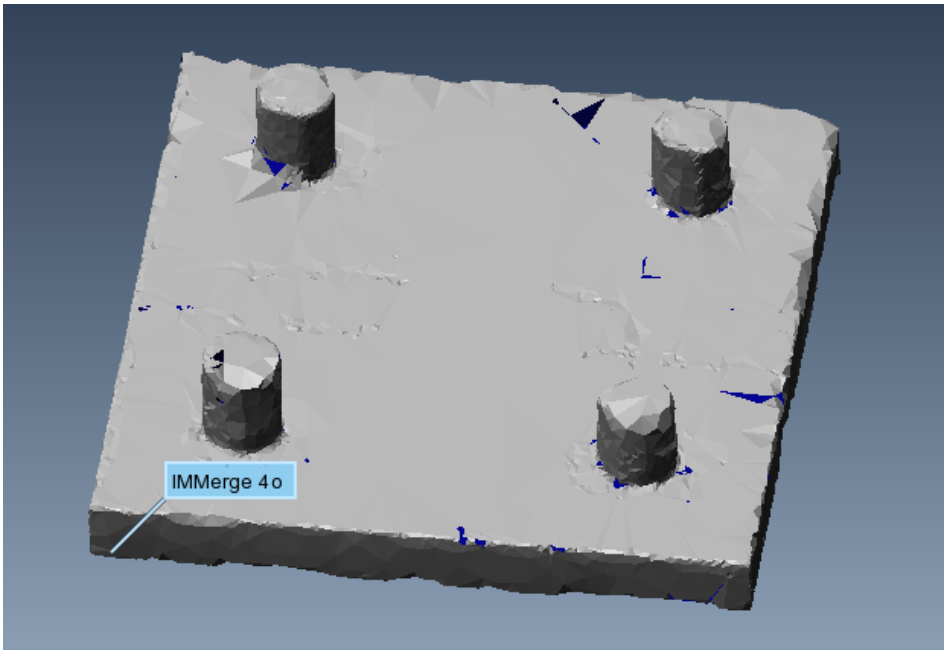
maiores, além de certos furos, a maioria dos quais foram fechados com sucesso, porém um deles acabou se tornando um buraco ainda maior. O processo de parametrização dos dois modelos foi A4 B4 C4 D4, que corresponde a Nível de Suavização nenhum, com Distância Máxima de 4,0, Passo de Amostragem de Superfície de 0,8 e Desvio Padrão de 0.69.

Figura 57 – Exemplo 1 de modelo final



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

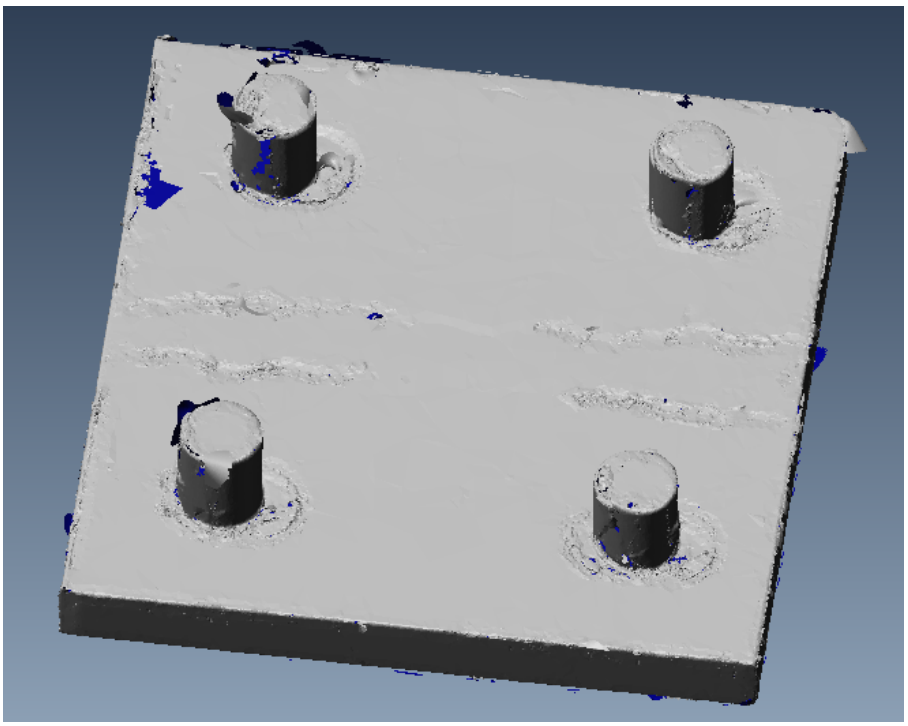
Figura 58 – Exemplo 2 de modelo final



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Na Figura 59 está ilustrado o modelo 3D gerado com o método paramétrico A1 B5 C5 D5, onde foi usado Nível de Suavização alto, com Distância Máxima de 0,5, Passo de Amostragem de Superfície de 0,1 e Desvio Padrão de 0.1. É notável a diferença na quantidade e tamanho dos triângulos gráficos que compõe as superfícies desse resultado em relação às imagens anteriores, que foi um padrão observado no total dos testes, onde parâmetros numéricos menores geraram objetos mais granulares e compostos por mais, e menores, triângulos.

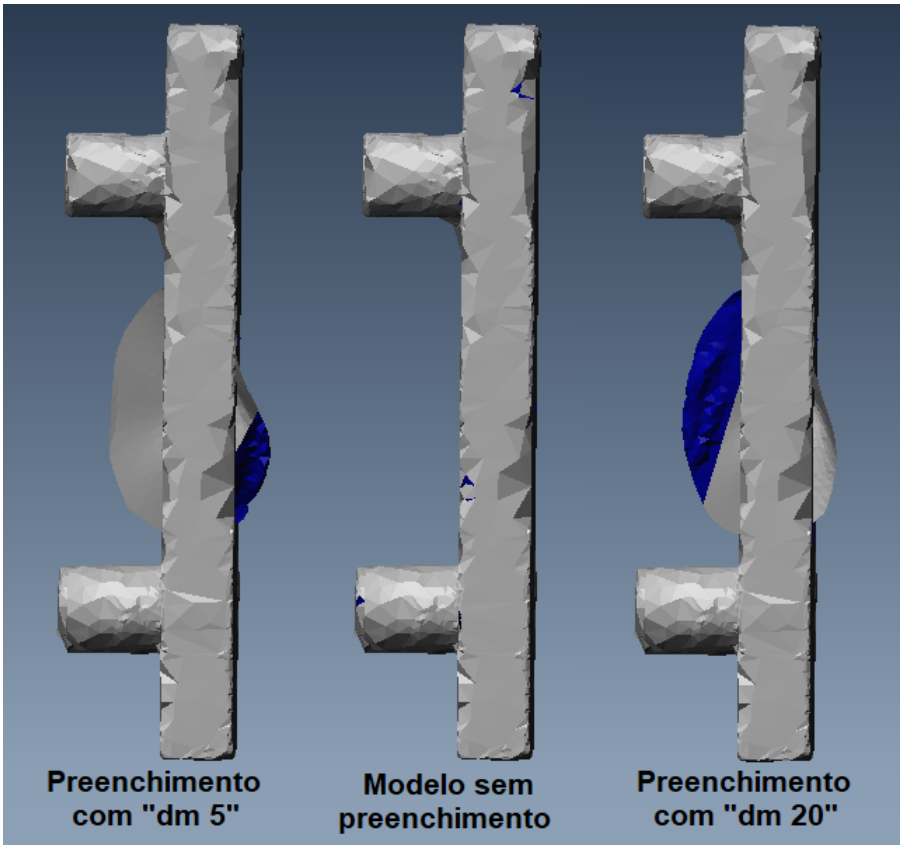
Figura 59 – Exemplo 3 de modelo final



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

Um dos parâmetros da ferramenta de preenchimento de furos do IMEdit descritos na seção 5.5.4 foi o "dm", que foi testado com valores diferentes nos modelos representados na Figura 60 como tentativa de entendimento do seu funcionamento. O corpo no centro é o resultado parcial (saída do IMAlign) com parametrização A4 B4 C4 D4, o mesmo mostrado na Figura 58, flanqueado pelos resultados da aplicação da ferramenta de preenchimento de furos sobre si, onde o objeto da esquerda utilizou 5 como valor de "dm", enquanto que o da direita foi definido como 20. Podemos ver que ambos criaram anomalias para fora das suas superfícies que deveriam ser planas, porém com pequenas mudanças no formato dessas anomalias.

Figura 60 – Três exemplos de modelos vistos da lateral



Fonte: PolyWorks/Do Autor.

5.5.6 Casos notáveis

A verificação inicial da tabela com os dados recolhidos mostrou alguns pontos que chamaram atenção imediata.

Na tabela geral de dados no Anexo A, a linha 19, que se refere a um dos modelos que foram alterados no IMEdit e feito a partir de um teste com os valores paramétricos mais altos e nenhuma suavização, apresenta a maior discrepância de todo o projeto: 10,5 mm de erro na altura do cilindro 2. Por ser um ponto muito fora da maioria, ele foi desconsiderado nas análises, o que levou a média dos erros desta categoria de 0,917 para 0,806, e o erro médio geral de todos os testes de 0,267 para 0,257.

Ainda na mesma tabela, na linha 14, o teste ali registrado mostrou um erro muito maior que a média nas larguras do corpo de prova, indicando 2,008 mm de erro onde o segundo maior erro é de apenas 0,543 mm. Caso fosse desconsiderado, a média do erro dessa categoria desceria de 0,104 mm para 0,082 mm, porém foi mantido no espaço amostral do trabalho. Essa linha é referente a outro teste que passou pelo IMEdit, e que usou os parâmetros numéricos nos valores padrão, com suavização média.

Ambas as instâncias citadas nos parágrafos anteriores receberam, no subprograma de edição de modelos do PolyWorks, o tratamento padrão de preenchimento automático de furos apenas.

Outra observação possível logo de início é que as alturas dos pinos foram, no geral, os dados que obtiveram erros maiores com mais frequência. Isso pode ter ocorrido devido ao fato da área de superfície do topo dos pinos ser relativamente pequena, quando comparado ao total do corpo de prova, além da retícula *laser* possivelmente ter capturado pontos errôneos do topo dos pinos quando o foco estava na superfície central da placa, assim causando dados não confiáveis referentes a essas partes do objeto escaneado. Essa tendência também está mostrada na Tabela 4.

Também vale destacar os modelos que apresentaram os dois maiores valores de erro médio, onde ambos são resultados de passagem pelo IMEdit, e estão mostrados, junto com os arquivos que lhes deram origem, na Tabela 14. Estes casos foram, quando comparados com o resto dos testes, bastante fora das tendências encontradas (mais visível no gráfico da Figura 37), e seus erros são claramente atribuídos ao uso das ferramentas de edição, visto que seus arquivos-mãe apresentam erros consideravelmente menores.

Tabela 14 – Os dois maiores erros e seus Arquivos-Mãe respectivos

Método	ID	Tamanho (kB)	Erro (mm)	Des. p. (mm)	R-E	R-T	R+
M 1o	A1 B4 C4 D4	158	0,284	0,350	79	4	83
E 1o PS buraco	A1 B4 C4 D4 E	430	0,570	0,760	85	21	106
M 2	A2 B1 C1 D1	520	0,274	0,353	73	38	111
E 2 P	A2 B1 C1 D1 E	1.451	0,652	0,797	86	69	155

Fonte: Do Autor.

6 Considerações Finais

6.1 Análise do projeto desenvolvido

O presente trabalho e as análises dos dados angariados trazem um perfil que pode ser visto, no espaço amostral estudado, como a combinação mais ideal de parâmetros. O objetivo era encontrar o conjunto de valores paramétricos que resulta no modelo 3D com a maior precisão dimensional sem sacrificar tamanho de arquivo final, de forma que não interfira no uso posterior desse arquivo em *softwares* de CAD. Assim, dentro do entendimento deste TCC, teríamos nessa situação as definições de parâmetros como descritas a seguir, com diferença especial para o parâmetro de suavização. Em relação a todos os parâmetros numéricos, a faixa onde ocorreram os melhores resultados dimensionais e menores arquivos foi sempre a de valores mais altos, e dessa forma:

a) Suavização definido como médio, porém todos apresentaram resultados similares, afetando mais a qualidade visual das superfícies e talvez fatores não considerados na análise numérica;
b) Distância Máxima definida entre 3,0 e 4,0;
c) Passo de Amostragem de Superfície entre 0,6 e 0,8;
d) Desvio Padrão configurado entre 0,54 e 0,69.

Além disso,

- As definições acima consideram que, como descrito no último capítulo, consideramos que os modelos mais importantes para o interesse do estudo são os testes que não foram modificados na etapa do subprograma de edição IMEdit, pois seu uso foi observado ser muitas vezes contraproducente na busca dos melhores resultados de precisão e tamanho do modelo, com efeitos imprevisíveis sobre os dados;
- Ainda assim, o IMEdit possui muitas outras ferramentas que não foram testadas nesse trabalho, então exigiria mais testes, dependeria das necessidades da situação onde fossem ser empregadas, e recomenda-se cautela no uso do subprograma em projetos de metrologia prática;
- Observou-se uma correlação entre a utilização dos parâmetros numéricos em valores mais baixos, com arquivos resultantes maiores, o que é atribuído ao aumento da qualidade gráfica aparente dos modelos 3D, uma vez que aumenta a resolução das superfícies;
- De forma semelhante, o parâmetro de nível de suavização, quando atribuído como alta ou nenhuma, apresentou correlação com arquivos maiores, acredita-se que

por consequência da quantidade de pontos espaciais no modelo - uma suavização reduzida pode simplificar o arquivo removendo eventuais pontos que causavam rugosidade no modelo sem impactar na qualidade dimensional, enquanto que a falta dela, quando o parâmetro é definido "nenhuma", e o excesso dela, quando definido "alto", costuma resultar em arquivos de saída mais pesados;

- A maioria dos erros dimensionais observados (com exceção dos três modelos de maior erro médio, todos os quais foram submetidos a ferramentas do IMEdit) estão dentro das margens esperadas de erro do Hexagon RA7520 SI quando sem interferências de edição, que é de 0,4 mm, indicando que os parâmetros trazem causalidade maior em relação ao tamanho do arquivo do que em relação à precisão das medidas. Além disso, mesmo o menor erro médio encontrado, de 0,173 mm, é consideravelmente maior do que a incerteza da calibração, que é de 0,005 mm;

- Foi encontrada uma quantidade considerável de modelos que se apresentaram graficamente imprecisos na representação do objeto de estudo, na forma de buracos na placa, arestas fantasma e outras anomalias que, devido a forma da análise dimensional escolhida para o estudo estatístico feito, não causaram mudanças significativas nos dados, porém em uma situação de uso real do equipamento poderiam vir a causar maiores problemas.

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, foram percebidas algumas oportunidades de possíveis focos de pesquisa e formas de expandir os achados documentados aqui. Estudar a posterior integração dos modelos 3D resultantes com programas de CAD, que fazia parte do escopo hipotético inicial do pré projeto mas acabou sendo desconsiderado por constrições relacionadas a tempo limite, é uma dessas ideias, junto com estudos similares a este, porém separando em análise do IMAlign, IMMerge e IMEdit, pois tentar incluir os três reduziu uma potencial qualidade maior que teria caso fosse usado todo o tempo disponível com um número maior de testes de apenas um subprograma de cada vez.

Estes novos estudos poderiam utilizar metodologias diferentes nos testes, como: testes de repetibilidade simples, processando a mesma núvem com os mesmos parâmetros ou com mudanças bem menores dos numéricos; testes com peças diferentes utilizando os mesmos valores dos parâmetros; testes com alterações no método físico prático de escaneamento, usando a mesma peça e parametrização; realizar novos escaneamentos em peças diferentes, usando as configurações do melhor resultado relatado acima, ou os resultados das melhores médias mostradas no capítulo

de análises finais; ou até mesmo tentar variar a intensidade da iluminação da sala e do corpo de prova durante o processo de captura da geometria. Outro objeto de estudo que foi impossível incluir nas análises, mas que pode valer um estudo próprio, é o da fidelidade de formato geral dos modelos, pois alguns se apresentaram com anomalias gráficas diversas que não modificaram os valores medidos, porém podem vir a ser importantes para outros objetos escaneados em projetos terceiros que utilizem o Hexagon RA7520 SI do laboratório de metrologia.

REFERÊNCIAS

AB, H. *Introduçao de Coordenação de Metrologia*. 2024. Disponível em: https://hexagon.com/pt/resources/resource-library/intro-coordinate-metrology. Acesso em: 23 ago 2024. 20

DIAS, A. B. Engenharia reversa: Uma porta ainda aberta. p. 1–8, 1997. 19

GENG, J. Structured-light 3d surface imaging: A tutorial. *Advances in Optics and Photonics, Vol. 3, Issue 2, pp. 128-160 (2011)*, p. 1–33, 2011. Disponível em: https://opg.optica.org/aop/fulltext.cfm?uri=aop-3-2-128&id=211561. Acesso em: 24 ago 2024. 22

HENRIQUE, M. C. Aplicações de projeção de luz estruturada em metrologia e controle de qualidade para processos industriais: Análise de lentes e de micro superfícies. p. 1–68, 2003. Disponível em: http://www.pos.cps.sp.gov.br/dissertacao/aplicaCOes-de-projeCAo-de-luz-estruturada-em-metrologia-e-controle-de-qualidade-para-proces
Acesso em: 24 ago 2024. 22

LIMA, C. B. Engenharia reversa e prototipagem rápida estudos de casos. p. 1–108, 2003. 19

SANTANA, R. M. *Apresentação de Aula: "FOTOGRAMETRIA DIGITAL"*. 2009. 1-49 p. Disponível em: https://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/815/aula_03.pdf. Acesso em: 24 ago 2024. 23

SPHERE, F. *Entenda os Braços de Medição Portáteis*. 2024. Disponível em: https://www.faro.com/pt-BR/Resource-Library/Article/understanding-portable-measurement-arms. Acesso em: 24 ago 2024. 21

APÊNDICES

ANEXOS

ANEXO A – TABELA PRINCIPAL DE DADOS

#	Identificador novo	Identificador antigo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Cilindro 1 (todos em mm)			
							Diametro	X centro	Y centro	Altura
	-	**Nominal**	-	-	-	-	14,580	24,840	26,000	16,900
1	A1 B1 C1 D1 E	E 1 P	Alto	2	0,4	0,39	14,853	24,935	26,002	16,809
2	A1 B4 C4 D4 E	E 1o P buraco	Alto	4	0,8	0,69	14,801	24,851	25,924	17,377
3	A1 B4 C4 D4 E	E 1o PS buraco	Alto	4	0,8	0,69	15,011	24,871	26,000	14,017
4	A1 B5 C5 D5 E	E 1p P dm5	Alto	0,5	0,1	0,1	14,587	24,858	26,033	17,619
5	A1 B5 C5 D5 E	E 1p P dm10	Alto	0,5	0,1	0,1	14,587	24,783	26,052	17,592
6	A1 B5 C5 D5 E	E 1p P dm20	Alto	0,5	0,1	0,1	14,572	24,833	25,994	17,575
7	A1 B5 C5 D5 E	E 1p S	Alto	0,5	0,1	0,1	14,612	24,859	26,058	17,496
8	A1 B1 C1 D1 E	E 1 PS	Alto	2	0,4	0,39	14,997	24,958	26,022	17,166
9	A2 B1 C1 D1 E	E 2 P	Médio	2	0,4	0,39	14,831	24,981	26,229	18,510
10	A2 B1 C1 D1 E	E 2 PS	Médio	2	0,4	0,39	14,951	24,935	26,046	17,562
11	A3 B1 C1 D1 E	E 3 P	Baixo	2	0,4	0,39	14,804	24,920	26,035	17,093
12	A3 B1 C1 D1 E	E 3 PS	Baixo	2	0,4	0,39	14,925	24,933	26,056	17,458
13	A4 B4 C4 D4 E	E 4o P barb	Nenhum	4	0,8	0,69	14,855	24,927	25,991	17,104
14	A4 B4 C4 D4 E	E 4o	Nenhum	4	0,8	0,69	14,915	24,968	26,102	16,180
15	A4 B5 C5 D5 E	E 4p P extra	Nenhum	0,5	0,1	0,1	14,631	24,817	26,069	17,705
16	A4 B5 C5 D5 E	E 4p P	Nenhum	0,5	0,1	0,1	14,610	24,877	26,089	17,751
17	A4 B5 C5 D5 E	E 4p PS	Nenhum	0,5	0,1	0,1	14,621	24,863	26,097	17,814
18	A4 B1 C1 D1 E	E 4 P	Nenhum	2	0,4	0,39	14,845	24,951	26,083	16,842
19	A4 B1 C1 D1 E	E 4 PS	Nenhum	2	0,4	0,39	14,772	24,930	26,073	16,978
20	A1 B1 C1 D1	M 1	Alto	2	0,4	0,39	14,880	25,156	26,184	16,813
21	A1 B2 C1 D1	M 1a	Alto	3	0,4	0,39	14,842	24,967	25,997	16,814
22	A1 B3 C1 D1	M 1b	Alto	1	0,4	0,39	14,716	25,022	26,196	16,811
23	A1 B1 C2 D1	M 1c	Alto	2	0,6	0,39	14,845	24,910	25,988	17,071
24	A1 B1 C3 D1	M 1d	Alto	2	0,2	0,39	14,698	24,948	26,058	17,179
25	A1 B1 C1 D2	M 1e	Alto	2	0,4	0,54	14,784	24,882	26,025	17,003
26	A1 B1 C1 D3	M 1f	Alto	2	0,4	0,24	14,777	24,882	25,988	16,850

#	Identificador novo	Identificador antigo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Cilindro 1 (todos em mm)			
							Diametro	X centro	Y centro	Altura
27	A1 B2 C2 D2	M 1g	Alto	3	0,6	0,54	14,827	24,936	25,984	16,781
28	A1 B3 C3 D3	M 1h	Alto	1	0,2	0,24	14,646	24,870	26,062	16,936
29	A1 B3 C2 D2	M 1i	Alto	1	0,6	0,54	14,758	24,825	26,021	16,590
30	A1 B2 C3 D2	M 1j	Alto	3	0,2	0,54	14,663	24,893	26,048	17,082
31	A1 B2 C2 D3	M 1k	Alto	3	0,6	0,24	14,851	24,941	25,991	16,939
32	A1 B2 C3 D3	M 1l	Alto	3	0,2	0,24	14,700	24,902	26,058	17,113
33	A1 B3 C2 D3	M 1m	Alto	1	0,6	0,24	14,841	24,920	26,011	16,700
34	A1 B3 C3 D2	M 1n	Alto	1	0,2	0,54	14,648	24,904	26,042	17,128
35	A1 B4 C4 D4	M 1o	Alto	4	0,8	0,69	14,801	24,871	25,977	17,377
36	A1 B5 C5 D5	M 1p	Alto	0,5	0,1	0,1	14,596	24,858	26,062	17,470
37	A2 B1 C1 D1	M 2	Médio	2	0,4	0,39	14,841	24,921	26,024	16,963
38	A2 B2 C1 D1	M 2a	Médio	3	0,4	0,39	14,845	24,945	26,035	16,964
39	A2 B3 C1 D1	M 2b	Médio	1	0,4	0,39	14,727	24,858	26,024	16,888
40	A2 B1 C2 D1	M 2c	Médio	2	0,6	0,39	14,839	24,911	26,013	16,929
41	A2 B1 C3 D1	M 2d	Médio	2	0,2	0,39	14,714	24,959	26,082	17,181
42	A2 B1 C1 D2	M 2e	Médio	2	0,4	0,54	14,758	24,909	26,003	16,917
43	A2 B1 C1 D3	M 2f	Médio	2	0,4	0,24	14,831	24,934	26,018	16,949
44	A2 B2 C2 D2	M 2g	Médio	3	0,6	0,54	14,803	24,937	25,945	16,908
45	A2 B3 C3 D3	M 2h	Médio	1	0,2	0,24	14,657	24,892	26,033	16,902
46	A2 B3 C2 D2	M 2i	Médio	1	0,6	0,54	14,786	24,856	26,033	16,718
47	A2 B2 C3 D2	M 2j	Médio	3	0,2	0,54	14,691	24,878	26,071	17,173
48	A2 B2 C2 D3	M 2k	Médio	3	0,6	0,24	14,841	24,951	25,999	16,950
49	A2 B2 C3 D3	M 2l	Médio	3	0,2	0,24	14,684	24,905	26,056	17,144
50	A2 B3 C2 D3	M 2m	Médio	1	0,6	0,24	14,846	24,927	26,022	16,807
51	A2 B3 C3 D2	M 2n	Médio	1	0,2	0,54	14,654	24,920	26,011	17,199
52	A2 B4 C4 D4	M 2o	Médio	4	0,8	0,69	14,731	24,800	26,016	17,123
53	A2 B5 C5 D5	M 2p	Médio	0,5	0,1	0,1	14,582	24,843	26,055	17,436

#	Identificador novo	Identificador antigo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Cilindro 1 (todos em mm)			
							Diametro	X centro	Y centro	Altura
54	A3 B1 C1 D1	M 3	Baixo	2	0,4	0,39	14,809	24,908	26,043	17,093
55	A3 B2 C1 D1	M 3a	Baixo	3	0,4	0,39	14,789	24,911	26,040	17,157
56	A3 B3 C1 D1	M 3b	Baixo	1	0,4	0,39	14,705	24,878	26,023	17,143
57	A3 B1 C2 D1	M 3c	Baixo	2	0,6	0,39	14,865	24,943	26,020	16,939
58	A3 B1 C3 D1	M 3d	Baixo	2	0,2	0,39	14,704	24,940	26,056	17,236
59	A3 B1 C1 D2	M 3e	Baixo	2	0,4	0,54	14,756	24,893	26,015	17,265
60	A3 B1 C1 D3	M 3f	Baixo	2	0,4	0,24	14,820	24,935	26,026	17,160
61	A3 B2 C2 D2	M 3g	Baixo	3	0,6	0,54	14,818	24,940	25,976	16,895
62	A3 B3 C3 D3	M 3h	Baixo	1	0,2	0,24	14,659	24,882	26,051	16,966
63	A3 B3 C2 D2	M 3i	Baixo	1	0,6	0,54	14,782	24,875	25,966	16,646
64	A3 B2 C3 D2	M 3j	Baixo	3	0,2	0,54	14,690	24,889	26,073	17,177
65	A3 B2 C2 D3	M 3k	Baixo	3	0,6	0,24	14,849	24,949	26,024	16,915
66	A3 B2 C3 D3	M 3l	Baixo	3	0,2	0,24	14,707	24,911	26,049	17,092
67	A3 B3 C2 D3	M 3m	Baixo	1	0,6	0,24	14,840	24,920	26,037	16,623
68	A3 B3 C3 D2	M 3n	Baixo	1	0,2	0,54	14,687	24,837	26,019	17,302
69	A3 B4 C4 D4	M 3o	Baixo	4	0,8	0,69	14,749	24,831	25,949	16,616
70	A3 B5 C5 D5	M 3p	Baixo	0,5	0,1	0,1	14,564	24,831	26,053	17,370
71	A4 B1 C1 D1	M 4	Nenhum	2	0,4	0,39	14,773	24,935	26,063	16,969
72	A4 B2 C1 D1	M 4a	Nenhum	3	0,4	0,39	14,763	24,933	26,085	16,957
73	A4 B3 C1 D1	M 4b	Nenhum	1	0,4	0,39	14,705	24,878	26,040	16,900
74	A4 B1 C2 D1	M 4c	Nenhum	2	0,6	0,39	14,800	24,954	26,066	16,984
75	A4 B1 C3 D1	M 4d	Nenhum	2	0,2	0,39	14,802	24,953	26,076	17,023
76	A4 B1 C1 D2	M 4e	Nenhum	2	0,4	0,54	14,827	24,946	26,001	16,962
77	A4 B1 C1 D3	M 4f	Nenhum	2	0,4	0,24	14,777	24,930	26,063	16,913
78	A4 B2 C2 D2	M 4g	Nenhum	3	0,6	0,54	14,830	25,004	26,025	17,128
79	A4 B3 C3 D3	M 4h	Nenhum	1	0,2	0,24	14,738	24,896	26,063	17,012
80	A4 B3 C2 D2	M 4i	Nenhum	1	0,6	0,54	14,738	24,892	26,039	16,716

#	Identificador novo	Identificador antigo	Suavização (A)	Distância (B)	Passo (C)	Desvio (D)	Cilindro 1 (todos em mm)			
							Diametro	X centro	Y centro	Altura
81	A4 B2 C3 D2	M 4j	Nenhum	3	0,2	0,54	14,769	24,943	26,039	17,180
82	A4 B2 C2 D3	M 4k	Nenhum	3	0,6	0,24	14,768	24,947	26,052	16,936
83	A4 B2 C3 D3	M 4l	Nenhum	3	0,2	0,24	14,779	24,934	26,087	17,014
84	A4 B3 C2 D3	M 4m	Nenhum	1	0,6	0,24	14,727	24,911	26,050	16,817
85	A4 B3 C3 D2	M 4n	Nenhum	1	0,2	0,54	14,710	24,892	26,039	17,087
86	A4 B4 C4 D4	M 4o	Nenhum	4	0,8	0,69	14,861	24,896	26,042	17,105
87	A4 B5 C5 D5	M 4p	Nenhum	0,5	0,1	0,1	14,626	24,840	26,074	17,542

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

#	Identificador novo	Cilindro 2 (todos em mm)				Cilindro 3 (todos em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
	-	14,580	24,820	101,150	16,396	14,585	99,718	101,350	18,327
1	A1 B1 C1 D1 E	15,058	24,798	101,039	15,614	15,042	99,571	101,286	17,219
2	A1 B4 C4 D4 E	15,063	24,631	100,964	15,144	15,044	99,596	101,135	18,203
3	A1 B4 C4 D4 E	15,379	24,673	100,921	18,646	15,352	99,665	101,173	18,908
4	A1 B5 C5 D5 E	14,861	24,801	101,116	16,309	14,989	99,575	101,282	16,727
5	A1 B5 C5 D5 E	14,832	24,792	101,138	16,295	14,988	99,583	101,221	16,736
6	A1 B5 C5 D5 E	14,879	24,834	101,088	16,571	14,958	99,585	101,221	16,908
7	A1 B5 C5 D5 E	14,924	24,826	101,129	16,052	15,050	99,554	101,265	16,869
8	A1 B1 C1 D1 E	15,198	24,801	101,039	15,718	15,219	99,557	101,311	16,884
9	A2 B1 C1 D1 E	14,877	24,960	101,159	16,935	15,047	100,002	101,232	15,477
10	A2 B1 C1 D1 E	15,152	24,854	101,070	15,528	15,190	99,595	101,320	16,474
11	A3 B1 C1 D1 E	15,036	24,859	101,070	15,525	15,046	99,615	101,297	17,068
12	A3 B1 C1 D1 E	15,149	24,854	101,041	15,543	15,184	99,600	101,303	16,594
13	A4 B4 C4 D4 E	15,024	24,715	100,981	16,470	14,985	99,648	101,206	16,997
14	A4 B4 C4 D4 E	15,202	24,760	101,120	26,890	15,106	99,693	101,191	14,924
15	A4 B5 C5 D5 E	14,763	24,768	101,155	15,431	15,006	99,511	101,241	17,215
16	A4 B5 C5 D5 E	14,645	24,767	101,226	15,462	15,006	99,552	101,282	17,190
17	A4 B5 C5 D5 E	14,671	24,766	101,231	15,430	15,027	99,550	101,269	17,145
18	A4 B1 C1 D1 E	15,076	24,865	101,084	15,277	15,146	99,557	101,225	17,400
19	A4 B1 C1 D1 E	14,991	24,859	101,101	15,457	15,025	99,594	101,232	17,302
20	A1 B1 C1 D1	15,068	24,997	101,220	15,586	15,042	99,766	101,480	17,031
21	A1 B2 C1 D1	15,070	24,875	101,059	15,524	15,037	99,616	101,284	17,029
22	A1 B3 C1 D1	15,030	24,959	101,191	15,518	15,011	99,723	101,453	17,342
23	A1 B1 C2 D1	15,142	24,829	101,046	15,960	15,111	99,580	101,257	17,858
24	A1 B1 C3 D1	14,987	24,875	101,053	15,282	15,026	99,615	101,292	17,236
25	A1 B1 C1 D2	15,018	24,838	101,058	15,499	15,003	99,633	101,288	17,200
26	A1 B1 C1 D3	15,094	24,852	101,056	15,487	15,047	99,595	101,269	17,192

#	Identificador novo	Cilindro 2 (todos em mm)				Cilindro 3 (todos em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
27	A1 B2 C2 D2	15,117	24,823	101,056	16,027	15,017	99,570	101,208	17,762
28	A1 B3 C3 D3	14,958	24,863	101,076	15,684	15,024	99,606	101,273	17,378
29	A1 B3 C2 D2	15,119	24,778	101,074	15,757	15,040	99,552	101,263	17,735
30	A1 B2 C3 D2	15,013	24,895	101,115	15,340	15,021	99,583	101,306	17,199
31	A1 B2 C2 D3	15,153	24,856	101,031	15,872	15,097	99,597	101,243	17,819
32	A1 B2 C3 D3	14,983	24,867	101,062	15,341	15,032	99,613	101,293	17,097
33	A1 B3 C2 D3	15,155	24,854	101,047	15,976	15,090	99,597	101,232	17,806
34	A1 B3 C3 D2	14,916	24,785	101,043	15,541	15,002	99,611	101,281	17,650
35	A1 B4 C4 D4	15,062	24,658	101,015	15,144	15,044	99,620	101,183	18,298
36	A1 B5 C5 D5	14,864	24,820	101,148	15,996	14,999	99,591	101,284	16,817
37	A2 B1 C1 D1	15,058	24,845	101,079	15,450	15,039	99,597	101,290	17,037
38	A2 B2 C1 D1	15,061	24,861	101,081	15,435	15,030	99,609	101,297	17,035
39	A2 B3 C1 D1	15,015	24,810	101,027	15,464	15,004	99,580	101,259	17,143
40	A2 B1 C2 D1	15,116	24,849	101,071	15,655	15,097	99,592	101,272	17,322
41	A2 B1 C3 D1	14,996	24,896	101,072	15,384	15,022	99,632	101,294	17,393
42	A2 B1 C1 D2	15,027	24,801	101,042	15,420	15,014	99,618	101,307	17,322
43	A2 B1 C1 D3	15,092	24,858	101,081	15,488	15,047	99,606	101,288	16,977
44	A2 B2 C2 D2	15,084	24,811	101,028	15,693	14,997	99,617	101,203	17,699
45	A2 B3 C3 D3	14,968	24,864	101,054	15,703	15,023	99,597	101,263	17,405
46	A2 B3 C2 D2	15,056	24,794	101,079	15,584	15,010	99,577	101,256	17,410
47	A2 B2 C3 D2	14,992	24,893	101,108	15,401	15,028	99,578	101,283	17,464
48	A2 B2 C2 D3	15,131	24,872	101,045	15,617	15,080	99,612	101,262	17,437
49	A2 B2 C3 D3	14,976	24,874	101,043	15,352	15,032	99,604	101,300	17,281
50	A2 B3 C2 D3	15,138	24,851	101,062	15,884	15,071	99,595	101,263	17,445
51	A2 B3 C3 D2	14,958	24,745	100,992	15,655	15,015	99,596	101,262	17,520
52	A2 B4 C4 D4	15,075	24,687	101,029	15,858	15,037	99,645	101,183	18,194
53	A2 B5 C5 D5	14,855	24,808	101,131	15,839	14,993	99,585	101,264	16,907

#	Identificador novo	Cilindro 2 (todos em mm)				Cilindro 3 (todos em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
54	A3 B1 C1 D1	15,038	24,852	101,077	15,523	15,045	99,606	101,299	17,068
55	A3 B2 C1 D1	15,043	24,851	101,064	15,507	15,035	99,596	101,305	17,062
56	A3 B3 C1 D1	15,012	24,834	101,044	15,649	15,032	99,583	101,292	17,193
57	A3 B1 C2 D1	15,105	24,863	101,076	15,490	15,076	99,600	101,288	16,865
58	A3 B1 C3 D1	15,006	24,887	101,060	15,308	15,018	99,617	101,278	17,328
59	A3 B1 C1 D2	15,030	24,823	101,054	15,322	15,010	99,632	101,283	17,084
60	A3 B1 C1 D3	15,076	24,869	101,063	15,676	15,050	99,604	101,299	16,739
61	A3 B2 C2 D2	15,054	24,824	101,029	15,656	15,007	99,611	101,237	16,942
62	A3 B3 C3 D3	14,971	24,861	101,069	15,737	15,027	99,605	101,263	17,489
63	A3 B3 C2 D2	15,070	24,807	101,034	15,794	15,006	99,594	101,233	16,919
64	A3 B2 C3 D2	15,021	24,870	101,132	15,488	15,019	99,575	101,285	17,571
65	A3 B2 C2 D3	15,103	24,859	101,065	15,591	15,066	99,618	101,272	17,070
66	A3 B2 C3 D3	14,966	24,895	101,045	15,386	15,039	99,620	101,275	17,350
67	A3 B3 C2 D3	15,144	24,844	101,082	15,802	15,065	99,586	101,266	16,999
68	A3 B3 C3 D2	14,950	24,804	101,050	15,547	15,015	99,589	101,233	19,055
69	A3 B4 C4 D4	15,035	24,692	100,986	15,693	15,019	99,633	101,175	17,823
70	A3 B5 C5 D5	14,849	24,799	101,128	15,793	14,998	99,569	101,265	17,003
71	A4 B1 C1 D1	14,992	24,848	101,086	15,456	15,025	99,583	101,234	17,301
72	A4 B2 C1 D1	15,009	24,876	101,119	15,459	15,025	99,597	101,247	17,293
73	A4 B3 C1 D1	14,991	24,852	101,073	15,543	15,017	99,587	101,240	17,491
74	A4 B1 C2 D1	15,047	24,887	101,100	15,607	15,084	99,644	101,288	17,307
75	A4 B1 C3 D1	14,936	24,843	101,095	15,511	15,038	99,584	101,210	17,196
76	A4 B1 C1 D2	14,958	24,855	101,048	14,792	15,001	99,620	101,283	17,252
77	A4 B1 C1 D3	14,997	24,864	101,099	15,501	15,035	99,604	101,248	17,277
78	A4 B2 C2 D2	15,036	24,824	101,048	15,298	15,020	99,601	101,274	17,285
79	A4 B3 C3 D3	14,923	24,861	101,077	15,512	15,021	99,611	101,195	17,405
80	A4 B3 C2 D2	15,004	24,804	101,043	15,528	15,003	99,585	101,223	17,432

#	Identificador novo	Cilindro 2 (todos em mm)				Cilindro 3 (todos em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
81	A4 B2 C3 D2	14,888	24,876	101,033	15,568	15,019	99,597	101,214	17,039
82	A4 B2 C2 D3	15,059	24,875	101,077	15,703	15,041	99,620	101,250	17,293
83	A4 B2 C3 D3	14,872	24,877	101,055	15,509	15,035	99,606	101,211	17,192
84	A4 B3 C2 D3	15,078	24,871	101,074	15,785	15,036	99,606	101,241	17,290
85	A4 B3 C3 D2	14,987	24,886	101,079	15,529	15,006	99,605	101,171	17,378
86	A4 B4 C4 D4	15,024	24,724	101,029	16,471	14,979	99,655	101,205	16,997
87	A4 B5 C5 D5	14,789	24,787	101,145	15,430	15,014	99,525	101,255	17,208

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

#	Identificador novo	Cilindro 4 (todos em mm)				Geral (todos em mm)			Tamanho do Arquivo (kB)
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y	
	-	14,602	99,977	26,025	17,651	12,637	124,963	126,827	-
1	A1 B1 C1 D1 E	14,815	99,856	26,083	18,433	12,598	125,027	126,974	1.560 KB
2	A1 B4 C4 D4 E	14,900	99,830	26,109	18,756	12,592	125,002	126,995	430 KB
3	A1 B4 C4 D4 E	15,161	99,868	26,197	17,670	12,962	125,506	127,586	430 KB
4	A1 B5 C5 D5 E	14,737	100,005	26,046	18,041	12,602	125,095	127,006	17.408 KB
5	A1 B5 C5 D5 E	14,700	99,956	25,975	18,129	12,590	125,092	127,029	18.150 KB
6	A1 B5 C5 D5 E	14,692	99,999	25,974	18,022	12,592	125,098	127,041	19.129 KB
7	A1 B5 C5 D5 E	14,759	99,970	26,050	18,169	12,599	125,104	127,021	16.133 KB
8	A1 B1 C1 D1 E	14,992	99,869	26,129	18,330	12,599	125,026	126,978	1.560 KB
9	A2 B1 C1 D1 E	15,057	100,197	26,474	17,144	12,602	126,971	125,038	1.451 KB
10	A2 B1 C1 D1 E	14,957	99,885	26,113	18,288	12,614	125,045	126,974	1.451 KB
11	A3 B1 C1 D1 E	14,819	99,875	26,086	18,320	12,617	125,051	126,975	1.365 KB
12	A3 B1 C1 D1 E	14,963	99,884	26,121	18,156	12,615	125,052	126,974	1.365 KB
13	A4 B4 C4 D4 E	14,799	99,863	26,074	18,096	12,606	125,013	126,952	477 KB
14	A4 B4 C4 D4 E	14,943	99,979	26,251	14,911	12,540	125,006	126,930	402 KB
15	A4 B5 C5 D5 E	14,711	99,965	26,044	18,023	12,625	125,041	126,992	35.776 KB
16	A4 B5 C5 D5 E	14,710	100,037	26,102	17,996	12,629	125,039	126,999	36.355 KB
17	A4 B5 C5 D5 E	14,724	100,026	26,089	17,978	12,630	125,048	127,001	36.355 KB
18	A4 B1 C1 D1 E	14,868	99,906	26,108	18,203	12,612	125,013	126,937	2.118 KB
19	A4 B1 C1 D1 E	14,767	99,895	26,082	18,116	12,613	125,013	126,939	2.118 KB
20	A1 B1 C1 D1	14,816	100,071	26,277	18,450	12,609	125,028	126,975	549 KB
21	A1 B2 C1 D1	14,829	99,904	26,074	18,289	12,612	125,028	126,976	550 KB
22	A1 B3 C1 D1	14,824	100,065	26,281	18,407	12,610	125,030	126,975	559 KB
23	A1 B1 C2 D1	14,879	99,844	26,031	18,101	12,633	125,032	126,988	492 KB
24	A1 B1 C3 D1	14,818	99,903	26,099	17,903	12,605	125,048	126,976	791 KB
25	A1 B1 C1 D2	14,835	99,861	26,037	18,201	12,623	125,027	126,983	292 KB
26	A1 B1 C1 D3	14,836	99,853	26,071	18,311	12,615	125,031	126,969	667 KB

#	Identificador novo	Cilindro 4 (todos em mm)				Geral (todos em mm)			Tamanho do Arquivo (kB)
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y	
27	A1 B2 C2 D2	14,741	99,805	26,079	18,468	12,613	125,005	126,971	251 KB
28	A1 B3 C3 D3	14,856	99,935	26,049	18,258	12,607	125,052	126,977	1.025 KB
29	A1 B3 C2 D2	14,812	99,868	26,069	18,384	12,601	125,021	126,987	262 KB
30	A1 B2 C3 D2	14,794	99,926	26,092	17,689	12,602	125,054	126,982	455 KB
31	A1 B2 C2 D3	14,871	99,859	26,048	18,257	12,644	125,042	127,003	569 KB
32	A1 B2 C3 D3	14,784	99,869	26,089	18,061	12,612	125,047	126,977	957 KB
33	A1 B3 C2 D3	14,918	99,893	26,005	18,301	12,643	125,040	127,000	570 KB
34	A1 B3 C3 D2	14,830	99,954	26,076	18,048	12,600	125,046	126,975	494 KB
35	A1 B4 C4 D4	14,895	99,854	26,159	18,755	12,629	124,998	126,996	158 KB
36	A1 B5 C5 D5	14,746	99,992	26,050	18,116	12,595	125,093	127,003	6.120 KB
37	A2 B1 C1 D1	14,823	99,862	26,077	18,336	12,616	125,045	126,974	520 KB
38	A2 B2 C1 D1	14,845	99,885	26,084	18,372	12,618	125,048	126,974	520 KB
39	A2 B3 C1 D1	14,811	99,901	26,090	18,530	12,617	125,045	126,974	529 KB
40	A2 B1 C2 D1	14,878	99,846	26,042	18,160	12,633	125,046	126,997	448 KB
41	A2 B1 C3 D1	14,820	99,894	26,100	17,843	12,613	125,054	126,989	758 KB
42	A2 B1 C1 D2	14,819	99,894	26,073	18,043	12,631	125,049	127,004	281 KB
43	A2 B1 C1 D3	14,834	99,862	26,095	18,372	12,617	125,045	126,975	627 KB
44	A2 B2 C2 D2	14,748	99,831	26,075	18,141	12,612	125,034	126,998	239 KB
45	A2 B3 C3 D3	14,846	99,930	26,039	18,165	12,615	125,053	126,978	986 KB
46	A2 B3 C2 D2	14,816	99,858	26,075	18,181	12,613	125,041	126,984	247 KB
47	A2 B2 C3 D2	14,800	99,880	26,070	17,575	12,603	125,056	126,981	433 KB
48	A2 B2 C2 D3	14,864	99,878	26,057	18,117	12,643	125,054	127,001	515 KB
49	A2 B2 C3 D3	14,772	99,880	26,090	18,052	12,617	125,049	126,973	924 KB
50	A2 B3 C2 D3	14,904	99,889	26,033	18,285	12,642	125,053	126,999	518 KB
51	A2 B3 C3 D2	14,809	99,957	26,050	17,941	12,606	125,053	126,978	478 KB
52	A2 B4 C4 D4	14,853	99,834	26,108	17,682	12,638	125,030	127,003	152 KB
53	A2 B5 C5 D5	14,758	99,979	26,030	18,117	12,601	125,092	126,999	6.080 KB

#	Identificador novo	Cilindro 4 (todos em mm)				Geral (todos em mm)			Tamanho do Arquivo (kB)
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y	
54	A3 B1 C1 D1	14,818	99,859	26,090	18,316	12,617	125,052	126,977	493 KB
55	A3 B2 C1 D1	14,842	99,882	26,085	18,390	12,619	125,054	126,978	494 KB
56	A3 B3 C1 D1	14,853	99,928	26,080	18,335	12,615	125,052	126,971	507 KB
57	A3 B1 C2 D1	14,869	99,859	26,057	18,057	12,633	125,058	127,009	404 KB
58	A3 B1 C3 D1	14,814	99,884	26,099	17,926	12,617	125,056	126,977	758 KB
59	A3 B1 C1 D2	14,807	99,872	26,047	17,808	12,618	125,054	126,985	269 KB
60	A3 B1 C1 D3	14,832	99,880	26,087	18,195	12,618	125,054	126,978	585 KB
61	A3 B2 C2 D2	14,744	99,833	26,072	18,402	12,616	125,040	127,006	232 KB
62	A3 B3 C3 D3	14,845	99,937	26,035	18,268	12,614	125,048	126,971	1.001 KB
63	A3 B3 C2 D2	14,835	99,910	26,023	18,323	12,611	125,039	127,004	238 KB
64	A3 B2 C3 D2	14,795	99,893	26,089	17,867	12,602	125,050	126,986	430 KB
65	A3 B2 C2 D3	14,854	99,875	26,072	18,153	12,638	125,061	127,010	461 KB
66	A3 B2 C3 D3	14,774	99,868	26,081	18,221	12,618	125,049	126,972	925 KB
67	A3 B3 C2 D3	14,882	99,869	26,052	18,151	12,638	125,062	127,007	464 KB
68	A3 B3 C3 D2	14,798	99,878	26,030	18,042	12,604	125,052	126,983	470 KB
69	A3 B4 C4 D4	14,841	99,854	26,083	17,937	12,636	125,041	126,997	143 KB
70	A3 B5 C5 D5	14,745	99,981	26,037	18,186	12,609	125,083	126,994	6.258 KB
71	A4 B1 C1 D1	14,768	99,900	26,081	18,115	12,613	125,014	126,937	768 KB
72	A4 B2 C1 D1	14,778	99,891	26,092	18,052	12,613	125,015	126,939	765 KB
73	A4 B3 C1 D1	14,839	99,961	26,031	18,189	12,612	125,008	126,937	779 KB
74	A4 B1 C2 D1	14,829	99,890	26,056	18,252	12,616	125,007	126,960	460 KB
75	A4 B1 C3 D1	14,768	99,879	26,064	18,066	12,610	125,021	126,954	1.966 KB
76	A4 B1 C1 D2	14,799	99,894	26,060	17,992	12,618	125,022	126,950	430 KB
77	A4 B1 C1 D3	14,789	99,881	26,086	18,096	12,614	125,011	126,938	910 KB
78	A4 B2 C2 D2	14,717	99,844	26,117	18,193	12,616	125,008	126,964	268 KB
79	A4 B3 C3 D3	14,853	99,953	26,005	18,302	12,610	125,014	126,961	2.429 KB
80	A4 B3 C2 D2	14,805	99,959	26,051	18,417	12,611	125,005	126,963	278 KB

#	Identificador novo	Cilindro 4 (todos em mm)				Geral (todos em mm)			Tamanho do Arquivo (kB)
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y	
81	A4 B2 C3 D2	14,776	99,933	26,040	18,298	12,611	125,031	126,955	912 KB
82	A4 B2 C2 D3	14,796	99,890	26,084	18,237	12,621	125,005	126,953	535 KB
83	A4 B2 C3 D3	14,784	99,894	26,068	18,124	12,611	125,021	126,959	2.415 KB
84	A4 B3 C2 D3	14,827	99,930	26,057	18,247	12,618	125,004	126,957	537 KB
85	A4 B3 C3 D2	14,825	99,918	25,964	18,432	12,609	125,016	126,954	975 KB
86	A4 B4 C4 D4	14,810	99,836	26,083	18,096	12,605	125,011	126,953	153 KB
87	A4 B5 C5 D5	14,719	99,981	26,054	18,052	12,626	125,037	126,986	12.517 KB

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

Tabela apenas com os erros (valor - nominal), o tom da cor simboliza o tamanho do erro (azul erro positivo, vermelho erro

#	Identificador novo	Cilindro 1 (erros, em mm)				Cilindro 2 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	A1 B1 C1 D1 E	0,273	0,095	0,002	-0,091	0,478	-0,022	-0,111	-0,782
2	A1 B4 C4 D4 E	0,221	0,011	-0,076	0,477	0,483	-0,189	-0,186	-1,252
3	A1 B4 C4 D4 E	0,431	0,031	0,000	-2,883	0,799	-0,147	-0,229	2,250
4	A1 B5 C5 D5 E	0,007	0,018	0,033	0,719	0,281	-0,019	-0,034	-0,087
5	A1 B5 C5 D5 E	0,007	-0,057	0,052	0,692	0,252	-0,028	-0,012	-0,101
6	A1 B5 C5 D5 E	-0,008	-0,007	-0,006	0,675	0,299	0,014	-0,062	0,175
7	A1 B5 C5 D5 E	0,032	0,019	0,058	0,596	0,344	0,006	-0,021	-0,344
8	A1 B1 C1 D1 E	0,417	0,118	0,022	0,266	0,618	-0,019	-0,111	-0,678
9	A2 B1 C1 D1 E	0,251	0,141	0,229	1,610	0,297	0,140	0,009	0,539
10	A2 B1 C1 D1 E	0,371	0,095	0,046	0,662	0,572	0,034	-0,080	-0,868
11	A3 B1 C1 D1 E	0,224	0,080	0,035	0,193	0,456	0,039	-0,080	-0,871
12	A3 B1 C1 D1 E	0,345	0,093	0,056	0,558	0,569	0,034	-0,109	-0,853
13	A4 B4 C4 D4 E	0,275	0,087	-0,009	0,204	0,444	-0,105	-0,169	0,074
14	A4 B4 C4 D4 E	0,335	0,128	0,102	-0,720	0,622	-0,060	-0,030	10,494
15	A4 B5 C5 D5 E	0,051	-0,023	0,069	0,805	0,183	-0,052	0,005	-0,965
16	A4 B5 C5 D5 E	0,030	0,037	0,089	0,851	0,065	-0,053	0,076	-0,934
17	A4 B5 C5 D5 E	0,041	0,023	0,097	0,914	0,091	-0,054	0,081	-0,966
18	A4 B1 C1 D1 E	0,265	0,111	0,083	-0,058	0,496	0,045	-0,066	-1,119
19	A4 B1 C1 D1 E	0,192	0,090	0,073	0,078	0,411	0,039	-0,049	-0,939
20	A1 B1 C1 D1	0,300	0,316	0,184	-0,087	0,488	0,177	0,070	-0,810
21	A1 B2 C1 D1	0,262	0,127	-0,003	-0,086	0,490	0,055	-0,091	-0,872
22	A1 B3 C1 D1	0,136	0,182	0,196	-0,089	0,450	0,139	0,041	-0,878
23	A1 B1 C2 D1	0,265	0,070	-0,012	0,171	0,562	0,009	-0,104	-0,436
24	A1 B1 C3 D1	0,118	0,108	0,058	0,279	0,407	0,055	-0,097	-1,114
25	A1 B1 C1 D2	0,204	0,042	0,025	0,103	0,438	0,018	-0,092	-0,897
26	A1 B1 C1 D3	0,197	0,042	-0,012	-0,050	0,514	0,032	-0,094	-0,909

Tabela apenas com os erros (valor - nominal), o tom da cor simboliza o tamanho do erro (azul erro positivo, vermelho erro

#	Identificador novo	Cilindro 1 (erros, em mm)				Cilindro 2 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
27	A1 B2 C2 D2	0,247	0,096	-0,016	-0,119	0,537	0,003	-0,094	-0,369
28	A1 B3 C3 D3	0,066	0,030	0,062	0,036	0,378	0,043	-0,074	-0,712
29	A1 B3 C2 D2	0,178	-0,015	0,021	-0,310	0,539	-0,042	-0,076	-0,639
30	A1 B2 C3 D2	0,083	0,053	0,048	0,182	0,433	0,075	-0,035	-1,056
31	A1 B2 C2 D3	0,271	0,101	-0,009	0,039	0,573	0,036	-0,119	-0,524
32	A1 B2 C3 D3	0,120	0,062	0,058	0,213	0,403	0,047	-0,088	-1,055
33	A1 B3 C2 D3	0,261	0,080	0,011	-0,200	0,575	0,034	-0,103	-0,420
34	A1 B3 C3 D2	0,068	0,064	0,042	0,228	0,336	-0,035	-0,107	-0,855
35	A1 B4 C4 D4	0,221	0,031	-0,023	0,477	0,482	-0,162	-0,135	-1,252
36	A1 B5 C5 D5	0,016	0,018	0,062	0,570	0,284	0,000	-0,002	-0,400
37	A2 B1 C1 D1	0,261	0,081	0,024	0,063	0,478	0,025	-0,071	-0,946
38	A2 B2 C1 D1	0,265	0,105	0,035	0,064	0,481	0,041	-0,069	-0,961
39	A2 B3 C1 D1	0,147	0,018	0,024	-0,012	0,435	-0,010	-0,123	-0,932
40	A2 B1 C2 D1	0,259	0,071	0,013	0,029	0,536	0,029	-0,079	-0,741
41	A2 B1 C3 D1	0,134	0,119	0,082	0,281	0,416	0,076	-0,078	-1,012
42	A2 B1 C1 D2	0,178	0,069	0,003	0,017	0,447	-0,019	-0,108	-0,976
43	A2 B1 C1 D3	0,251	0,094	0,018	0,049	0,512	0,038	-0,069	-0,908
44	A2 B2 C2 D2	0,223	0,097	-0,055	0,008	0,504	-0,009	-0,122	-0,703
45	A2 B3 C3 D3	0,077	0,052	0,033	0,002	0,388	0,044	-0,096	-0,693
46	A2 B3 C2 D2	0,206	0,016	0,033	-0,182	0,476	-0,026	-0,071	-0,812
47	A2 B2 C3 D2	0,111	0,038	0,071	0,273	0,412	0,073	-0,042	-0,995
48	A2 B2 C2 D3	0,261	0,111	-0,001	0,050	0,551	0,052	-0,105	-0,779
49	A2 B2 C3 D3	0,104	0,065	0,056	0,244	0,396	0,054	-0,107	-1,044
50	A2 B3 C2 D3	0,266	0,087	0,022	-0,093	0,558	0,031	-0,088	-0,512
51	A2 B3 C3 D2	0,074	0,080	0,011	0,299	0,378	-0,075	-0,158	-0,741
52	A2 B4 C4 D4	0,151	-0,040	0,016	0,223	0,495	-0,133	-0,121	-0,538
53	A2 B5 C5 D5	0,002	0,003	0,055	0,536	0,275	-0,012	-0,019	-0,557

Tabela apenas com os erros (valor - nominal), o tom da cor simboliza o tamanho do erro (azul erro positivo, vermelho erro

#	Identificador novo	Cilindro 1 (erros, em mm)				Cilindro 2 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
54	A3 B1 C1 D1	0,229	0,068	0,043	0,193	0,458	0,032	-0,073	-0,873
55	A3 B2 C1 D1	0,209	0,071	0,040	0,257	0,463	0,031	-0,086	-0,889
56	A3 B3 C1 D1	0,125	0,038	0,023	0,243	0,432	0,014	-0,106	-0,747
57	A3 B1 C2 D1	0,285	0,103	0,020	0,039	0,525	0,043	-0,074	-0,906
58	A3 B1 C3 D1	0,124	0,100	0,056	0,336	0,426	0,067	-0,090	-1,088
59	A3 B1 C1 D2	0,176	0,053	0,015	0,365	0,450	0,003	-0,096	-1,074
60	A3 B1 C1 D3	0,240	0,095	0,026	0,260	0,496	0,049	-0,087	-0,720
61	A3 B2 C2 D2	0,238	0,100	-0,024	-0,005	0,474	0,004	-0,121	-0,740
62	A3 B3 C3 D3	0,079	0,042	0,051	0,066	0,391	0,041	-0,081	-0,659
63	A3 B3 C2 D2	0,202	0,035	-0,034	-0,254	0,490	-0,013	-0,116	-0,602
64	A3 B2 C3 D2	0,110	0,049	0,073	0,277	0,441	0,050	-0,018	-0,908
65	A3 B2 C2 D3	0,269	0,109	0,024	0,015	0,523	0,039	-0,085	-0,805
66	A3 B2 C3 D3	0,127	0,071	0,049	0,192	0,386	0,075	-0,105	-1,010
67	A3 B3 C2 D3	0,260	0,080	0,037	-0,277	0,564	0,024	-0,068	-0,594
68	A3 B3 C3 D2	0,107	-0,003	0,019	0,402	0,370	-0,016	-0,100	-0,849
69	A3 B4 C4 D4	0,169	-0,009	-0,051	-0,284	0,455	-0,128	-0,164	-0,703
70	A3 B5 C5 D5	-0,016	-0,009	0,053	0,470	0,269	-0,021	-0,022	-0,603
71	A4 B1 C1 D1	0,193	0,095	0,063	0,069	0,412	0,028	-0,064	-0,940
72	A4 B2 C1 D1	0,183	0,093	0,085	0,057	0,429	0,056	-0,031	-0,937
73	A4 B3 C1 D1	0,125	0,038	0,040	0,000	0,411	0,032	-0,077	-0,853
74	A4 B1 C2 D1	0,220	0,114	0,066	0,084	0,467	0,067	-0,050	-0,789
75	A4 B1 C3 D1	0,222	0,113	0,076	0,123	0,356	0,023	-0,055	-0,885
76	A4 B1 C1 D2	0,247	0,106	0,001	0,062	0,378	0,035	-0,102	-1,604
77	A4 B1 C1 D3	0,197	0,090	0,063	0,013	0,417	0,044	-0,051	-0,895
78	A4 B2 C2 D2	0,250	0,164	0,025	0,228	0,456	0,004	-0,102	-1,098
79	A4 B3 C3 D3	0,158	0,056	0,063	0,112	0,343	0,041	-0,073	-0,884
80	A4 B3 C2 D2	0,158	0,052	0,039	-0,184	0,424	-0,016	-0,107	-0,868

Tabela apenas com os erros (valor - nominal), o tom da cor simboliza o tamanho do erro (azul erro positivo, vermelho erro

#	Identificador novo	Cilindro 1 (erros, em mm)				Cilindro 2 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
81	A4 B2 C3 D2	0,189	0,103	0,039	0,280	0,308	0,056	-0,117	-0,828
82	A4 B2 C2 D3	0,188	0,107	0,052	0,036	0,479	0,055	-0,073	-0,693
83	A4 B2 C3 D3	0,199	0,094	0,087	0,114	0,292	0,057	-0,095	-0,887
84	A4 B3 C2 D3	0,147	0,071	0,050	-0,083	0,498	0,051	-0,076	-0,611
85	A4 B3 C3 D2	0,130	0,052	0,039	0,187	0,407	0,066	-0,071	-0,867
86	A4 B4 C4 D4	0,281	0,056	0,042	0,205	0,444	-0,096	-0,121	0,075
87	A4 B5 C5 D5	0,046	0,000	0,074	0,642	0,209	-0,033	-0,005	-0,966

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

negativo)

#	Identificador novo	Cilindro 3 (erros, em mm)				Cilindro 4 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	A1 B1 C1 D1 E	0,457	-0,147	-0,064	-1,108	0,213	-0,121	0,058	0,782
2	A1 B4 C4 D4 E	0,459	-0,122	-0,215	-0,124	0,298	-0,147	0,084	1,105
3	A1 B4 C4 D4 E	0,767	-0,053	-0,177	0,581	0,559	-0,109	0,172	0,019
4	A1 B5 C5 D5 E	0,404	-0,143	-0,068	-1,600	0,135	0,028	0,021	0,390
5	A1 B5 C5 D5 E	0,403	-0,135	-0,129	-1,591	0,098	-0,021	-0,050	0,478
6	A1 B5 C5 D5 E	0,373	-0,133	-0,129	-1,419	0,090	0,022	-0,051	0,371
7	A1 B5 C5 D5 E	0,465	-0,164	-0,085	-1,458	0,157	-0,007	0,025	0,518
8	A1 B1 C1 D1 E	0,634	-0,161	-0,039	-1,443	0,390	-0,108	0,104	0,679
9	A2 B1 C1 D1 E	0,462	0,284	-0,118	-2,850	0,455	0,220	0,449	-0,507
10	A2 B1 C1 D1 E	0,605	-0,123	-0,030	-1,853	0,355	-0,092	0,088	0,637
11	A3 B1 C1 D1 E	0,461	-0,103	-0,053	-1,259	0,217	-0,102	0,061	0,669
12	A3 B1 C1 D1 E	0,599	-0,118	-0,047	-1,733	0,361	-0,093	0,096	0,505
13	A4 B4 C4 D4 E	0,400	-0,070	-0,144	-1,330	0,197	-0,114	0,049	0,445
14	A4 B4 C4 D4 E	0,521	-0,025	-0,159	-3,403	0,341	0,002	0,226	-2,740
15	A4 B5 C5 D5 E	0,421	-0,207	-0,109	-1,112	0,109	-0,012	0,019	0,372
16	A4 B5 C5 D5 E	0,421	-0,166	-0,068	-1,137	0,108	0,060	0,077	0,345
17	A4 B5 C5 D5 E	0,442	-0,168	-0,081	-1,182	0,122	0,049	0,064	0,327
18	A4 B1 C1 D1 E	0,561	-0,161	-0,125	-0,927	0,266	-0,071	0,083	0,552
19	A4 B1 C1 D1 E	0,440	-0,124	-0,118	-1,025	0,165	-0,082	0,057	0,465
20	A1 B1 C1 D1	0,457	0,048	0,130	-1,296	0,214	0,094	0,252	0,799
21	A1 B2 C1 D1	0,452	-0,102	-0,066	-1,298	0,227	-0,073	0,049	0,638
22	A1 B3 C1 D1	0,426	0,005	0,103	-0,985	0,222	0,088	0,256	0,756
23	A1 B1 C2 D1	0,526	-0,138	-0,093	-0,469	0,277	-0,133	0,006	0,450
24	A1 B1 C3 D1	0,441	-0,103	-0,058	-1,091	0,216	-0,074	0,074	0,252
25	A1 B1 C1 D2	0,418	-0,085	-0,062	-1,127	0,233	-0,116	0,012	0,550
26	A1 B1 C1 D3	0,462	-0,123	-0,081	-1,135	0,234	-0,124	0,046	0,660

negativo)

#	Identificador novo	Cilindro 3 (erros, em mm)				Cilindro 4 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
27	A1 B2 C2 D2	0,432	-0,148	-0,142	-0,565	0,139	-0,172	0,054	0,817
28	A1 B3 C3 D3	0,439	-0,112	-0,077	-0,949	0,254	-0,042	0,024	0,607
29	A1 B3 C2 D2	0,455	-0,166	-0,087	-0,592	0,210	-0,109	0,044	0,733
30	A1 B2 C3 D2	0,436	-0,135	-0,044	-1,128	0,192	-0,051	0,067	0,038
31	A1 B2 C2 D3	0,512	-0,121	-0,107	-0,508	0,269	-0,118	0,023	0,606
32	A1 B2 C3 D3	0,447	-0,105	-0,057	-1,230	0,182	-0,108	0,064	0,410
33	A1 B3 C2 D3	0,505	-0,121	-0,118	-0,521	0,316	-0,084	-0,020	0,650
34	A1 B3 C3 D2	0,417	-0,107	-0,069	-0,677	0,228	-0,023	0,051	0,397
35	A1 B4 C4 D4	0,459	-0,098	-0,167	-0,029	0,293	-0,123	0,134	1,104
36	A1 B5 C5 D5	0,414	-0,127	-0,066	-1,510	0,144	0,015	0,025	0,465
37	A2 B1 C1 D1	0,454	-0,121	-0,060	-1,290	0,221	-0,115	0,052	0,685
38	A2 B2 C1 D1	0,445	-0,109	-0,053	-1,292	0,243	-0,092	0,059	0,721
39	A2 B3 C1 D1	0,419	-0,138	-0,091	-1,184	0,209	-0,076	0,065	0,879
40	A2 B1 C2 D1	0,512	-0,126	-0,078	-1,005	0,276	-0,131	0,017	0,509
41	A2 B1 C3 D1	0,437	-0,086	-0,056	-0,934	0,218	-0,083	0,075	0,192
42	A2 B1 C1 D2	0,429	-0,100	-0,043	-1,005	0,217	-0,083	0,048	0,392
43	A2 B1 C1 D3	0,462	-0,112	-0,062	-1,350	0,232	-0,115	0,070	0,721
44	A2 B2 C2 D2	0,412	-0,101	-0,147	-0,628	0,146	-0,146	0,050	0,490
45	A2 B3 C3 D3	0,438	-0,121	-0,087	-0,922	0,244	-0,047	0,014	0,514
46	A2 B3 C2 D2	0,425	-0,141	-0,094	-0,917	0,214	-0,119	0,050	0,530
47	A2 B2 C3 D2	0,443	-0,140	-0,067	-0,863	0,198	-0,097	0,045	-0,076
48	A2 B2 C2 D3	0,495	-0,106	-0,088	-0,890	0,262	-0,099	0,032	0,466
49	A2 B2 C3 D3	0,447	-0,114	-0,050	-1,046	0,170	-0,097	0,065	0,401
50	A2 B3 C2 D3	0,486	-0,123	-0,087	-0,882	0,302	-0,088	0,008	0,634
51	A2 B3 C3 D2	0,430	-0,122	-0,088	-0,807	0,207	-0,020	0,025	0,290
52	A2 B4 C4 D4	0,452	-0,073	-0,167	-0,133	0,251	-0,143	0,083	0,031
53	A2 B5 C5 D5	0,408	-0,133	-0,086	-1,420	0,156	0,002	0,005	0,466

negativo)

#	Identificador novo	Cilindro 3 (erros, em mm)				Cilindro 4 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
54	A3 B1 C1 D1	0,460	-0,112	-0,051	-1,259	0,216	-0,118	0,065	0,665
55	A3 B2 C1 D1	0,450	-0,122	-0,045	-1,265	0,240	-0,095	0,060	0,739
56	A3 B3 C1 D1	0,447	-0,135	-0,058	-1,134	0,251	-0,049	0,055	0,684
57	A3 B1 C2 D1	0,491	-0,118	-0,062	-1,462	0,267	-0,118	0,032	0,406
58	A3 B1 C3 D1	0,433	-0,101	-0,072	-0,999	0,212	-0,093	0,074	0,275
59	A3 B1 C1 D2	0,425	-0,086	-0,067	-1,243	0,205	-0,105	0,022	0,157
60	A3 B1 C1 D3	0,465	-0,114	-0,051	-1,588	0,230	-0,097	0,062	0,544
61	A3 B2 C2 D2	0,422	-0,107	-0,113	-1,385	0,142	-0,144	0,047	0,751
62	A3 B3 C3 D3	0,442	-0,113	-0,087	-0,838	0,243	-0,040	0,010	0,617
63	A3 B3 C2 D2	0,421	-0,124	-0,117	-1,408	0,233	-0,067	-0,002	0,672
64	A3 B2 C3 D2	0,434	-0,143	-0,065	-0,756	0,193	-0,084	0,064	0,216
65	A3 B2 C2 D3	0,481	-0,100	-0,078	-1,257	0,252	-0,102	0,047	0,502
66	A3 B2 C3 D3	0,454	-0,098	-0,075	-0,977	0,172	-0,109	0,056	0,570
67	A3 B3 C2 D3	0,480	-0,132	-0,084	-1,328	0,280	-0,108	0,027	0,500
68	A3 B3 C3 D2	0,430	-0,129	-0,117	0,728	0,196	-0,099	0,005	0,391
69	A3 B4 C4 D4	0,434	-0,085	-0,175	-0,504	0,239	-0,123	0,058	0,286
70	A3 B5 C5 D5	0,413	-0,149	-0,085	-1,324	0,143	0,004	0,012	0,535
71	A4 B1 C1 D1	0,440	-0,135	-0,116	-1,026	0,166	-0,077	0,056	0,464
72	A4 B2 C1 D1	0,440	-0,121	-0,103	-1,034	0,176	-0,086	0,067	0,401
73	A4 B3 C1 D1	0,432	-0,131	-0,110	-0,836	0,237	-0,016	0,006	0,538
74	A4 B1 C2 D1	0,499	-0,074	-0,062	-1,020	0,227	-0,087	0,031	0,601
75	A4 B1 C3 D1	0,453	-0,134	-0,140	-1,131	0,166	-0,098	0,039	0,415
76	A4 B1 C1 D2	0,416	-0,098	-0,067	-1,075	0,197	-0,083	0,035	0,341
77	A4 B1 C1 D3	0,450	-0,114	-0,102	-1,050	0,187	-0,096	0,061	0,445
78	A4 B2 C2 D2	0,435	-0,117	-0,076	-1,042	0,115	-0,133	0,092	0,542
79	A4 B3 C3 D3	0,436	-0,107	-0,155	-0,922	0,251	-0,024	-0,020	0,651
80	A4 B3 C2 D2	0,418	-0,133	-0,127	-0,895	0,203	-0,018	0,026	0,766

negativo)

#	Identificador novo	Cilindro 3 (erros, em mm)				Cilindro 4 (erros, em mm)			
		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura
81	A4 B2 C3 D2	0,434	-0,121	-0,136	-1,288	0,174	-0,044	0,015	0,647
82	A4 B2 C2 D3	0,456	-0,098	-0,100	-1,034	0,194	-0,087	0,059	0,586
83	A4 B2 C3 D3	0,450	-0,112	-0,139	-1,135	0,182	-0,083	0,043	0,473
84	A4 B3 C2 D3	0,451	-0,112	-0,109	-1,037	0,225	-0,047	0,032	0,596
85	A4 B3 C3 D2	0,421	-0,113	-0,179	-0,949	0,223	-0,059	-0,061	0,781
86	A4 B4 C4 D4	0,394	-0,063	-0,145	-1,330	0,208	-0,141	0,058	0,445
87	A4 B5 C5 D5	0,429	-0,193	-0,095	-1,119	0,117	0,004	0,029	0,401

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

A partir daqui, é a mesma tabela de erros, porém em módulo, para nã

#	Identificador novo	Geral (erros, em mm)				Cilindro 1 (erros modulares, em mm)				Ci
		Espessura	Largura em X	Largura em Y		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
	-	-	-	-		-	-	-	-	-
1	A1 B1 C1 D1 E	-0,039	0,064	0,147		0,273	0,095	0,002	0,091	0,478
2	A1 B4 C4 D4 E	-0,045	0,039	0,168		0,221	0,011	0,076	0,477	0,483
3	A1 B4 C4 D4 E	0,325	0,543	0,759		0,431	0,031	0	2,883	0,799
4	A1 B5 C5 D5 E	-0,035	0,132	0,179		0,007	0,018	0,033	0,719	0,281
5	A1 B5 C5 D5 E	-0,047	0,129	0,202		0,007	0,057	0,052	0,692	0,252
6	A1 B5 C5 D5 E	-0,045	0,135	0,214		0,008	0,007	0,006	0,675	0,299
7	A1 B5 C5 D5 E	-0,038	0,141	0,194		0,032	0,019	0,058	0,596	0,344
8	A1 B1 C1 D1 E	-0,038	0,063	0,151		0,417	0,118	0,022	0,266	0,618
9	A2 B1 C1 D1 E	-0,035	2,008	-1,789		0,251	0,141	0,229	1,61	0,297
10	A2 B1 C1 D1 E	-0,023	0,082	0,147		0,371	0,095	0,046	0,662	0,572
11	A3 B1 C1 D1 E	-0,020	0,088	0,148		0,224	0,08	0,035	0,193	0,456
12	A3 B1 C1 D1 E	-0,022	0,089	0,147		0,345	0,093	0,056	0,558	0,569
13	A4 B4 C4 D4 E	-0,031	0,050	0,125		0,275	0,087	0,009	0,204	0,444
14	A4 B4 C4 D4 E	-0,097	0,043	0,103		0,335	0,128	0,102	0,72	0,622
15	A4 B5 C5 D5 E	-0,012	0,078	0,165		0,051	0,023	0,069	0,805	0,183
16	A4 B5 C5 D5 E	-0,008	0,076	0,172		0,03	0,037	0,089	0,851	0,065
17	A4 B5 C5 D5 E	-0,007	0,085	0,174		0,041	0,023	0,097	0,914	0,091
18	A4 B1 C1 D1 E	-0,025	0,050	0,110		0,265	0,111	0,083	0,058	0,496
19	A4 B1 C1 D1 E	-0,024	0,050	0,112		0,192	0,09	0,073	0,078	0,411
20	A1 B1 C1 D1	-0,028	0,065	0,148		0,3	0,316	0,184	0,087	0,488
21	A1 B2 C1 D1	-0,025	0,065	0,149		0,262	0,127	0,003	0,086	0,49
22	A1 B3 C1 D1	-0,027	0,067	0,148		0,136	0,182	0,196	0,089	0,45
23	A1 B1 C2 D1	-0,004	0,069	0,161		0,265	0,07	0,012	0,171	0,562
24	A1 B1 C3 D1	-0,032	0,085	0,149		0,118	0,108	0,058	0,279	0,407
25	A1 B1 C1 D2	-0,014	0,064	0,156		0,204	0,042	0,025	0,103	0,438
26	A1 B1 C1 D3	-0,022	0,068	0,142		0,197	0,042	0,012	0,05	0,514

A partir daqui, é a mesma tabela de erros, porém em módulo, para nã

#	Identificador novo	Geral (erros, em mm)				Cilindro 1 (erros modulares, em mm)				Ci
		Espessura	Largura em X	Largura em Y		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
27	A1 B2 C2 D2	-0,024	0,042	0,144		0,247	0,096	0,016	0,119	0,537
28	A1 B3 C3 D3	-0,030	0,089	0,150		0,066	0,03	0,062	0,036	0,378
29	A1 B3 C2 D2	-0,036	0,058	0,160		0,178	0,015	0,021	0,31	0,539
30	A1 B2 C3 D2	-0,035	0,091	0,155		0,083	0,053	0,048	0,182	0,433
31	A1 B2 C2 D3	0,007	0,079	0,176		0,271	0,101	0,009	0,039	0,573
32	A1 B2 C3 D3	-0,025	0,084	0,150		0,12	0,062	0,058	0,213	0,403
33	A1 B3 C2 D3	0,006	0,077	0,173		0,261	0,08	0,011	0,2	0,575
34	A1 B3 C3 D2	-0,037	0,083	0,148		0,068	0,064	0,042	0,228	0,336
35	A1 B4 C4 D4	-0,008	0,035	0,169		0,221	0,031	0,023	0,477	0,482
36	A1 B5 C5 D5	-0,042	0,130	0,176		0,016	0,018	0,062	0,57	0,284
37	A2 B1 C1 D1	-0,021	0,082	0,147		0,261	0,081	0,024	0,063	0,478
38	A2 B2 C1 D1	-0,019	0,085	0,147		0,265	0,105	0,035	0,064	0,481
39	A2 B3 C1 D1	-0,020	0,082	0,147		0,147	0,018	0,024	0,012	0,435
40	A2 B1 C2 D1	-0,004	0,083	0,170		0,259	0,071	0,013	0,029	0,536
41	A2 B1 C3 D1	-0,024	0,091	0,162		0,134	0,119	0,082	0,281	0,416
42	A2 B1 C1 D2	-0,006	0,086	0,177		0,178	0,069	0,003	0,017	0,447
43	A2 B1 C1 D3	-0,020	0,082	0,148		0,251	0,094	0,018	0,049	0,512
44	A2 B2 C2 D2	-0,025	0,071	0,171		0,223	0,097	0,055	0,008	0,504
45	A2 B3 C3 D3	-0,022	0,090	0,151		0,077	0,052	0,033	0,002	0,388
46	A2 B3 C2 D2	-0,024	0,078	0,157		0,206	0,016	0,033	0,182	0,476
47	A2 B2 C3 D2	-0,034	0,093	0,154		0,111	0,038	0,071	0,273	0,412
48	A2 B2 C2 D3	0,006	0,091	0,174		0,261	0,111	0,001	0,05	0,551
49	A2 B2 C3 D3	-0,020	0,086	0,146		0,104	0,065	0,056	0,244	0,396
50	A2 B3 C2 D3	0,005	0,090	0,172		0,266	0,087	0,022	0,093	0,558
51	A2 B3 C3 D2	-0,031	0,090	0,151		0,074	0,08	0,011	0,299	0,378
52	A2 B4 C4 D4	0,001	0,067	0,176		0,151	0,04	0,016	0,223	0,495
53	A2 B5 C5 D5	-0,036	0,129	0,172		0,002	0,003	0,055	0,536	0,275

A partir daqui, é a mesma tabela de erros, porém em módulo, para nã

#	Identificador novo	Geral (erros, em mm)				Cilindro 1 (erros modulares, em mm)				Ci
		Espessura	Largura em X	Largura em Y		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
54	A3 B1 C1 D1	-0,020	0,089	0,150		0,229	0,068	0,043	0,193	0,458
55	A3 B2 C1 D1	-0,018	0,091	0,151		0,209	0,071	0,04	0,257	0,463
56	A3 B3 C1 D1	-0,022	0,089	0,144		0,125	0,038	0,023	0,243	0,432
57	A3 B1 C2 D1	-0,004	0,095	0,182		0,285	0,103	0,02	0,039	0,525
58	A3 B1 C3 D1	-0,020	0,093	0,150		0,124	0,1	0,056	0,336	0,426
59	A3 B1 C1 D2	-0,019	0,091	0,158		0,176	0,053	0,015	0,365	0,45
60	A3 B1 C1 D3	-0,019	0,091	0,151		0,24	0,095	0,026	0,26	0,496
61	A3 B2 C2 D2	-0,021	0,077	0,179		0,238	0,1	0,024	0,005	0,474
62	A3 B3 C3 D3	-0,023	0,085	0,144		0,079	0,042	0,051	0,066	0,391
63	A3 B3 C2 D2	-0,026	0,076	0,177		0,202	0,035	0,034	0,254	0,49
64	A3 B2 C3 D2	-0,035	0,087	0,159		0,11	0,049	0,073	0,277	0,441
65	A3 B2 C2 D3	0,001	0,098	0,183		0,269	0,109	0,024	0,015	0,523
66	A3 B2 C3 D3	-0,019	0,086	0,145		0,127	0,071	0,049	0,192	0,386
67	A3 B3 C2 D3	0,001	0,099	0,180		0,26	0,08	0,037	0,277	0,564
68	A3 B3 C3 D2	-0,033	0,089	0,156		0,107	0,003	0,019	0,402	0,37
69	A3 B4 C4 D4	-0,001	0,078	0,170		0,169	0,009	0,051	0,284	0,455
70	A3 B5 C5 D5	-0,028	0,120	0,167		0,016	0,009	0,053	0,47	0,269
71	A4 B1 C1 D1	-0,024	0,051	0,110		0,193	0,095	0,063	0,069	0,412
72	A4 B2 C1 D1	-0,024	0,052	0,112		0,183	0,093	0,085	0,057	0,429
73	A4 B3 C1 D1	-0,025	0,045	0,110		0,125	0,038	0,04	0	0,411
74	A4 B1 C2 D1	-0,021	0,044	0,133		0,22	0,114	0,066	0,084	0,467
75	A4 B1 C3 D1	-0,027	0,058	0,127		0,222	0,113	0,076	0,123	0,356
76	A4 B1 C1 D2	-0,019	0,059	0,123		0,247	0,106	0,001	0,062	0,378
77	A4 B1 C1 D3	-0,023	0,048	0,111		0,197	0,09	0,063	0,013	0,417
78	A4 B2 C2 D2	-0,021	0,045	0,137		0,25	0,164	0,025	0,228	0,456
79	A4 B3 C3 D3	-0,027	0,051	0,134		0,158	0,056	0,063	0,112	0,343
80	A4 B3 C2 D2	-0,026	0,042	0,136		0,158	0,052	0,039	0,184	0,424

A partir daqui, é a mesma tabela de erros, porém em módulo, para nã

#	Identificador novo	Geral (erros, em mm)				Cilindro 1 (erros modulares, em mm)				Ci
		Espessura	Largura em X	Largura em Y		Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
81	A4 B2 C3 D2	-0,026	0,068	0,128		0,189	0,103	0,039	0,28	0,308
82	A4 B2 C2 D3	-0,016	0,042	0,126		0,188	0,107	0,052	0,036	0,479
83	A4 B2 C3 D3	-0,026	0,058	0,132		0,199	0,094	0,087	0,114	0,292
84	A4 B3 C2 D3	-0,019	0,041	0,130		0,147	0,071	0,05	0,083	0,498
85	A4 B3 C3 D2	-0,028	0,053	0,127		0,13	0,052	0,039	0,187	0,407
86	A4 B4 C4 D4	-0,032	0,048	0,126		0,281	0,056	0,042	0,205	0,444
87	A4 B5 C5 D5	-0,011	0,074	0,159		0,046	0	0,074	0,642	0,209

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

Estatísticas das colunas acima

Maior erro	0,431	0,316	0,229	2,883	0,799
Menor erro	0,002	0,000	0,000	0,000	0,065
Mediana	0,193	0,071	0,040	0,193	0,444
Média	0,182	0,072	0,047	0,289	0,434
Desvio padrão	0,095	0,047	0,039	0,388	0,112

o haver números negativos (para os cálculos de mediana, moda, etc)

#	Identificador novo	lindro 2 (erros modulares, em mm)			Cilindro 3 (erros modulares, em mm)				Ci
		X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	A1 B1 C1 D1 E	0,022	0,111	0,782	0,457	0,147	0,064	1,108	0,213
2	A1 B4 C4 D4 E	0,189	0,186	1,252	0,459	0,122	0,215	0,124	0,298
3	A1 B4 C4 D4 E	0,147	0,229	2,25	0,767	0,053	0,177	0,581	0,559
4	A1 B5 C5 D5 E	0,019	0,034	0,087	0,404	0,143	0,068	1,6	0,135
5	A1 B5 C5 D5 E	0,028	0,012	0,101	0,403	0,135	0,129	1,591	0,098
6	A1 B5 C5 D5 E	0,014	0,062	0,175	0,373	0,133	0,129	1,419	0,09
7	A1 B5 C5 D5 E	0,006	0,021	0,344	0,465	0,164	0,085	1,458	0,157
8	A1 B1 C1 D1 E	0,019	0,111	0,678	0,634	0,161	0,039	1,443	0,39
9	A2 B1 C1 D1 E	0,14	0,009	0,539	0,462	0,284	0,118	2,85	0,455
10	A2 B1 C1 D1 E	0,034	0,08	0,868	0,605	0,123	0,03	1,853	0,355
11	A3 B1 C1 D1 E	0,039	0,08	0,871	0,461	0,103	0,053	1,259	0,217
12	A3 B1 C1 D1 E	0,034	0,109	0,853	0,599	0,118	0,047	1,733	0,361
13	A4 B4 C4 D4 E	0,105	0,169	0,074	0,4	0,07	0,144	1,33	0,197
14	A4 B4 C4 D4 E	0,06	0,03	10,494	0,521	0,025	0,159	3,403	0,341
15	A4 B5 C5 D5 E	0,052	0,005	0,965	0,421	0,207	0,109	1,112	0,109
16	A4 B5 C5 D5 E	0,053	0,076	0,934	0,421	0,166	0,068	1,137	0,108
17	A4 B5 C5 D5 E	0,054	0,081	0,966	0,442	0,168	0,081	1,182	0,122
18	A4 B1 C1 D1 E	0,045	0,066	1,119	0,561	0,161	0,125	0,927	0,266
19	A4 B1 C1 D1 E	0,039	0,049	0,939	0,44	0,124	0,118	1,025	0,165
20	A1 B1 C1 D1	0,177	0,07	0,81	0,457	0,048	0,13	1,296	0,214
21	A1 B2 C1 D1	0,055	0,091	0,872	0,452	0,102	0,066	1,298	0,227
22	A1 B3 C1 D1	0,139	0,041	0,878	0,426	0,005	0,103	0,985	0,222
23	A1 B1 C2 D1	0,009	0,104	0,436	0,526	0,138	0,093	0,469	0,277
24	A1 B1 C3 D1	0,055	0,097	1,114	0,441	0,103	0,058	1,091	0,216
25	A1 B1 C1 D2	0,018	0,092	0,897	0,418	0,085	0,062	1,127	0,233
26	A1 B1 C1 D3	0,032	0,094	0,909	0,462	0,123	0,081	1,135	0,234

o haver números negativos (para os cálculos de mediana, moda, etc)

#	Identificador novo	lindro 2 (erros modulares, em mm)			Cilindro 3 (erros modulares, em mm)				Ci
		X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
27	A1 B2 C2 D2	0,003	0,094	0,369	0,432	0,148	0,142	0,565	0,139
28	A1 B3 C3 D3	0,043	0,074	0,712	0,439	0,112	0,077	0,949	0,254
29	A1 B3 C2 D2	0,042	0,076	0,639	0,455	0,166	0,087	0,592	0,21
30	A1 B2 C3 D2	0,075	0,035	1,056	0,436	0,135	0,044	1,128	0,192
31	A1 B2 C2 D3	0,036	0,119	0,524	0,512	0,121	0,107	0,508	0,269
32	A1 B2 C3 D3	0,047	0,088	1,055	0,447	0,105	0,057	1,23	0,182
33	A1 B3 C2 D3	0,034	0,103	0,42	0,505	0,121	0,118	0,521	0,316
34	A1 B3 C3 D2	0,035	0,107	0,855	0,417	0,107	0,069	0,677	0,228
35	A1 B4 C4 D4	0,162	0,135	1,252	0,459	0,098	0,167	0,029	0,293
36	A1 B5 C5 D5	0	0,002	0,4	0,414	0,127	0,066	1,51	0,144
37	A2 B1 C1 D1	0,025	0,071	0,946	0,454	0,121	0,06	1,29	0,221
38	A2 B2 C1 D1	0,041	0,069	0,961	0,445	0,109	0,053	1,292	0,243
39	A2 B3 C1 D1	0,01	0,123	0,932	0,419	0,138	0,091	1,184	0,209
40	A2 B1 C2 D1	0,029	0,079	0,741	0,512	0,126	0,078	1,005	0,276
41	A2 B1 C3 D1	0,076	0,078	1,012	0,437	0,086	0,056	0,934	0,218
42	A2 B1 C1 D2	0,019	0,108	0,976	0,429	0,1	0,043	1,005	0,217
43	A2 B1 C1 D3	0,038	0,069	0,908	0,462	0,112	0,062	1,35	0,232
44	A2 B2 C2 D2	0,009	0,122	0,703	0,412	0,101	0,147	0,628	0,146
45	A2 B3 C3 D3	0,044	0,096	0,693	0,438	0,121	0,087	0,922	0,244
46	A2 B3 C2 D2	0,026	0,071	0,812	0,425	0,141	0,094	0,917	0,214
47	A2 B2 C3 D2	0,073	0,042	0,995	0,443	0,14	0,067	0,863	0,198
48	A2 B2 C2 D3	0,052	0,105	0,779	0,495	0,106	0,088	0,89	0,262
49	A2 B2 C3 D3	0,054	0,107	1,044	0,447	0,114	0,05	1,046	0,17
50	A2 B3 C2 D3	0,031	0,088	0,512	0,486	0,123	0,087	0,882	0,302
51	A2 B3 C3 D2	0,075	0,158	0,741	0,43	0,122	0,088	0,807	0,207
52	A2 B4 C4 D4	0,133	0,121	0,538	0,452	0,073	0,167	0,133	0,251
53	A2 B5 C5 D5	0,012	0,019	0,557	0,408	0,133	0,086	1,42	0,156

o haver números negativos (para os cálculos de mediana, moda, etc)

#	Identificador novo	lindro 2 (erros modulares, em mm)			Cilindro 3 (erros modulares, em mm)				Ci
		X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
54	A3 B1 C1 D1	0,032	0,073	0,873	0,46	0,112	0,051	1,259	0,216
55	A3 B2 C1 D1	0,031	0,086	0,889	0,45	0,122	0,045	1,265	0,24
56	A3 B3 C1 D1	0,014	0,106	0,747	0,447	0,135	0,058	1,134	0,251
57	A3 B1 C2 D1	0,043	0,074	0,906	0,491	0,118	0,062	1,462	0,267
58	A3 B1 C3 D1	0,067	0,09	1,088	0,433	0,101	0,072	0,999	0,212
59	A3 B1 C1 D2	0,003	0,096	1,074	0,425	0,086	0,067	1,243	0,205
60	A3 B1 C1 D3	0,049	0,087	0,72	0,465	0,114	0,051	1,588	0,23
61	A3 B2 C2 D2	0,004	0,121	0,74	0,422	0,107	0,113	1,385	0,142
62	A3 B3 C3 D3	0,041	0,081	0,659	0,442	0,113	0,087	0,838	0,243
63	A3 B3 C2 D2	0,013	0,116	0,602	0,421	0,124	0,117	1,408	0,233
64	A3 B2 C3 D2	0,05	0,018	0,908	0,434	0,143	0,065	0,756	0,193
65	A3 B2 C2 D3	0,039	0,085	0,805	0,481	0,1	0,078	1,257	0,252
66	A3 B2 C3 D3	0,075	0,105	1,01	0,454	0,098	0,075	0,977	0,172
67	A3 B3 C2 D3	0,024	0,068	0,594	0,48	0,132	0,084	1,328	0,28
68	A3 B3 C3 D2	0,016	0,1	0,849	0,43	0,129	0,117	0,728	0,196
69	A3 B4 C4 D4	0,128	0,164	0,703	0,434	0,085	0,175	0,504	0,239
70	A3 B5 C5 D5	0,021	0,022	0,603	0,413	0,149	0,085	1,324	0,143
71	A4 B1 C1 D1	0,028	0,064	0,94	0,44	0,135	0,116	1,026	0,166
72	A4 B2 C1 D1	0,056	0,031	0,937	0,44	0,121	0,103	1,034	0,176
73	A4 B3 C1 D1	0,032	0,077	0,853	0,432	0,131	0,11	0,836	0,237
74	A4 B1 C2 D1	0,067	0,05	0,789	0,499	0,074	0,062	1,02	0,227
75	A4 B1 C3 D1	0,023	0,055	0,885	0,453	0,134	0,14	1,131	0,166
76	A4 B1 C1 D2	0,035	0,102	1,604	0,416	0,098	0,067	1,075	0,197
77	A4 B1 C1 D3	0,044	0,051	0,895	0,45	0,114	0,102	1,05	0,187
78	A4 B2 C2 D2	0,004	0,102	1,098	0,435	0,117	0,076	1,042	0,115
79	A4 B3 C3 D3	0,041	0,073	0,884	0,436	0,107	0,155	0,922	0,251
80	A4 B3 C2 D2	0,016	0,107	0,868	0,418	0,133	0,127	0,895	0,203

o haver números negativos (para os cálculos de mediana, moda, etc)

#	Identificador novo	lindro 2 (erros modulares, em mm)			Cilindro 3 (erros modulares, em mm)				Ci
		X centro	Y centro	Altura	Diametro	X centro	Y centro	Altura	Diametro
81	A4 B2 C3 D2	0,056	0,117	0,828	0,434	0,121	0,136	1,288	0,174
82	A4 B2 C2 D3	0,055	0,073	0,693	0,456	0,098	0,1	1,034	0,194
83	A4 B2 C3 D3	0,057	0,095	0,887	0,45	0,112	0,139	1,135	0,182
84	A4 B3 C2 D3	0,051	0,076	0,611	0,451	0,112	0,109	1,037	0,225
85	A4 B3 C3 D2	0,066	0,071	0,867	0,421	0,113	0,179	0,949	0,223
86	A4 B4 C4 D4	0,096	0,121	0,075	0,394	0,063	0,145	1,33	0,208
87	A4 B5 C5 D5	0,033	0,005	0,966	0,429	0,193	0,095	1,119	0,117
extra1									
extra2		0,189	0,229	10,494	0,767	0,284	0,215	3,403	0,559
extra3		0,000	0,002	0,074	0,373	0,005	0,030	0,029	0,090
extra4		0,039	0,081	0,867	0,442	0,121	0,087	1,091	0,216
extra5		0,048	0,083	0,917	0,455	0,119	0,095	1,106	0,221
extra6		0,040	0,040	1,084	0,055	0,036	0,038	0,461	0,074
extra7									
extra8									

#	Identificador novo	lindro 4 (erros modulares, em mm)			Geral (erros modulares, em mm)			Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)
		X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	A1 B1 C1 D1 E	0,121	0,058	0,782	0,039	0,064	0,147	0,266	0,313
2	A1 B4 C4 D4 E	0,147	0,084	1,105	0,045	0,039	0,168	0,300	0,342
3	A1 B4 C4 D4 E	0,109	0,172	0,019	0,325	0,543	0,759	0,570	0,760
4	A1 B5 C5 D5 E	0,028	0,021	0,39	0,035	0,132	0,179	0,228	0,379
5	A1 B5 C5 D5 E	0,021	0,05	0,478	0,047	0,129	0,202	0,236	0,375
6	A1 B5 C5 D5 E	0,022	0,051	0,371	0,045	0,135	0,214	0,223	0,337
7	A1 B5 C5 D5 E	0,007	0,025	0,518	0,038	0,141	0,194	0,246	0,348
8	A1 B1 C1 D1 E	0,108	0,104	0,679	0,038	0,063	0,151	0,319	0,362
9	A2 B1 C1 D1 E	0,22	0,449	0,507	0,035	2,008	1,789	0,652	0,797
10	A2 B1 C1 D1 E	0,092	0,088	0,637	0,023	0,082	0,147	0,356	0,451
11	A3 B1 C1 D1 E	0,102	0,061	0,669	0,02	0,088	0,148	0,272	0,335
12	A3 B1 C1 D1 E	0,093	0,096	0,505	0,022	0,089	0,147	0,338	0,418
13	A4 B4 C4 D4 E	0,114	0,049	0,445	0,031	0,05	0,125	0,227	0,299
14	A4 B4 C4 D4 E	0,002	0,226	2,74	0,097	0,043	0,103	1,061	2,465
15	A4 B5 C5 D5 E	0,012	0,019	0,372	0,012	0,078	0,165	0,251	0,340
16	A4 B5 C5 D5 E	0,06	0,077	0,345	0,008	0,076	0,172	0,251	0,341
17	A4 B5 C5 D5 E	0,049	0,064	0,327	0,007	0,085	0,174	0,261	0,357
18	A4 B1 C1 D1 E	0,071	0,083	0,552	0,025	0,05	0,11	0,272	0,317
19	A4 B1 C1 D1 E	0,082	0,057	0,465	0,024	0,05	0,112	0,239	0,296
20	A1 B1 C1 D1	0,094	0,252	0,799	0,028	0,065	0,148	0,314	0,332
21	A1 B2 C1 D1	0,073	0,049	0,638	0,025	0,065	0,149	0,270	0,343
22	A1 B3 C1 D1	0,088	0,256	0,756	0,027	0,067	0,148	0,273	0,294
23	A1 B1 C2 D1	0,133	0,006	0,45	0,004	0,069	0,161	0,208	0,190
24	A1 B1 C3 D1	0,074	0,074	0,252	0,032	0,085	0,149	0,253	0,321
25	A1 B1 C1 D2	0,116	0,012	0,55	0,014	0,064	0,156	0,245	0,314
26	A1 B1 C1 D3	0,124	0,046	0,66	0,022	0,068	0,142	0,260	0,326

#	Identificador novo	lindro 4 (erros modulares, em mm)			Geral (erros modulares, em mm)			Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)
		X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y		
27	A1 B2 C2 D2	0,172	0,054	0,817	0,024	0,042	0,144	0,219	0,223
28	A1 B3 C3 D3	0,042	0,024	0,607	0,03	0,089	0,15	0,220	0,272
29	A1 B3 C2 D2	0,109	0,044	0,733	0,036	0,058	0,16	0,235	0,236
30	A1 B2 C3 D2	0,051	0,067	0,038	0,035	0,091	0,155	0,228	0,327
31	A1 B2 C2 D3	0,118	0,023	0,606	0,007	0,079	0,176	0,221	0,213
32	A1 B2 C3 D3	0,108	0,064	0,41	0,025	0,084	0,15	0,258	0,338
33	A1 B3 C2 D3	0,084	0,02	0,65	0,006	0,077	0,173	0,225	0,210
34	A1 B3 C3 D2	0,023	0,051	0,397	0,037	0,083	0,148	0,209	0,233
35	A1 B4 C4 D4	0,123	0,134	1,104	0,008	0,035	0,169	0,284	0,350
36	A1 B5 C5 D5	0,015	0,025	0,465	0,042	0,13	0,176	0,235	0,356
37	A2 B1 C1 D1	0,115	0,052	0,685	0,021	0,082	0,147	0,274	0,353
38	A2 B2 C1 D1	0,092	0,059	0,721	0,019	0,085	0,147	0,278	0,356
39	A2 B3 C1 D1	0,076	0,065	0,879	0,02	0,082	0,147	0,264	0,352
40	A2 B1 C2 D1	0,131	0,017	0,509	0,004	0,083	0,17	0,246	0,284
41	A2 B1 C3 D1	0,083	0,075	0,192	0,024	0,091	0,162	0,240	0,283
42	A2 B1 C1 D2	0,083	0,048	0,392	0,006	0,086	0,177	0,232	0,301
43	A2 B1 C1 D3	0,115	0,07	0,721	0,02	0,082	0,148	0,280	0,362
44	A2 B2 C2 D2	0,146	0,05	0,49	0,025	0,071	0,171	0,216	0,218
45	A2 B3 C3 D3	0,047	0,014	0,514	0,022	0,09	0,151	0,212	0,260
46	A2 B3 C2 D2	0,119	0,05	0,53	0,024	0,078	0,157	0,241	0,268
47	A2 B2 C3 D2	0,097	0,045	0,076	0,034	0,093	0,154	0,222	0,276
48	A2 B2 C2 D3	0,099	0,032	0,466	0,006	0,091	0,174	0,243	0,266
49	A2 B2 C3 D3	0,097	0,065	0,401	0,02	0,086	0,146	0,248	0,308
50	A2 B3 C2 D3	0,088	0,008	0,634	0,005	0,09	0,172	0,239	0,254
51	A2 B3 C3 D2	0,02	0,025	0,29	0,031	0,09	0,151	0,215	0,232
52	A2 B4 C4 D4	0,143	0,083	0,031	0,001	0,067	0,176	0,173	0,158
53	A2 B5 C5 D5	0,002	0,005	0,466	0,036	0,129	0,172	0,235	0,343

#	Identificador novo	lindro 4 (erros modulares, em mm)			Geral (erros modulares, em mm)			Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)
		X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y		
54	A3 B1 C1 D1	0,118	0,065	0,665	0,02	0,089	0,15	0,272	0,335
55	A3 B2 C1 D1	0,095	0,06	0,739	0,018	0,091	0,151	0,280	0,342
56	A3 B3 C1 D1	0,049	0,055	0,684	0,022	0,089	0,144	0,252	0,307
57	A3 B1 C2 D1	0,118	0,032	0,406	0,004	0,095	0,182	0,275	0,369
58	A3 B1 C3 D1	0,093	0,074	0,275	0,02	0,093	0,15	0,253	0,305
59	A3 B1 C1 D2	0,105	0,022	0,157	0,019	0,091	0,158	0,253	0,347
60	A3 B1 C1 D3	0,097	0,062	0,544	0,019	0,091	0,151	0,283	0,375
61	A3 B2 C2 D2	0,144	0,047	0,751	0,021	0,077	0,179	0,268	0,354
62	A3 B3 C3 D3	0,04	0,01	0,617	0,023	0,085	0,144	0,213	0,251
63	A3 B3 C2 D2	0,067	0,002	0,672	0,026	0,076	0,177	0,267	0,342
64	A3 B2 C3 D2	0,084	0,064	0,216	0,035	0,087	0,159	0,219	0,249
65	A3 B2 C2 D3	0,102	0,047	0,502	0,001	0,098	0,183	0,262	0,326
66	A3 B2 C3 D3	0,109	0,056	0,57	0,019	0,086	0,145	0,251	0,300
67	A3 B3 C2 D3	0,108	0,027	0,5	0,001	0,099	0,18	0,270	0,320
68	A3 B3 C3 D2	0,099	0,005	0,391	0,033	0,089	0,156	0,223	0,244
69	A3 B4 C4 D4	0,123	0,058	0,286	0,001	0,078	0,17	0,217	0,188
70	A3 B5 C5 D5	0,004	0,012	0,535	0,028	0,12	0,167	0,234	0,327
71	A4 B1 C1 D1	0,077	0,056	0,464	0,024	0,051	0,11	0,238	0,296
72	A4 B2 C1 D1	0,086	0,067	0,401	0,024	0,052	0,112	0,236	0,295
73	A4 B3 C1 D1	0,016	0,006	0,538	0,025	0,045	0,11	0,214	0,272
74	A4 B1 C2 D1	0,087	0,031	0,601	0,021	0,044	0,133	0,245	0,291
75	A4 B1 C3 D1	0,098	0,039	0,415	0,027	0,058	0,127	0,244	0,300
76	A4 B1 C1 D2	0,083	0,035	0,341	0,019	0,059	0,123	0,266	0,407
77	A4 B1 C1 D3	0,096	0,061	0,445	0,023	0,048	0,111	0,235	0,296
78	A4 B2 C2 D2	0,133	0,092	0,542	0,021	0,045	0,137	0,267	0,321
79	A4 B3 C3 D3	0,024	0,02	0,651	0,027	0,051	0,134	0,237	0,285
80	A4 B3 C2 D2	0,018	0,026	0,766	0,026	0,042	0,136	0,244	0,292

#	Identificador novo	lindro 4 (erros modulares, em mm)			Geral (erros modulares, em mm)			Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)
		X centro	Y centro	Altura	Espessura	Largura em X	Largura em Y		
81	A4 B2 C3 D2	0,044	0,015	0,647	0,026	0,068	0,128	0,263	0,330
82	A4 B2 C2 D3	0,087	0,059	0,586	0,016	0,042	0,126	0,236	0,281
83	A4 B2 C3 D3	0,083	0,043	0,473	0,026	0,058	0,132	0,245	0,300
84	A4 B3 C2 D3	0,047	0,032	0,596	0,019	0,041	0,13	0,231	0,277
85	A4 B3 C3 D2	0,059	0,061	0,781	0,028	0,053	0,127	0,253	0,296
86	A4 B4 C4 D4	0,141	0,058	0,445	0,032	0,048	0,126	0,227	0,299
87	A4 B5 C5 D5	0,004	0,029	0,401	0,011	0,074	0,159	0,242	0,331
extra1									
extra2		0,220	0,449	2,740	0,325	2,008	1,789		
extra3		0,002	0,002	0,019	0,001	0,035	0,103		
extra4		0,092	0,051	0,514	0,024	0,082	0,151		
extra5		0,084	0,060	0,545	0,027	0,104	0,178		
extra6		0,043	0,062	0,314	0,035	0,214	0,188		
extra7									
extra8									

Valores médios:

0,267	0,343

Juntando todos os cilindros:

Diâmetro
X centro
Y centro
Altura

#	Identificador novo	Rank - Erro	Rank - Tam.	Rank+
	-	-	-	-
1	A1 B1 C1 D1 E	63	70	133
2	A1 B4 C4 D4 E	80	20	100
3	A1 B4 C4 D4 E	85	21	106
4	A1 B5 C5 D5 E	20	82	102
5	A1 B5 C5 D5 E	30	83	113
6	A1 B5 C5 D5 E	15	84	99
7	A1 B5 C5 D5 E	46	81	127
8	A1 B1 C1 D1 E	82	71	153
9	A2 B1 C1 D1 E	86	69	155
10	A2 B1 C1 D1 E	84	68	152
11	A3 B1 C1 D1 E	69	66	135
12	A3 B1 C1 D1 E	83	67	150
13	A4 B4 C4 D4 E	19	29	48
14	A4 B4 C4 D4 E	87	16	103
15	A4 B5 C5 D5 E	48	85	133
16	A4 B5 C5 D5 E	49	86	135
17	A4 B5 C5 D5 E	58	87	145
18	A4 B1 C1 D1 E	70	74	144
19	A4 B1 C1 D1 E	34	73	107
20	A1 B1 C1 D1	81	43	124
21	A1 B2 C1 D1	68	44	112
22	A1 B3 C1 D1	72	45	117
23	A1 B1 C2 D1	2	31	33
24	A1 B1 C3 D1	54	56	110
25	A1 B1 C1 D2	42	15	57
26	A1 B1 C1 D3	57	50	107

#	Identificador novo	Rank - Erro	Rank - Tam.	Rank+
27	A1 B2 C2 D2	10	9	19
28	A1 B3 C3 D3	12	65	77
29	A1 B3 C2 D2	27	10	37
30	A1 B2 C3 D2	21	24	45
31	A1 B2 C2 D3	13	46	59
32	A1 B2 C3 D3	56	61	117
33	A1 B3 C2 D3	17	47	64
34	A1 B3 C3 D2	3	33	36
35	A1 B4 C4 D4	79	4	83
36	A1 B5 C5 D5	26	78	104
37	A2 B1 C1 D1	73	38	111
38	A2 B2 C1 D1	75	39	114
39	A2 B3 C1 D1	61	40	101
40	A2 B1 C2 D1	45	23	68
41	A2 B1 C3 D1	36	51	87
42	A2 B1 C1 D2	23	14	37
43	A2 B1 C1 D3	76	49	125
44	A2 B2 C2 D2	8	7	15
45	A2 B3 C3 D3	4	63	67
46	A2 B3 C2 D2	37	8	45
47	A2 B2 C3 D2	14	22	36
48	A2 B2 C2 D3	39	36	75
49	A2 B2 C3 D3	47	59	106
50	A2 B3 C2 D3	35	37	72
51	A2 B3 C3 D2	7	30	37
52	A2 B4 C4 D4	1	2	3
53	A2 B5 C5 D5	28	77	105

#	Identificador novo	Rank - Erro	Rank - Tam.	Rank+
54	A3 B1 C1 D1	71	32	103
55	A3 B2 C1 D1	77	34	111
56	A3 B3 C1 D1	51	35	86
57	A3 B1 C2 D1	74	17	91
58	A3 B1 C3 D1	52	52	104
59	A3 B1 C1 D2	53	12	65
60	A3 B1 C1 D3	78	48	126
61	A3 B2 C2 D2	66	5	71
62	A3 B3 C3 D3	5	64	69
63	A3 B3 C2 D2	64	6	70
64	A3 B2 C3 D2	11	18	29
65	A3 B2 C2 D3	59	26	85
66	A3 B2 C3 D3	50	60	110
67	A3 B3 C2 D3	67	27	94
68	A3 B3 C3 D2	16	28	44
69	A3 B4 C4 D4	9	1	10
70	A3 B5 C5 D5	24	79	103
71	A4 B1 C1 D1	33	54	87
72	A4 B2 C1 D1	31	53	84
73	A4 B3 C1 D1	6	55	61
74	A4 B1 C2 D1	43	25	68
75	A4 B1 C3 D1	41	72	113
76	A4 B1 C1 D2	62	19	81
77	A4 B1 C1 D3	25	57	82
78	A4 B2 C2 D2	65	11	76
79	A4 B3 C3 D3	32	76	108
80	A4 B3 C2 D2	40	13	53

#	Identificador novo	Rank - Erro	Rank - Tam.	Rank+
81	A4 B2 C3 D2	60	58	118
82	A4 B2 C2 D3	29	41	70
83	A4 B2 C3 D3	44	75	119
84	A4 B3 C2 D3	22	42	64
85	A4 B3 C3 D2	55	62	117
86	A4 B4 C4 D4	18	3	21
87	A4 B5 C5 D5	38	80	118

extra1
extra2
extra3
extra4
extra5
extra6
extra7
extra8

Média	Desvio padrão
0,323	0,150
0,081	0,029
0,071	0,022
0,714	0,367

ANEXO B – TABELA DE ANÁLISE DOS DADOS

#	Id Novo	A	B	C	D	E	Método (nome antigo)	Tamanho do arquivo (kB)	Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)	Rank - Erro	Rank - Taman.	Rank total
1	A1 B1 C1 D1 E	1	1	1	1	1	E 1 P	1.560	0,266	0,313	63	70	133
2	A1 B4 C4 D4 E	1	4	4	4	1	E 1o P buraco	430	0,300	0,342	80	20	100
3	A1 B4 C4 D4 E	1	4	4	4	1	E 1o PS buraco	430	0,570	0,760	85	21	106
4	A1 B5 C5 D5 E	1	5	5	5	1	E 1p P dm5	17.408	0,228	0,379	20	82	102
5	A1 B5 C5 D5 E	1	5	5	5	1	E 1p P dm10	18.150	0,236	0,375	30	83	113
6	A1 B5 C5 D5 E	1	5	5	5	1	E 1p P dm20	19.129	0,223	0,337	15	84	99
7	A1 B5 C5 D5 E	1	5	5	5	1	E 1p S	16.133	0,246	0,348	46	81	127
8	A1 B1 C1 D1 E	1	1	1	1	1	E 1 PS	1.560	0,319	0,362	82	71	153
9	A2 B1 C1 D1 E	2	1	1	1	1	E 2 P	1.451	0,652	0,797	86	69	155
10	A2 B1 C1 D1 E	2	1	1	1	1	E 2 PS	1.451	0,356	0,451	84	68	152
11	A3 B1 C1 D1 E	3	1	1	1	1	E 3 P	1.365	0,272	0,335	69	66	135
12	A3 B1 C1 D1 E	3	1	1	1	1	E 3 PS	1.365	0,338	0,418	83	67	150
13	A4 B4 C4 D4 E	4	4	4	4	1	E 4o P barb	477	0,227	0,299	19	29	48
14	A4 B4 C4 D4 E	4	4	4	4	1	E 4o	402			87	16	103
15	A4 B5 C5 D5 E	4	5	5	5	1	E 4p P extra	35.776	0,251	0,340	48	85	133
16	A4 B5 C5 D5 E	4	5	5	5	1	E 4p P	36.355	0,251	0,341	49	86	135
17	A4 B5 C5 D5 E	4	5	5	5	1	E 4p PS	36.355	0,261	0,357	58	87	145
18	A4 B1 C1 D1 E	4	1	1	1	1	E 4 P	2.118	0,272	0,317	70	74	144
19	A4 B1 C1 D1 E	4	1	1	1	1	E 4 PS	2.118	0,239	0,296	34	73	107
20	A1 B1 C1 D1	1	1	1	1	0	M 1	549	0,314	0,332	81	43	124
21	A1 B2 C1 D1	1	2	1	1	0	M 1a	550	0,270	0,343	68	44	112
22	A1 B3 C1 D1	1	3	1	1	0	M 1b	559	0,273	0,294	72	45	117
23	A1 B1 C2 D1	1	1	2	1	0	M 1c	492	0,208	0,190	2	31	33
24	A1 B1 C3 D1	1	1	3	1	0	M 1d	791	0,253	0,321	54	56	110
25	A1 B1 C1 D2	1	1	1	2	0	M 1e	292	0,245	0,314	42	15	57
26	A1 B1 C1 D3	1	1	1	3	0	M 1f	667	0,260	0,326	57	50	107
27	A1 B2 C2 D2	1	2	2	2	0	M 1g	251	0,219	0,223	10	9	19
28	A1 B3 C3 D3	1	3	3	3	0	M 1h	1.025	0,220	0,272	12	65	77
29	A1 B3 C2 D2	1	3	2	2	0	M 1i	262	0,235	0,236	27	10	37
30	A1 B2 C3 D2	1	2	3	2	0	M 1j	455	0,228	0,327	21	24	45
31	A1 B2 C2 D3	1	2	2	3	0	M 1k	569	0,221	0,213	13	46	59
32	A1 B2 C3 D3	1	2	3	3	0	M 1l	957	0,258	0,338	56	61	117
33	A1 B3 C2 D3	1	3	2	3	0	M 1m	570	0,225	0,210	17	47	64

#	Id Novo	A	B	C	D	E	Método (nome antigo)	Tamanho do arquivo (kB)	Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)	Rank - Erro	Rank - Taman.	Rank total
34	A1 B3 C3 D2	1	3	3	2	0	M 1n	494	0,209	0,233	3	33	36
35	A1 B4 C4 D4	1	4	4	4	0	M 1o	158	0,284	0,350	79	4	83
36	A1 B5 C5 D5	1	5	5	5	0	M 1p	6.120	0,235	0,356	26	78	104
37	A2 B1 C1 D1	2	1	1	1	0	M 2	520	0,274	0,353	73	38	111
38	A2 B2 C1 D1	2	2	1	1	0	M 2a	520	0,278	0,356	75	39	114
39	A2 B3 C1 D1	2	3	1	1	0	M 2b	529	0,264	0,352	61	40	101
40	A2 B1 C2 D1	2	1	2	1	0	M 2c	448	0,246	0,284	45	23	68
41	A2 B1 C3 D1	2	1	3	1	0	M 2d	758	0,240	0,283	36	51	87
42	A2 B1 C1 D2	2	1	1	2	0	M 2e	281	0,232	0,301	23	14	37
43	A2 B1 C1 D3	2	1	1	3	0	M 2f	627	0,280	0,362	76	49	125
44	A2 B2 C2 D2	2	2	2	2	0	M 2g	239	0,216	0,218	8	7	15
45	A2 B3 C3 D3	2	3	3	3	0	M 2h	986	0,212	0,260	4	63	67
46	A2 B3 C2 D2	2	3	2	2	0	M 2i	247	0,241	0,268	37	8	45
47	A2 B2 C3 D2	2	2	3	2	0	M 2j	433	0,222	0,276	14	22	36
48	A2 B2 C2 D3	2	2	2	3	0	M 2k	515	0,243	0,266	39	36	75
49	A2 B2 C3 D3	2	2	3	3	0	M 2l	924	0,248	0,308	47	59	106
50	A2 B3 C2 D3	2	3	2	3	0	M 2m	518	0,239	0,254	35	37	72
51	A2 B3 C3 D2	2	3	3	2	0	M 2n	478	0,215	0,232	7	30	37
52	A2 B4 C4 D4	2	4	4	4	0	M 2o	152	0,173	0,158	1	2	3
53	A2 B5 C5 D5	2	5	5	5	0	M 2p	6.080	0,235	0,343	28	77	105
54	A3 B1 C1 D1	3	1	1	1	0	M 3	493	0,272	0,335	71	32	103
55	A3 B2 C1 D1	3	2	1	1	0	M 3a	494	0,280	0,342	77	34	111
56	A3 B3 C1 D1	3	3	1	1	0	M 3b	507	0,252	0,307	51	35	86
57	A3 B1 C2 D1	3	1	2	1	0	M 3c	404	0,275	0,369	74	17	91
58	A3 B1 C3 D1	3	1	3	1	0	M 3d	758	0,253	0,305	52	52	104
59	A3 B1 C1 D2	3	1	1	2	0	M 3e	269	0,253	0,347	53	12	65
60	A3 B1 C1 D3	3	1	1	3	0	M 3f	585	0,283	0,375	78	48	126
61	A3 B2 C2 D2	3	2	2	2	0	M 3g	232	0,268	0,354	66	5	71
62	A3 B3 C3 D3	3	3	3	3	0	M 3h	1.001	0,213	0,251	5	64	69
63	A3 B3 C2 D2	3	3	2	2	0	M 3i	238	0,267	0,342	64	6	70
64	A3 B2 C3 D2	3	2	3	2	0	M 3j	430	0,219	0,249	11	18	29
65	A3 B2 C2 D3	3	2	2	3	0	M 3k	461	0,262	0,326	59	26	85
66	A3 B2 C3 D3	3	2	3	3	0	M 3l	925	0,251	0,300	50	60	110

#	Id Novo	A	B	C	D	E	Método (nome antigo)	Tamanho do arquivo (kB)	Erro médio (mm)	Desvio padrão (mm)	Rank - Erro	Rank - Taman.	Rank total
67	A3 B3 C2 D3	3	3	2	3	0	M 3m	464	0,270	0,320	67	27	94
68	A3 B3 C3 D2	3	3	3	2	0	M 3n	470	0,223	0,244	16	28	44
69	A3 B4 C4 D4	3	4	4	4	0	M 3o	143	0,217	0,188	9	1	10
70	A3 B5 C5 D5	3	5	5	5	0	M 3p	6.258	0,234	0,327	24	79	103
71	A4 B1 C1 D1	4	1	1	1	0	M 4	768	0,238	0,296	33	54	87
72	A4 B2 C1 D1	4	2	1	1	0	M 4a	765	0,236	0,295	31	53	84
73	A4 B3 C1 D1	4	3	1	1	0	M 4b	779	0,214	0,272	6	55	61
74	A4 B1 C2 D1	4	1	2	1	0	M 4c	460	0,245	0,291	43	25	68
75	A4 B1 C3 D1	4	1	3	1	0	M 4d	1.966	0,244	0,300	41	72	113
76	A4 B1 C1 D2	4	1	1	2	0	M 4e	430	0,266	0,407	62	19	81
77	A4 B1 C1 D3	4	1	1	3	0	M 4f	910	0,235	0,296	25	57	82
78	A4 B2 C2 D2	4	2	2	2	0	M 4g	268	0,267	0,321	65	11	76
79	A4 B3 C3 D3	4	3	3	3	0	M 4h	2.429	0,237	0,285	32	76	108
80	A4 B3 C2 D2	4	3	2	2	0	M 4i	278	0,244	0,292	40	13	53
81	A4 B2 C3 D2	4	2	3	2	0	M 4j	912	0,263	0,330	60	58	118
82	A4 B2 C2 D3	4	2	2	3	0	M 4k	535	0,236	0,281	29	41	70
83	A4 B2 C3 D3	4	2	3	3	0	M 4l	2.415	0,245	0,300	44	75	119
84	A4 B3 C2 D3	4	3	2	3	0	M 4m	537	0,231	0,277	22	42	64
85	A4 B3 C3 D2	4	3	3	2	0	M 4n	975	0,253	0,296	55	62	117
86	A4 B4 C4 D4	4	4	4	4	0	M 4o	153	0,227	0,299	18	3	21
87	A4 B5 C5 D5	4	5	5	5	0	M 4p	12.517	0,242	0,331	38	80	118