

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E
INFORMÁTICA INDUSTRIAL

JÚLIO CONFORTO

**FRESADORAS ODONTOLÓGICAS: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE USINAGEM EM
MATERIAL PMMA**

DISSERTAÇÃO

2021
CURITIBA

JÚLIO CONFORTO

**FRESADORAS ODONTOLÓGICAS: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE USINAGEM EM
MATERIAL PMMA**

Dental Milling Machines: Assessment of Machining Quality in PMMA Material

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de "Mestre em Ciências" - Área de Concentração: Engenharia Biomédica.
Orientador: Dr. Wilson José da Silva.
Coorientador: Dr. Fábio Kurt Schneider.

CURITIBA

2021



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es).
Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



JULIO CONFORTO

FRESADORAS ODONTOLÓGICAS: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE USINAGEM EM MATERIAL PMMA.

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia Biomédica.

Data de aprovação: 28 de Abril de 2021

Prof Wilson Jose Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Andreia Gerniski Macedo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Carlos Toshiyuki Matsumi, Doutorado - Instituto Federal Santa Catarina - Ifsc

Prof Jeferson Ferreira De Deus, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/04/2021.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por estar sempre presente em nossas vidas e ao nosso lado, iluminando o nosso caminho e a nossa mente.

Agradeço aos meus pais João Pedro Conforto e Fátima Carraro Conforto, que se dispuseram em tudo o que lhes foi possível para dar um futuro próspero à minha vida. A minha namorada Diéssica de Azevedo, por seu amor, suporte, cuidado, paciência e pela ajuda na revisão do trabalho.

Agradeço também aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI) da UTFPR campus Curitiba. Em especial, quero homenagear os meus orientadores Fábio Kurt Schneider e Wilson José da Silva na aprovação da proposta do meu projeto, e que ao longo da pesquisa sempre foram receptivos, discutiram e apontaram os caminhos do estudo.

Também gostaria de agradecer ao professor Marcos Banheti Rabello Vallim, que não apenas me ensinou, mas também me motivou a buscar sempre a excelência nos desenvolvimentos dos trabalhos.

Agradeço também o meu gestor Marcos Neves de Oliveira pela confiança e oportunidade em conciliar a realização das aulas do mestrado com a minha jornada de trabalho.

Agradeço aos meus amigos Anderson Conrado Jeanini, Adriano Carneiro de Campos, Rodrigo Nogueira Dias, Roberto de Oliveira Santos e Yago Santana Leal, pelo apoio e ajuda constante, sem o qual não poderia ter atingido o sucesso que obtive no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

CONFORTO, Júlio. FRESADORAS ODONTOLÓGICAS: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE USINAGEM EM MATERIAL PMMA. 241 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

Este trabalho apresenta uma metodologia para avaliar a qualidade de usinagem de dois modelos semelhantes de fresadoras odontológicas com movimentação em 5 eixos comercializadas no Brasil: CORiTEC-250i da empresa Imes-Icore e DWX-50 da empresa Roland DG. Neste estudo foram utilizados discos de PMMA de 3 diferentes fabricantes nacionais, com registro na ANVISA, aplicados para a tecnologia CAD/CAM e distribuídos de acordo com suas espessuras: 14 mm e 20 mm da empresa ProviCAD; 16 mm e 25 mm da empresa Protétic e 16 mm e 25 mm da empresa PrimaVita. Para viabilizar tal análise foram elaborados dois modelos de desenhos com geometrias regulares, a fim de avaliar a qualidade de usinagem utilizando os 4 e 5 eixos dos equipamentos. Estes desenhos foram condicionados em um *software* CAM Millbox e posicionados para serem usinados em todos os discos de PMMA utilizando a referência dos pontos cardeais: Norte, Leste, Oeste, Sul e Centro. **Portanto, foram usinadas para cada bloco de PMMA 5 amostras, produzindo 20 amostras para usinagem com a utilização dos 4 eixos do equipamento, e mais 20 amostras para usinagem com a utilização dos 5 eixos do equipamento. Ou seja, para cada modelo de fresadora odontológica foram confeccionadas 40 peças.** Estas peças foram enviadas para um laboratório de medições credenciado pela Rede Brasileira de Calibração onde foram elaborados relatórios informando os valores auferidos para cada cota, de cada peça. **Com a análise destes dados podemos informar para o meio científico a exatidão alcançada pelos equipamentos,** auxiliar o desenvolvedor de coroas dentárias (dentista ou protético) visando atenuar problemas e fornecer acurácia na adaptação da coroa dentária com o implante, melhorando o bem-estar do paciente, assim como gerar dados que podem ser comparados para a validação do desenvolvimento de projetos nacionais de fresadoras odontológicas.

Palavras-chave: Fresadoras Odontológicas, Tecnologia CAD/CAM, Discos de PMMA.

ABSTRACT

CONFORTO, Júlio. Dental Milling Machines: Assessment of Machining Quality in PMMA Material. 241 f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

This work presents a methodology to evaluate the machining quality of two similar models of dental milling machines with movement in 5 axes commercialized in Brazil: CORiTEC-250i from the company Imes-Icore and DWX-50 from the company Roland DG. In this study, PMMA discs from 3 different national manufacturers were used, registered with ANVISA, applied to CAD / CAM technology and distributed according to their thickness: 14 mm and 20 mm from the company Provi-CAD; 16 mm and 25 mm from the company Protétic and 16 mm and 25 mm from the company PrimaVita. To make this analysis feasible, two models of drawings with regular geometries were elaborated, in order to evaluate the machining quality using the 4 and 5 axes of the equipment. These drawings were conditioned in a CAM Millbox software and positioned to be machined in all PMMA disks using the reference of the cardinal points: North, East, West, South and Center. **Therefore, five samples were machined for each PMMA block, producing twenty samples for machining using the 4 axes of the equipment, and another twenty samples for machining using the five axes of the equipment.** That is, for each model of dental milling machine forty pieces were made. These parts were sent to a measurement laboratory accredited by the Brazilian Calibration Network, where reports were prepared informing the values earned for each dimension of each piece. **With the analysis of this data, we can inform the scientific environment of the accuracy achieved by the equipment,** assist the developer of dental crowns (dentist or prosthetic) in order to mitigate problems and provide accuracy in the adaptation of the dental crown with the implant, improving the well-being as well as generating data that can be compared to validate the development of national dental milling projects.

Keywords: Dental Milling Machines, CAD / CAM Technology, PMMA Discs.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Fluxo de desenvolvimento da prótese dentária sem considerar o processo de sinterização. Na Figura A) ilustra um modelo de escâner intra-oral; Figura B) representa o computador com a interface CAD; Figura C) representa o condicionamento do desenho elaborado no CAD aplicado no software CAM; já na Figura D) um exemplo de fresadora odontológica e na figura E) próteses dentárias confeccionadas | 27 |
| Figura 2 – Ilustração da estrutura do dente humano | 32 |
| Figura 3 – Dois modelos de próteses dentárias removíveis. (A) Prótese dentária total; (B) Prótese dentária parcial | 33 |
| Figura 4 – Ilustração de dois modelos de prótese dentária fixa. (A) Exemplo de próteses dentárias com três dentes que são fixadas por utilização de parafusos sobre os dois implantes; (B) A prótese dentária é cimentada sobre dentes que foram desgastados | 33 |
| Figura 5 – Exemplos de modelos de interface que acoplam a coroa dentária com o implante. A Figura A ilustra uma interface que possui um octógono externo para acoplar a coroa dentária através da utilização de um parafuso. A Figura B apresenta uma interface que possui um hexágono externo no acoplamento com a coroa dentária através da utilização de um parafuso. Já a Figura C apresenta uma interface cônica (Cone-Morse) para conectar a coroa dentária através da utilização de uma cola (cimentado) | 34 |
| Figura 6 - A letra (A) ilustra a fixação do projeto de uma prótese dentária no implante desenvolvido no software Sum3D. Já a letra (B) apresenta um corte coronal da figura (A) fornecendo detalhes da fixação da prótese dentária no implante. A figura (C) é uma aproximação da figura (B) para analisar a adaptação marginal vertical | 35 |
| Figura 7 – Síntese do PMMA a partir do monômero metacrilato de metila. | 37 |
| Figura 8 - Classificação dos polímeros para base de prótese dentária com base na ativação de polimerização e de acordo com as especificações da ADA | 38 |
| Figura 9 – Exemplo de modelos de blocos pré-formados em material de Zircônia ... | 39 |
| Figura 10 – Exemplo de máquina-ferramenta de cinco eixos, sendo os movimentos lineares representados pelos eixos X, Y e Z localizados no cabeçote e os movimentos rotacionais concebidos nos eixos A e B localizados na mesa | 40 |
| Figura 11 - Principais elementos de uma máquina fresadora | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura 12 - Sistema de movimentação linear composto por fuso de esferas recirculantes..... | 44 |
| Figura 13 – Corte axial do fuso com o parafuso. O backlash é causado pela folga entre os componentes de acoplamento..... | 44 |
| Figura 14 – Exemplo dos efeitos da folga e histerese em um movimento linear utilizando um fuso esférico. Ao acionar o eixo no movimento horário e retornar o eixo no movimento anti-horário para a mesma posição, o sistema apresenta um erro de deslocamento entre a posição inicial e a posição final..... | 46 |
| Figura 15 – Sistema para acionamento dos eixos X, Y e Z do equipamento CORiTEC-250i. A figura A ilustra a utilização de um fuso. A Figura B apresenta o acoplamento entre o motor de passos com o sistema do fuso através da utilização e uma correia. A figura C apresenta o sistema montado no equipamento | 58 |
| Figura 16 - Representação do modelo de fresa utilizado pelo sistema CAD/CAM. A letra D representa o diâmetro da haste da fresa; A sigla L1 é o comprimento da fresa utilizado durante o processo de desbaste; já a letra R é o raio de corte da fresa; A letra L representa o comprimento total da fresa e a letra l é o comprimento da região de corte da fresa | 59 |
| Figura 17 - Posição de origem do Spindle sem a fresa no sistema, pois o sistema estava em modo de manutenção. Os números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 indicam a posição de cada fresa do equipamento. O sensor de altura é utilizado durante o processo automático de substituição da fresa para verificar se a ferramenta não está danificada..... | 60 |
| Figura 18 - Sistema de movimentação dos eixos X, Y e Z da fresadora DWX-50. A Figura A ilustra o sistema dos três eixos utilizando motores de passo acoplados ao um sistema de engrenagem que provoca o deslocamento do cabo de aço. Na Figura B é ampliado a imagem do eixo Z com o motor de passo e o sistema de engrenagens. Observar que o cabo ligado na estrutura inferior está enrolado no sentido contrário ao cabo ligado na polia (estrutura superior), assim conforme a movimentação do eixo o sistema enrola um lado e desenrola o outro lado..... | 60 |
| Figura 19 – Sistema de movimentação da mesa acoplado aos eixos A e B | 61 |
| Figura 20 – Funcionamento do sistema patenteado, JP2013039633 – Cutting device, pela empresa Roland DG no WIPO. Neste sistema são utilizados dois motores: o motor de corrente contínua é responsável para liberar/prender a fresa conforme a | |

| | |
|--|----|
| rotação do eixo e o motor brushless de alta rotação para movimentar a ferramenta (AKIHIRO, 2013) | 62 |
| Figura 21 - Posição de origem do Spindle com a fresa 2 acoplada no sistema. Os números 1, 2, 3, 4, e 5 indicam a posição de cada fresa do equipamento. O sensor de altura é utilizado durante o processo automático de substituição da fresa para verificar se a ferramenta não está danificada | 63 |
| Figura 22 - Dimensões do desenho GAMA em milímetros indicados pelos números destacados em preto. Os números destacados em vermelho são a representação das cotas. Este desenho possui no total 28 cotas, porém é ilustrado somente 23 cotas de acordo padrão estabelecido pelo laboratório Mitutoyo, visto que as cotas 4, 5, 6, 14 e 15 são duplicadas de acordo com o lado medido. A figura A) representa o corte transversal da peça; A figura B) é a vista da lateral esquerda do cubo, onde há uma rampa com inclinação de 45 graus; A figura C) é a vista da lateral direita da peça, onde contém os degraus com espaçamentos diferenciados; A figura D) representa a vista inferior da peça; E a figura E) mostra a vista superior da peça; Já a figura F) ilustra a vista da peça no formato 3D. A cor amarela foi empregada no desenho para auxiliar na explicação da geometria da peça | 65 |
| Figura 23 - Dimensões do desenho BETA em milímetros indicados pelos números destacados em preto. Os números destacados em vermelho são a representação das cotas. Este desenho possui no total 33 cotas estabelecido pelo laboratório Mitutoyo. A) Corte transversal; B) Vista da lateral direita da peça, onde contém os degraus com espaçamentos diferenciados; C) Vista inferior da peça; D) Vista da lateral esquerda do cubo, onde há uma rampa com inclinação de 45 graus e o corte com inclinação de 80 graus; E) Vista da peça em 3D; F) Vista superior da peça | 66 |
| Figura 24 - Peça GAMA inserida no software CAM MillBox em 5 posições, cujo o ponto fiducial está na posição 4 | 67 |
| Figura 25- Peça BETA inserida no software CAM MillBox em 5 posições, cujo o ponto fiducial está na posição 4 | 68 |
| Figura 26 – Estrutura dos relatórios classificados de acordo com eixos durante a usinagem, os equipamentos e as espessuras dos blocos de PMMA | 72 |
| Figura 27 – Desenho da peça após a simulação de usinagem no software CAM. É interessante verificar que em todos os cantos retos, apresentaram uma curva com raio de 1 mm. A particularidade da cota 14 é que ela possui uma largura de 0,75 mm para um comprimento de 5 mm, com um raio de 0,5 mm nos dois cantos | 76 |

| | |
|--|----|
| Figura 28 – Representação das cotas 11 e 33 referentes a utilização dos 5 eixos da fresadora odontológica. | 80 |
| Figura 29 – Simulação do processo de desbaste no software CAM MillBox. O objeto representado pelo cilindro azul é o eixo do spindle com a fresa. A Figura A) representa o início do processo de desbaste da superfície com a fresa de topo esférica de diâmetro de 2,5 mm. A Figura B) representa mais de 50% do processo de alisamento concluído com a mesma fresa. Já Figura C) apresenta o processo de alisamento da superfície plana com a fresa topo reta de 2,0 mm | 85 |
| Figura 30 – Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 86 |
| Figura 31 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 86 |
| Figura 32 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 87 |
| Figura 33 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 87 |
| Figura 34 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 88 |
| Figura 35 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 88 |
| Figura 36 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 89 |
| Figura 37 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 89 |
| Figura 38 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 90 |
| Figura 39 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 90 |
| Figura 40 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 91 |
| Figura 41 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 91 |
| Figura 42 – Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em | |

vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas - 4 EIXOS92

Figura 43 – Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas – 4 EIXOS.....93

Figura 44 – Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS94

Figura 45 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS94

Figura 46 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS94

Figura 47 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS94

Figura 48 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS.....95

Figura 49 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS.....95

Figura 50 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS.....96

Figura 51 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS.....96

Figura 52 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS97

Figura 53 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS97

| | |
|--|-----|
| Figura 54 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS | 98 |
| Figura 55 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS | 98 |
| Figura 56 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 99 |
| Figura 57 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 99 |
| Figura 58 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 100 |
| Figura 59 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 100 |
| Figura 60 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS.. | 101 |
| Figura 61 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS.. | 101 |
| Figura 62 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS.. | 102 |
| Figura 63 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS.. | 102 |
| Figura 64 - Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas - 5 EIXOS | 103 |
| Figura 65 - Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas – 5 EIXOS..... | 104 |
| Figura 66 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 105 |
| Figura 67 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 105 |

| | |
|---|-----|
| Figura 68 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 105 |
| Figura 69 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 105 |
| Figura 70 – Mensagem de erro durante a usinagem das peças no equipamento DWX-50 | 107 |
| Figura 71 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 119 |
| Figura 72 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 119 |
| Figura 73 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas– 4 EIXOS..... | 120 |
| Figura 74 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS..... | 120 |
| Figura 75 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 121 |
| Figura 76 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 121 |
| Figura 77 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 122 |
| Figura 78 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS | 122 |
| Figura 79 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 123 |
| Figura 80 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 123 |
| Figura 81 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 124 |
| Figura 82 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS | 124 |
| Figura 83 - Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho | |

| | |
|--|-----|
| na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 4 EIXOS... | 125 |
| Figura 84 - Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 4 EIXOS..... | 126 |
| Figura 85 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS | 127 |
| Figura 86 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS | 127 |
| Figura 87 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS | 127 |
| Figura 88 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS | 127 |
| Figura 89 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS..... | 128 |
| Figura 90 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS..... | 128 |
| Figura 91 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS..... | 129 |
| Figura 92 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS..... | 129 |
| Figura 93 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS | 130 |
| Figura 94 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS | 130 |

| | |
|---|-----|
| Figura 95 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS | 131 |
| Figura 96 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS | 131 |
| Figura 97 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 132 |
| Figura 98 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 132 |
| Figura 99 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 133 |
| Figura 100 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS | 133 |
| Figura 101 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS | 134 |
| Figura 102 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS | 134 |
| Figura 103 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS | 135 |
| Figura 104 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS | 135 |
| Figura 105 - Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 5 EIXOS... | 136 |
| Figura 106 - Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 5 EIXOS..... | 137 |
| Figura 107 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 138 |
| Figura 108 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 138 |

| | |
|--|-----|
| Figura 109 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 138 |
| Figura 110 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS | 138 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Média do índice CPO-D/CEO-D dos Brasileiros de acordo com a idade e a morbidade dentária autorreferida, prevalência e gravidade da dor de dente de acordo com a idade..... | 26 |
| Tabela 2 – Média de quatro dentes - Efeito da orientação do esmalte na propagação das trincas na superfície de oclusão e nas seções axiais, em direções paralelas e perpendiculares à superfície de oclusão. (): Seção axial do esmalte perpendicular à superfície de oclusão; (): Seção axial do esmalte paralela à superfície de oclusão | 32 |
| Tabela 3 – Resistência à Tração e o Módulo de elasticidade dos materiais empregados na odontologia..... | 36 |
| Tabela 4 - Resistência à Tração e o Módulo de elasticidade dos materiais empregados na odontologia..... | 36 |
| Tabela 5 - Propriedades do material PMMA curado por calor..... | 37 |
| Tabela 6 – Estudos que avaliaram a qualidade da prótese dentária utilizando a tecnologia CAD/CAM | 52 |
| Tabela 7 - Exemplo de empresas estrangeiras que produzem fresadoras odontológicas, e que venderam vários destes modelos no mercado nacional..... | 54 |
| Tabela 8 – Blocos de PMMA classificados pela espessura e fabricante | 56 |
| Tabela 9 – Nomenclatura utilizada para a identificação das peças no equipamento Coritec-250i. Foram utilizados 2 diferentes fabricantes para os blocos de espessura de 16 mm e 25 mm para avaliar a usinagem utilizando os 4 eixos (Protétic) e os 5 eixos (PrimaVita) do equipamento | 68 |
| Tabela 10 – Nomenclatura utilizada para a identificação das peças no equipamento DWX-50. Foram utilizados 2 diferentes fabricantes para os blocos de espessura de 16 mm e 25 mm para avaliar a usinagem utilizando os 4 eixos (Protétic) e os 5 eixos (PrimaVita) do equipamento..... | 68 |
| Tabela 11 – Parâmetros pré-configurados no software CAM para a confecção das peças na fresadora odontológica Coritec-250i | 69 |
| Tabela 12 – Parâmetros pré-configurados no software CAM para a confecção das peças na fresadora odontológica DWX-50..... | 70 |
| Tabela 13 - Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 4 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco | 73 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 14 – Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 5 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco | 73 |
| Tabela 15 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 µm | 74 |
| Tabela 16 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separadas conforme a espessura do disco de PMMA..... | 77 |
| Tabela 17 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separadas conforme o fornecedor | 77 |
| Tabela 18 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA | 78 |
| Tabela 19 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Protétic de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA..... | 78 |
| Tabela 20 - Média da contabilização do erro de todos os blocos de PMMA de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA..... | 78 |
| Tabela 21 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 µm | 79 |
| Tabela 22 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separadas conforme a espessura do disco de PMMA..... | 82 |
| Tabela 23 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separada conforme o fornecedor | 82 |
| Tabela 24 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA | 82 |
| Tabela 25 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa PrimaVita de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA | 83 |
| Tabela 26 - Média da contabilização do erro dos dois fornecedores dos blocos de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA..... | 83 |
| Tabela 27 - Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 4 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco | 106 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 28 - Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 5 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco | 106 |
| Tabela 29 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 µm, utilizando os 4 eixos no processo de usinagem | 108 |
| Tabela 30 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separada conforme a espessura do disco de PMMA..... | 110 |
| Tabela 31 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separada conforme o fornecedor | 110 |
| Tabela 32 - Média da contabilização do erro dos dois fornecedores dos blocos de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA | 111 |
| Tabela 33 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA | 111 |
| Tabela 34 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa PrimaVita de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA | 111 |
| Tabela 35 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 µm | 112 |
| Tabela 36 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separada em relação a espessura do disco de PMMA..... | 115 |
| Tabela 37 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separada em relação ao fornecedor | 115 |
| Tabela 38 - Média da contabilização do erro dos dois fornecedores dos blocos de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA..... | 115 |
| Tabela 39 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA | 116 |
| Tabela 40 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa PrimaVita de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA | 116 |
| Tabela 41 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 µm | 118 |

LISTA DE GRANDEZAS

| | |
|---------------------------------|--|
| cm | Centímetros |
| GPa | Giga-Pascal |
| J | Joule |
| KHN | Número de dureza Knoop |
| μJ | Micro-Joules |
| μm | Micrômetros |
| mm | Milímetros |
| mm/min | Milímetros por minuto |
| mm/mm.K | Milímetros dividido pela multiplicação entre Milímetros e Kelvin |
| MPa | Mega-Pascal |
| $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ | Mega-Pascal multiplicado pela raiz quadrada de metros |
| ηm | Nanômetros |
| RPM | Rotações por minuto |
| VHN | Número de dureza Vickers |
| W | Watts |

DEFINIÇÃO DOS TERMOS TÉCNICOS

| | |
|------------------------|--|
| Módulo de Elasticidade | É uma grandeza proporcional à rigidez de um material quando este é submetido a uma tensão externa de tração ou compressão. |
| Tenacidade | É capacidade de um material absorver energia e deformar permanentemente sem fraturar |
| Resistência à flexão | É a deformação que ocorre perpendicular à força aplicada |
| Resistência Mecânica | É a tensão na qual o material se rompe |
| Resistência a tração | É a resistência de uma substância sólida à força de tensão, uma força que age para esticá-la. |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|---|
| ADA | <i>American Dental Association</i> |
| AG | Blocos aplicados exclusivamente para o sistema Amann Girrbach |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| Co-Cr | Cobalto-Cromo |
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> |
| CAM | <i>Computer Aided Manufacturing</i> |
| IHM | Interface Homem Máquina |
| WIPO | <i>World Intellectual Property Organization</i> |
| PEEK | Poli(éter-éter-cetona) |
| PMMA | Poli(metacrilato de metila) |
| OP | Blocos aplicados para todos os sistemas abertos |
| RDC | Resolução de Diretoria Colegiada |
| Ti | Titânio |
| SI | Blocos para a produção unitária de coroas dentárias |
| ZZ | Blocos aplicados exclusivamente para o sistema ZirkonZahn |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|----|---------------|
| °C | Graus Celsius |
| ∅ | Diâmetro |
| ° | Grau |
| ' | Minutos |
| % | Percentual |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 26 |
| 1.1 OBJETIVOS | 28 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 28 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 28 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA | 29 |
| 1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO | 29 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 31 |
| 2.1 ANATOMIA DENTAL HUMANA | 31 |
| 2.1.1 Divisão da estrutura do Dente | 31 |
| 2.1.2 Propriedade Mecânica do Dente Humano..... | 31 |
| 2.2 PRÓTESE DENTÁRIA | 32 |
| 2.2.1 Adaptação entre a Coroa Dentária com a Estrutura do Implante | 34 |
| 2.3 O SISTEMA CAD/CAM | 35 |
| 2.3.1 Materiais Odontológicos Utilizados no Sistema CAD/CAM | 35 |
| 2.3.1.1 PMMA..... | 36 |
| 2.3.1.1.1 <i>O material PMMA utilizado na produção de coroas e pontes dentárias</i> | 38 |
| 2.3.2 Modelo dos blocos aplicados para o Sistema CAD/CAM | 38 |
| 2.3.3 Regulamentação dos Materiais Odontológicos Utilizados no Sistema CAD/CAM | 39 |
| 2.4 MÁQUINA-FERRAMENTA OU FRESADORA | 39 |
| 2.4.1 Estrutura de uma Máquina-Ferramenta de 5 Eixos..... | 41 |
| 2.4.1.1 Interpretação do Arquivo Gerado pelo Sistema CAM..... | 42 |
| 2.4.1.2 Drivers de Acionamento e Controle..... | 42 |
| 2.4.1.3 Acionamento Rotativo da Ferramenta de Fresa | 43 |
| 2.4.1.4 Acionamento Linear dos Eixos da Máquina | 43 |
| 2.4.1.4.1 <i>Folga Interna – Backlash</i> | 43 |
| 2.4.1.4.2 <i>Histerese – Em sistemas mecânicos</i> | 45 |
| 2.4.1.5 Sensores | 46 |
| 3 ESTADO DA ARTE | 47 |
| 3.1 DISCUSSÃO | 51 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 54 |
| 4.1 PRIMEIRA FASE..... | 54 |
| 4.1.1 Modelos de Fresadoras de 5 Eixos Comercializadas no Brasil..... | 54 |
| 4.1.2 Definição do Material para o Estudo | 55 |
| 4.1.3 Definição dos Modelos de Fresadoras Odontológicas para o Estudo | 56 |
| 4.1.3.1 Normas e Legislação para as Fresadoras Odontológicas | 56 |
| 4.1.3.2 Aspecto Construtivo das Fresadoras Odontológicas..... | 57 |
| 4.1.3.2.1 <i>Fresadora Odontológica CORiTEC 250i</i> | 57 |
| 4.1.3.2.2 <i>Fresadora Odontológica DWX-50</i> | 59 |
| 4.2 SEGUNDA FASE | 62 |
| 4.2.1 Definição dos Desenhos das Peças para a Usinagem..... | 62 |
| 4.2.1.1 Definição do Desenho da Peça para Utilizar os 4 eixos no Processo de Usinagem | 64 |
| 4.2.1.2 Definição do Desenho da Peça para Utilizar os 5 eixos no Processo de Usinagem | 64 |
| 4.2.2 Importação dos Desenhos das Peças em um <i>Software</i> CAM | 65 |
| 4.2.3 Análise das Peças Usinadas | 71 |

| | |
|---|------------|
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 72 |
| 5.1 TEMPO PARA USINAR AS PEÇAS NO EQUIPAMENTO CORITEC-250I..... | 73 |
| 5.2 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 4 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA CORITEC-250I..... | 74 |
| 5.2.1 Cotas Pequenas..... | 74 |
| 5.2.2 Cotas Médias..... | 75 |
| 5.2.3 Cotas Grandes..... | 75 |
| 5.2.4 Análise da usinagem em relação as espessuras dos blocos..... | 77 |
| 5.2.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça .. | 77 |
| 5.3 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA CORITEC-250I..... | 79 |
| 5.3.1 Cotas Pequenas..... | 79 |
| 5.3.2 Cotas Médias..... | 80 |
| 5.3.3 Cotas Grandes..... | 81 |
| 5.3.4 Análise dos materiais..... | 81 |
| 5.3.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça .. | 82 |
| 5.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA USINAGEM DE 4 EIXOS E 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA CORITEC-250I..... | 83 |
| 5.5 TEMPO PARA USINAR NO EQUIPAMENTO DWX-50..... | 106 |
| 5.6 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 4 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA DWX-50..... | 106 |
| 5.6.2 Cotas Médias..... | 108 |
| 5.6.3 Cotas Grandes..... | 108 |
| 5.6.4 Análise dos materiais..... | 110 |
| 5.6.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça | 110 |
| 5.7 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA DWX-50..... | 112 |
| 5.7.1 Cotas Pequenas..... | 112 |
| 5.7.2 Cotas Médias..... | 113 |
| 5.7.3 Cotas Grandes..... | 114 |
| 5.7.4 Análise dos materiais..... | 114 |
| 5.7.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça | 115 |
| 5.8 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA USINAGEM DE 4 EIXOS E 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA DWX-50..... | 116 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO | 139 |
| 6.1 TRABALHOS FUTUROS..... | 141 |
| REFERÊNCIAS | 142 |
| ANEXO A – RELATÓRIOS DE MEDIÇÕES DAS PEÇAS | 148 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o levantamento do IBGE publicado em 2018, a população de idosos no Brasil aumentou em 18% (PARADELLA, 2018) e a expectativa de vida subiu para 76 anos (AGENCIA IBGE, 2018), sendo assim, os idosos passaram a representar 10,53% do total da população brasileira (NITAHARA, 2020). O aumento da população de idosos no Brasil ocasiona o aumento da procura por tratamento odontológico para a utilização de implantes e próteses dentárias, já que a idade está diretamente relacionada ao indicador de perda dentária (MARCUS et al., 1996; MESKIN et al., 1988; ROCHA et al., 2019).

A Pesquisa Nacional de Saúde Bucal indicou que indivíduos com idades entre 65 e 74 anos apresentam o maior índice de dentes cariados, perdidos ou obturados (CPO-D/CEO-D) que é de 27,53. Já no quesito morbidade dentária autorreferida, o mesmo grupo apresentou um percentual de 46,6%, o menor comparado entre as idades – Tabela 1, o que retrata a real situação da população idosa brasileira que, em sua maioria, é de desdentados (SB BRASIL, 2010).

Uma das soluções para diminuir o índice de CPO-D/CEO-D é disseminar a educação para a saúde bucal para todas as idades. É necessário, também, focar na viabilidade do tratamento da perda dentária, através de implantes e próteses dentárias. Para contribuir com a produção destas reparações dentárias são utilizadas tecnologias baseadas no uso de computadores e aplicativos computacionais para o desenho e confecção das estruturas e pilares (KAYATT et al., 2013; ZARONE et al., 2019).

Tabela 1 - Média do índice CPO-D/CEO-D dos Brasileiros de acordo com a idade e a morbidade dentária autorreferida, prevalência e gravidade da dor de dente de acordo com a idade

| Idade (anos) | Média do índice CPO-D/CEO-D (dentes) | Morbidade dentária autorreferida (%) |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 5 | 2,43 | - |
| 12 | 2,07 | 60,8 |
| 15 a 19 | 4,25 | 65,1 |
| 35 a 44 | 16,75 | 75,2 |
| 65 a 74 | 27,53 | 46,6 |

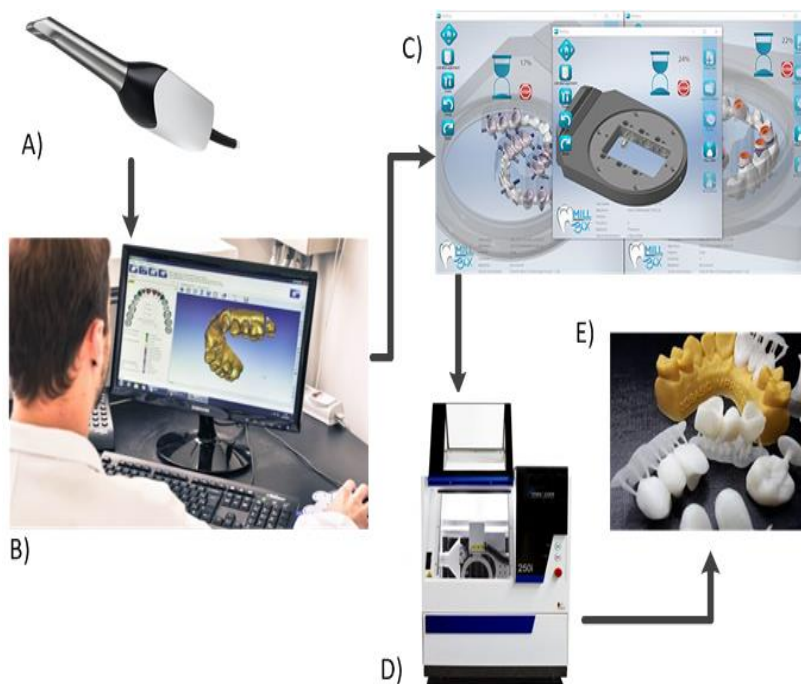
Fonte: Adaptado de (SB Brasil, 2010).

O uso de CAD/CAM é um exemplo de solução tecnológica para a produção da prótese dentária. O CAD/CAM é um sistema composto por um escâner que é utilizado para digitalizar a boca do paciente ou moldes de gesso da boca do paciente.

Este escâner transmite os dados para um computador e, em seguida, os dados são condicionados através do uso de um *software* CAD permitindo, assim, a criação de uma imagem tridimensional das estruturas escaneadas (FUZO e DINATO, 2013).

O *software* CAD permite que o operador do sistema (seja um cirurgião-dentista ou um técnico em prótese dentária) faça o desenho virtual dos elementos necessários à reabilitação protética, reconfigurando forma e função (FUZO e DINATO, 2013). O sistema CAM é a união de um *software* utilizado para configurar todo o processo de usinagem de acordo com a prótese projetada no *software* CAD, mais o uso da fresadora (máquina-ferramenta) na confecção da peça. O processo de confecção é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxo de desenvolvimento da prótese dentária sem considerar o processo de sinterização. Na Figura A) ilustra um modelo de escâner intra-oral; Figura B) representa o computador com a interface CAD; Figura C) representa o condicionamento do desenho elaborado no CAD aplicado no *software* CAM; já na Figura D) um exemplo de fresadora odontológica e na figura E) próteses dentárias confeccionadas



Fonte: Autoria Própria.

Ao término da confecção da prótese dentária o cirurgião-dentista acopla a prótese sobre o implante ou no remanescente dentário do paciente. Neste momento é avaliada a adaptação da prótese dentária com o implante, pois se apresentar alguma falha o paciente sofrerá com a contaminação por placas bacterianas, o que pode acarretar em um problema de periimplantite. A inexactidão na prótese dentária também pode provocar uma inflamação gengival crônica, pois altera a arquitetura da gengiva

em contato com dentes confeccionados.

Considerando a situação informada, o presente trabalho propõe avaliar a qualidade das amostras usinadas e o tempo de execução de duas fresadoras comercializadas no Brasil para concluir a atividade. Com base nisso, este trabalho está estruturado na escolha do material e dos modelos de fresadoras odontológicas, além do projeto do desenho da peça, seguindo os pré-requisitos determinados. Uma vez concluída esta etapa, as peças foram usinadas e enviadas para uma empresa credenciada pela Rede Brasileira de Calibração para mensurar e informar, via relatório, as dimensões das peças. Estes dados fornecidos pela empresa foram condicionados em uma planilha, onde foi calculado o erro de cada cota.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a qualidade de usinagem de duas fresadoras odontológicas semelhantes, de diferentes fornecedores, comercializadas no Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os materiais utilizados na confecção de próteses dentárias nos sistemas CAD/CAM;
- Definir os modelos de fresadoras odontológicas para análise no trabalho;
- Desenvolver um desenho que contemple as características de uma prótese dentária, e que permita avaliar a qualidade de usinagem da fresadora fresando superfícies regulares que possam ser medidas por um equipamento calibrado;
- Contribuir com uma metodologia que permita aos usuários do sistema CAD/CAM avaliar a qualidade de usinagem de suas fresadoras odontológicas.
- Contribuir com resultados para auxiliar na validação de futuros projetos nacionais de fresadoras odontológicas;

- Documentar os resultados das pesquisas na forma de uma dissertação.

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil há um grande mercado, decorrente do alto índice de perda dentária da população que, por consequência, gera a necessidade de próteses dentárias para solução do problema, sobretudo para a parcela de pessoas idosas, a qual é mais afetada. As pesquisas publicadas que efetuaram estudos do sistema CAD/CAM para a confecção de prótese dentária ainda não estão consolidadas, por dificuldades em avaliar qual etapa do processo é responsável pela maior inexatidão das próteses dentárias. Dentro dessa linha de pesquisa, diversas técnicas e métodos para avaliar o resultado gerado pelo sistema CAD/CAM podem ser explorados.

Também podemos ressaltar o fato que há pouca informação difundida para os técnicos protéticos e dentistas que utilizam a fresadoras odontológicas aplicadas no sistema CAD/CAM, **quanto ao quesito de qualidade do produto final e a sua funcionabilidade, pois nos manuais das fresadoras odontológicas avaliadas neste estudo, não há indicação da exatidão do equipamento.** As pesquisas nessa área podem contribuir no processo de qualidade, contribuindo na implementação de um método de avaliação da qualidade dos produtos finais e aumento da produtividade dos laboratórios.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esse trabalho está organizado em 6 capítulos:

- No capítulo 2 são abordados o conceito de dente, propriedades mecânicas dos dentes, e a tecnologia CAD/CAM para o desenvolvimento de próteses dentárias;
- No capítulo 3 são apresentados os trabalhos que utilizaram a tecnologia CAD/CAM para produção de coroas dentárias e avaliaram a qualidade das peças;
- O capítulo 4 descreve os materiais utilizados para o processo de usinagem, assim como, os modelos de fresadoras odontológicas escolhidas. Em seguida, é apresentada a metodologia, que envolve a definição dos desenhos, o condicionamento dos desenhos no *software*

CAM para usinagem e processo para aferir as peças;

- O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos da usinagem em 4 e 5 eixos nos equipamentos CORiTEC-250i e DWX-50;
- O capítulo 6 apresenta as considerações finais e as contribuições geradas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, a fundamentação teórica é apresentada, abordando os principais conceitos da anatomia dental humana, modelos de próteses dentárias, e sobre as tecnologias CAD/CAM.

2.1 ANATOMIA DENTAL HUMANA

De acordo com Reher et al. (2020) os dentes humanos podem ser definidos como órgãos mineralizados, duros, resistentes, branco-amarelados, que estão implantados nos ossos alveolares da maxila e da mandíbula. As suas funções exercidas podem ser divididas em: ativa e passiva.

A função ativa executada pelos dentes é a mastigação, que consiste no preparado mecânico dos alimentos sólidos a fim de reduzi-los a partículas que possam ser deglutidas. Neste processo mastigação, cada grupo de dentes executa funções específicas que são as de prensão, incisão, dilaceração e trituração. Já a função passiva contempla a estética, proteção e sustentação de tecidos moles, fonação e oclusão (REHER et al., 2020).

2.1.1 Divisão da estrutura do Dente

Segundo Reher et al. (2020) o dente pode ser dividido em tecidos duro e mole. Os tecidos duros constituem a estrutura calcificada do dente e é composto pelo esmalte, a dentina e o cimento. Já o tecido mole, que é a polpa, fica no interior da estrutura calcificada e é responsável pela vascularização e inervação do dente. A Figura 2 apresenta a estrutura do dente.

2.1.2 Propriedade Mecânica do Dente Humano

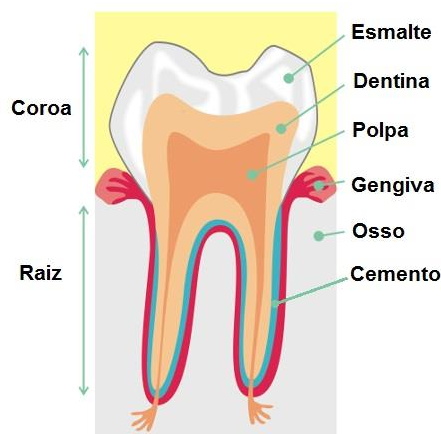
Diversos estudos foram desenvolvidos com o decorrer do tempo para avaliar as propriedades mecânicas dos dentes humanos. E de acordo com o Anusavice et al. (2013) a dentina possui uma resistência a tração em 50 MPa, e o esmalte em 10 MPa.

É apresentado na Tabela 2 o resultado de um trabalho desenvolvido por Xu et al. (1998) que analisou o efeito da orientação do esmalte e da dentina na

propagação das trincas na superfície de oclusão e nas seções axiais, em direções paralelas e perpendiculares à superfície de oclusão. Os resultados deste estudo sugerem que as propriedades mecânicas da estrutura dental variam de acordo com a orientação estrutural, e valores de módulo de elasticidade e tenacidade à fratura devem ser selecionados com base nas características estruturais das áreas de interesse.

A energia de penetração é utilizada para prever a facilidade de usinagem e o comportamento ao desgaste de cerâmicas. Dados das pesquisas sugerem que, durante a penetração ou corte, o esmalte frágil pode ser removido por microfratura, enquanto a dentina deve ser removida pela formação de lascas dúcteis.

Figura 2 – Ilustração da estrutura do dente humano



Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2020).

Tabela 2 – Média de quatro dentes - Efeito da orientação do esmalte na propagação das trincas na superfície de oclusão e nas seções axiais, em direções paralelas e perpendiculares à superfície de oclusão. (|): Seção axial do esmalte perpendicular à superfície de oclusão; (||): Seção axial do esmalte paralela à superfície de oclusão

| Método de penetração de microdureza | Seção de oclusão do esmalte | Seção axial do esmalte | Dentina |
|--|-----------------------------|------------------------|-----------------|
| Dureza (GPa) | 3,23 | 3,03 | 0,58 |
| Tenacidade (Mpa*m ^{1/2}) | 0,77 | 0,52 () 1,30 () | Não determinado |
| Método de penetração de microdureza modificada | Seção de oclusão do esmalte | Seção axial do esmalte | Dentina |
| Dureza (GPa) | 3,62 | 3,37 | 0,57 |
| Módulo de elasticidade (GPa) | 94 | 80 | 20 |
| Energia de penetração (μJ) | 2,6 | 2,7 | 7,5 |

Fonte: (XU et al., 1998).

2.2 PRÓTESE DENTÁRIA

No momento em que o paciente perde algum dente, a prótese dentária é o componente que se propõe a substituir a função original do dente. As próteses

dentárias podem ser divididas em duas tipologias principais: as Removíveis e as Fixas.

De acordo com Assaoka et al. (2012), as próteses removíveis se dividem em Totais ou Parciais, como é ilustrada na Figura 3. A fixação destas próteses dentárias na boca do paciente é devido ao apoio nos tecidos moles e na estrutura óssea. Elas podem ser confeccionadas utilizando um material em acrílico.

Figura 3 – Dois modelos de próteses dentárias removíveis. (A) Prótese dentária total; (B) Prótese dentária parcial



Fonte: Adaptado de (ESTER; PROTESE, 2020).

Já as próteses fixas são divididas em: cimentadas ou parafusadas sobre implante, conforme a Figura 4. Normalmente são confeccionadas em materiais com maior durabilidade, preferencialmente com cobertura cerâmica. Em ambos os casos, as próteses fixas podem ser tanto coroas unitárias quanto pontes fixas de até 12 elementos (dentes).

Na Figura 5 são apresentados os modelos de interface que acoplam as coroas dentárias com o implante através da utilização de um parafuso.

Figura 4 – Ilustração de dois modelos de prótese dentária fixa. (A) Exemplo de próteses dentárias com três dentes que são fixadas por utilização de parafusos sobre os dois implantes; (B) A prótese dentária é cimentada sobre dentes que foram desgastados



Fonte: Adaptado de (PROTESE; FERREIRA, 2020).

Figura 5 – Exemplos de modelos de interface que acoplam a coroa dentária com o implante. A Figura A ilustra uma interface que possui um octógono externo para acoplar a coroa dentária através da utilização de um parafuso. A Figura B apresenta uma interface que possui um hexágono externo no acoplamento com a coroa dentária através da utilização de um parafuso. Já a Figura C apresenta uma interface cônica (Cone-Morse) para conectar a coroa dentária através da utilização de uma cola (cimentado)



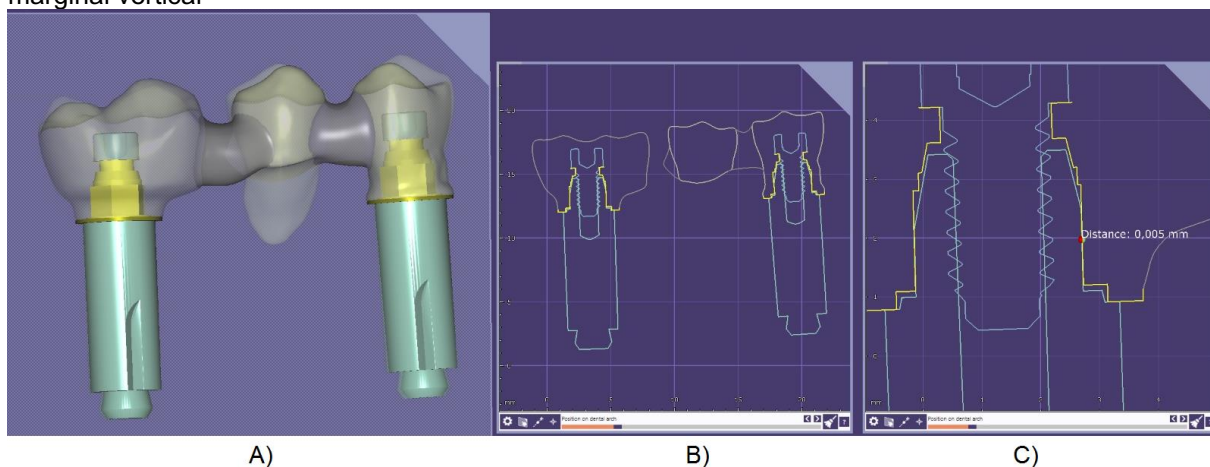
Fonte: (Ferreira, 2018).

2.2.1 Adaptação entre a Coroa Dentária com a Estrutura do Implante

Na concepção dos profissionais de odontologia uma restauração dentária de sucesso deve possuir 4 propriedades distintas: adaptação marginal, biocompatibilidade, estética e resistência mecânica. Segundo Colpani et al. (2013), a adaptação marginal das restaurações dentárias é considerada como sendo um fator importante para o êxito clínico e para a longevidade das restaurações. A presença de discrepâncias marginais pode aumentar o acúmulo de placa, alterar a distribuição da microflora e contribuir para um maior risco de cárie nos dentes pilares (LANG et al. 1983).

Com base nas evidências científicas disponíveis, a maioria dos autores define que discrepância marginal entre a prótese dentária com a estrutura do implante tem que ser inferior a 120 μm (CHRISTENSEN, 1966; MCLEAN, 1972; GARDNER, 1982). A discrepância marginal pode ser classificada em três termos: Desadaptação Marginal, Desadaptação Interna Axial e Desadaptação Oclusal Interna. A letra (C) da Figura 6 ilustra o projeto desenvolvido no programa CAD Sum3D para diminuir as fendas entre o implante e a prótese dentária.

Figura 6 - A letra (A) ilustra a fixação do projeto de uma prótese dentária no implante desenvolvido no *software* Sum3D. Já a letra (B) apresenta um corte coronal da figura (A) fornecendo detalhes da fixação da prótese dentária no implante. A figura (C) é uma aproximação da figura (B) para analisar a adaptação marginal vertical



Fonte: Autoria Própria.

2.3 O SISTEMA CAD/CAM

O sistema CAD/CAM pode ser classificado em dois grupos: sistema com tecnologia aberta ou com tecnologia fechada. O sistema com tecnologia aberta permite a integração de equipamentos de diferentes fabricantes para a confecção da prótese dentária. Já o sistema CAD/CAM com tecnologia fechada oferece ao usuário todo o sistema de produção, isso significa que o operador utiliza o escâner, o *software* CAD/CAM, a fresadora, o forno e o material do mesmo fabricante.

2.3.1 Materiais Odontológicos Utilizados no Sistema CAD/CAM

Os materiais aplicados para as próteses dentárias foram desenvolvidos a partir de estudos das propriedades mecânicas das estruturas dos dentes e da biocompatibilidade do material empregado. Assim, com os resultados dos estudos desenvolvidos foi possível determinar as características mecânicas dos materiais a serem utilizados. Na Tabela 3 são apresentados os dados da resistência à tração e o módulo de elasticidade dos seguintes materiais: Poli(metacrilato de metila) (PMMA); Cobalto-Cromo (Co-CR), e Titânio (Ti). Estes materiais, após o processo de usinagem e devidamente higienizados, já podem ser aplicados nos pacientes.

Na Tabela 4 são apresentados os materiais cerâmicos totalmente sintetizados com as suas propriedades de resistência à flexão e de tenacidade à fratura. No entanto, se o material for confeccionado via usinagem totalmente sintetizada,

implicará em um maior tempo de trabalho e maior desgaste com brocas (KAYATT et al., 2013). Para contornar este problema, os materiais são fornecidos para os laboratórios parcialmente sintetizados, assim, é permitido ao laboratório a confecção das próteses de forma rápida e fácil. Portanto, após o processo de usinagem a peça precisa passar por um processo de sinterização, que é um processo térmico que provoca a contração do material, tornando-o uma cerâmica (ANUSAVICE et al., 2013).

Tabela 3 – Resistência à Tração e o Módulo de elasticidade dos materiais empregados na odontologia

| Material | Tipo | Resistência à tração (MPa) | Módulo de elasticidade (GPa) |
|----------|-----------------|----------------------------|------------------------------|
| PMMA | Resina Acrílica | 60 | 2,4 |
| Co-Cr | Liga metálica | 870 | 224 |
| Ti | Liga metálica | 345 | 103 |

Fonte: (ANUSAVICE et al., 2013).

Tabela 4 - Resistência à Tração e o Módulo de elasticidade dos materiais empregados na odontologia

| Material | Tipo | Resistência à flexão (MPa) | Tenacidade à fratura (MPa*m ^{1/2}) |
|---|-----------------------|----------------------------|--|
| Porcelana feldspática | Cerâmica de cobertura | 55-87 | 0,9-1,5 |
| Vidro ceramizado reforçado com leucita | Núcleo cerâmico | 73-182 | 1,0-2,0 |
| Vidro ceramizado reforçado com dissilicato de lítio | Núcleo cerâmico | 215-350 | 3,4 |
| Alumina | Núcleo cerâmico | 420-670 | 3,8-4,5 |
| Zircônia (estabilizada por ítrio) | Núcleo cerâmico | 900-1345 | 9,0 |

Fonte: (ANUSAVICE et al., 2013).

2.3.1.1 PMMA

O PMMA é um polímero termoplástico, incolor e rígido, preparado pela adição de radical livre e polimerização de metacrilato de metila (C₅O₂H₈) em metacrilato de metila (C₅O₂H₈)_n (ALI et al., 2015). A síntese molecular do PMMA é ilustrada na Figura 7, e na Tabela 5 são apresentadas as principais propriedades do material PMMA.

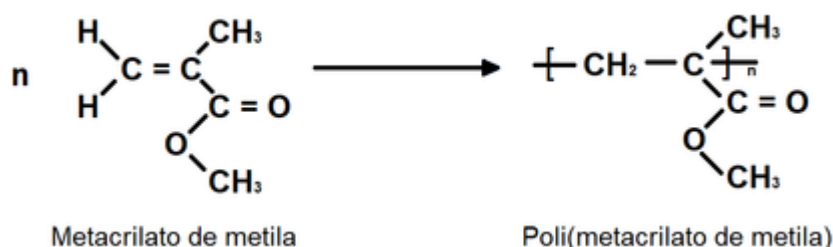
A reação de polimerização do PMMA é iniciada e ativada gerando um radical livre quimicamente ou com energia (como calor, luz, micro-ondas). No estágio de propagação, a polimerização ativada continua por meio da ligação de monômeros seguida pela terminação por meio do deslocamento dos elétrons livres para a extremidade da cadeia (ZAFAR, 2020).

Existem vários mecanismos que podem interromper a reação de polimerização como, por exemplo, a adição de inibidores químicos (hidroquinona ou éter metílico) ao monômero. Da mesma forma, quaisquer impurezas presentes no

monômero podem inibir a polimerização reagindo com os radicais livres (ANUSAVICE et al., 2013).

De acordo com a especificação nº 12 da ADA (Council on dental materials and devices, 1975), os polímeros de base de próteses são classificados em vários tipos e classes, conforme ilustrada na Figura 8. Com base na ativação da reação de polimerização, existem três tipos principais de polímeros para base de próteses (SAKAGUCHI et al., 2012), que podem diferir entre si em termos de reações e composições de polimerização (ZAFAR, 2020).

Figura 7 – Síntese do PMMA a partir do monômero metacrilato de metila.



Fonte: (ANUSAVICE et al., 2013).

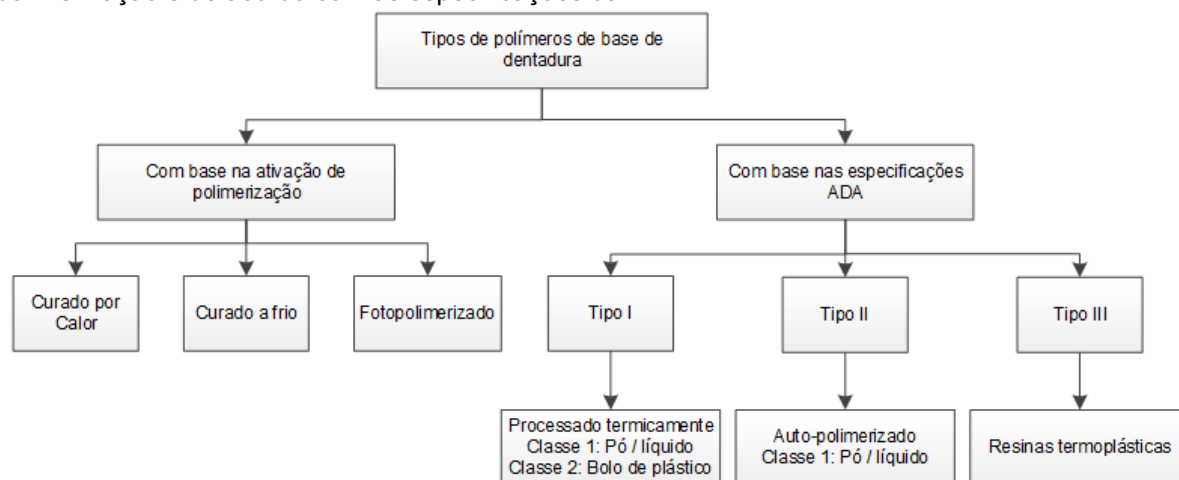
Tabela 5 - Propriedades do material PMMA curado por calor

| Propriedade | PMMA |
|---|---|
| Densidade Relativa (g/cm ³) | 1,18 |
| Resistência à fratura (MPa.m ^{1/2}) | 1,86 ± 0,25 |
| Limite proporcional (MPa) | 26 |
| Força de impacto (J) | 0,98 – 1,27 |
| Força compressiva (MPa) | 76 |
| Dureza Knoop (KHN) | 18 – 20 |
| Dureza Rockwell | M90 - M100 |
| Dureza Vickers (VHN) | 20 |
| Dureza absoluta (MPa) | 297,72 ± 19,04 |
| Força de fadiga (MPa) | 1,5 x 10 ⁶ ciclos a 17,2 MPa |
| Resistência à flexão biaxial | 121 ± 12 |
| Condutividade térmica (°C/cm) | 5,7 ± 10 ⁻⁴ |
| Coefficiente de expansão térmica (1/°C) | 81 x 10 ⁻⁶ |
| Alongamento (%) | 1 – 2 |
| Expansão térmica linear (mm/mm.K) | 6,3 x 10 ⁻⁵ |
| Temperatura de transição do vidro (°C) | 125 |
| Encolhimento do molde (%) | 0,3 a 0,6 |
| Alongamento na ruptura (%) | 5 |

Fonte: (ZAFAR, 2020).

Além dos tipos I, II e III (com base nas especificações da ADA), a ISO 20795-1 2013 também incluiu polímeros ativados por luz (tipo IV) e curados por micro-ondas (tipo V) (ISO, 2021).

Figura 8 - Classificação dos polímeros para base de prótese dentária com base na ativação de polimerização e de acordo com as especificações da ADA



Fonte: Adaptado de (Council on dental materials and devices, 1975).

2.3.1.1.1 O material PMMA utilizado na produção de coroas e pontes dentárias

O material de PMMA é comumente utilizado para produzir coroas e pontes, embora sua rigidez e tenacidade à fratura não sejam suficientes para suportar forças mastigatórias complexas (Alt et al., 2011; Yilmaz et al., 2007), motivo pelo qual **o uso do material PMMA é restrito às coroas temporárias para um período de transição ou pontes removíveis**, já que nem todas as situações clínicas são passíveis de tratamento definitivo imediato (ANUSAVICE et al., 2013).

Também é importante ressaltar que o material PMMA fabricado para a utilização no sistema CAD/CAM possui superioridade em suas propriedades de dureza, resistência à flexão, módulo de flexão e resistência ao impacto, quando comparados aos materiais de PMMA curados por calor, comumente desenvolvidos em clínicas odontológicas ou laboratórios, de acordo com o estudo publicado por SRINIVASAN et al. em 2018.

2.3.2 Modelo dos blocos aplicados para o Sistema CAD/CAM

A aplicação do sistema CAD/CAM na odontologia permitiu a produção de restaurações protéticas a partir de blocos pré-formados, produzidos industrialmente, utilizando os materiais citados na secção 2.3.1. Estes blocos possuem modelos que são divididos em grupos OP, ZZ, AG e SI. Os blocos do grupo SI são utilizados para restaurações parciais na estrutura do dente danificado ou na confecção unitária de um

dente. Os blocos dos grupos OP, ZZ e AG são utilizados para a confecção de próteses dentárias de várias unidades. É importante destacar que os grupos ZZ e AG são formatos específicos estabelecidos para uso somente nas fresadoras dos fabricantes Zirkozahn e Amann Girrbach, respectivamente, ou seja, aplicáveis para tecnologia CAD/CAM fechada. A Figura 9 ilustra os blocos classificados em seus grupos.

Os blocos do grupo OP são aplicáveis para a tecnologia CAD/CAM aberta, possuem um diâmetro de 98 mm e são comercializadas no mercado nacional com diferentes espessuras cotadas em milímetros, tais como: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 25 mm.

Figura 9 – Exemplo de modelos de blocos pré-formados em material de Zircônia



2.3.3 Regulamentação dos Materiais Odontológicos Utilizados no Sistema CAD/CAM

A legislação brasileira regulamenta que os materiais utilizados pelo sistema CAD/CAM devem possuir registro no sistema da ANVISA referente à RDC n.185 de 22/10/2001, já que o produto final, após a conclusão da usinagem efetuada pelo sistema CAD/CAM, é a coroa dentária, que será acoplada ao implante do paciente.

Os materiais devem ser enquadrados na classe 2 como médio risco, pois conforme a regra 5 da RDC são destinados a uso de longo prazo, aplicados na cavidade oral até a faringe, não são absorvíveis pela membrana mucosa e são aplicados na região dos dentes, conforme a Regra 8 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2020).

2.4 MÁQUINA-FERRAMENTA OU FRESADORA

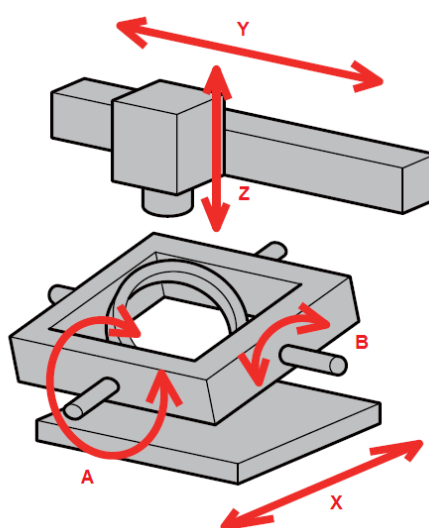
A máquina-ferramenta é o equipamento utilizado na produção e fabricação de peças pela indústria, dos mais variados tipos e tamanhos, desde os pequenos até os

de grande porte. Esta máquina proporciona uma maior flexibilidade, precisão e uniformidade no processo de manufatura de peças (PANSIERA, 2002).

Uma máquina-ferramenta é composta por eixos de movimentação, que são controlados para a execução da usinagem de uma determinada peça. Este número de eixos depende do número de graus de liberdade que uma máquina terá para a movimentação sobre a peça (SOUSA, 1998). Estas máquinas são comandadas e referenciadas por um sistema de coordenadas cartesianas para a elaboração de qualquer perfil geométrico através do desbaste do material seguindo a movimentação de seus eixos.

Por convenção em uma máquina-ferramenta, o eixo Z é utilizado para movimentar a fresa, que está acoplada a um motor de alta rotação, fixo a este eixo. Sendo assim, conforme o avanço do eixo Z, o material não desejado é removido pela alta rotação propagada na fresa. No caso de uma fresadora odontológica o material utilizado pelo sistema CAD/CAM é fixado na mesa da fresadora, e devido a mecânica da fresadora, é possível gerar uma movimentação na mesa que trabalhe com os 4 eixos: X, Y, A e B. Assim, com o avanço do eixo Z em uma posição estabelecida pelos 4 eixos é possível usinar o material para confeccionar a peça. A Figura 10 ilustra a representação de um exemplo de fresadora odontológica com 5 eixos.

Figura 10 – Exemplo de máquina-ferramenta de cinco eixos, sendo os movimentos lineares representados pelos eixos X, Y e Z localizados no cabeçote e os movimentos rotacionais concebidos nos eixos A e B localizados na mesa



Fonte: Adaptado de (ROLAND DG CORPORATION, 2011).

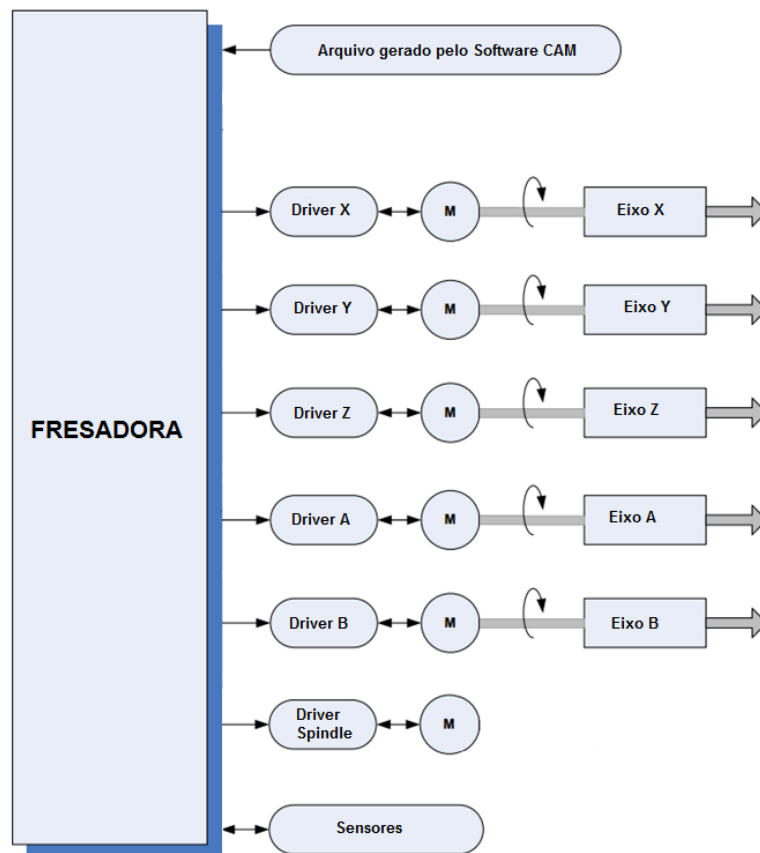
Normalmente, as máquinas-ferramentas são controladas por processadores, desta forma, diversas operações tediosas e complicadas de serem feitas

manualmente podem ser implementadas usando-se programações de usinagens específicas. Dados os parâmetros necessários, a máquina-ferramenta pode realizar automaticamente uma interpolação linear, circular e helicoidal, uma compensação da geometria da ferramenta, como do seu raio e/ou comprimento, entre outros (SOUSA, 1998).

2.4.1 Estrutura de uma Máquina-Ferramenta de 5 Eixos

Na Figura 11 são apresentados os principais elementos contidos na estrutura da arquitetura de uma fresadora de 5 eixos. Nesta estrutura da arquitetura, o papel do controlador da fresadora é de receber e interpretar os comandos vindos do programa, e assim, interpolar os eixos através dos drivers de acionamento, de maneira com que a peça possa ser usinada de forma autônoma.

Figura 11 - Principais elementos de uma máquina fresadora



Fonte: Adaptado de (BRUNE, 2002).

Por sua vez, esta programação pode ser feita de diversas maneiras como, por exemplo, através de um computador que envia o programa por uma rede de

comunicação ou pela própria digitação do programa pela IHM via um editor de programa (BRUNE, 2002).

2.4.1.1 Interpretação do Arquivo Gerado pelo Sistema CAM

De acordo com Groover (2010) uma das importantes tarefas realizadas pelo sistema CAD/CAM é a programação da tarefa de execução da fresadora. Nesse método de programação parte do procedimento normalmente executado pelo programador é realizado pelo computador. As vantagens da programação CNC usando CAD/CAM incluem: o programa pode ser simulado de forma *off-line* no sistema CAD/CAM para verificar sua exatidão; o tempo e o custo da operação de usinagem podem ser determinados pelo sistema de CAD/CAM; as ferramentas mais apropriadas podem ser selecionadas de forma automática para a operação e o sistema de CAD/CAM pode inserir de forma automática os valores otimizados para as velocidades de rotação e avanço para o material de trabalho e as operações.

Um arquivo da fresadora consiste basicamente em uma listagem das sucessivas posições pelas quais a ferramenta de corte deve passar, a fim de imprimir a peça obra o perfil programado. Este arquivo é composto essencialmente de listagens de coordenadas definindo as sucessivas posições da ferramenta juntamente com os comandos, especificando o tipo de movimento que a ferramenta deve descrever. (SOUSA, 1998).

Um mesmo arquivo pode produzir inúmeras peças idênticas, com margens de tolerância cada vez mais estreitas. Desta forma, pode-se garantir com uma maior margem de segurança a qualidade e confiabilidade das peças finais. Como os códigos de usinagem são transmitidos às máquinas por meio de *software*, a produção de uma nova peça implica basicamente em se carregar um novo arquivo na memória da máquina (SOUSA, 1998).

2.4.1.2 Drivers de Acionamento e Controle

O *driver* é um conjunto de circuitos eletrônicos que possui a função de servir de mecanismo de acionamento e controle dos motores de acionamento dos eixos da máquina, dando a estes eixos, por meio dos motores, os seus respectivos movimentos

lineares ou circulares e, também, controlando sua velocidade, e em alguns casos o seu torque (KRATZ, 2012).

O *driver* recebe do controlador da fresadora os comandos que farão com que os eixos da máquina se movimentem, tanto a velocidade como o torque. Eles podem enviar para o controlador informações como de sobrecarga no eixo e assim, servir de elemento de segurança para o sistema (KRATZ, 2012).

2.4.1.3 Acionamento Rotativo da Ferramenta de Fresa

No método de fresamento, o eixo árvore é o meio de acionamento que promove a rotação da ferramenta de fresa. Neste eixo são utilizados normalmente motores que permitem a alteração frequente de rotação, como no caso os motores de corrente contínua ou os motores de corrente alternada, assíncronos trifásicos de alta rotação (KRATZ, 2012).

O controle da rotação e do torque do motor é realizado com a utilização de conversores de frequência para os motores de corrente alternada trifásicos ou conversores de corrente alternada/corrente contínua no caso de utilização de motores de corrente contínua (KRATZ, 2012).

2.4.1.4 Acionamento Linear dos Eixos da Máquina

Para que a máquina possa executar movimentos de translação linear ao longo de seus eixos, são utilizados servo-motores ou motores de passo, acoplados a fusos de esferas recirculantes (KRATZ, 2012).

A função do motor é mover rotacionalmente e o fuso converter esta rotação em um movimento linear. A este conjunto formado pelo motor mais o fuso de esferas recirculantes é chamado de sistema de movimentação linear ou carro de movimentação linear (Souza et al. 2009). Na Figura 12 é apresentado o sistema proposto pela ERFOMA.

2.4.1.4.1 *Folga Interna – Backlash*

O termo inglês *Backlash* é utilizado para se referir a uma folga, ou folga, entre as partes correspondentes, o que introduz uma banda morta quando a direção de

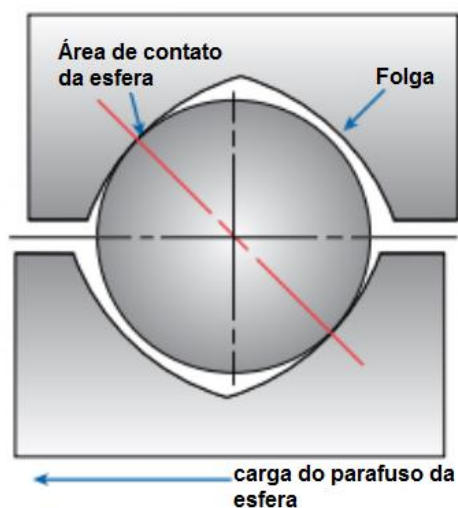
deslocamento é invertida. Na banda morta, nenhum movimento ocorre até que a folga entre as partes correspondentes seja eliminada (COLLINS, 2021). A Figura 13 apresenta o corte axial do fuso.

Figura 12 - Sistema de movimentação linear composto por fuso de esferas recirculantes



Fonte: (ERFOMA, 2020).

Figura 13 – Corte axial do fuso com o parafuso. O *backlash* é causado pela folga entre os componentes de acoplamento



Fonte: Adaptado de (COLLINS, 2021).

De acordo Collins (2021), os componentes que normalmente apresentam folga incluem parafusos de esferas, parafusos de avanço, sistemas de correias e polias e engrenagens. Em sistemas de rolamento de recirculação, a aplicação de pré-

carga pode reduzir ou eliminar a folga removendo a folga entre as esferas (ou rolos) e as pistas. Alguns sistemas não recirculantes usam métodos alternativos, como molas ou porcas de parafuso de avanço especialmente projetadas, para reduzir ou eliminar a folga.

Embora a folga seja geralmente vista como uma característica negativa dos sistemas mecânicos, nem sempre é prejudicial. Em primeiro lugar, a produção de componentes totalmente livres de folga é cara e, na maioria dos casos, impraticável. E os métodos de redução de folga inevitavelmente aumentam o atrito e o desgaste. Se alguma folga puder ser tolerada na aplicação, os componentes disponíveis serão mais baratos, mais prontamente disponíveis e, em muitos casos, terão vida útil mais longa. Em engrenagens e caixas de câmbio, alguma folga é necessária para permitir que as engrenagens engrenem sem sobrecarregar os dentes da engrenagem e aumentar o atrito (COLLINS, 2021).

2.4.1.4.2 Histerese – Em sistemas mecânicos

Segundo Collins (2021), em sistemas mecânicos, a histerese está relacionada à elasticidade de um material. Por exemplo, à medida que as esferas de aço em uma porca esférica se movem da zona sem carga para a zona com carga, as forças que sofrem aumentam, fazendo com que se deformem ligeiramente. Mas, por causa das propriedades elásticas do aço, as esferas não retornam totalmente à sua forma original quando voltam para a zona sem carga da porca. Essa deformação microscópica persistente se deve à histerese. A Figura 14 ilustra a partida inicial do sistema no sentido horário e o retorno do sistema no sentido anti-horário.

A histerese também afeta o comportamento dos eixos de transmissão em sistemas mecânicos. Quando o torque (uma força de torção) é aplicado a um eixo, ele produz uma tensão interna e faz com que o eixo mude de forma. Essa mudança na forma é conhecida como deformação (ou deformação de torção, no caso de carregamento de torção). Em materiais perfeitamente elásticos, a relação entre tensão e deformação é linear. Mas poucos materiais são perfeitamente elásticos, e a inelasticidade dos materiais dá a eles uma curva tensão-deformação não linear. Este comportamento não linear à medida que as forças aumentam e diminuem é conhecido como histerese (COLLINS, 2021).

Figura 14 – Exemplo dos efeitos da folga e histerese em um movimento linear utilizando um fuso esférico. Ao acionar o eixo no movimento horário e retornar o eixo no movimento anti-horário para a mesma posição, o sistema apresenta um erro de deslocamento entre a posição inicial e a posição final.



Fonte: Adaptado de (DWIVEDULA et al. 2012).

Em todos, exceto nos estágios mecânicos de mais alta precisão, a histerese tem um efeito insignificante na precisão do posicionamento e na repetibilidade e, na maioria dos casos, os efeitos da folga superam em muito os da histerese. No entanto, os atuadores piezoelétricos, que dependem da deformação do material para produzir movimento, podem experimentar histerese de 10 a 15 por cento do movimento comandado. Operar os atuadores piezoelétricos em um sistema de malha fechada pode reduzir ou eliminar os efeitos de histerese (COLLINS, 2021).

2.4.1.5 Sensores

Os sensores são responsáveis por alimentar o controlador da fresadora com informações sobre o estado da máquina como, por exemplo, o final de curso de um determinado eixo, a velocidade e posição de cada eixo, temperatura interna dos motores, entre outras funções (KRATZ, 2012).

3 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo são apresentados trabalhos relacionados à comparação do desempenho do sistema CAD/CAM para a confecção da prótese dentária. Com o decorrer dos anos, vários trabalhos foram publicados com intuito de comparar o desempenho entre sistemas CAD/CAM, com processos de confecção de prótese dentária manualmente. Sendo assim, foi elaborada uma pesquisa com intuito de apresentar os trabalhos resumidamente na Tabela 6.

Em 2008, Gonzalo et al. investigou a desadaptação marginal de prótese parcial fixa de 3 elementos confeccionada por dois sistemas CAD/CAM: Procera e LAVA. Foram confeccionadas 20 amostras, sendo 10 para cada sistema. As amostras foram inspecionadas com a utilização de um microscópio com ampliação de 1000 vezes. As peças confeccionadas pelo sistema Procera apresentaram uma menor desadaptação de $26 \pm 19 \mu\text{m}$. Já as peças confeccionadas pelo sistema LAVA apresentaram uma desadaptação de $76 \pm 36 \mu\text{m}$.

Em 2009, Beuer et al. publicaram um estudo que mediram a adaptação marginal em dois sistemas CAD/CAM: LAVA e Procera, utilizando blocos de zircônia semi-sinterizada para a confecção de prótese dentaria fixa posterior de 3 unidades. Foram digitalizadas as peças matrizes que acoplam a prótese dentária e enviadas para a plataforma CAD de seus respectivos sistemas. O primeiro sistema utilizou o escâner LAVASCAN, produto da empresa LAVA, e os dados foram transmitidos e trabalhados no sistema LAVACAD. Já o segundo sistema utilizou o escâner Forte, produto da empresa Procera, e o dados foram condicionados no *software* Procera Software version 1.6.

Após a conclusão do projeto da prótese dentária nos sistemas CAD, os dados foram enviados para suas respectivas fresadoras. Assim foram confeccionadas 20 amostras, sendo 10 para cada sistema. As amostras passaram por um processo de sinterização, onde as peças do primeiro sistema passaram por um processo térmico com a utilização de um forno Lava Therm a uma temperatura de $1773 \text{ }^\circ\text{C}$ por 8 horas. Já as peças do segundo sistema passaram por um processo térmico, porém os autores não informaram o modelo do forno, tempo ou temperatura.

Em seguida, a avaliação da adaptação marginal entre a prótese dentária e a peça matriz foi realizada através da utilização de um microscópio com ampliação de 50 vezes. O sistema Procera apresentou adaptações marginais de $9 \pm 5 \mu\text{m}$ e o

sistema LAVA apresentou valores de $15 \pm 7 \mu\text{m}$. Os autores concluíram que ambos os sistemas CAD/CAM demonstraram adaptações marginais aceitáveis.

Beuer et al. em 2009 comparou a exatidão da adaptação de próteses fixas de três elementos posteriores confeccionados em blocos de zircônia semi-sinterizados. Neste trabalho foi utilizado um escâner, modelo não foi informado, para digitalizar o formato da peça matriz que acopla os três elementos. Posteriormente, os autores propuseram a comparação da exatidão da adaptação da confecção das peças para 3 diferentes sistemas: 2 sistemas CAD/CAM e 1 sistema CAM. O primeiro sistema contemplou o uso do sistema CAD Ekton visual 3.1 para o projeto da peça em conjunto com o sistema CAM para confeccioná-la, utilizando a fresadora Premium 5030. O segundo sistema utilizou o *software* CAD CEREC inLab, mais a fresadora InLab MC XL, que são produtos da empresa Sirona. Já no sistema CAM, foi utilizando o somente o *software* CerconCAM com o emprego da fresadora Cercon Brain.

As peças produzidas pelo primeiro sistema foram sinterizadas com a utilização do forno Xawex Sinterofen a uma temperatura de $1400 \text{ }^\circ\text{C}$ por 10 horas. Já as peças confeccionadas pelo segundo sistema foram sinterizadas com a utilização do forno Thermo-Star a uma temperatura de $1520 \text{ }^\circ\text{C}$ por 6 horas. As peças referentes da confecção do terceiro sistema utilizou o forno Cercon heat a uma temperatura de $1350 \text{ }^\circ\text{C}$ por 4 horas.

A desadaptação marginal das amostras foram medidas com microscópio com ampliação de 50 vezes. Todos os sistemas apresentaram desadaptação marginal inferior a $120 \mu\text{m}$. Os autores concluíram que os sistemas CAD/CAM apresentaram resultados mais precisos quando comparados com o sistema CAM.

Já Kohorst et al. (2010) divulgou um estudo que avaliou a confecção de próteses fixas de três elementos em zircônia semi-sinterizada. Neste estudo foram produzidas 30 amostras, divididas em 3 grupos: 2 grupos utilizaram o mesmo sistema CerCon CAD/CAM, porém o primeiro grupo utilizou a fresadora CerCon Brain e o segundo grupo os dados foram enviados para a confecção das próteses dentárias em um laboratório. Já o terceiro grupo utilizou somente o *software* CerconCAM, aplicado para a fresadora CerCon Brain.

O processo da confecção das próteses dentária do primeiro grupo foi através da utilização de um escâner a laser, modelo Cercon Eye, para digitalizar as peças matrizes. Após a digitalização da geometria da peça, os autores utilizaram o *software* CAD Cercon Art para trabalhar os dados da digitalização e desenvolver a prótese

dentária. Em seguida, os dados foram condicionados no *software* CAM e enviados para a fresadora CerCon Brain para a confecção das próteses dentárias. Na etapa seguinte, foi utilizado o forno Cercon heat a uma temperatura de 1350 °C por 6 horas para sinterizar o material.

O processo no segundo grupo tratou em desenvolver o projeto da geometria da prótese dentaria através do uso do *software* CAD/CAM da Cercon, e em seguida, foram enviados os dados para o laboratório Compartis para a confecção das peças. Não há informações no trabalho sobre o modelo da fresadora utilizada no laboratório ou sobre o modelo do forno utilizado para a sinterização das peças.

Já o processo do terceiro grupo utilizou um escâner a laser, não informado o modelo, para digitalizar as peças matrizes. Após a digitalização da geometria da peça, os autores condicionaram os dados no *software* CAM e enviados para a fresadora CerCon Brain para a confecção das próteses dentárias. Na etapa seguinte, foi utilizado o forno Cercon heat a uma temperatura de 1350 °C por 6 horas para sinterizar o material.

A avaliação de todas as medições das amostras foi realizada como auxílio de um microscópio com ampliação de 51,2 vezes. O resultado desta avaliação foi uma adaptação marginal das próteses dentárias com as peças matrizes clinicamente aceitáveis, conforme informado na tabela 1. Assim, os autores concluíram que os sistemas CAD/CAM são mais precisos do que o sistema CAM.

Em 2013, Vojdani et al. publicaram um trabalho que avaliou a adaptação marginal de peças produzidas com a utilização de um sistema CAD/CAM aplicado ao material PMMA comparando com padrões de cera fabricados por métodos convencionais. Através do uso de um escâner a laser, peças matrizes foram digitalizadas e condicionadas para um sistema CAD 3Shape. Ao concluir esta etapa os autores enviaram os dados para o *software* CORiTEC iCAM V4 para a produção de 12 peças utilizando a fresadora odontológica CoriTEC 340i de 4 eixos da empresa Imes-Icore. Com o auxílio de um microscópio digital de 200 vezes foi identificado uma desadaptação marginal média de $157,37 \pm 20,63 \mu\text{m}$ nas peças produzidas pelo sistema CAD/CAM. Para fins de comparação o processo por método convencional apresentou uma adaptação marginal média de $69,54 \pm 15,60 \mu\text{m}$. Os autores concluíram que o método convencional de fabricação de padrão de cera produziu peças com ajuste marginal significativamente melhor do que a técnica CAD/CAM.

O trabalho desenvolvido por Ender et al. (2015) objetivou avaliar a adaptação marginal, carga de fratura e tipos de falhas de poliméricos inlays produzidos pelo sistema CAD/CAM. Foi utilizado um escâner câmera CEREC 3D da empresa Sirona para digitalizar os dentes molares humanos. Em seguida, os dados foram condicionados em uma plataforma CAD, CEREC inLab 3D, e após a conclusão do desenvolvimento do projeto, os dados foram enviados para o *software* CAM, para assim, iniciar a usinagem utilizando a fresadora InLab MC XL da empresa Sirona. Neste estudo foram confeccionadas 48 amostras, sendo separadas em 4 grupos: 12 amostras para o grupo PCG – material de vitrocerâmica de Leucita; 12 amostras para o grupo TRX - material de PMMA cimentados com resinoso autoadesivo; 12 amostras para o grupo TAC – materiais de PMMA cimentados com resinoso convencional e 12 amostras para o grupo NCG – restaurações de resina composta de preenchimento direto.

A avaliação das amostras foi realizada com a utilização de um microscópio óptico com ampliação de 25x. Uma desadaptação marginal média para o grupo PCG foi de $98,2 \pm 0,8 \mu\text{m}$ nas peças produzidas pelo sistema CAD/CAM. O grupo TRX apresentou desadaptação marginal média de $98,8 \pm 0,5 \mu\text{m}$ e o grupo TAC apresentou uma desadaptação marginal média de $91,0 \pm 2,4 \mu\text{m}$. Os autores concluíram que os materiais em PMMA apresentaram uma desadaptação marginal média semelhantes em comparação com o material vitrocerâmica de Leucita.

Alajaji et al. (2016) propôs avaliar a desadaptação interna e marginal em restaurações dentárias produzidas em sistema CAD/CAM utilizando o material de dissilicato de lítio fabricadas por dois sistemas de fresagem: cinco graus de liberdade e três graus de liberdade. Os resultados do sistema CAD/CAM foram comparados com a técnica tradicional de prensagem térmica. Através do uso de uma câmara ótica, as peças matrizes foram digitalizadas e condicionadas em um sistema CAD E4D Dentist. Posteriormente, o projeto CAD foi enviado para o sistema CAM. Com a utilização do material dissilicato de lítio foram confeccionadas 45 amostras, divididas em 3 grupos: Grupo-1, sistema de fresagem de três eixos; Grupo-2, sistema de fresagem de cinco eixos e Grupo-3, calor convencional técnica de impressão. As peças do Grupo-1 e Grupo-2 passaram por um processo térmico para transformar as amostras em cerâmica. Em seguida, as peças foram avaliadas por microtomografia de raio-X. O Grupo-1 apresentou uma discrepância marginal de $67,67 \mu\text{m}$, Grupo-2 apresentou um valor de $56,19 \mu\text{m}$ e Grupo-3 apresentou um valor de $35,48 \mu\text{m}$. O

grupo de pressão térmica demonstrou valores médios significativamente menores entre todos os resultados em comparação com os grupos CAD/CAM.

3.1 DISCUSSÃO

Neste capítulo foi apresentado o estudo sobre trabalhos que avaliaram o desempenho do sistema CAD/CAM, através da análise da adaptação marginal da prótese dentária com a peça matriz. Foi notório que, na grande maioria dos trabalhos citados, os autores propuseram avaliar e comparar a qualidade de todo o sistema CAD/CAM, através da utilização de diferentes escâneres, plataformas de *software* CAD/CAM, fresadoras e fornos. Como consequência, nestes estudos não ficou claro em qual parte do processo ocorre a maior inexatidão na confecção da prótese dentária, pois não houve uma preocupação dos autores em padronizar e separar o processo de digitalização do processo de produção.

Tabela 6 – Estudos que avaliaram a qualidade da prótese dentária utilizando a tecnologia CAD/CAM

| Autores e ano da publicação | Material utilizado | Espessura do bloco / Modelo do bloco | Modelo escâner | Software CAD/CAM para a confecção | Modelo de fresadora odontológica | Forno (Sinterização) | Valores encontrados para a adaptação Marginal (μm) | Método de análise | Quantidade de amostras | Máxima Discrepância Marginal aceitável segundo os autores (μm) |
|-----------------------------|-----------------------------|---|--|---|----------------------------------|---|---|--|------------------------|---|
| GONZALO (2008) | Zircônia (semi-sinterizada) | Não foi informado o modelo/fabricante do bloco de zircônia e a espessura do bloco | Não foi informado o modelo/fabricante do escâner | Sistema Procera | | Não foi informado o modelo do forno para o processo de sinterização | 26 ± 19 | Microscópio ótico com ampliação de 1000x | 10 | Não é mencionado o valor |
| | Zircônia (semi-sinterizada) | Não foi informado o modelo/fabricante do bloco de zircônia e a espessura do bloco | Não foi informado o modelo/fabricante do escâner | Sistema Lava | | Não foi informado o modelo do forno para o processo de sinterização | 76 ± 36 | | 10 | |
| BEUER et al. (2009) | Zircônia (semi-sinterizada) | Não foi informado o modelo/fabricante do bloco de zircônia e a espessura do bloco | Não foi informado o modelo/fabricante do escâner | Laboratório DeguDent – Não foi informado o software CAD/CAM e o modelo de fresadora | | Cercon heat | $81,4 \pm 20,3 - 119,2 \pm 37,5$ | Microscópio ótico com ampliação de 50x | 6 | 120 |
| | | Xawex G 100 | Não foi informado o modelo/fabricante do escâner | Etkon | Premium 5030 (5-eixos) | Xawex Sinterofen | $29,1 \pm 14,0 - 62,7 \pm 18,9$ | | 6 | |
| | | Vita InCeram YZ-cube | Não foi informado o modelo/fabricante do escâner | CEREC inLab V 2.7 software | InLab MC XL (4-eixos) | Thermo-Star | $56,6 \pm 19,6 - 73,5 \pm 20,6$ | | 6 | |
| BEUER et al. (2009) | Zircônia (semi-sinterizada) | Não foi informado o modelo/fabricante do bloco de zircônia e a espessura do bloco | Lava Scan ST | LAVA 3D | LAVA Form (3-eixos) | Lava Therm | 15 ± 7 | Microscópio ótico com ampliação de 50x | 10 | 120 |
| | | | Procera Forte | Procera Software version 1.6 | Nobel Procera milling machine | Não foi informado o modelo do forno para o processo de sinterização | 9 ± 5 | | 10 | |

| Autores e ano da publicação | Material utilizado | Espessura do bloco / Modelo do bloco | Modelo escâner | Software CAD/CAM para a confecção | Modelo de fresadora odontológica | Forno (Sinterização) | Valores encontrados para a adaptação Marginal (μm) | Método de análise | Quantidade de amostras | Máxima Discrepância Marginal aceitável segundo os autores (μm) |
|-----------------------------|---|--|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|---|---|------------------------|---|
| KOHORST et al. (2010) | Zircônia (semi-sinterizada) | Cercon base - Não foi informado a espessura do bloco | Não utilizou escâner para o processo | CerconCAM | CerCon Brain (4-eixos) | Cercon heat | 112,0 | Microscópio ótico com ampliação de 51,2x | 10 | Não é mencionado o valor |
| | | | Cercon eye | CerCon CAD/CAM | CerCon Brain (4-eixos) | Cercon heat | 72,1 | | 10 | |
| | | | Cercon eye | CerCon CAD/CAM | Laboratório Compartis | Não foi informado o modelo do forno para o processo de sinterização | 76 \pm 36 | | 10 | |
| VOJDANI et al. (2013) | PMMA | CORiTEC PMMA Disc – Não foi informado a espessura do bloco | 3Shape D810 | CORiTEC iCAM V4 | CoritEC 340i (4-eixos) | Não houve a necessidade da utilização de forno para sinterizar os materiais | 157,37 \pm 20,63 | Microscópio Digital com ampliação de 200x | 12 | 120 |
| ENDER et al. (2015) | Vitrocerâmica de Leucita | IPS Empress CAD | CEREC 3D camera | CEREC inLab 3D | InLab MC XL (4-eixos) | Não houve a necessidade da utilização de forno para sinterizar os materiais | 98,2 \pm 0,8 | Microscópio ótico com ampliação de 25x | 12 | Não é mencionado o valor |
| | PMMA | artBloc Temp | | | | | 98,8 \pm 0,5 | | 12 | |
| | PMMA | artBloc Temp | | | | | 91,0 \pm 2,4 | | 12 | |
| ALAJAJI et al. (2016) | Dissilicato de Lítio (semi-sinterizada) | IPS e.max CAD | Câmara ótica do sistema E4D Dentist | Não é mencionado | Tizian Cut 5 (5-eixos) | Não foi informado o modelo do forno para o processo de sinterização | 56,19 | Microtomografia | 15 | 100 |
| | | | | Não é mencionado | E4D Mill (3-eixos) | | 67,67 | | 15 | |

Fonte: Autoria própria.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a metodologia para avaliar a qualidade de usinagem de duas fresadoras odontológicas comercializadas no Brasil, aplicada em três diferentes fabricantes de materiais de PMMA. O estudo foi desenvolvido em duas fases distintas: a pesquisa para identificar, avaliar e determinar os equipamentos para análise, e a realização dos testes nos equipamentos escolhidos.

4.1 PRIMEIRA FASE

4.1.1 Modelos de Fresadoras de 5 Eixos Comercializadas no Brasil

A tecnologia da fresadora odontológica é dominada por empresas estrangeiras (LIU, 2005), sendo que o mercado odontológico brasileiro vem comprando cada vez mais estes equipamentos, já que os processos manuais de confecção de prótese estão sendo substituídos gradativamente por processos automáticos utilizando a tecnologia CAD/CAM.

Sendo assim, uma pesquisa foi desenvolvida e apresentada na Tabela 7, com a colaboração de laboratórios protéticos, para informar os principais modelos de fresadoras odontológicas comercializadas no mercado nacional. Foram estabelecidos critérios para o desenvolvimento desta pesquisa: os equipamentos devem apresentar características de hardware semelhantes, tais como utilização de motores de passo para movimentação dos eixos, 5 graus de liberdade e substituição automática das fresas. A tabela informa o modelo de equipamento, o fabricante, o *software* CAM, os materiais permitidos pelos fabricantes e os países de origem do fabricante.

Tabela 7 - Exemplo de empresas estrangeiras que produzem fresadoras odontológicas, e que venderam vários destes modelos no mercado nacional

| Empresa | Modelo do equipamento | Software CAM | Materiais permitidos para usinagem | Origem da empresa |
|----------------|------------------------------|---------------------|--|--------------------------|
| Yenadent | D10 | Sum3D MillBox | Cera, Zircônia e PMMA | Turquia |
| Imes-Icore | CORiTEC 250i | Sum3D MillBox | Cera, Zircônia, PMMA, Vidro cerâmico, PEEK e Metal Sinterizado | Alemanha |
| Roland DG | DWX-50 | Sum3D MillBox | Cera, Zircônia, PMMA e PEEK | Japão |

| Empresa | Modelo do equipamento | Software CAM | Materiais permitidos para usinagem | Origem da empresa |
|----------------|------------------------------|---------------------|---|--------------------------|
| Zirkonzahn | M1 SOFT MILLING UNIT | Nesting | Cera, Zircônia, PMMA, Madeira e Metal Sinterizado | Itália |
| AmannGirrbach | Mikro 5X | Ceramill Mind | Cera, Zircônia, PMMA e Metal Sinterizado | Alemanha |
| Wieland | Zenotec Select Hybrid | Zenotec CAM | Cera, Zircônia, PMMA, Vidro Cerâmica, Metal Sinterizado | Alemanha |

Fonte: Autoria Própria.

4.1.2 Definição do Material para o Estudo

Na segunda etapa foram analisados e comparados os tipos de materiais que os equipamentos utilizavam no processo de usinagem. Como o estudo tem o objetivo de avaliar o desempenho da fresadora odontológica, foi definido que não seriam utilizados materiais com propriedades de cerâmica, justamente por eles precisarem passar por um processo de sinterização, o que envolveria a utilização de um forno elétrico para contrair o material. Também foram excluídos os materiais de metais sinterizados e o PEEK, já que alguns modelos de fresadoras não trabalham com estes materiais.

Dessa forma, sobraram as opções de cera e PMMA. Ambos os materiais poderiam ser empregados para o estudo, porém, foi escolhido o PMMA por ele ser um material mais duro e denso, que exige mais da fresadora durante o processo de usinagem (PRECISEBITS, 2020). Com a definição do tipo do material para o estudo, prosseguimos com a definição dos fabricantes.

Como o PMMA deve possuir registro na ANVISA, a aquisição do mesmo é controlada, e só pode ser adquirido por Centro de Pesquisas, laboratórios de prótese dentária com profissionais responsáveis registrados no CRO, ou indivíduos que possuam registro no CRO. Portanto, seguindo a orientação dos laboratórios protéticos e considerando também a disponibilidade no comércio, foram selecionados três fabricantes nacionais de PMMA, com registro para classificação de grau de risco 2: Protétic – 80750420001 (PROTETIC, 2020), Provi-CAD – 80984050018 (PROVI-CAD, 2020) e PrimaVita – 81954689001 (PRIMAVITA, 2020). Na Tabela 8 são

apresentadas as quantidades de blocos adquiridos e seus respectivos valores unitários.

Tabela 8 – Blocos de PMMA classificados pela espessura e fabricante

| Blocos de PMMA | Registro na ANVISA | Quantidade | Preço Unitário |
|-------------------|--------------------|------------|-------------------------------|
| Provi-CAD (14 mm) | 80984050018 | 4 | R\$ 100,00 – U\$18,10 |
| Provi-CAD (20 mm) | | 4 | R\$ 210,00 – U\$38,00 |
| Protétic (16 mm) | 80750420001 | 2 | R\$ 275,00 – U\$49,70 |
| Protétic (25 mm) | | 2 | R\$ 345,00 – U\$62,40 |
| PrimaVita (16 mm) | 81954689001 | 2 | R\$ 100,00 – U\$18,10 |
| PrimaVita (25 mm) | | 2 | R\$ 100,00 – U\$18,10 |
| Total | | 16 | R\$2880,00 – U\$521,73 |

Fonte: Autoria Própria.

4.1.3 Definição dos Modelos de Fresadoras Odontológicas para o Estudo

A definição dos modelos de fresadoras foi elaborada em duas etapas. Primeiramente, utilizou-se a pesquisa apresentada na Tabela 7 para estabelecer os modelos de fresadoras odontológicas com características semelhantes, para uma comparação adequada da qualidade da confecção das peças. Na segunda etapa foi proposto identificar a compatibilidade da utilização do *software* CAM entre os modelos de fresadoras. A utilização de um mesmo *software* CAM para diferentes marcas de fresadoras possibilita a correta comparação de resultados entre os modelos, visto que conforme Reichenbach et al. (2018) a usinagem em material PMMA requer uma estratégia de usinagem implementado no CAM, e isso pode interferir no tempo de execução da atividade, assim como na qualidade.

Com base na análise do *software* CAM, foram selecionados três modelos comerciais de equipamento: CORiTEC 250i da empresa Imes-Icore, DWX50 da empresa Roland e D10 da empresa Yenadent. Após a conclusão do requisito do *software* CAM, consultamos os laboratórios de próteses dentárias para identificar a disponibilidade da utilização do equipamento, desta forma definimos os modelos CORiTEC 250i e DWX-50 para testes.

4.1.3.1 Normas e Legislação para as Fresadoras Odontológicas

A fabricação da fresadora Coritec-250i pela empresa Imes-Icore segue o requisito prescrito na norma da Comissão Europeia, utilizando as diretivas: *New*

Machinery Directive 2006/42/EC – que visa a livre circulação de máquinas no mercado e a proteção dos trabalhadores e consumidores europeus que as utilizam (THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2006); *EMC Directive 2014/30/EU* – que define os requisitos essenciais de proteção para equipamentos elétricos e eletrônicos, limitando as emissões eletromagnéticas do equipamento para garantir que, quando usado conforme planejado, tal equipamento não perturbe o rádio e as telecomunicações, bem como outros equipamentos (THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2004) e a *Low Voltage Directive 2006 / 95 / EC* - garante que o equipamento elétrico dentro de certos limites de tensão forneça um alto nível de proteção para os cidadãos europeus e se beneficie plenamente do mercado único (THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, 2016).

A produção do modelo da fresadora DWX-50 pela empresa Roland DG segue o requisito prescrito na norma da Comissão Eletrotécnica Internacional. Sendo aplicada a IEC 60664-1 que estabelece a coordenação de isolamento para equipamentos em sistemas de alimentação de baixa tensão (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2020).

Já em relação a legislação brasileira, ambos os modelos são comercializados no Brasil e não possuem registros no sistema da ANVISA referente a norma RDC n.185 de 22/10/2001.

4.1.3.2 Aspecto Construtivo das Fresadoras Odontológicas

Este tópico trata dos modelos selecionados de fresadoras: CORiTEC 250i e DWX-50.

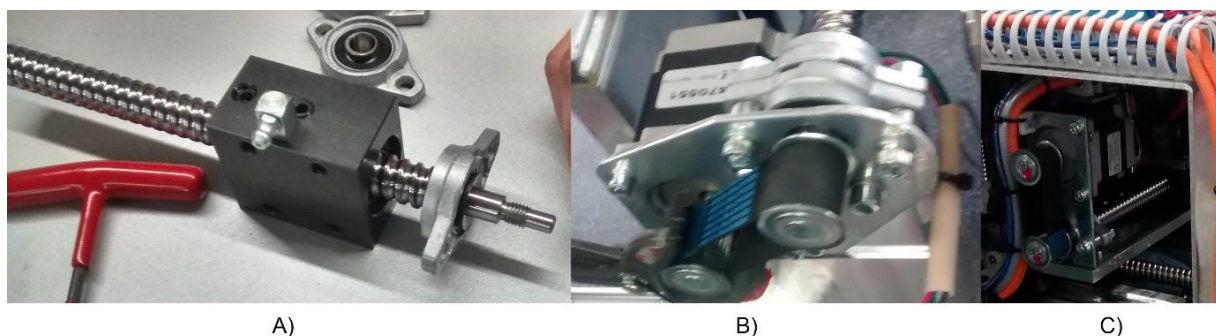
4.1.3.2.1 Fresadora Odontológica CORiTEC 250i

O modelo CORiTEC 250i da empresa Imes-Icore possui uma tecnologia que permite utilizar cinco graus de liberdade representados pelos eixos X, Y, Z, A e B. A movimentação de todos os eixos ocorre através do emprego de motores de passo que operam em controle de malha aberta, visto que não há sensores para monitorar a velocidade e posição, somente sensores para fins de curso.

Este motor de passo é acoplado em um fuso de esferas através da utilização de uma correia, assim conforme o sentido de rotação do eixo do motor o acionamento

do eixo da máquina avança ou volta. A máxima velocidade de avanço para os eixos X, Y e Z é de 3000 mm/min. A Figura 15 ilustra o sistema do equipamento CORiTEC-250i.

Figura 15 – Sistema para acionamento dos eixos X, Y e Z do equipamento CORiTEC-250i. A figura A ilustra a utilização de um fuso. A Figura B apresenta o acoplamento entre o motor de passos com o sistema do fuso através da utilização de uma correia. A figura C apresenta o sistema montado no equipamento



Fonte: Autoria Própria.

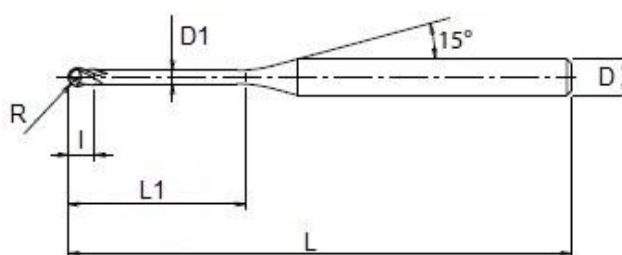
Nos eixos A e B estão acoplados na estrutura da mesa da fresadora e possuem um sistema redutor acoplado no eixo do motor de passo para evitar uma movimentação indesejável na mesa por uma falha no fornecimento de energia elétrica para o equipamento. O eixo A permite uma angulação na mesa em 360 graus, já o eixo B é limitado para uma angulação máxima de ± 30 graus, quando a mesa estiver perpendicular ao *spindle*.

O sistema de desbaste utiliza um *spindle* que alcança uma velocidade máxima de 60000 RPM e uma potência máxima de 400 W. Este dispositivo permite a troca automática da ferramenta através do auxílio de um sistema com ar comprimido em conjunto com a operação de válvulas, permitindo o acoplamento e o desacoplamento das 10 fresas disponibilizadas para o sistema.

O *spindle* deste equipamento acopla e desacopla fresas que possuem um diâmetro de haste padronizado em 3 mm representado pela letra “d” da Figura 16, e as fresas disponíveis pelo fabricante possuem características aplicadas para o material que está sendo utilizado na usinagem. Entre as características, podemos destacar o topo de corte (esférica ou reta), diâmetro de corte (3 mm, 2,5 mm, 2,0 mm, 1,5 mm, 1,0 mm, 0,6 mm, 0,5 mm e 0,3 mm) e a lâmina de corte (diamantada, longa, cônica, duas lâminas ou uma lâmina).

Neste equipamento, por exemplo, para materiais PMMA podemos utilizar os topos de corte esférica ou reta, com lâminas de corte - longas, com duas ou uma - com os diâmetros de corte variando entre 3,0 mm, 2,5 mm, 1,5 mm, 1,0 mm, 0,6 mm e 0,3 mm.

Figura 16 - Representação do modelo de fresa utilizado pelo sistema CAD/CAM. A letra D representa o diâmetro da haste da fresa; A sigla L1 é o comprimento da fresa utilizado durante o processo de desbaste; já a letra R é o raio de corte da fresa; A letra L representa o comprimento total da fresa e a letra l é o comprimento da região de corte da fresa



Fonte: Autoria Própria.

Devido ao aspecto construtivo do *spindle*, a fresa sempre estará acoplada no sistema para evitar que alguma sujeira entre no interior do *spindle*. Deste modo, o sistema da fresadora sempre armazenará no *software* o modelo de fresa acoplada no *spindle* após a conclusão da atividade. É importante ressaltar que o *software* do equipamento possui um temporizador que informa ao usuário o tempo de uso de cada fresa, assim é possível identificar quais fresas precisam ser substituídas.

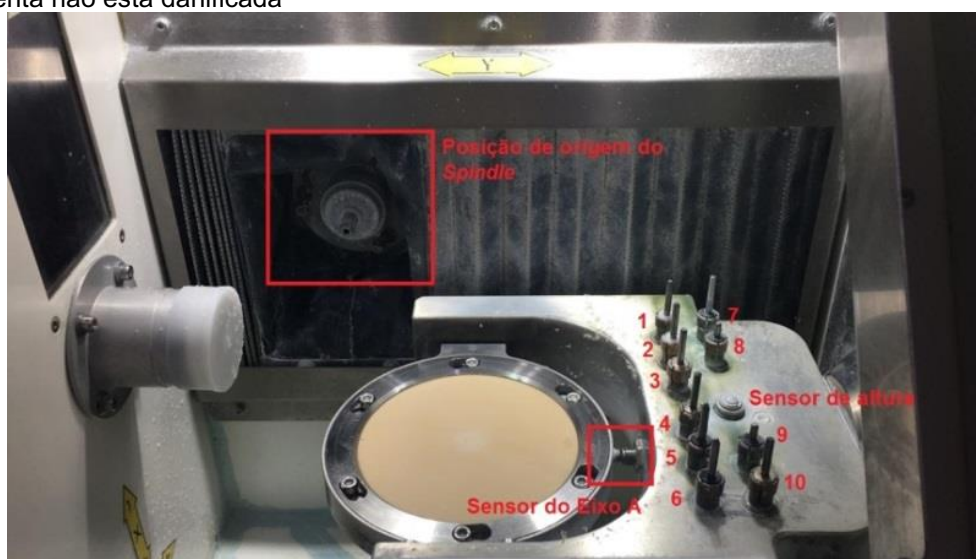
A fresadora disponibiliza ao usuário a opção de usinar com irrigação a ar ou com líquido, pois o sistema de desbaste possui duas linhas independentes para o fornecimento de ar e duas linhas para o líquido refrigerante durante o processo de usinagem. A posição de início do processo de usinagem fica exatamente no canto superior esquerdo, conforme ilustrada na Figura 17.

4.1.3.2.2 Fresadora Odontológica DWX-50

O produto DWX-50 da empresa Roland DG possui uma tecnologia que permite utilizar cinco graus de liberdade representados pelos eixos X, Y, Z, A e B. A movimentação de todos os eixos é através do emprego de motores de passo que operam em controle de malha aberta, visto que não há sensores para monitorar a velocidade e posição, somente sensores para fins de curso.

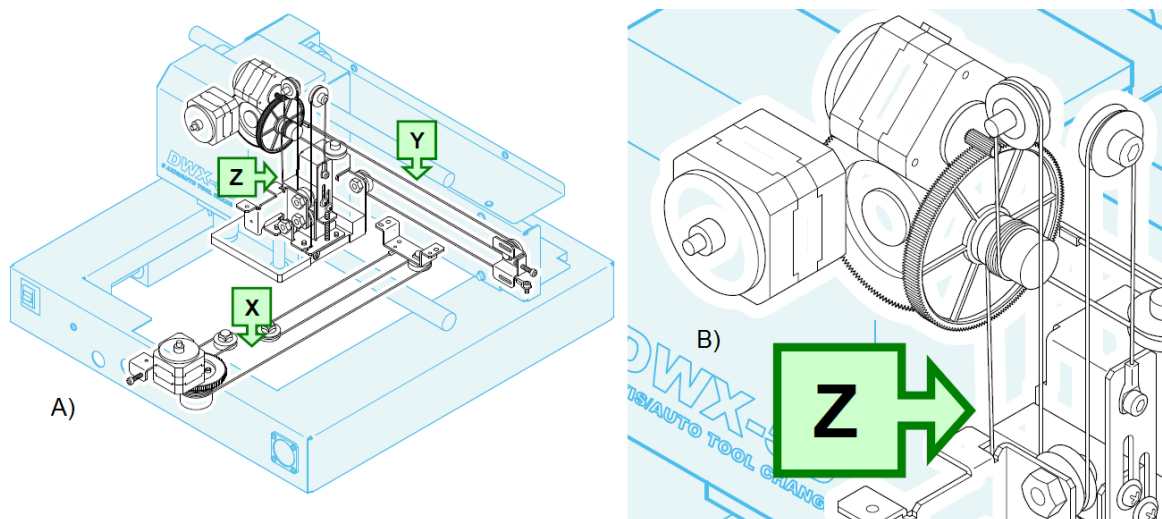
Este motor de passo, conforme ilustrado na Figura 18, é acoplado ao um sistema de engrenagens que conecta o cabo de aço com as polias, assim, conforme o sentido de rotação do eixo do motor o acionamento do eixo da máquina avança ou volta. A máxima velocidade de avanço para os eixos X e Y é de 3600 mm/min e o eixo Z é de 1800 mm/min.

Figura 17 - Posição de origem do *Spindle* sem a fresa no sistema, pois o sistema estava em modo de manutenção. Os números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 indicam a posição de cada fresa do equipamento. O sensor de altura é utilizado durante o processo automático de substituição da fresa para verificar se a ferramenta não está danificada



Fonte: Autoria Própria.

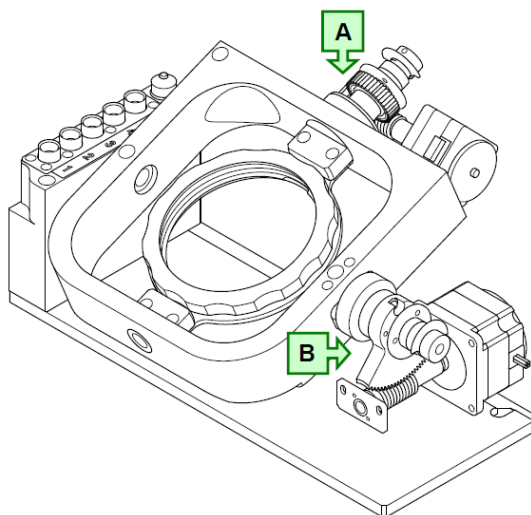
Figura 18 - Sistema de movimentação dos eixos X, Y e Z da fresadora DWX-50. A Figura A ilustra o sistema dos três eixos utilizando motores de passo acoplados a um sistema de engrenagem que provoca o deslocamento do cabo de aço. Na Figura B é ampliado a imagem do eixo Z com o motor de passo e o sistema de engrenagens. Observar que o cabo ligado na estrutura inferior está enrolado no sentido contrário ao cabo ligado na polia (estrutura superior), assim conforme a movimentação do eixo o sistema enrola um lado e desenrola o outro lado



Fonte: Adaptado de (ROLAND DG CORPORATION, 2011).

Nos eixos A e B estão acoplados na estrutura da mesa da fresadora e possuem um sistema de engrenagem helicoidal acoplado no eixo do motor de passo para evitar uma movimentação indesejável na mesa por uma falha no fornecimento de energia elétrica para o equipamento. O eixo A permite uma angulação na mesa em 360 graus, já o eixo B é limitado para uma angulação máxima de ± 20 graus. Na Figura 19 é ilustrada a estrutura mecânica da mesa.

Figura 19 – Sistema de movimentação da mesa acoplado aos eixos A e B



Fonte: Adaptado de (ROLAND DG CORPORATION, 2011).

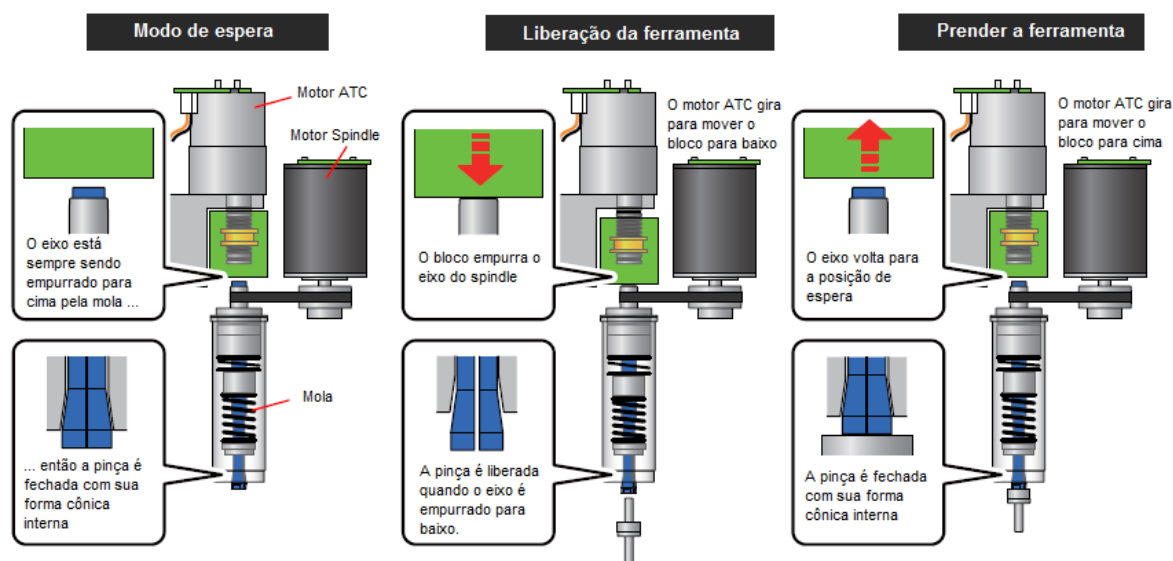
O sistema de desbaste foi desenvolvido e patenteado pela Roland DG através do código JP2013039633 – *Cutting device* e é apresentado na Figura 20 (AKIHIRO, 2013). Neste sistema a velocidade máxima de operação é de 30000 RPM e a potência máxima do motor *brushless* é de 100 W. Este sistema comporta a troca automática da ferramenta através do auxílio de um motor de corrente contínua em conjunto com mola e uma pinça, permitindo o acoplamento e o desacoplamento das 5 fresas disponibilizadas para o sistema.

As características das fresas seguem o mesmo padrão citadas para o equipamento CORiTEC 250I, com exceção para o diâmetro da haste da fresa e o diâmetro máximo de corte, pois devido ao aspecto construtivo do sistema de desbaste, a haste da fresa tem um diâmetro de haste de 4 mm e o máximo diâmetro de corte permitido pelo fabricante é de 2 mm.

Neste equipamento, por exemplo, para materiais PMMA podemos utilizar os topos de corte esférica ou reta, com lâminas de corte - longas, com duas ou uma - com os diâmetros de corte variando entre 2,0 mm, 1,0 mm, e 0,6 mm.

Para este equipamento a fresa sempre será guardada após a conclusão da atividade de usinagem. É importante ressaltar que o *software* do equipamento possui um temporizador que informa ao usuário o tempo de uso de cada fresa, assim é possível identificar quais fresas precisam ser substituídas por tempo de uso.

Figura 20 – Funcionamento do sistema patenteado, JP2013039633 – *Cutting device*, pela empresa Roland DG no WIPO. Neste sistema são utilizados dois motores: o motor de corrente contínua é responsável para liberar/prender a fresa conforme a rotação do eixo e o motor *brushless* de alta rotação para movimentar a ferramenta (AKIHIRO, 2013)



Fonte: Adaptado de (ROLAND DG CORPORATION, 2011).

A fresadora disponibiliza ao usuário somente a opção de usinar com irrigação a ar, pois o sistema não possui um reservatório para o líquido refrigerante e possui somente uma linha acoplada no sistema de desbaste para o fornecimento de ar durante o processo de usinagem para limpar e resfriar a fresa. A posição de início do processo de usinagem fica exatamente no canto superior esquerdo, conforme ilustrado na Figura 21.

4.2 SEGUNDA FASE

4.2.1 Definição dos Desenhos das Peças para a Usinagem

Vários estudos, mencionados no capítulo 3, analisaram a qualidade do sistema CAD/CAM utilizando escâneres, fornos elétricos, materiais e *software* CAM de diferentes empresas em conjunto com as fresadoras odontológicas. Com os dados

publicados por esses estudos não foi possível identificar se a variação na qualidade de usinagem das peças confeccionadas estão atreladas às fresadoras e seus eixos de movimentação (4 eixos ou 5 eixos) ou aos equipamentos e *softwares* utilizados no processo.

Figura 21 - Posição de origem do *Spindle* com a fresa 2 acoplada no sistema. Os números 1, 2, 3, 4, e 5 indicam a posição de cada fresa do equipamento. O sensor de altura é utilizado durante o processo automático de substituição da fresa para verificar se a ferramenta não está danificada



Fonte: Autoria Própria.

Partindo da análise dos trabalhos já publicados, optamos por não utilizar o escâner para evitar possíveis imprecisões durante a digitalização das peças. Assim, foram elaborados dois desenhos geométricos no *software* CAD SolidWorks (Dassault Systèmes, Vélizy-Villacoublay Cedex - France) para avaliar a qualidade da usinagem das fresadoras utilizando 4 eixos e 5 eixos.

A definição da geometria dos desenhos levou em consideração, primeiramente, as limitações do equipamento na mensuração das dimensões das peças usinadas, bem como as características que deve possuir uma coroa dentária - furo para fixação e acoplamento da prótese no implante, e a acurácia da geometria do componente protético, a qual está atrelada à movimentação dos eixos do equipamento durante o processo de usinagem.

Foi proposto um desenho de uma peça que se assemelha com as maiores dimensões dos dentes humanos: o molar. A coroa do terceiro molar apresenta dimensões que variam de 7 mm a 8 mm, conforme reportado por Cardoso et al. (2003).

4.2.1.1 Definição do Desenho da Peça para Utilizar os 4 eixos no Processo de Usinagem

O primeiro pré-requisito estabelecido foi a definição do desenho da peça, para que utilizasse somente 4 eixos das fresadoras, sendo eles os eixos X, Y, Z, e A na confecção da peça. Para isso, foram adicionados no desenho da geometria rebaixos nas vistas superior e inferior, representados pela cor amarela do desenho da Figura 22.

O segundo ponto foi avaliar a acurácia de usinagem da máquina, estabelecendo no desenho três classificações de cotas: grandes, médias e pequenas. As cotas grandes avaliaram as maiores cotas da peça, podendo citar a rampa com inclinação de 45 graus que possui uma largura e um comprimento de 7 mm e a dimensão da peça que possui um comprimento, largura e altura de 10 mm. O seu intervalo de classificação varia entre 7 mm até 10 mm. As cotas médias concentraram nas medidas entre os intervalos abertos de 3,5 mm até 7 mm, podemos destacar o diâmetro de 5,0 mm do furo. Já para a análise das menores cotas foram avaliados os degraus com espaçamentos diferenciados, concentrando para as cotas com valores inferiores a 3,5 mm.

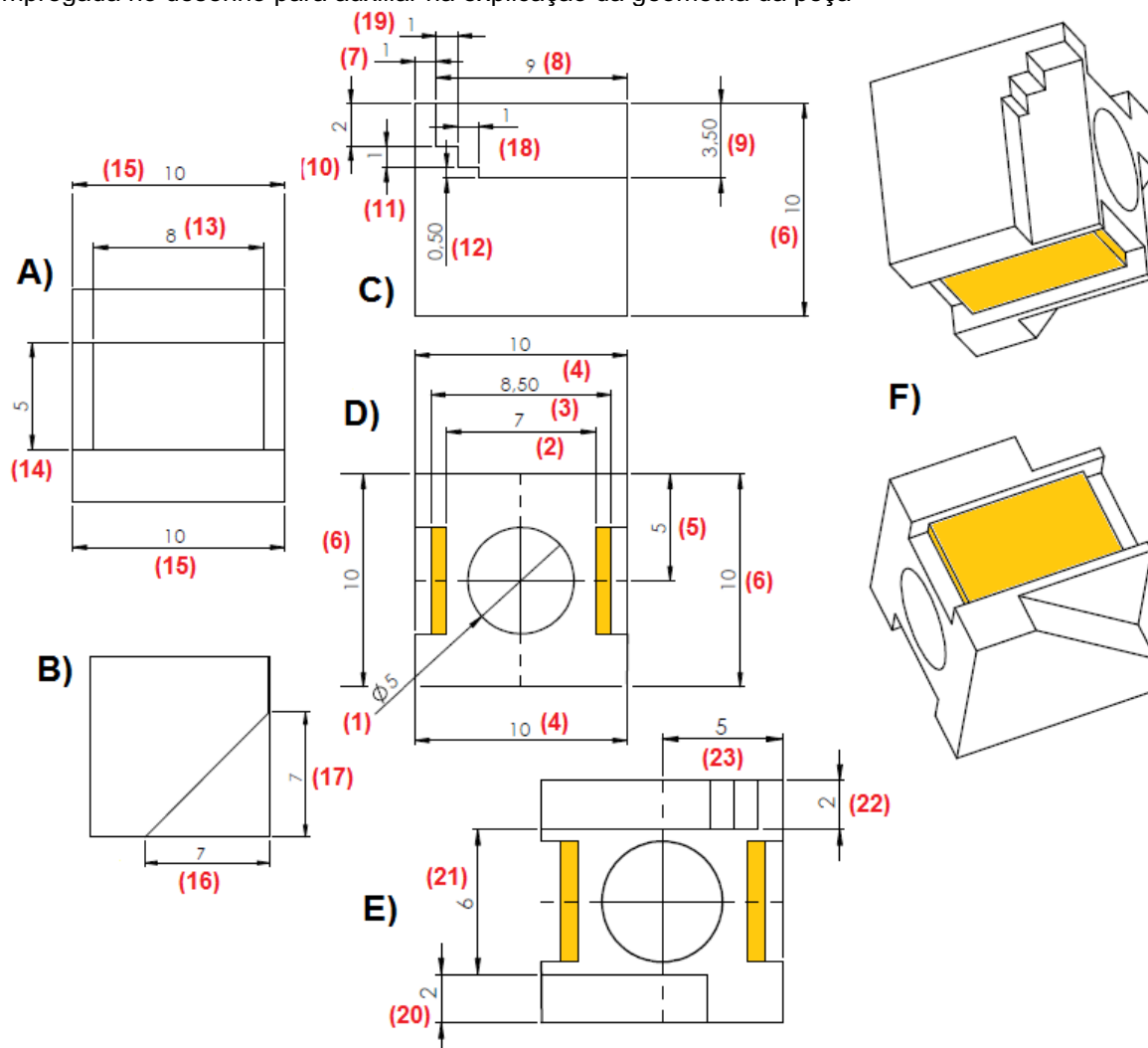
Para auxiliar na compreensão da metodologia do trabalho foi definido o nome GAMA para a Figura 22 que utiliza os 4 eixos durante o processo de usinagem.

4.2.1.2 Definição do Desenho da Peça para Utilizar os 5 eixos no Processo de Usinagem

Foi utilizado o mesmo desenho proposto para a usinagem em 4 eixos, porém, foi adicionado no desenho um corte lateral representado pela cor verde na Figura 23. Este corte possui uma angulação quando analisado internamente na peça de 20 graus ou 80 graus utilizando como referência a borda externa da peça. Esta definição do ângulo está atrelada ao maior ângulo que o eixo B do equipamento DWX-50 da empresa Roland DG consegue executar.

Para auxiliar na compreensão da metodologia do trabalho foi definido o nome BETA para a Figura 23 que utiliza os 5 eixos durante o processo de usinagem.

Figura 22 - Dimensões do desenho GAMA em milímetros indicados pelos números destacados em preto. Os números destacados em vermelho são a representação das cotas. Este desenho possui no total 28 cotas, porém é ilustrado somente 23 cotas de acordo padrão estabelecido pelo laboratório Mitutoyo, visto que as cotas 4, 5, 6, 14 e 15 são duplicadas de acordo com o lado medido. A figura A) representa o corte transversal da peça; A figura B) é a vista da lateral esquerda do cubo, onde há uma rampa com inclinação de 45 graus; A figura C) é a vista da lateral direita da peça, onde contém os degraus com espaçamentos diferenciados; A figura D) representa a vista inferior da peça; E a figura E) mostra a vista superior da peça; Já a figura F) ilustra a vista da peça no formato 3D. A cor amarela foi empregada no desenho para auxiliar na explicação da geometria da peça

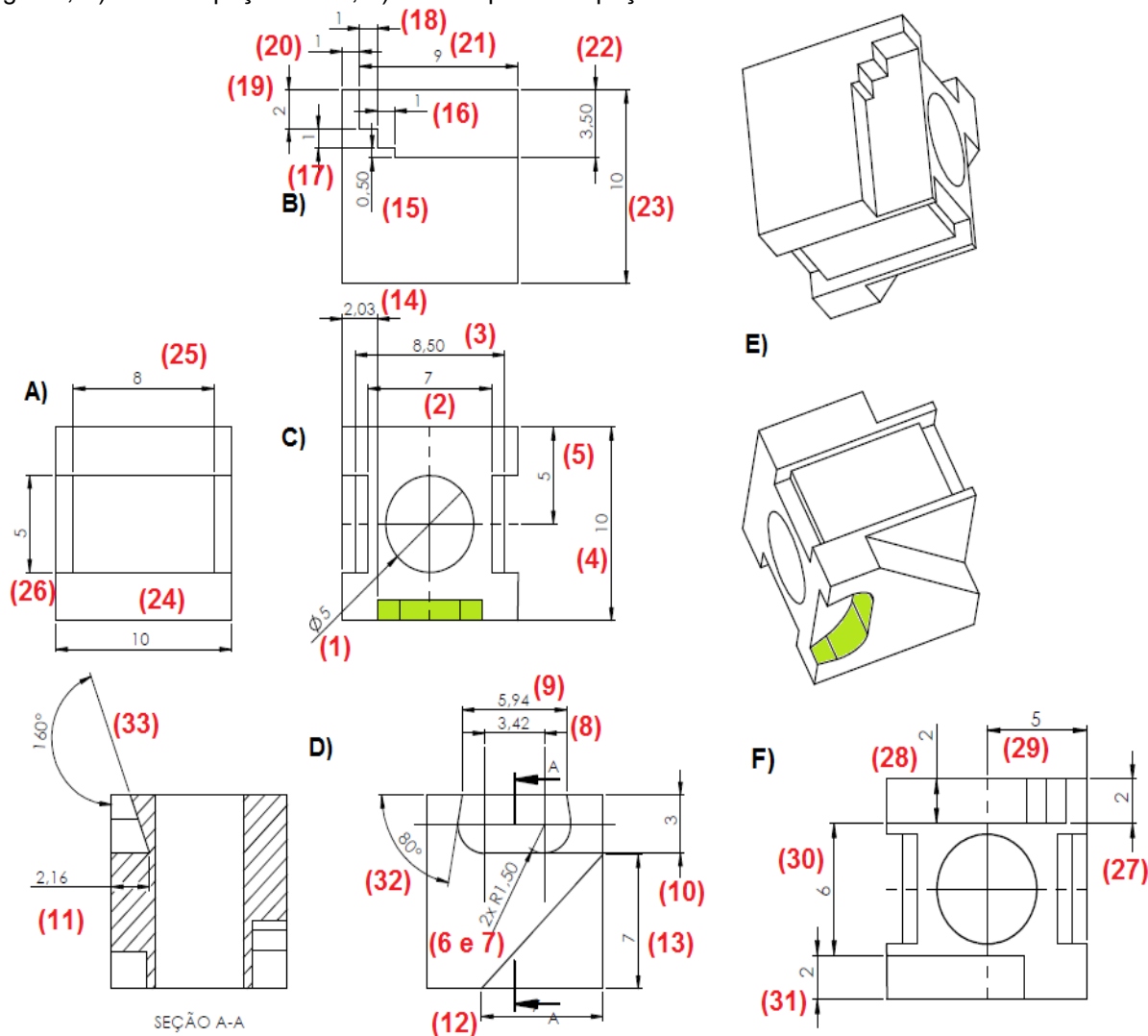


Fonte: Autoria Própria.

4.2.2 Importação dos Desenhos das Peças em um Software CAM

A importação dos desenhos das peças em um software CAM foi através da utilização do programa MillBox, da empresa CIMsystem Dental (Padova – Italy). Este programa é aplicável e compatível para os dois modelos de fresadoras escolhidos neste trabalho, além de permitir a importação de qualquer fonte aberta CAD (MILLBOX, 2020), desde que sejam respeitados os formatos de arquivos sugeridos pela plataforma. Neste caso, os desenhos foram importados com o formato IGS.

Figura 23 - Dimensões do desenho BETA em milímetros indicados pelos números destacados em preto. Os números destacados em vermelho são a representação das cotas. Este desenho possui no total 33 cotas estabelecido pelo laboratório Mitutoyo. A) Corte transversal; B) Vista da lateral direita da peça, onde contém os degraus com espaçamentos diferenciados; C) Vista inferior da peça; D) Vista da lateral esquerda do cubo, onde há uma rampa com inclinação de 45 graus e o corte com inclinação de 80 graus; E) Vista da peça em 3D; F) Vista superior da peça



Fonte: Autoria Própria.

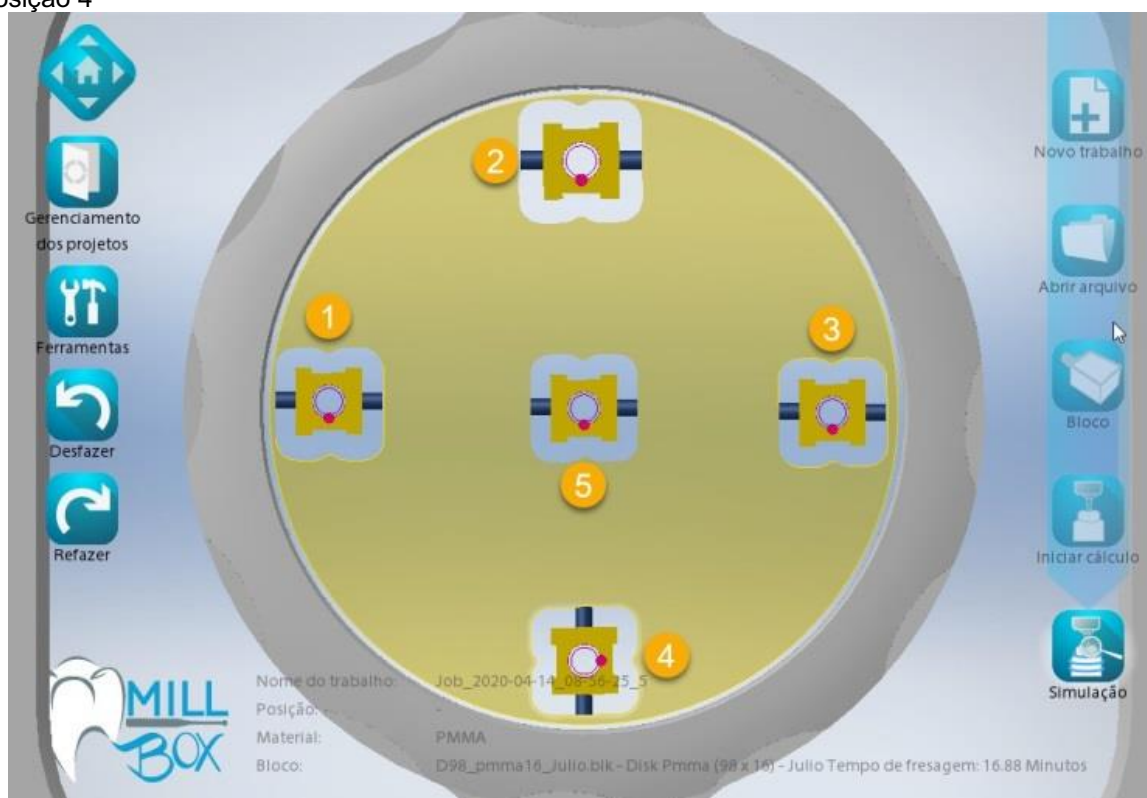
Como foram propostas duas diferentes geometrias de peças para avaliar a qualidade de usinagem das fresadoras odontológicas, o desenho denominado GAMA foi utilizado para confeccionar as peças utilizando os quatro eixos do equipamento (X, Y, Z e A), e o desenho nomeado BETA foi utilizado para confeccionar as peças usando os cinco eixos da fresadora (X, Y, Z, A e B). Para ambos os desenhos, GAMA e BETA, foi utilizada a mesma metodologia para o condicionamento dos dados no *software* CAM, a exceção ficou no posicionamento com inclinação de 45 graus para as peças BETA devido à necessidade da angulação máxima de 20 graus no eixo B.

O desenho de cada peça foi importada e em seguida inserida em 5 posições

no bloco, cujo ponto fiducial ficou localizado na posição 4. O processo de usinagem foi planejado para iniciar na posição 1, de modo que as peças foram fresadas na sequência crescente dos números, e finalizado na posição 5.

As peças foram nomeadas utilizando a orientação dos pontos cardeais (Norte – N, Leste – L, Sul – S, Oeste – O e Centro – C), onde a referência ficou localizada na posição Sul, conforme ilustrada na Figura 24 e Figura 25. Foram utilizados 4 blocos de PMMA com as espessuras de 14 mm, 16 mm, 20 mm e 25 mm, e que para cada bloco de PMMA foram confeccionadas 5 amostras, produzindo 20 amostras para usinagem com a utilização dos 4 eixos e 20 amostras para usinagem com a utilização dos 5 eixos. Portanto, foram confeccionadas 40 peças para cada modelo de fresadora odontológica.

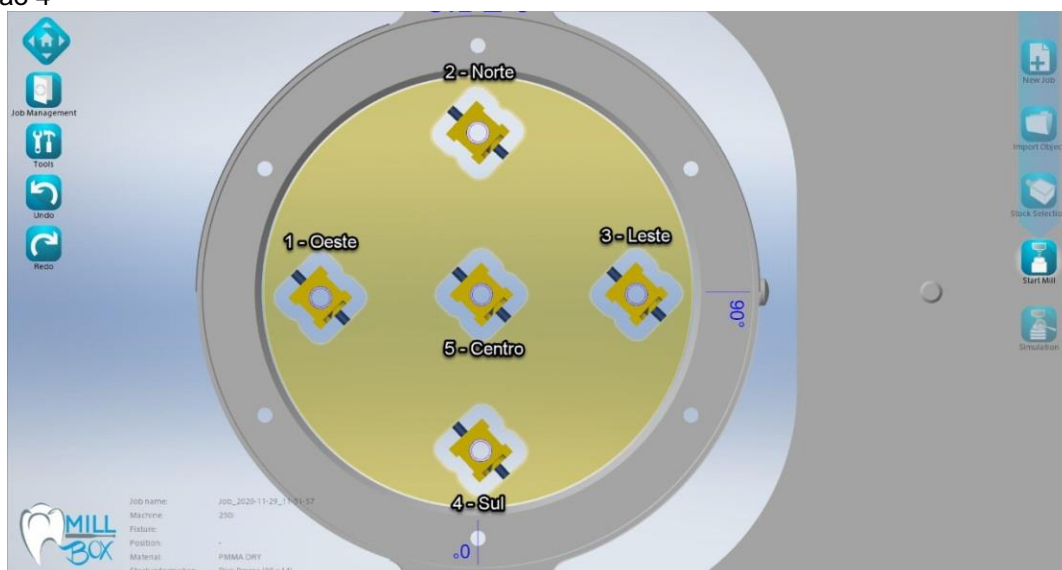
Figura 24 - Peça GAMA inserida no *software* CAM MillBox em 5 posições, cujo o ponto fiducial está na posição 4



Fonte: Autoria Própria.

A nomenclatura das peças produzidas pela fresadora odontológica CORiTEC-250i é indicada na Tabela 9. Já a fresadora odontológica DWX-50 utilizou a nomenclatura das peças indicadas na Tabela 10. Estas nomenclaturas foram mantidas para os trabalhos realizados com 4 e 5 eixos.

Figura 25- Peça BETA inserida no *software* CAM MillBox em 5 posições, cujo o ponto fiducial está na posição 4



Fonte: Autoria Própria.

Tabela 9 – Nomenclatura utilizada para a identificação das peças no equipamento Coritec-250i. Foram utilizados 2 diferentes fabricantes para os blocos de espessura de 16 mm e 25 mm para avaliar a usinagem utilizando os 4 eixos (Protétic) e os 5 eixos (PrimaVita) do equipamento

| Blocos | Posição 1 | Posição 2 | Posição 3 | Posição 4 | Posição 5 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Provi-CAD (14 mm) | O1 | N1 | L1 | S1 | C1 |
| Protétic (16 mm) / PrimaVita (16 mm) | O2 | N2 | L2 | S2 | C2 |
| Provi-CAD (20 mm) | O7 | N7 | L7 | S7 | C7 |
| Protétic (25 mm) / PrimaVita (25 mm) | O6 | N6 | L6 | S6 | C6 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 10 – Nomenclatura utilizada para a identificação das peças no equipamento DWX-50. Foram utilizados 2 diferentes fabricantes para os blocos de espessura de 16 mm e 25 mm para avaliar a usinagem utilizando os 4 eixos (Protétic) e os 5 eixos (PrimaVita) do equipamento

| Blocos | Posição 1 | Posição 2 | Posição 3 | Posição 4 | Posição 5 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Provi-CAD (14 mm) | O1 | N1 | SL1 | S1 | C1 |
| Protétic (16 mm) / PrimaVita (16 mm) | O2 | N2 | SL2 | S2 | C2 |
| Provi-CAD (20 mm) | O4 | N4 | L4 | S4 | C4 |
| Protétic (25 mm) / PrimaVita (25 mm) | O3 | N3 | L3 | S3 | C3 |

Fonte: Autoria Própria.

Em relação aos parâmetros do protocolo de usinagem, o *software* CAM MillBox estabelece previamente em suas bibliotecas os parâmetros aplicáveis para cada modelo de fresadora disponível no mercado, considerando o material utilizado no processo de usinagem e as fresas aplicáveis para as fresadoras.

Esta plataforma permite que o usuário realize modificações nos parâmetros dos protocolos de usinagem, ou seja, é possível alterar a velocidade de avanço dos eixos, assim como a velocidade de desgaste. Como o intuito do trabalho é avaliar o

desempenho das fresadoras, e isso inclui também o tempo de trabalho para usinar as peças, foi definido um protocolo de usinagem padrão aplicado em material PMMA, informado nas Tabelas 11 e 12, para as ambas as fresadoras odontológicas.

Este protocolo utilizou a técnica de usinagem a seco e foi programado para realizar a usinagem da peça em quatro etapas na fresadora odontológica CORiTEC-250i:

- a) Desbaste: Foi utilizado a tarefa *Pocketing* do *software* MillBox com o emprego da fresa topo esférica de duas lâminas de cortes com \varnothing 2,5 mm e um comprimento de 20 mm. O tempo total de uso da fresa é de 10 horas, de acordo com a empresa Imes-Icore GmbH. Portanto, foi definido que para execução desta atividade a fresa deveria possuir um tempo de uso inferior a 10 horas;
- b) Furo: Utilizou-se a tarefa *Drilling* do *software* Millbox com o uso da ferramenta topo reta de 2 lâminas de cortes com \varnothing 2,0 mm e um comprimento de 20 mm. O tempo total de uso da fresa é de 6 horas, de acordo com a empresa Imes-Icore GmbH. Portanto, foi definido que para execução desta atividade a fresa deveria possuir um tempo de uso inferior a 6 horas;
- c) Alisamento: Foi empregado a tarefa *Z-Level profiling* com o uso da ferramenta topo esférica de 2 lâminas de cortes com \varnothing 1,0 mm e um comprimento de 14 mm. O tempo total de uso da fresa é de 10 horas, de acordo com a empresa Imes-Icore GmbH. Portanto, foi definido que para execução desta atividade a fresa deveria possuir um tempo de uso inferior a 10 horas;
- d) Acabamento de superfícies planas: Utilizou-se a tarefa *Flat surface machining* com o uso da ferramenta topo reta de 2 lâminas de cortes com \varnothing 2,0 mm e um comprimento de 20 mm;

Tabela 11 – Parâmetros pré-configurados no *software* CAM para a confecção das peças na fresadora odontológica Coritec-250i

| Tarefa | Diâmetro da fresa (mm) | Velocidade de desbaste (rpm) | Velocidade do avanço X e Y (mm/min) | Velocidade do avanço Z (mm/min) | Avanço dos eixos |
|----------------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Desbaste do material | 2,5 | 17000 | 2500 | 2500 | Bi-rotacional |
| Furo do material | 2,0 | 21000 | 1500 | 1500 | Bi-rotacional |
| Alisamento | 1,0 | 21000 | 2000 | 2000 | Bi-rotacional |
| Acabamento de superfícies planas | 2,0 | 21000 | 2000 | 2000 | Bi-rotacional |

Fonte: Autoria Própria.

No protocolo para o equipamento DWX-50 utilizou também a técnica de usinagem a seco e foi programado as tarefas em quatro etapas:

- a) Desbaste: Foi utilizado a tarefa *Pocketing* do *software* MillBox com o emprego da ferramenta topo esférica de 2 lâminas de cortes com \varnothing 2,0 mm e um comprimento de 16 mm. O tempo total de uso da fresa não é fornecido pela empresa Roland DG;
- b) Furo: Utilizou-se a tarefa *Drilling* do *software* Millbox com o uso da ferramenta topo reta de 2 lâminas de cortes com \varnothing 2,0 mm e um comprimento de 18 mm. O tempo total de uso da fresa não é fornecido pela empresa Roland DG;
- c) Alisamento: Foi empregado a tarefa *Z-Level profiling* com o uso da ferramenta topo esférica de 2 lâminas de cortes com \varnothing 1,0 mm e um comprimento de 16 mm. O tempo total de uso da fresa não é fornecido pela empresa Roland DG;
- d) Acabamento de superfícies planas: Utilizou-se a tarefa *Flat surface machining* com o uso da ferramenta topo reta de 2 lâminas de cortes com \varnothing 2,0 mm e um comprimento de 18 mm;

Tabela 12 – Parâmetros pré-configurados no *software* CAM para a confecção das peças na fresadora odontológica DWX-50

| Tarefa | Diâmetro da fresa (mm) | Velocidade de desbaste (rpm) | Velocidade do avanço X e Y (mm/min) | Velocidade do avanço Z (mm/min) | Avanço dos eixos |
|----------------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Desbaste do material | 2,0 | 17000 | 2500 | 2500 | Bi-rotacional |
| Furo do material | 2,0 | 21000 | 1500 | 1500 | Bi-rotacional |
| Alisamento | 1,0 | 21000 | 2000 | 2000 | Bi-rotacional |
| Acabamento de superfícies planas | 2,0 | 21000 | 2000 | 2000 | Bi-rotacional |

Fonte: Autoria Própria.

Após a conclusão dos parâmetros de configuração de usinagem aplicados ao material PMMA na plataforma CAM, o usuário pode simular na plataforma o desempenho da fresadora proposta e analisar se durante o processo acontece algum erro que possa prejudicar a conclusão da confecção da peça. Ao concluir esta análise, o usuário gera um arquivo final no programa MillBox, com os códigos personalizados para a fresadora proposta.

Uma vez gerado este arquivo, o usuário carrega os dados no *software* Remote Dental 2.0 referente a fresadora CORiTEC 250I e VPanel referente a fresadora DWX-50. No término do processo de usinagem, ambos os *softwares* das fresadoras informa para o usuário o tempo destinado para conclusão da usinagem de cada peça.

4.2.3 Análise das Peças Usinadas

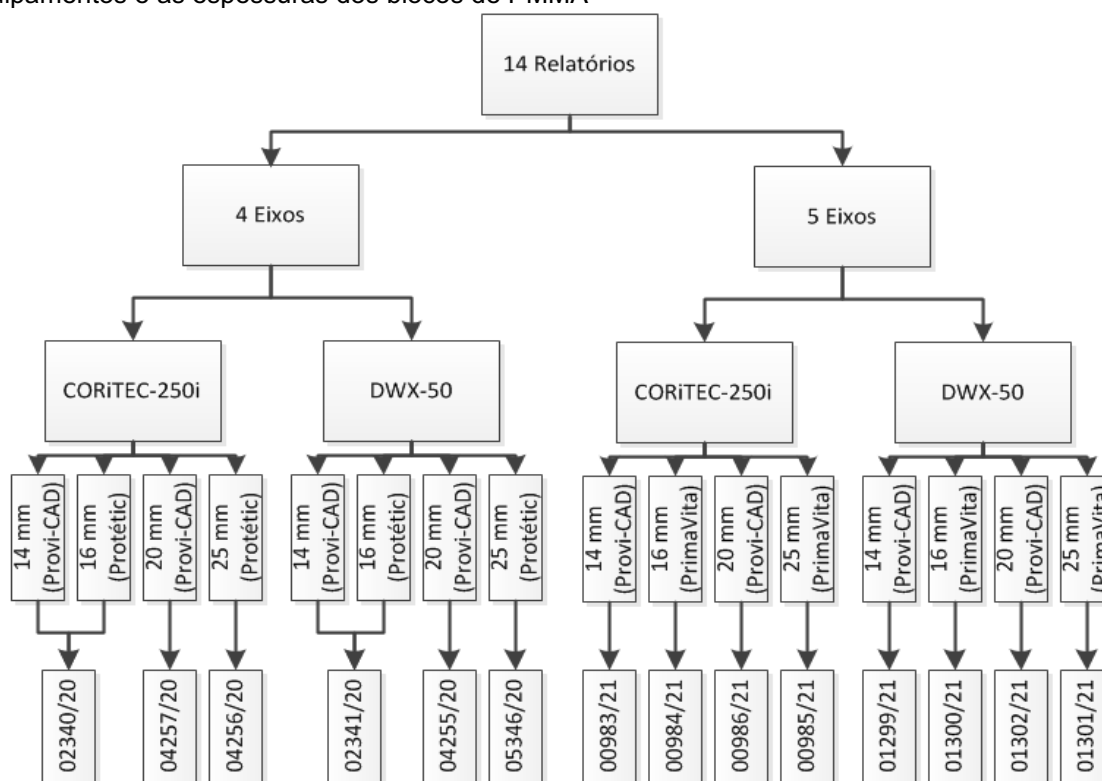
Com o intuito de apresentar resultados de medição certificados, as peças usinadas foram enviadas para o laboratório Mitutoyo Sulamericana credenciado pela Rede Brasileira de Calibração. O equipamento utilizado para aferir as peças é o modelo CRYSTA-Apex S 122010 (Mitutoyo, Suzano – SP, Brasil), número de série 60542127, com o certificado de calibração número 00474/20 válido até 01/2021. A sua resolução é de 0,1 μm , com uma exatidão de 2 μm , utilizando o cabeçote sensor SP25M – com uma haste de diâmetro de 0,3 mm.

Inicialmente a amostra é referenciada no equipamento responsável em realizar um movimento tridimensional com a utilização de um sensor em sua ponta para avaliar a dimensão da cota da peça. Durante o processo de aferição da cota, é efetuado cinco varreduras para a mesma cota em estudo, e posteriormente, é informado a média das cinco leituras para o *software* Mcosmos, assim, é possível condicionar estes dados e projetar o desenho da peça medida produzindo a peça em 3D.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados da aferição das peças usinadas, realizada pela empresa Mitutoyo Sul Americana, que gerou 14 relatórios no total, todos certificados, e que são apresentados no Anexo A. Os relatórios foram divididos em dois grupos principais - 4 eixos e 5 eixos, sendo cada qual dividido em dois subgrupos, correspondentes ao modelo da fresadora odontológica utilizada – CORiTEC-250i e DWX-50, gerando, então, 4 subgrupos: 4 eixos CORiTEC-250i, 4 eixos DWX-50, 5 eixos CORiTEC-250i e 5 eixos DWX-50. Cada subgrupo utilizou 4 espessuras diferentes de bloco de PMMA (14 mm e 20 mm da empresa Provi-CAD, 16 mm e 25 mm da empresa Protétic e 16 mm e 25 mm da empresa PrimaVita). A estrutura é ilustrada na Figura 26.

Figura 26 – Estrutura dos relatórios classificados de acordo com eixos durante a usinagem, os equipamentos e as espessuras dos blocos de PMMA



Fonte: Autoria Própria.

Estes relatórios contemplam, para cada cota de cada peça, em milímetros, os valores nominais, os valores aferidos e as incertezas de medição. Também são informados os fatores de abrangência (k) e os graus de liberdade (V_{eff}).

Com estes dados, subtraindo o valor nominal do valor aferido e efetuando o

módulo de cada um, foi possível identificar o erro de cada cota de cada peça, o erro médio e o desvio padrão. Também foi possível classificar quais peças apresentaram os maiores erros em suas cotas levando em consideração a localização de cada uma, conforme explanado no capítulo 4, sessão 4.2.2.

Com o intuito de auxiliar na interpretação destes resultados, optamos por utilizar o recurso da simulação do processo de usinagem através do uso do *software* CAM MillBox, assim, foi possível analisar e interpretar como ocorreram as etapas de desbaste, furo, alisamento e acabamento das superfícies planas nas fresadoras odontológicas durante o processo de usinagem.

5.1 TEMPO PARA USINAR AS PEÇAS NO EQUIPAMENTO CORITEC-250I

Os tempos de operação para a usinagem de cada peça foram coletados através do uso do *software* Remote Dental 2.0, o qual permitiu a elaboração da Tabela 13 referente a utilização de 4 eixos durante o processo de usinagem e a Tabela 14 referente a utilização de 5 eixos durante o processo de usinagem.

Com estes dados apresentados podemos destacar que quanto maior a espessura do disco, maior será o tempo para a conclusão da atividade, visto que há maior volume de material para desbastar.

Tabela 13 - Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 4 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco

| CORITEC-250i | Disco de 14 mm (HH:MM:SS) | Disco de 16 mm (HH:MM:SS) | Disco de 20 mm (HH:MM:SS) | Disco de 25 mm (HH:MM:SS) |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Oeste | 00:26:09 | 00:26:49 | 00:27:15 | 00:28:34 |
| Norte | 00:26:31 | 00:26:58 | 00:27:34 | 00:28:57 |
| Leste | 00:26:11 | 00:26:25 | 00:27:32 | 00:28:58 |
| Sul | 00:26:41 | 00:27:04 | 00:27:41 | 00:29:04 |
| Centro | 00:26:22 | 00:25:58 | 00:27:39 | 00:29:07 |
| Média | 00:26:23 | 00:26:39 | 00:27:32 | 00:28:56 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 14 – Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 5 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco

| CORITEC-250i | Disco de 14 mm (HH:MM:SS) | Disco de 16 mm (HH:MM:SS) | Disco de 20 mm (HH:MM:SS) | Disco de 25 mm (HH:MM:SS) |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Oeste | 00:31:58 | 00:32:55 | 00:33:59 | 00:35:16 |
| Norte | 00:32:08 | 00:32:45 | 00:34:05 | 00:35:26 |
| Leste | 00:32:08 | 00:32:23 | 00:34:09 | 00:35:30 |
| Sul | 00:32:15 | 00:32:09 | 00:34:15 | 00:35:40 |
| Centro | 00:32:04 | 00:33:22 | 00:34:09 | 00:35:30 |
| Média | 00:32:07 | 00:32:43 | 00:34:07 | 00:35:28 |

Fonte: Autoria Própria.

5.2 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 4 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA CORITEC-250I

As incertezas informadas nos relatórios para o equipamento CORiTEC-250i foram inferiores de 5 μm para todas as cotas de todas as peças referentes aos blocos de 14 mm, 16 mm, 20 mm e 25 mm. Portanto, este dado foi desconsiderado no estudo, visto que incerteza é relativamente pequena para interferir nos erros, de modo que ultrapasse os 120 μm que a literatura define como um valor aceitável clinicamente.

Ao analisar os dados de todas as cotas da peça GAMA em relação as espessuras dos discos de PMMA, elaboramos a Tabela 15, onde é possível identificar o percentual de exatidão de todas as cotas com valores menores ou iguais a 120 μm .

Tabela 15 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 μm

| CORiTEC-250i | $\leq 120 \mu\text{m}$ |
|----------------------------|--|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 64,29% |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 60,71% |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 75,00% |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 67,86% |
| Média | 66,96% |

Fonte: Aatoria Própria.

5.2.1 Cotas Pequenas

Partindo para a análise das cotas classificadas como pequenas, podemos destacar as Figuras 30, 31, 32 e 33, que contemplam os gráficos do erro médio com seus respectivos valores máximos e mínimos, além de apresentar os gráficos com desvio padrão. Podemos destacar que os blocos da cota 18 apresentaram valores médios superiores a 237,8 μm e um desvio padrão superior a 0,069 μm .

É importante ressaltar que a cota 18 possui o comprimento de 1 mm e faz parte do conjunto de degraus desenvolvidos para avaliar a acurácia dos motores de avanço. Analisando a simulação da usinagem da peça, especificamente na elaboração dos degraus, percebemos que há uma diferença na estratégia do processo de usinagem da cota 18 em relação às cotas 7 e 19. Enquanto na usinagem das cotas 7 e 19 a fresa só desbastou com o avanço no sentido rotacional dos eixos X e Y, na cota 18 a fresa desbastou no avanço do sentido rotacional e anti-rotacional dos eixos X e Y. Isso pode ser explicado quando consideramos que a altura da localização do degrau da cota 18 é a mesma do suporte de fixação da peça no bloco e, devido a isso,

para agilizar o processo de confecção, o *software* CAM alterou o sentido de avanço dos eixos X e Y para desviar do suporte de fixação do bloco. Com a alteração do sentido de avanço nos eixos, ficou nítida a presença dos problemas de folgas e histereses nos fusos dos eixos X e Y.

5.2.2 Cotas Médias

Em relação as cotas classificadas como médias, podemos destacar as Figuras 34, 35, 36 e 37, que ilustram os gráficos do erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Podemos destacar que a cota 14 apresentou erros médios superiores ao valor aceitável clinicamente para todos os blocos, destacando o menor valor de 612,8 μm para os blocos de PMMA de maiores espessuras: 20 mm e 25 mm.

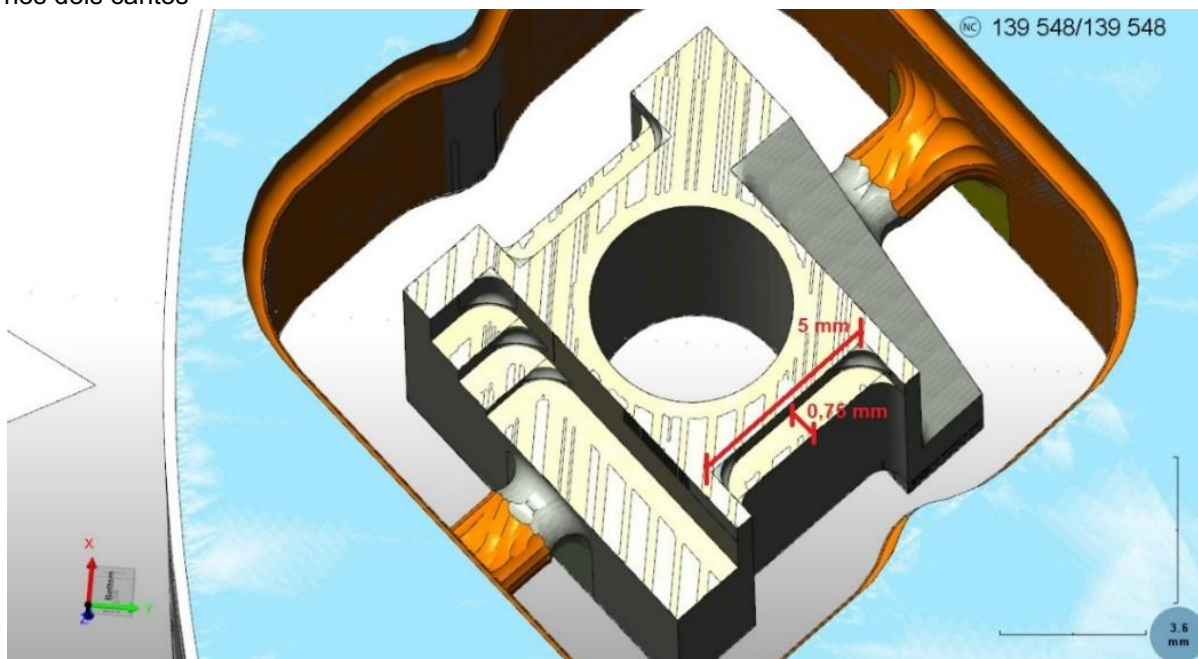
A Figura 27 ilustra a conclusão da etapa de usinagem da peça simulada pelo *software* CAM MillBox. É possível notar que o comprimento medido nesta cota 14 é inferior a 5 mm, pois há um raio de 0,5 mm para os dois cantos, além desta região possuir uma largura de 0,75 mm.

Em contrapartida, o processo de usinagem para a cota 1, referente ao furo, ocorreu com o avanço dos eixos X e Y somente no sentido rotacional e apresentou valores de erros médios inferiores 57,6 μm .

5.2.3 Cotas Grandes

Em relação as cotas classificadas como grandes, podemos destacar os gráficos das Figuras 38, 39, 40 e 41, que informam o erro médio com seus respectivos valores máximos e mínimos, além do desvio padrão. Observando os resultados dos gráficos podemos destacar que as cotas 2, 13, 15, 16 e 17 apresentaram valores de erros médios superiores ao limite definido pela literatura.

Figura 27 – Desenho da peça após a simulação de usinagem no *software* CAM. É interessante verificar que em todos os cantos retos, apresentaram uma curva com raio de 1 mm. A particularidade da cota 14 é que ela possui uma largura de 0,75 mm para um comprimento de 5 mm, com um raio de 0,5 mm nos dois cantos



Fonte: Autoria Própria.

As cotas 16 e 17 representam a rampa com inclinação de 45 graus, com o seu comprimento e largura de 7 mm. Durante o processo de alisamento e acabamento das superfícies retas da rampa, o avanço dos eixos X e Y estava seguindo o sentido rotacional, até chegar na altura do suporte que sustenta a peça no bloco, a partir deste momento o avanço dos eixos X e Y alternou entre o sentido rotacional e o anti-rotacional para desviar do suporte de fixação da peça no bloco. Os maiores erros médios para as cotas 16 e 17 foram de 271,2 μm e 212,2 μm , com um desvio padrão de 0,015 μm e 0,039 μm para o bloco de PMMA de 20 mm da empresa Provi-CAD.

Já as cotas 2, 3, 4, 5, 6, 13 e 15 nos permitiu avaliar a qualidade de usinagem da fresadora odontológica com a utilização dos 4 eixos do equipamento, pois as cotas 2, 3, 4, 5 e 6 são referentes a superfície inferior da peça, ou seja, o eixo A da fresadora odontológica teve que rotacionar 180 graus durante o processo de usinagem. A cota 13 é a altura entre os dois rebaixos realizados nas superfícies superior e inferior, e a cota 15 é a altura total da peça.

O processo de desbaste das cotas 13 e 15 foi dividido em duas etapas: Eixo A na posição 0 graus e Eixo A na posição 180 graus. Durante a execução da primeira etapa o avanço dos eixos X e Y foram executados no sentido rotacional, e ao rotacionar o disco em 180 graus, o sentido de avanço dos eixos X e Y alterou para o

sentido anti-rotacional.

Sendo assim, as cotas 2, 13 e 15 apresentaram valores de erros médios acima do que é aceitável clinicamente, podendo destacar as cotas 13 e 15, que ficaram fora da tolerância para todos os discos de PMMA.

5.2.4 Análise da usinagem em relação as espessuras dos blocos

As Figuras 42 e 43 representam, respectivamente, o erro médio e o desvio padrão distribuídos para todas as cotas e classificados para cada espessura e fabricante dos discos de PMMA, e a Tabela 16, que é a média do erro de todas as cotas classificadas em relação a espessura do bloco, foi possível identificar que o erro médio de todas as cotas classificadas para cada espessura de bloco de PMMA, se manteve abaixo dos 120 μm .

Em relação aos erros médios, de acordo com os fornecedores dos materiais de PMMA, na Tabela 17 é possível verificar que os valores ficaram próximos, com uma diferença superior de 0,57 μm para a empresa Provi-CAD.

Tabela 16 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separadas conforme a espessura do disco de PMMA

| CORiTEC-250i | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|----------------------------|--|---|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 99,23 | 0,0264 |
| Disco de 16 mm (Protétic) | 97,63 | 0,0281 |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 118,74 | 0,0378 |
| Disco de 25 mm (Protétic) | 119,22 | 0,0416 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 17 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separadas conforme o fornecedor

| CORiTEC-250i | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|---------------------|--|---|
| Provi-CAD | 108,99 | 0,032 |
| Protétic | 108,42 | 0,035 |

Fonte: Autoria Própria.

5.2.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça

De acordo com os gráficos apresentados nas Figuras 44, 45, 46 e 47, podemos afirmar que as peças que estavam localizados na posição Centro apresentaram menores erros, considerando os 4 blocos de PMMA com diferentes espessuras, em contrapartida, as peças localizadas na posição Sul apresentaram o maior índice de erros.

Na Tabela 18 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 14 mm e 20 mm da empresa Provi-CAD. **Como a peça GAMA possui 28 cotas**, podemos destacar a menor média de 1 cota para o maior erro localizado na região do Centro. Já as peças localizadas na região Sul apresentaram a maior média do maior erro de 11 cotas.

Tabela 18 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 5,5 | 3,5 | 5,5 | 6 | 7,5 |
| L | 4 | 6 | 5,5 | 7,5 | 5 |
| O | 7,5 | 11 | 5 | 1,5 | 3 |
| S | 11 | 3 | 4,5 | 5 | 4,5 |
| C | 1 | 5,5 | 6,5 | 8 | 7 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 19 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 16 mm e 25 mm da empresa Protétic. Podemos destacar a menor média de 1,5 cotas para o maior erro localizado na região do Centro. Já as peças localizadas na região Sul apresentaram a maior média do maior erro de 8 cotas.

Tabela 19 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Protétic de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 6,5 | 3,5 | 5,5 | 5 | 7,5 |
| L | 6,5 | 9,5 | 5,5 | 3,5 | 3 |
| O | 5,5 | 6,5 | 5 | 7 | 4 |
| S | 8 | 5 | 5 | 3,5 | 6,5 |
| C | 1,5 | 5 | 6,5 | 9,5 | 5,5 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 20 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois fabricantes: Provi-CAD e Protétic. Podemos destacar a menor média de 1,25 cotas para o maior erro localizado na região do Centro. Já as peças localizadas na região Sul apresentaram a maior média do maior erro de 9,5 cotas.

Tabela 20 - Média da contabilização do erro de todos os blocos de PMMA de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 6 | 3,5 | 5,5 | 5,5 | 7,5 |
| L | 5,25 | 7,75 | 5,5 | 5,5 | 4 |
| O | 6,5 | 8,75 | 5 | 4,25 | 3,5 |
| S | 9,5 | 4 | 4,75 | 4,25 | 5,5 |
| C | 1,25 | 5,25 | 6,5 | 8,74 | 6,25 |

Fonte: Autoria Própria.

5.3 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA CORITEC-250I

As incertezas informadas nos relatórios para a fresadora odontológica CORiTEC-250i foram inferiores de 3 μm para todas as cotas e 2' para todas as cotas angulares de todas as peças referentes aos blocos de 14 mm, 16 mm, 20 mm e 25 mm. Portanto, este dado foi desconsiderado no estudo, visto que a incerteza é relativamente pequena para interferir nos erros, de modo que ultrapasse os 120 μm que a literatura define como um valor aceitável clinicamente.

No que se refere aos dados das cotas angulares, fornecidos nos relatórios da Mitutoyo, foram convertidas para ângulos decimais para auxiliar nos cálculos de erro e desvio padrão.

Em relação às cotas com dimensões lineares da peça BETA, identificamos que poucas cotas apresentaram valores superiores a 120 μm . Na Tabela 21 são apresentados os percentuais de exatidão das cotas com valores menores e iguais a 120 μm .

Tabela 21 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 μm

| CORiTEC-250i | $\leq 120 \mu\text{m}$ |
|----------------------------|--|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 90,32% |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 87,10% |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 87,10% |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 83,87% |
| Média | 87,10% |

Fonte: Autoria Própria.

5.3.1 Cotas Pequenas

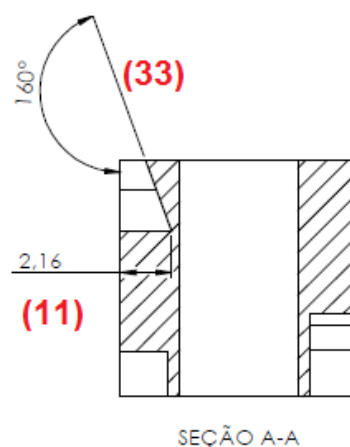
Os resultados das cotas classificadas como pequenas são apresentados nas Figuras 48, 49, 50 e 51 que ilustram os gráficos do erro médio com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos do desvio padrão. Já as Figuras 60, 61, 62 e 63 ilustram os gráficos do erro médio com seus respectivos valores máximos e mínimos para as cotas angulares classificadas como pequenas.

As medidas das cotas 6, 7, 8, 11, 32 e 33 são os resultados da usinagem utilizando os 5 eixos da fresadora odontológica. Analisando os resultados dos gráficos, podemos evidenciar que as cotas 6, 7, 8 e 11 apresentaram valores de erros médios superiores ao limite definido pela literatura.

As cotas 6 e 7 representam os raios de 1,5 mm e ficaram fora da especificação somente para o bloco de 25 mm da empresa PrimaVita, com o erro médio de 133,2 μm e 127 μm , e o desvio padrão de 0,1431 μm e 0,091 μm , respectivamente e a cota 8 ficou fora da especificação somente para o bloco de 16 mm da empresa PrimaVita, com o erro médio de 253,80 μm e um desvio padrão de 0,173 μm .

Já a dimensão da cota 11 ficou fora da especificação para todos os blocos de PMMA, destacando o maior erro médio de 412 μm e o desvio padrão de 0,059 μm para o bloco de 14 mm da empresa Provi-CAD. É importante ressaltar que, de acordo com a Figura 28, devido a limitação mecânica da fresadora, o canto apresentará aspectos de uma curva, referente ao raio da menor fresa usada durante o processo de usinagem, diminuindo a dimensão da cota 11, e aumentando, por consequência, o erro.

Figura 28 – Representação das cotas 11 e 33 referentes a utilização dos 5 eixos da fresadora odontológica.



Fonte: Autoria Própria.

5.3.2 Cotas Médias

As cotas classificadas como médias são apresentadas nas Figuras 52, 53, 54 e 55, que ilustram os gráficos do erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Avaliando os resultados dos gráficos, podemos evidenciar que somente a cota 9 apresentou valores de erros médio superiores ao limite definido pela literatura.

Através da geometria da peça, a cota 9 possibilita avaliar a qualidade de usinagem da fresadora odontológica com a utilização dos 4 eixos do equipamento,

pois esta cota está localizada na superfície inferior da peça, ou seja, o eixo A da fresadora odontológica teve que rotacionar 180 graus durante o processo de usinagem. O erro médio desta cota, para todos os blocos de PMMA, apresentaram valores acima do tolerável clinicamente, destacando o maior erro médio de 254,40 μm e desvio padrão de 0,160 μm para o bloco de 16 mm da empresa PrimaVita.

5.3.3 Cotas Grandes

Em relação as cotas classificadas como grandes, podemos destacar as Figuras 56, 57, 58 e 59, que ilustram os gráficos do erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Observando os resultados dos gráficos, podemos destacar que as cotas 2 e 12 apresentaram valores de erros médios superiores ao limite definido pela literatura.

As cotas 2, 3, 4, 5 e 14 estão localizadas na superfície inferior da peça, ou seja, o eixo A da fresadora odontológica teve que rotacionar 180 graus durante o processo de usinagem. Destas cotas, somente a cota 2 ficou fora da especificação para o bloco de 20 mm da empresa Provi-CAD, com o erro médio de 142 μm e um desvio padrão de 0,0182 μm .

Já a cota 12 representa o comprimento de 7 mm da rampa com inclinação de 45°, e apresentou valores fora da tolerância para todos os blocos de PMMA, destacando o maior erro médio de 406,80 μm e desvio padrão de 0,034 μm para o bloco de 16 mm da empresa PrimaVita.

5.3.4 Análise dos materiais

As Figuras 64 e 65 representam, respectivamente, o erro médio e o desvio padrão distribuídos para todas as cotas e classificados para cada espessura e fabricante dos discos de PMMA, e a Tabela 22, que é a média do erro com o seu respectivo desvio padrão de todas as cotas classificadas em relação a espessura do bloco, foi possível identificar que o erro médio para todas as cotas classificadas para cada espessura de bloco de PMMA, se manteve abaixo dos 120 μm .

Em relação aos erros médios, de acordo com os fornecedores dos materiais de PMMA, na Tabela 23 é possível verificar que os valores ficaram próximos, com uma diferença a maior de 3,03 μm para os blocos de PMMA da empresa PrimaVita.

Tabela 22 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separadas conforme a espessura do disco de PMMA

| CORiTEC-250i | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 74,20 | 0,0393 |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 83,33 | 0,0430 |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 74,93 | 0,0271 |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 70,55 | 0,030 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 23 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separada conforme o fornecedor

| CORiTEC-250i | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|
| Provi-CAD | 76,05 | 0,0348 |
| PrimaVita | 79,08 | 0,0385 |

Fonte: Autoria Própria.

5.3.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça

De acordo com os gráficos apresentados nas Figuras 66, 67, 68 e 69, podemos afirmar que as peças que estavam localizados na posição Centro e Sul apresentaram a menor média de erros, considerando os 4 blocos de PMMA com espessuras diferentes, em contrapartida, as peças localizadas na posição Norte apresentaram o maior índice de erros.

Na Tabela 24 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 14 mm e 20 mm da empresa Provi-CAD. **Como a peça BETA possui 33 cotas**, podemos destacar a menor média de 4 cotas para o maior erro localizado na região do Centro. Já as peças localizadas na região Norte apresentaram a maior média do maior erro de 10 cotas.

Tabela 24 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 10 | 7 | 3,5 | 7 | 5,5 |
| L | 6 | 4 | 7,5 | 7 | 8,5 |
| O | 8 | 9 | 6,5 | 6 | 3,5 |
| S | 6,5 | 9 | 7,5 | 4 | 6 |
| C | 4 | 3,5 | 8 | 9 | 8,5 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 25 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 16 mm e 25 mm da empresa PrimaVita. Podemos destacar a menor média de 4,5 cotas para o maior erro localizado na região do Sul. Já as peças localizadas na região Norte apresentaram a maior média do maior erro de 8 cotas.

Tabela 25 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa PrimaVita de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 8 | 3,5 | 7 | 10 | 4,5 |
| L | 6,5 | 7,5 | 5 | 6 | 8 |
| O | 7 | 7,5 | 6,5 | 3,5 | 8,5 |
| S | 4,5 | 8,5 | 5,5 | 8,5 | 6 |
| C | 7,5 | 6 | 9,5 | 4,5 | 5,5 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 26 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois fabricantes: Provi-CAD e PrimaVita. Podemos destacar a menor média de 5,5 cotas para o maior erro localizado na região do Sul. Já as peças localizadas na região Norte apresentaram a maior média do maior erro de 9 cotas.

Tabela 26 - Média da contabilização do erro dos dois fornecedores dos blocos de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 9 | 5,25 | 5,25 | 8,5 | 5 |
| L | 6,25 | 5,75 | 6,25 | 6,5 | 8,25 |
| O | 7,5 | 8,25 | 6,5 | 4,75 | 6 |
| S | 5,5 | 8,75 | 6,5 | 6,25 | 6 |
| C | 5,75 | 4,75 | 8,75 | 6,75 | 7 |

Fonte: Autoria Própria.

5.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA USINAGEM DE 4 EIXOS E 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA CORITEC-250I.

Quando efetuamos a comparação da qualidade de usinagem entre a operação com os 4 eixos e os 5 eixos da fresadora odontológica CORITEC-250i, podemos destacar que houve um aumento na exatidão das cotas em 30% nas peças BETA, quando comparamos a média dos resultados das peças GAMA. Assim, alguns itens precisam ser citados para auxiliar na compreensão dos resultados quando resolvemos propor esta comparação:

- a) A fresadora odontológica CORITEC-250i utiliza motores de passo para o acionamento dos cinco eixos, não possui sensores para efetuar leituras de posicionamento e velocidade, opera com um controle de malha aberta e utiliza o sistema com fuso esféricos para os eixos X, Y e Z e dois redutores de engrenagem para os eixos A e B;
- b) O eixo B permite uma inclinação no máximo de 25 graus;
- c) O sistema do *spindle* possui uma velocidade máxima de 60000 RPM e com auxílio de um sistema que controla o fluxo de ar é possível

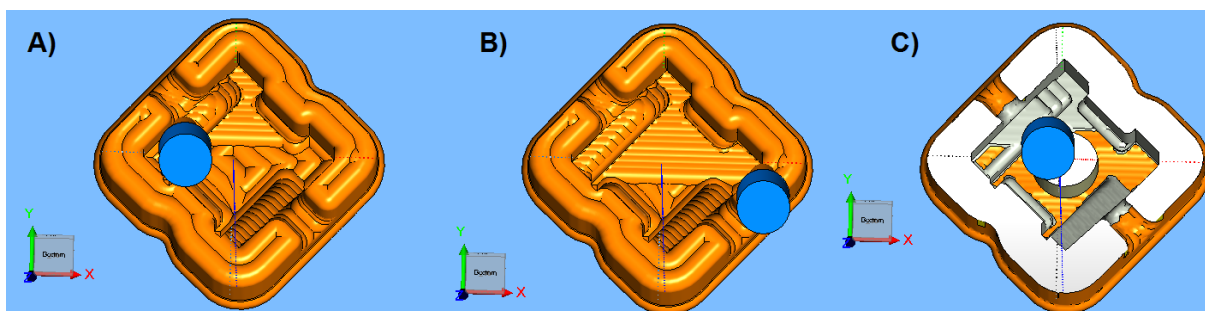
- desacoplar e acoplar a fresa;
- d) O desenho da peça BETA possui um corte com uma angulação máxima de 20 graus;
 - e) Os condicionamentos dos desenhos CAD foram realizados no mesmo *software* CAM Millbox para as peças GAMA e BETA;
 - f) Para ambas peças GAMA e BETA foram mantidas as mesmas estratégias de usinagem aplicadas para os 4 tipos de tarefas: velocidade de avanço dos eixos X, Y e Z; velocidade de desbaste; avanço bi-rotacional (rotacional e anti-rotacional) nos eixos X, Y e Z e as mesmas características das fresas;
 - g) É importante evidenciar que a utilização dos 5 eixos simultâneos na fresadora odontológica só ocorreu na execução das usinagens das cotas 6, 7, 8, 11, 14, 32 e 33.
 - h) Somente a peça GAMA localizada na região Sul, ponto fiducial, ficou com o seu posicionamento alterado em 90 graus quando comparado com as peças localizadas nas regiões Leste, Norte, Oeste e Centro;
 - i) Já as peças BETA ficaram todas com uma inclinação de 45 graus para auxiliar no processo de usinagem utilizando os 5 eixos da fresadora odontológica. Também foi mantido o ponto fiducial na região Sul.
 - j) Todas as peças, GAMA e BETA, foram enviadas para o mesmo laboratório Mitutoyo, que utilizou o mesmo equipamento calibrado e sensor para aferir as peças.

Após estas informações, ficou claro que o posicionamento da peça no *software* CAM Millbox aplicado para a fresadora odontológica CORiTEC-250i interferiu na qualidade da exatidão das peças, visto que as peças GAMA apresentaram valores de erros médios relativamente altos para as peças localizadas na região Sul, quando comparados com as mesmas peças em outras regiões.

Ao reposicionar a peça com uma inclinação de 45 graus no *software* Mill Box, observamos uma melhora no resultado do erro médio das cotas. Isso, possivelmente, se deve ao fato de que o *software* MillBox programa o acabamento de superfícies planas com uma movimentação inclinada em 45 graus. Dito isso, estando a peça já inclinada em 45 graus, notamos que no processo de alisamento em superfície plana (apresentado na Figura 29), somente o motor do eixo X tem acionado o movimento

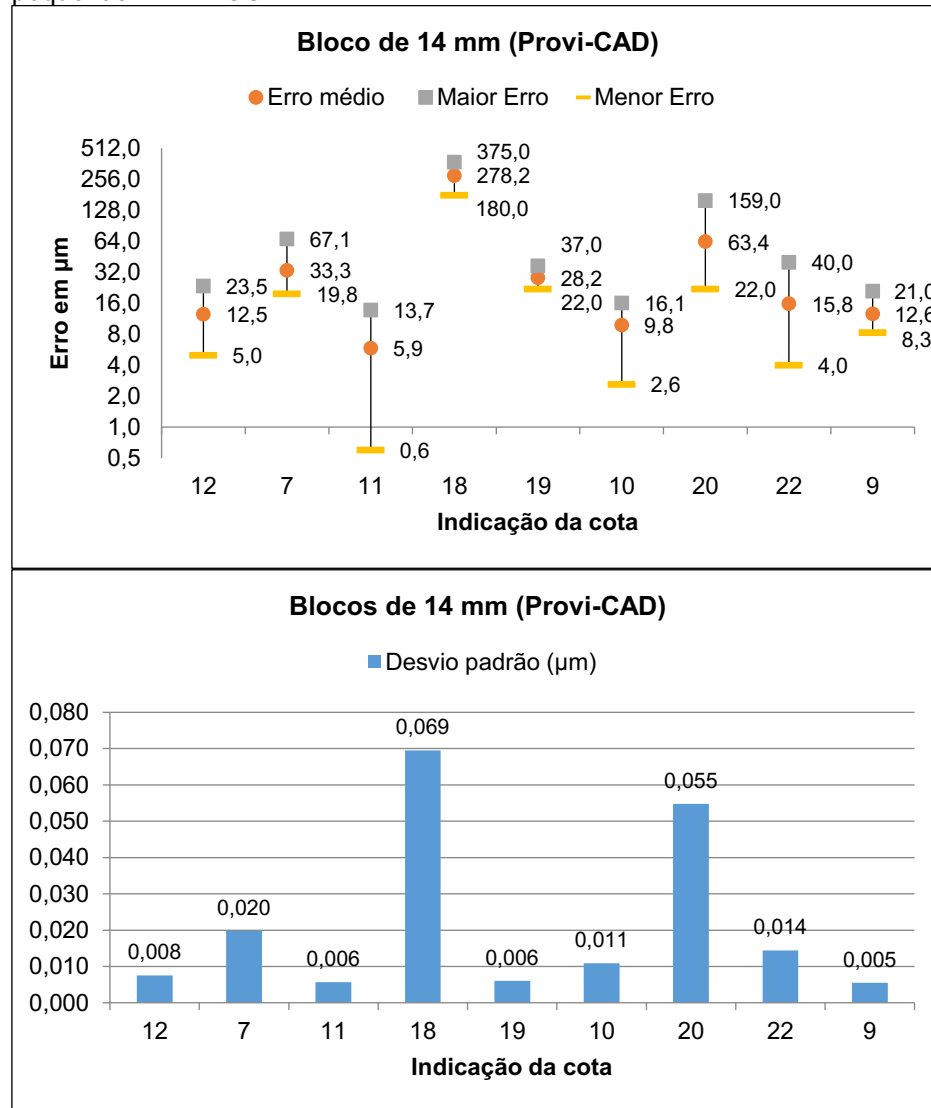
rotacional e anti-rotacional, com o avanço do eixo Y após a conclusão da movimentação do eixo X e, por consequência, diminuindo o somatório das folgas e histereses nos eixos X e Y.

Figura 29 – Simulação do processo de desbaste no *software* CAM MillBox. O objeto representado pelo cilindro azul é o eixo do *spindle* com a fresa. A Figura A) representa o início do processo de desbaste da superfície com a fresa de topo esférica de diâmetro de 2,5 mm. A Figura B) representa mais de 50% do processo de alisamento concluído com a mesma fresa. Já Figura C) apresenta o processo de alisamento da superfície plana com a fresa topo reta de 2,0 mm



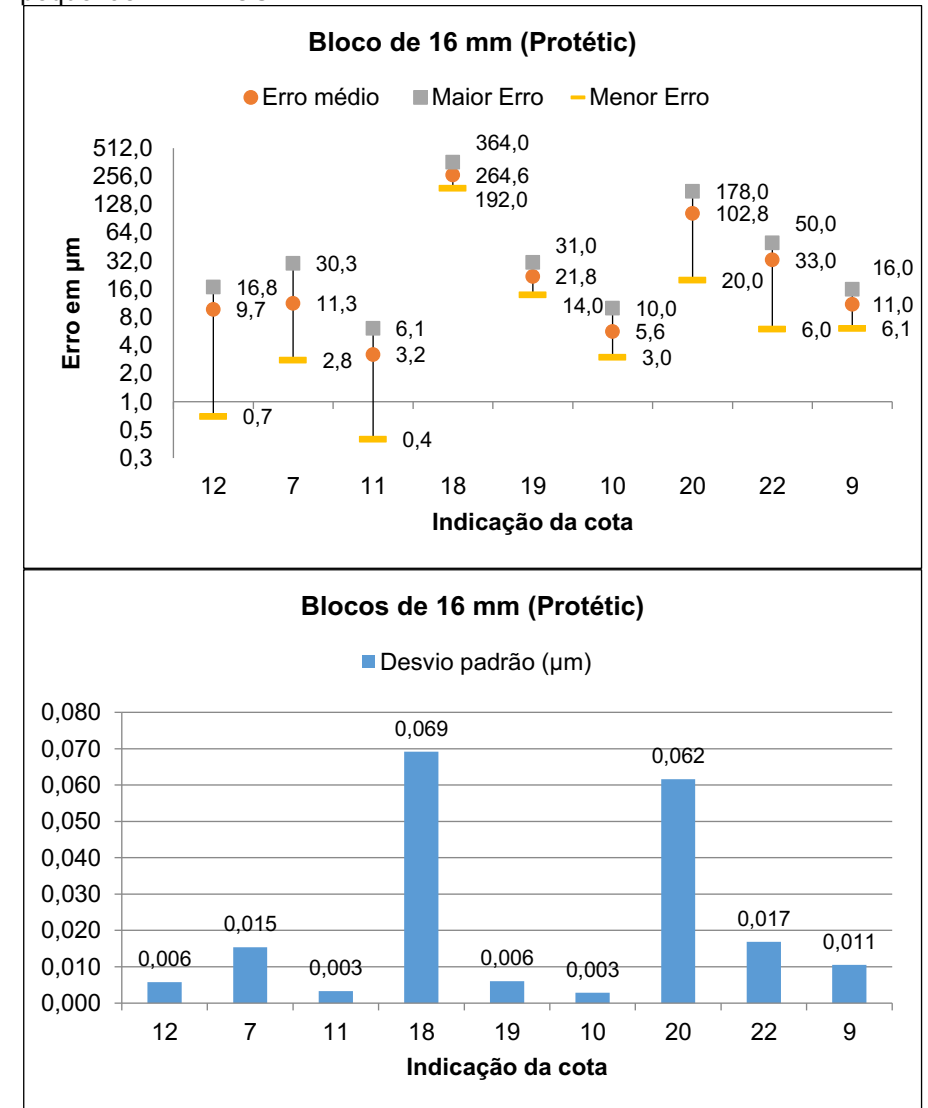
Fonte: Autoria Própria.

Figura 30 – Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 31 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 32 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS

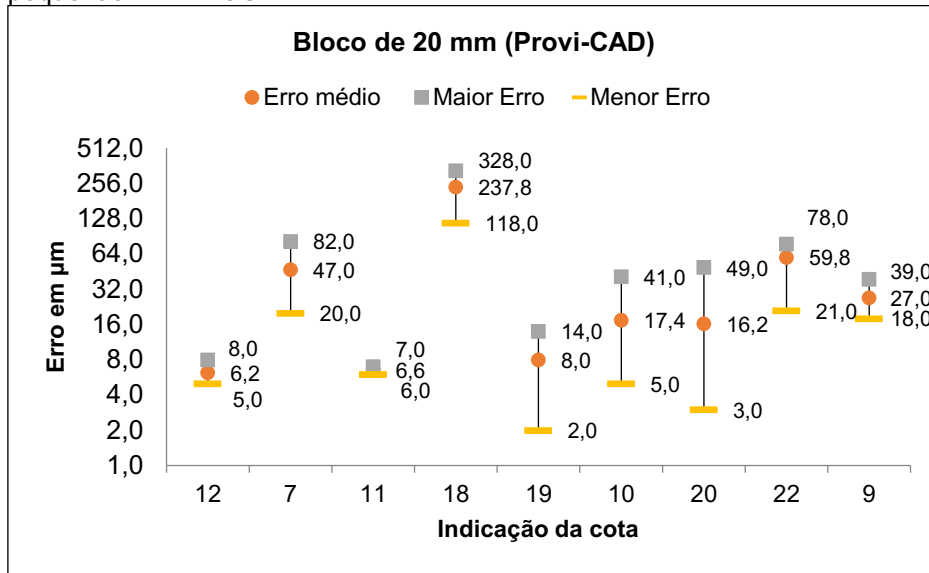
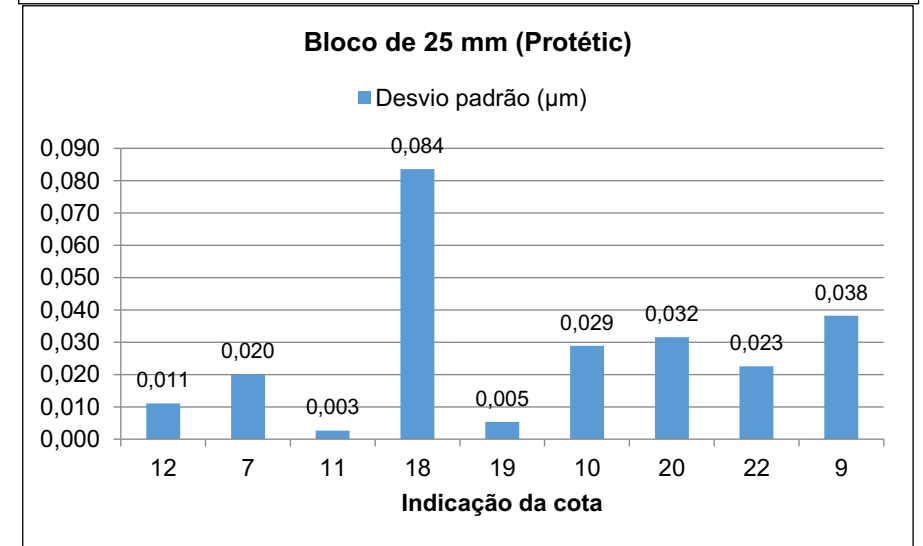
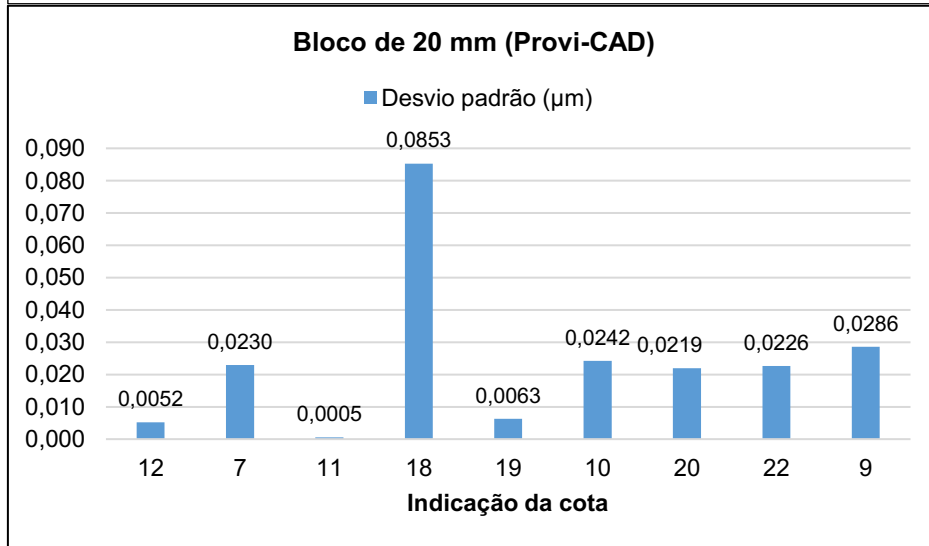
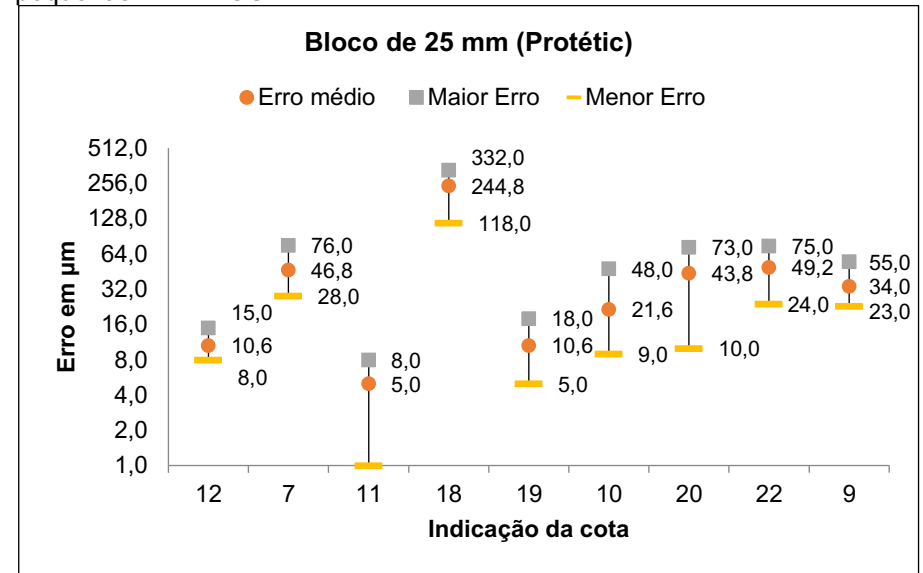


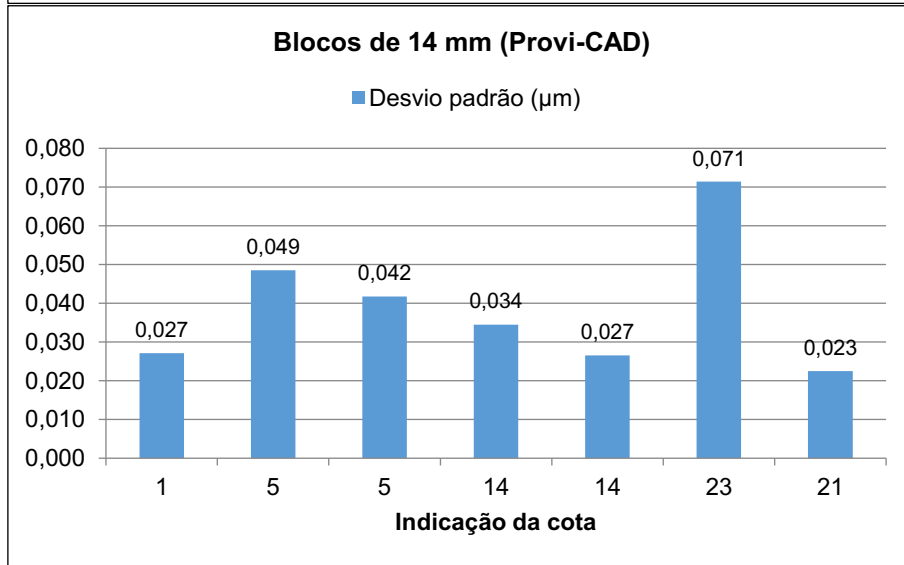
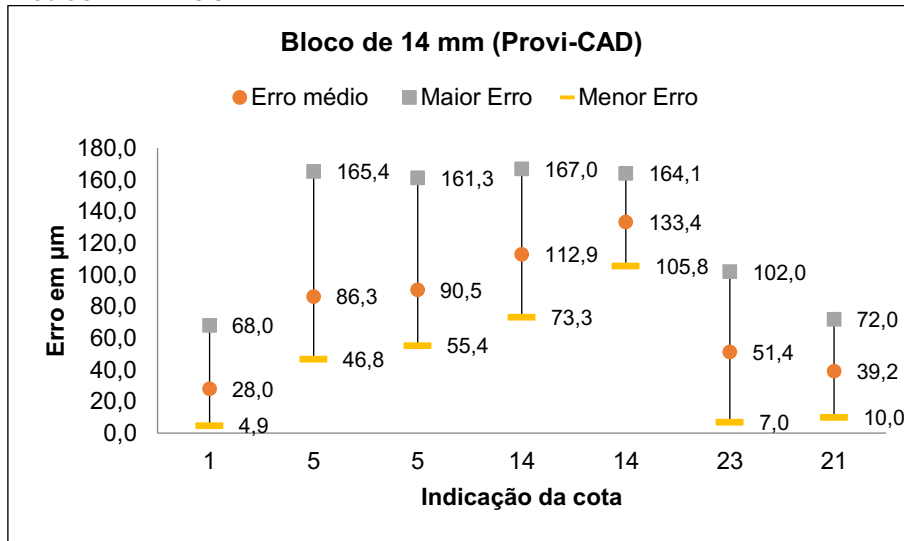
Figura 33 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

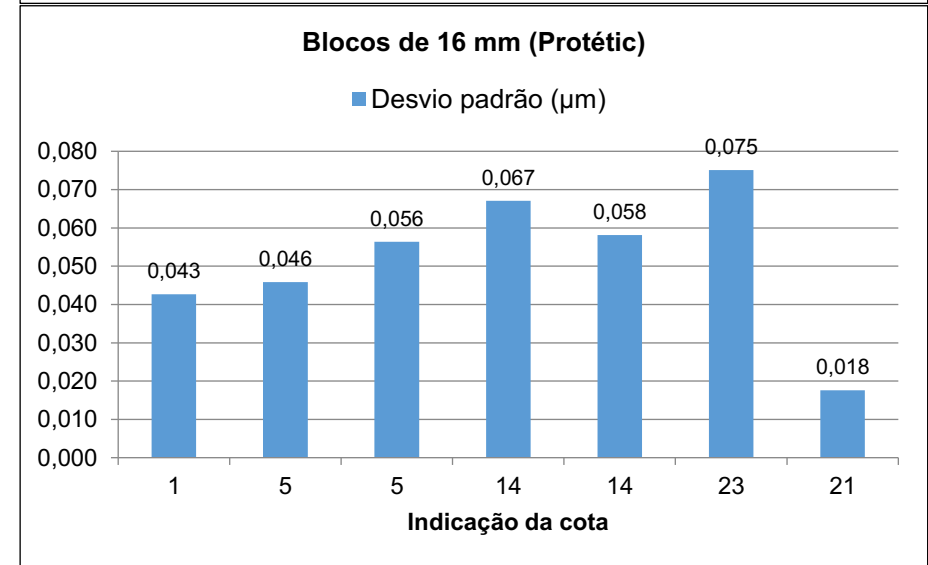
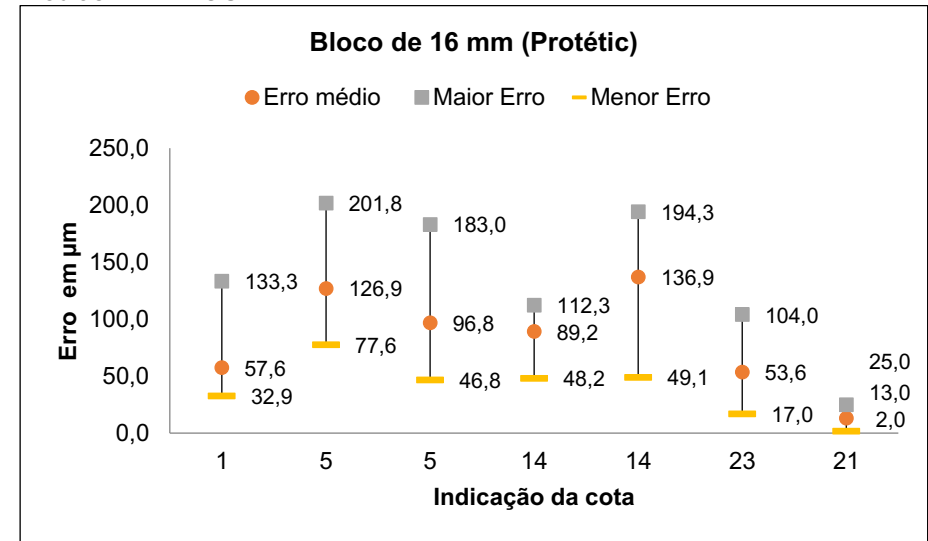
Fonte: Autoria Própria.

Figura 34 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



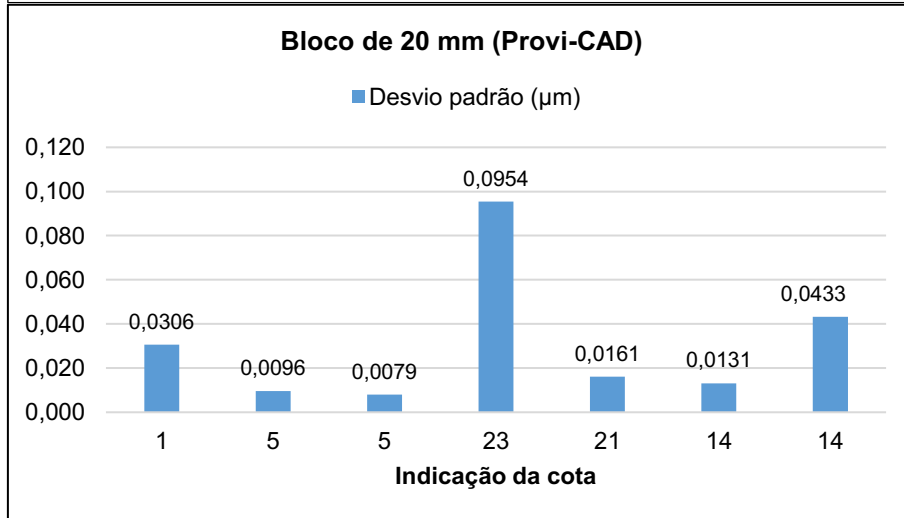
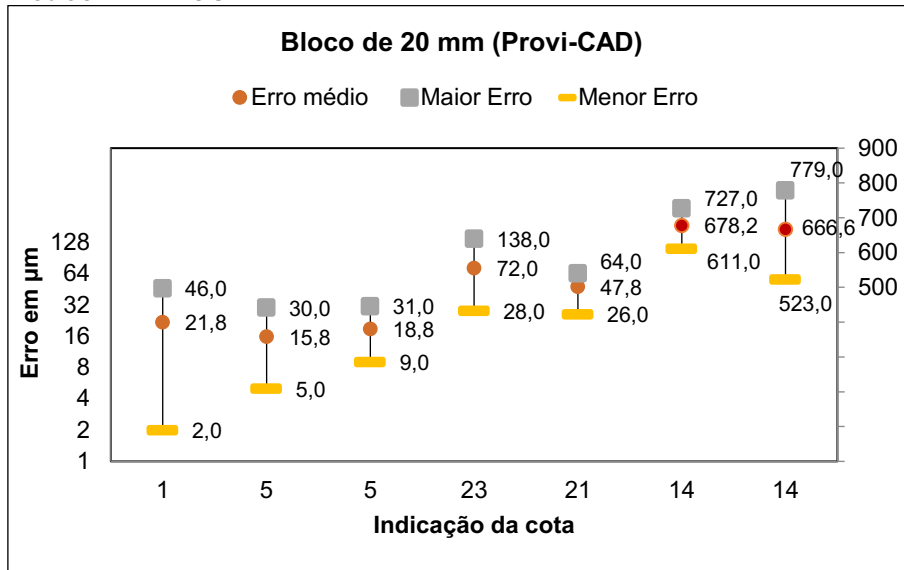
Fonte: Autoria Própria.

Figura 35 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



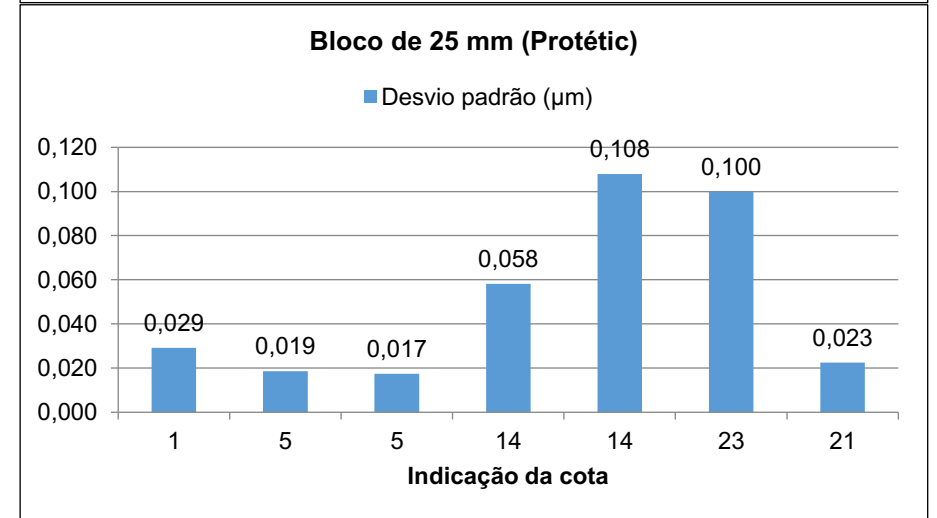
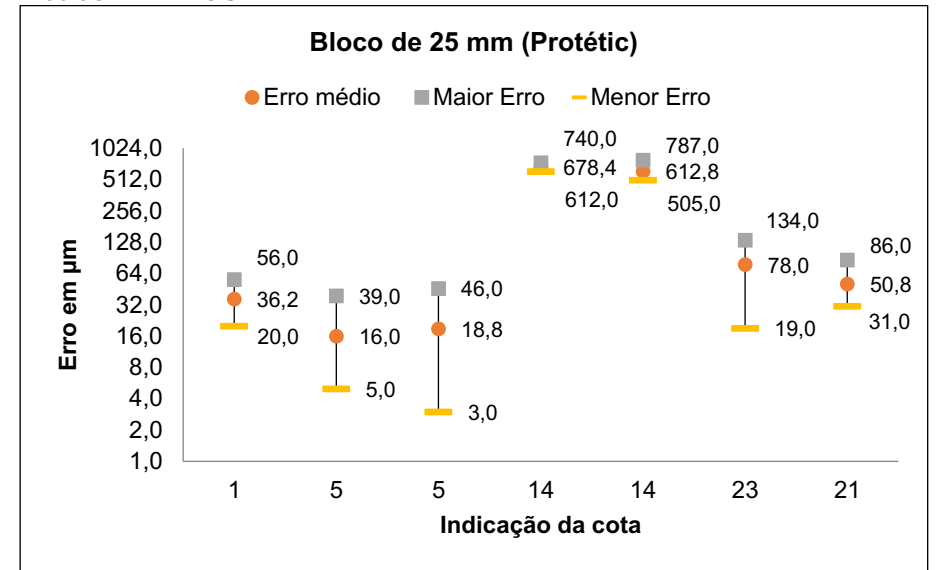
Fonte: Autoria Própria.

Figura 36 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



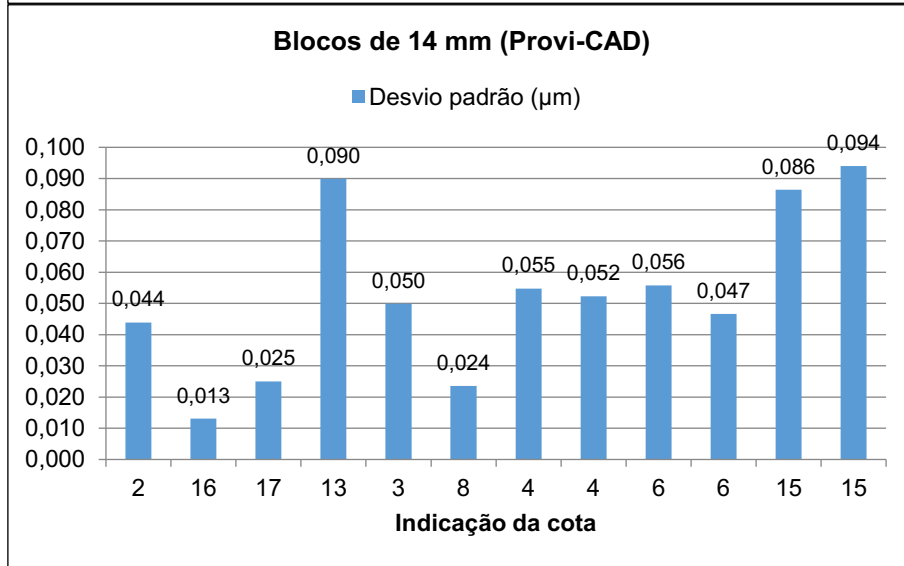
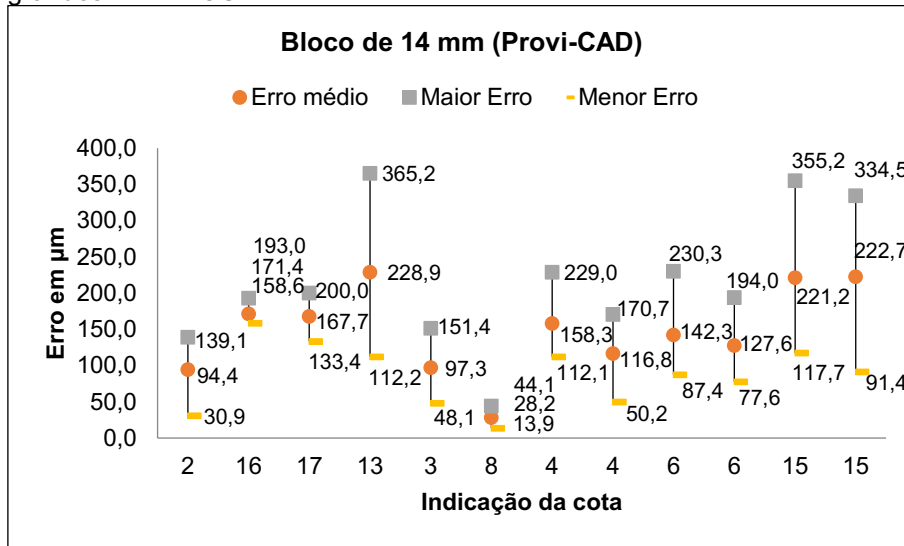
Fonte: Autoria Própria.

Figura 37 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



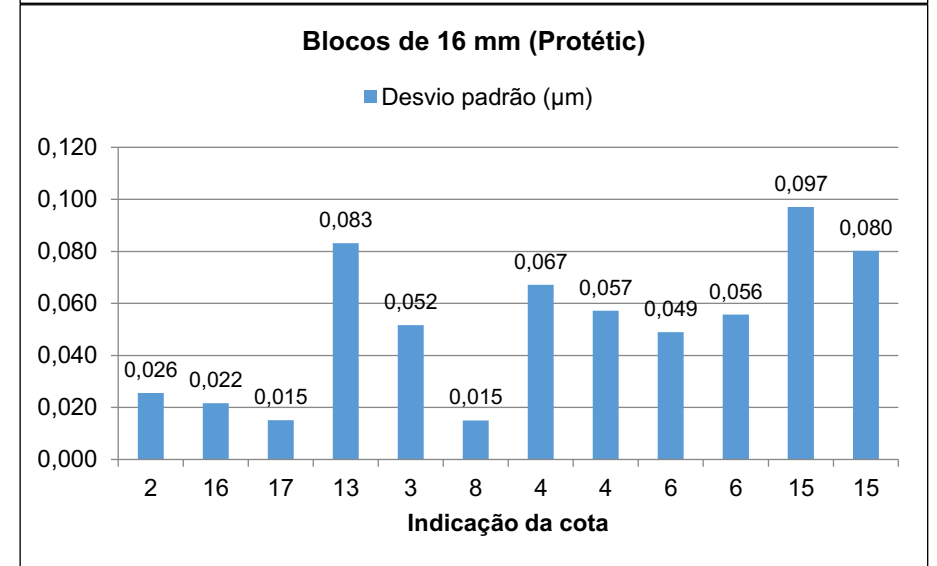
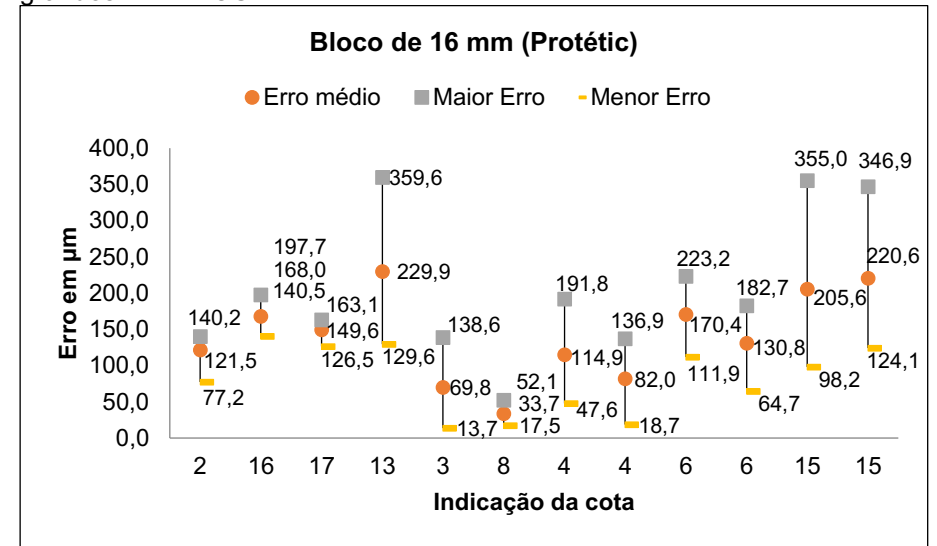
Fonte: Autoria Própria.

Figura 38 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 39 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 40 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS

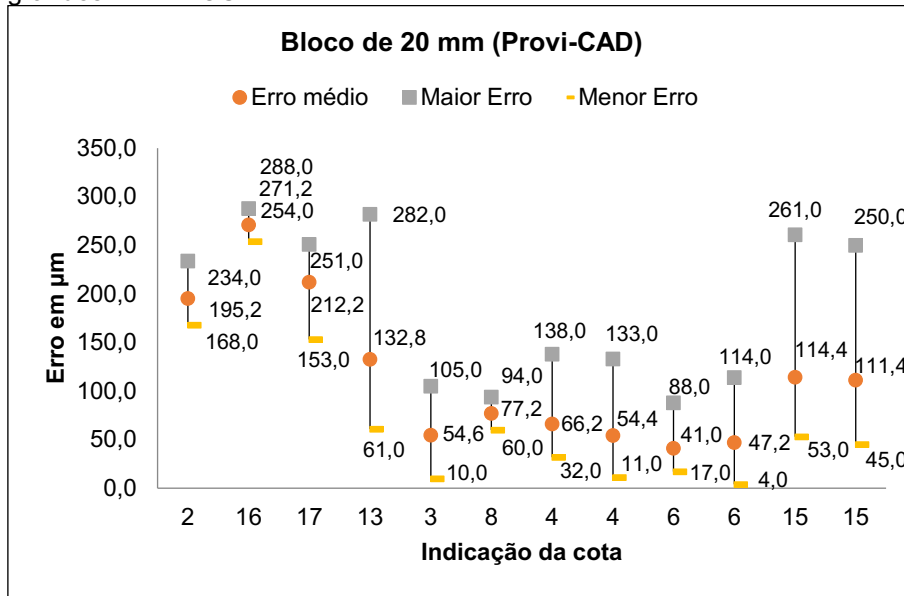
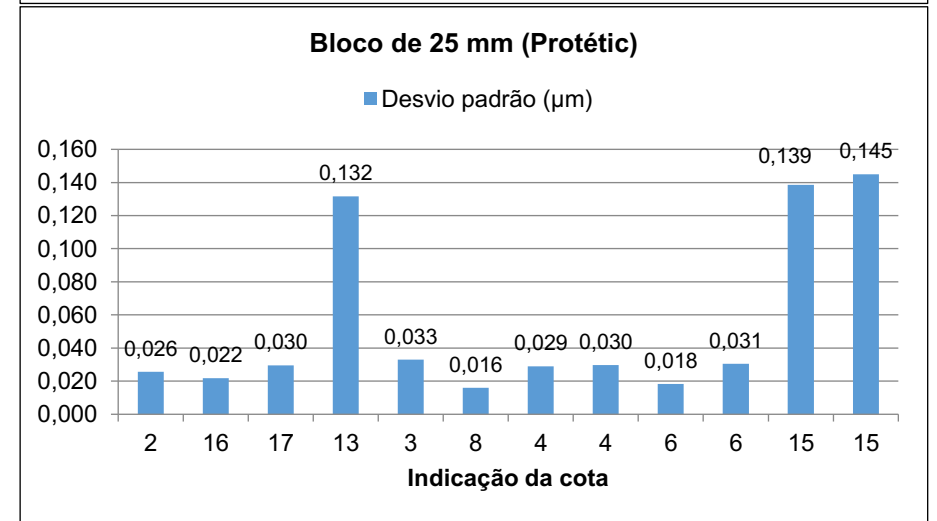
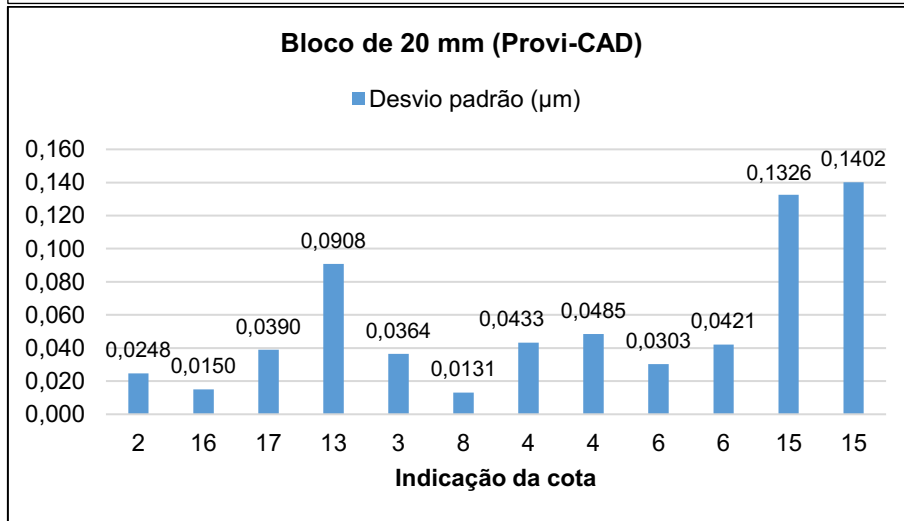
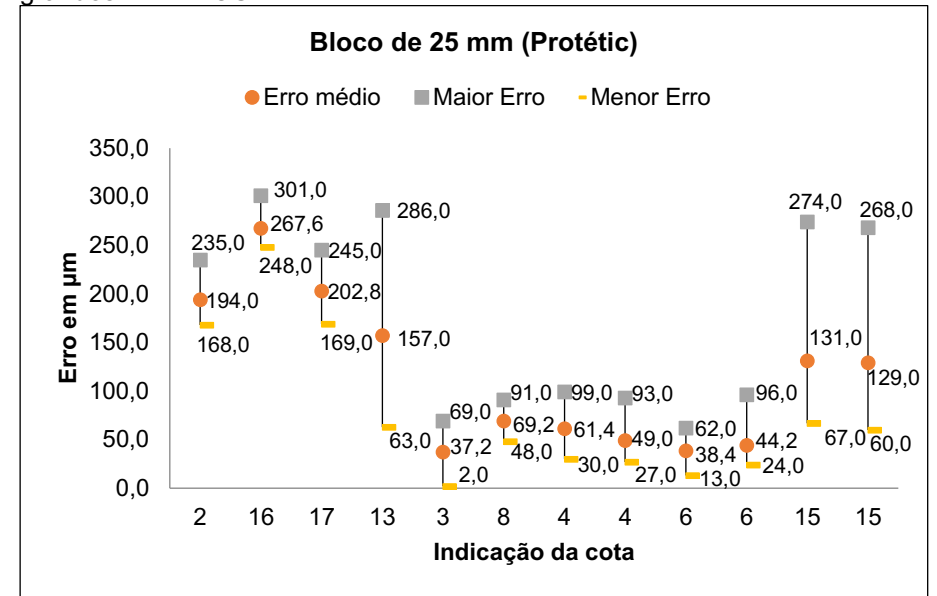


Figura 41 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 42 – Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas - 4 EIXOS

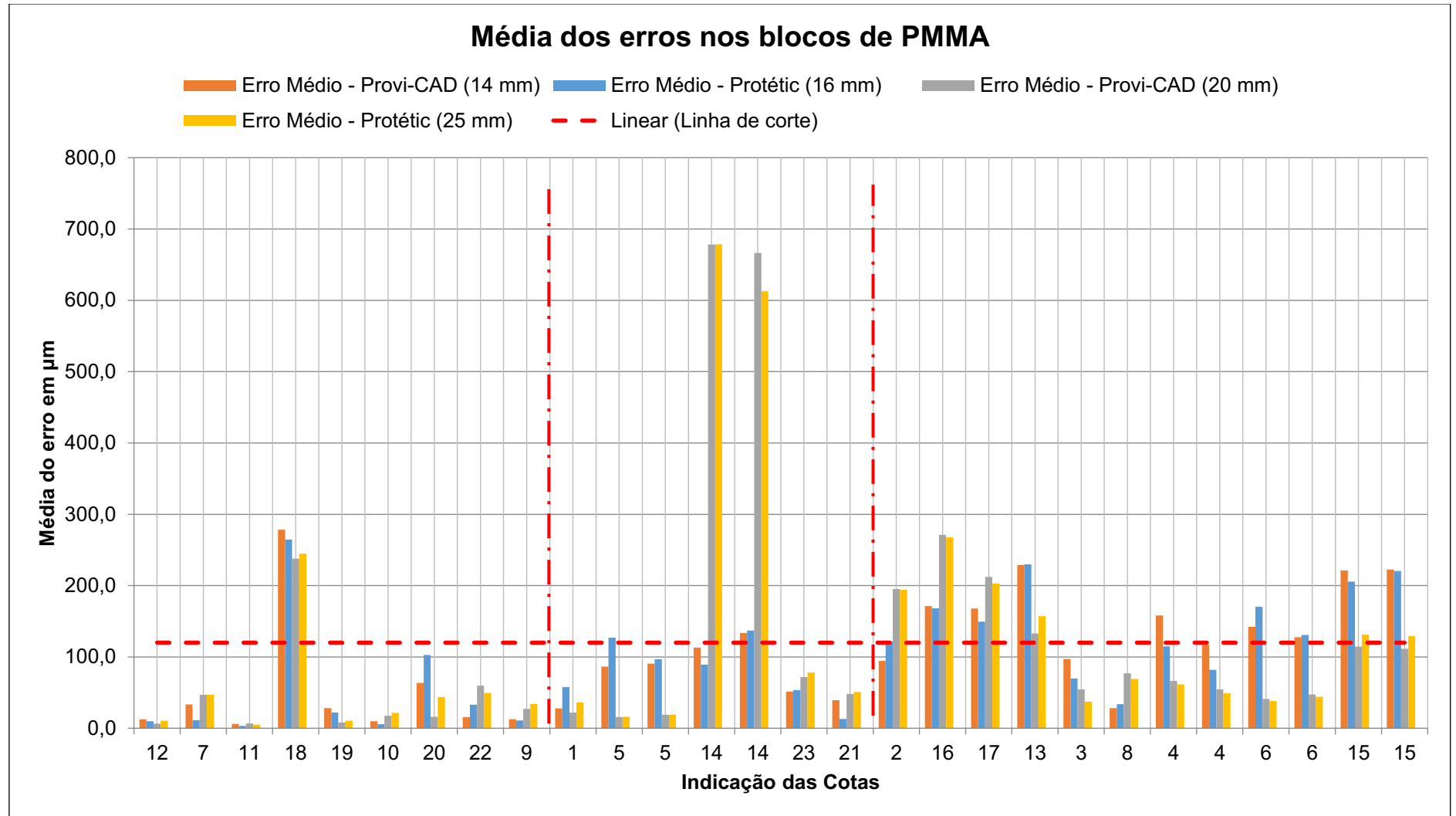
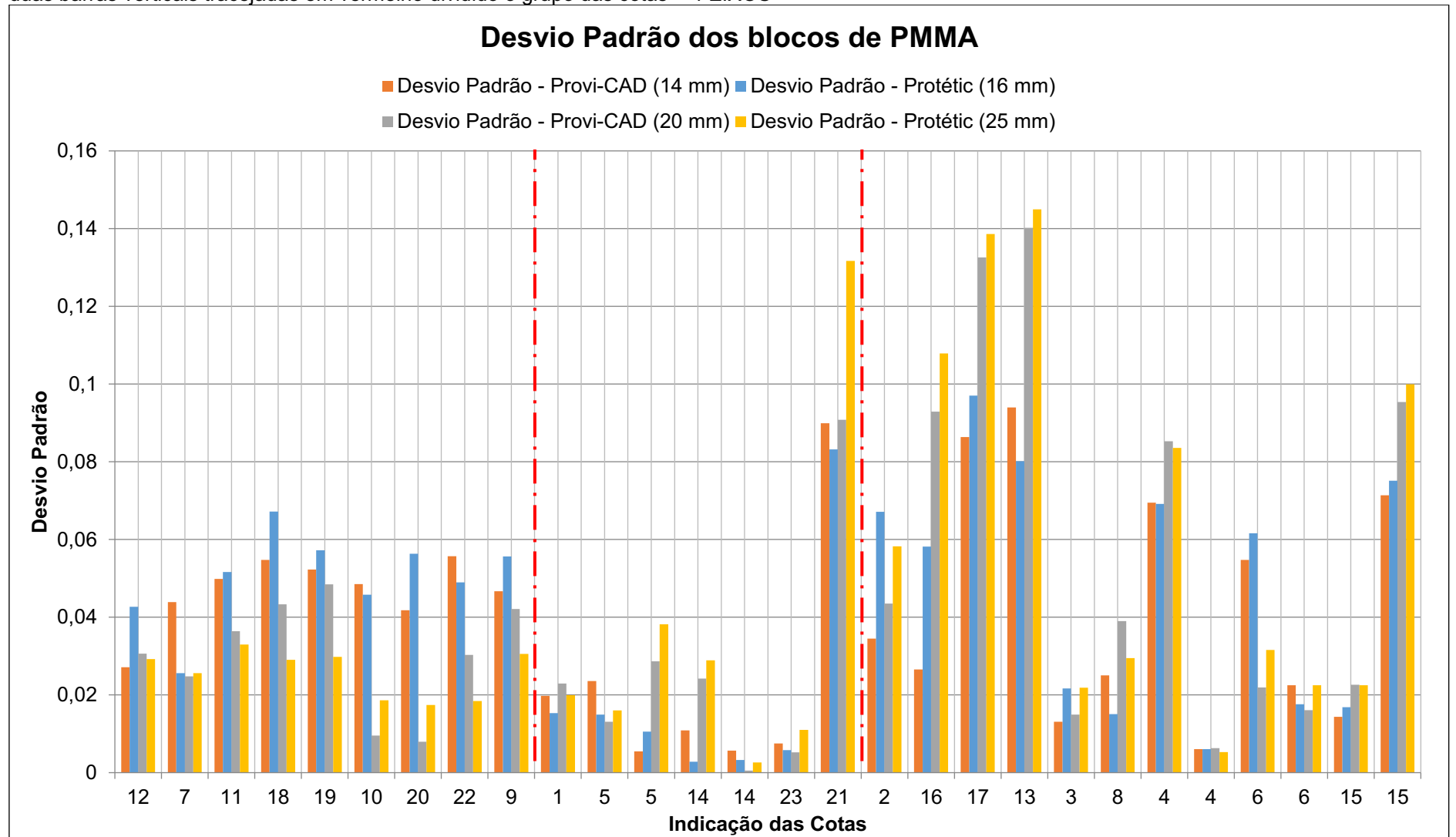
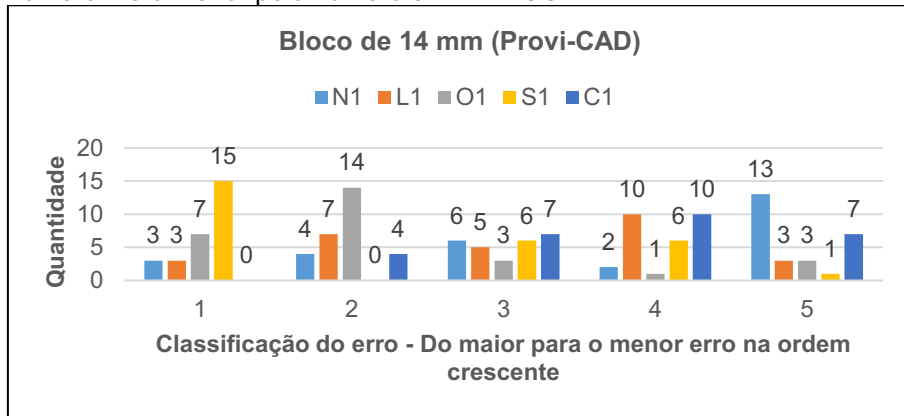


Figura 43 – Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas – 4 EIXOS



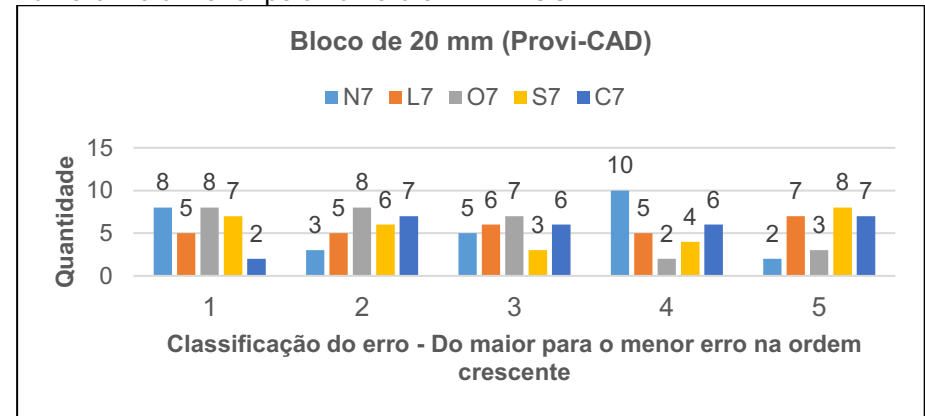
Fonte: Autoria Própria.

Figura 44 – Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



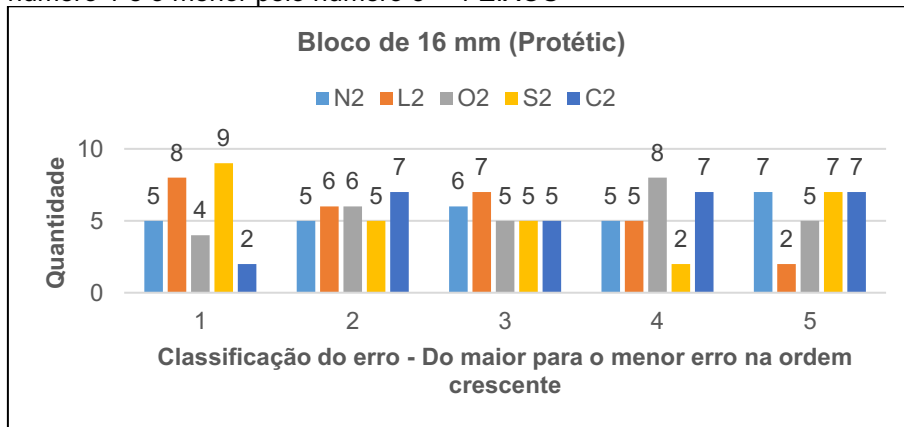
Fonte: Autoria Própria.

Figura 46 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



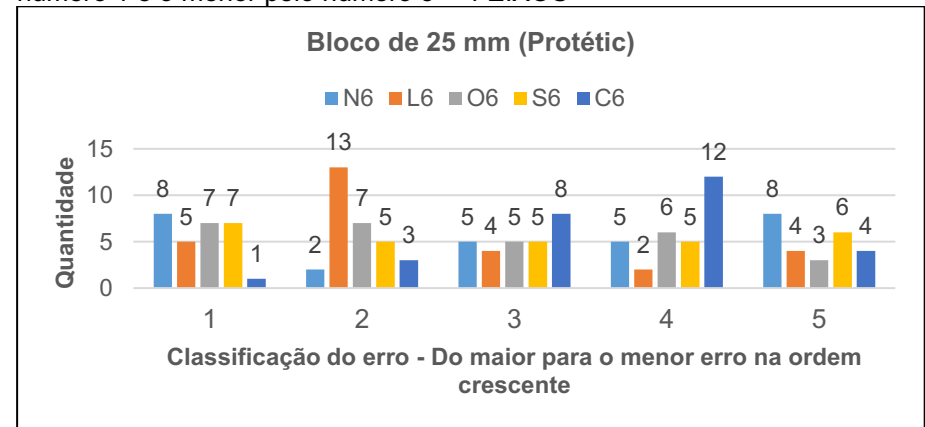
Fonte: Autoria Própria.

Figura 45 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



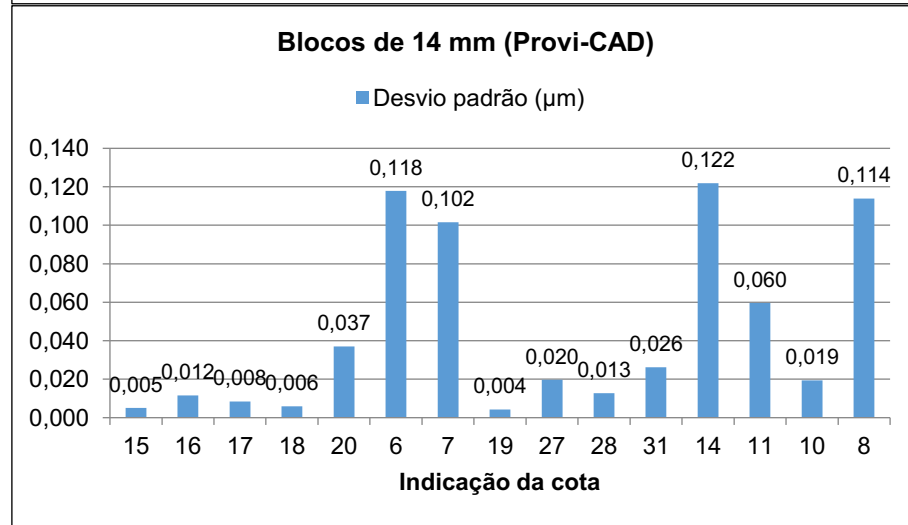
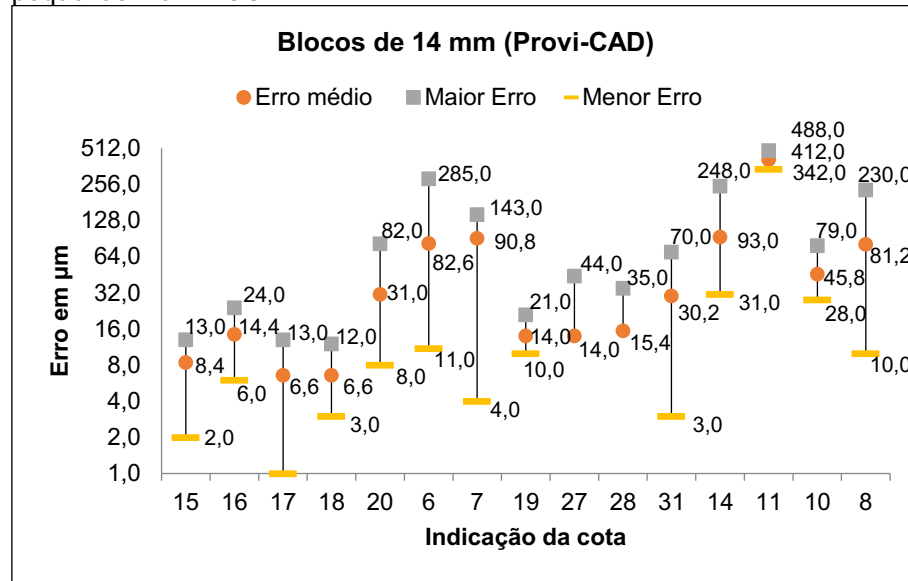
Fonte: Autoria Própria.

Figura 47 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



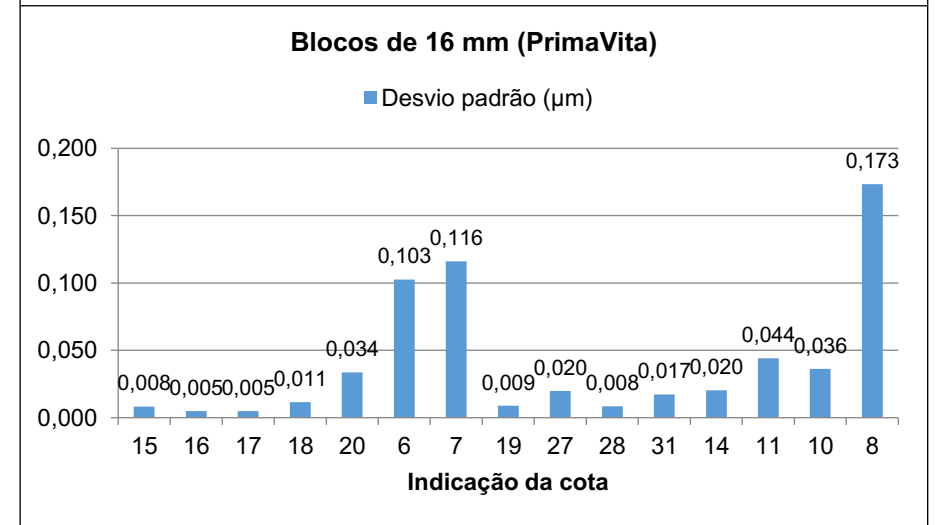
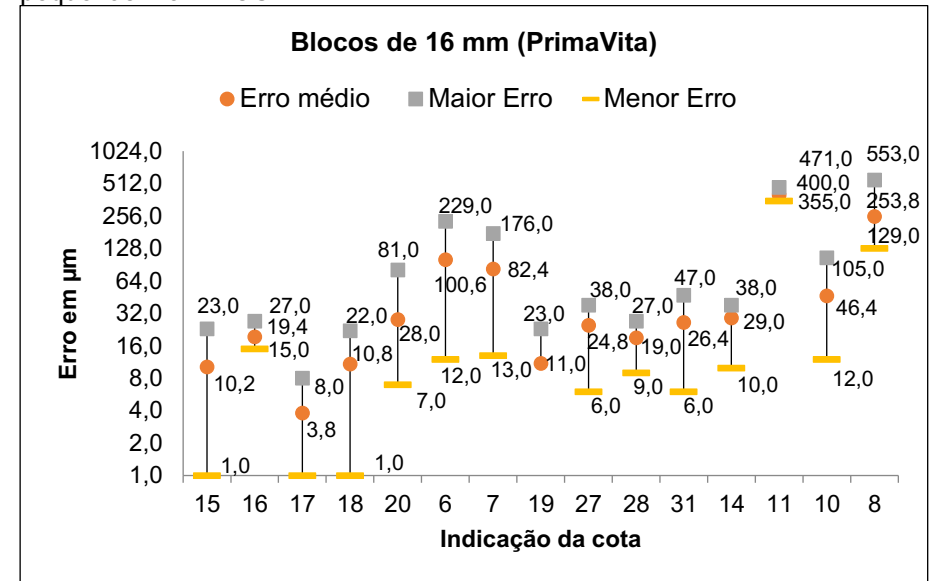
Fonte: Autoria Própria.

Figura 48 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS



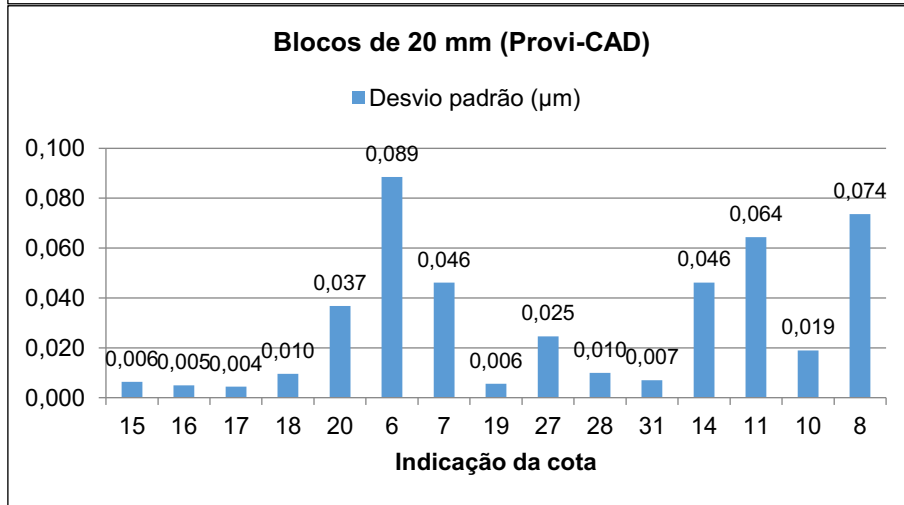
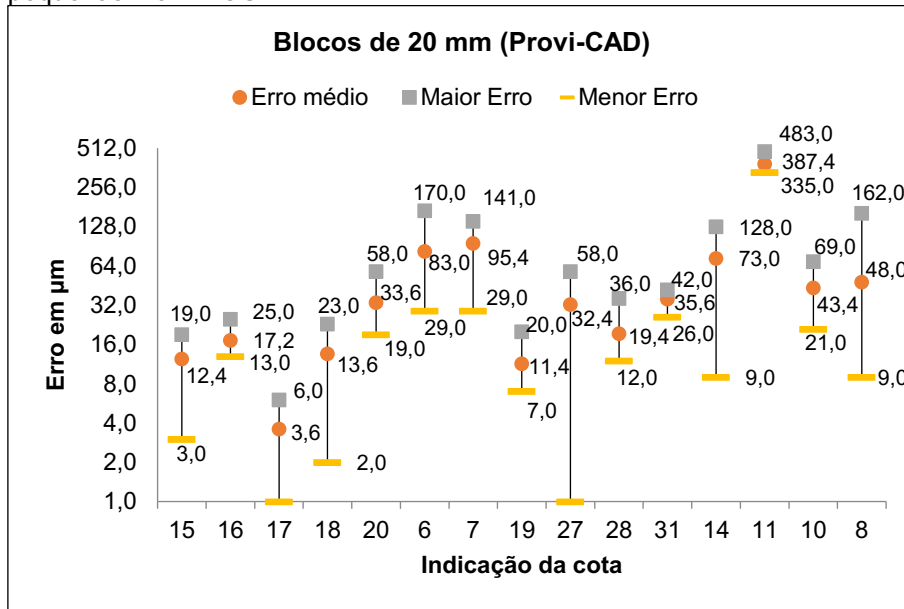
Fonte: Autoria Própria.

Figura 49 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS



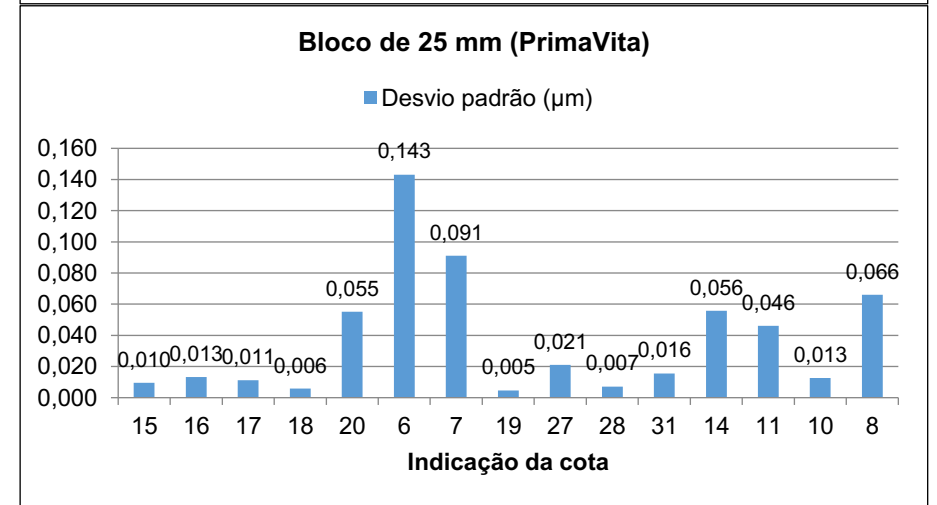
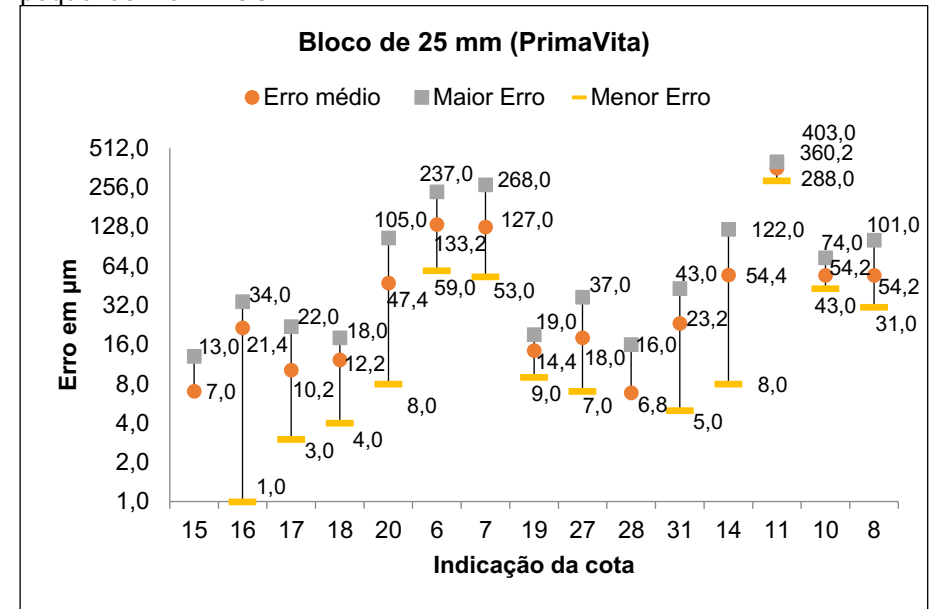
Fonte: Autoria Própria.

Figura 50 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS



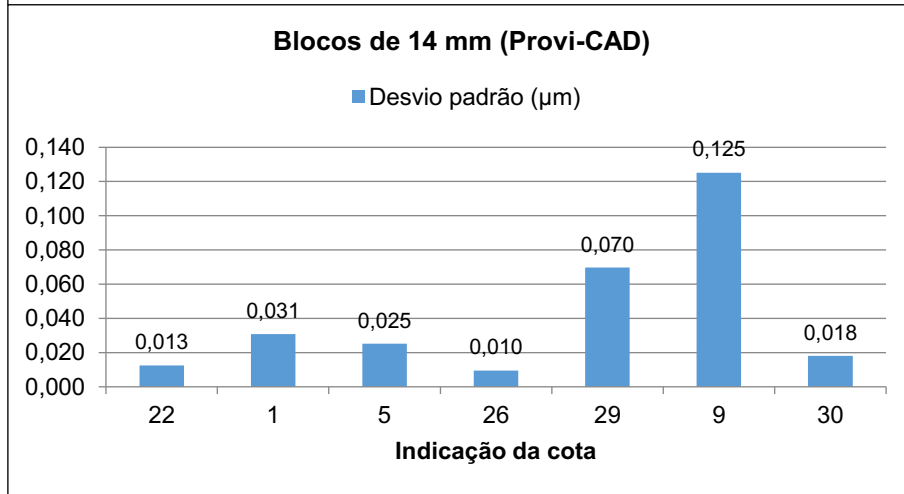
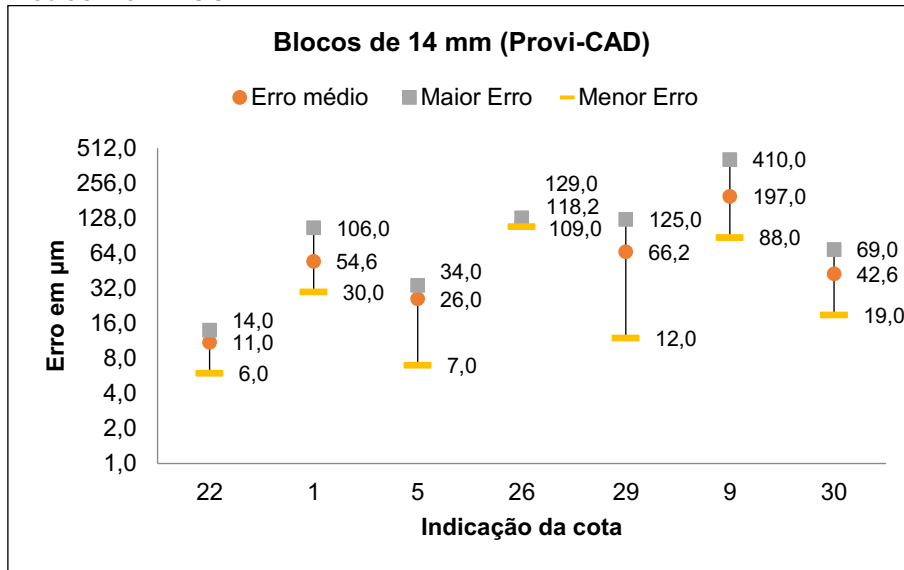
Fonte: Autoria Própria.

Figura 51 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS



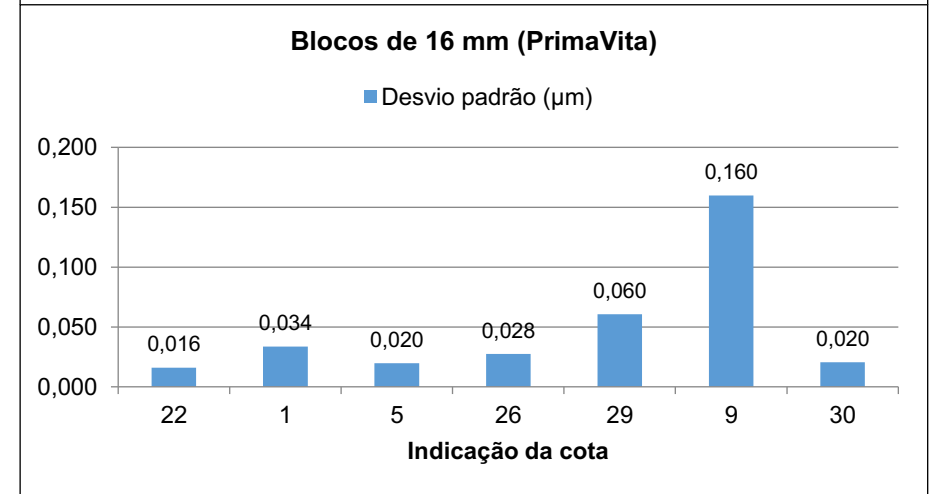
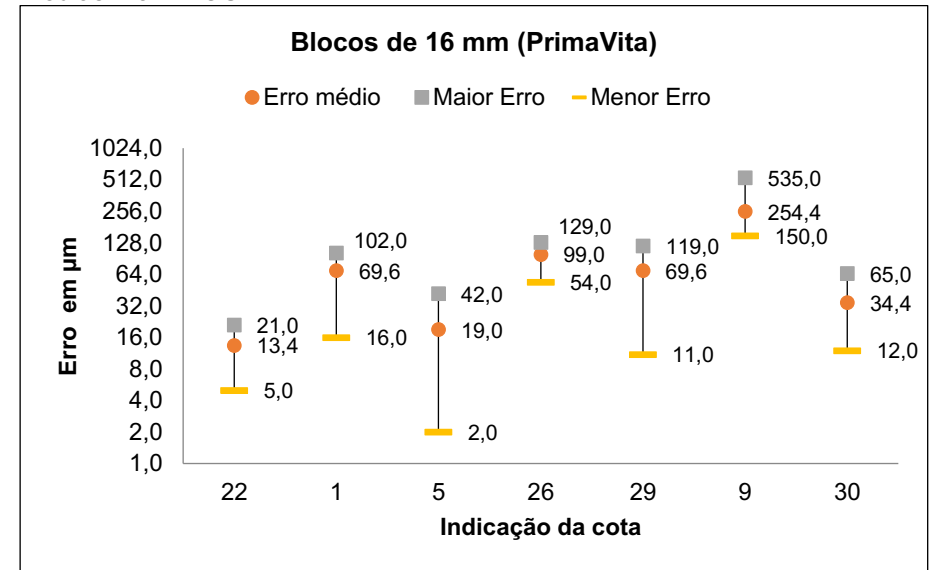
Fonte: Autoria Própria.

Figura 52 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



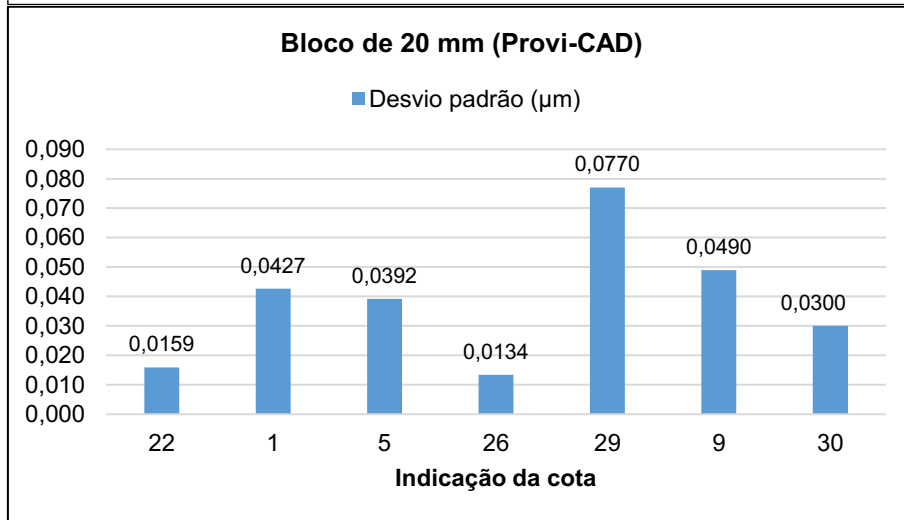
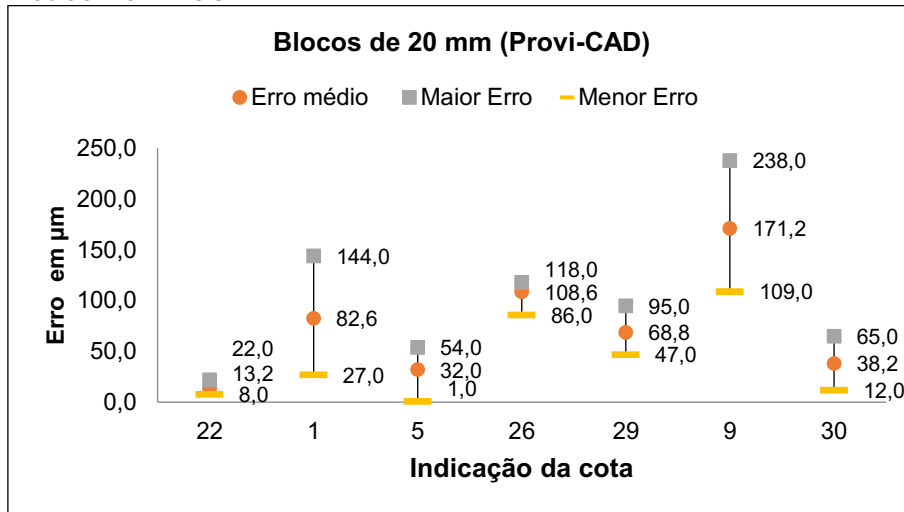
Fonte: Autoria Própria.

Figura 53 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



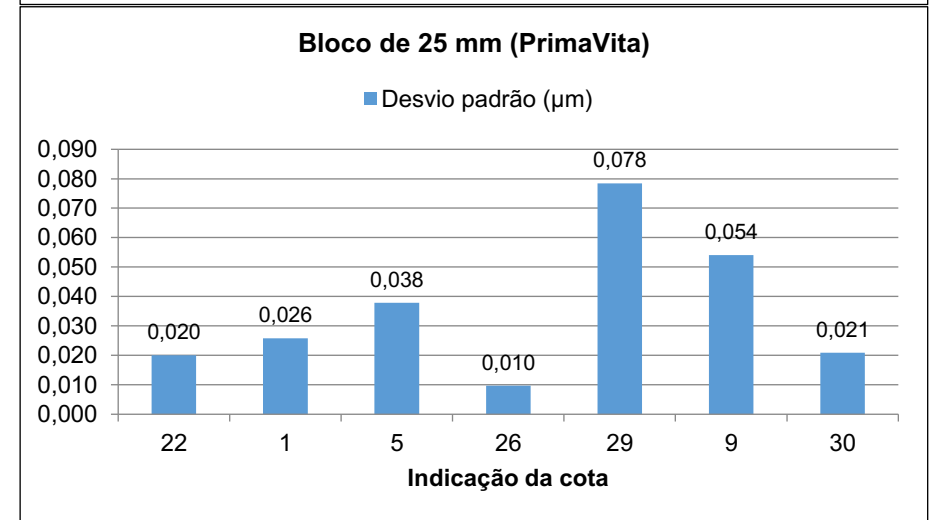
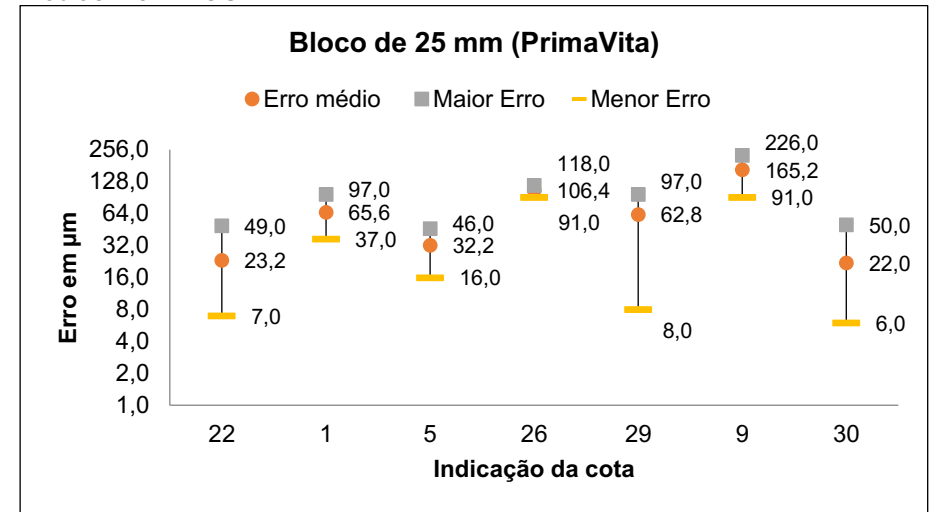
Fonte: Autoria Própria.

Figura 54 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



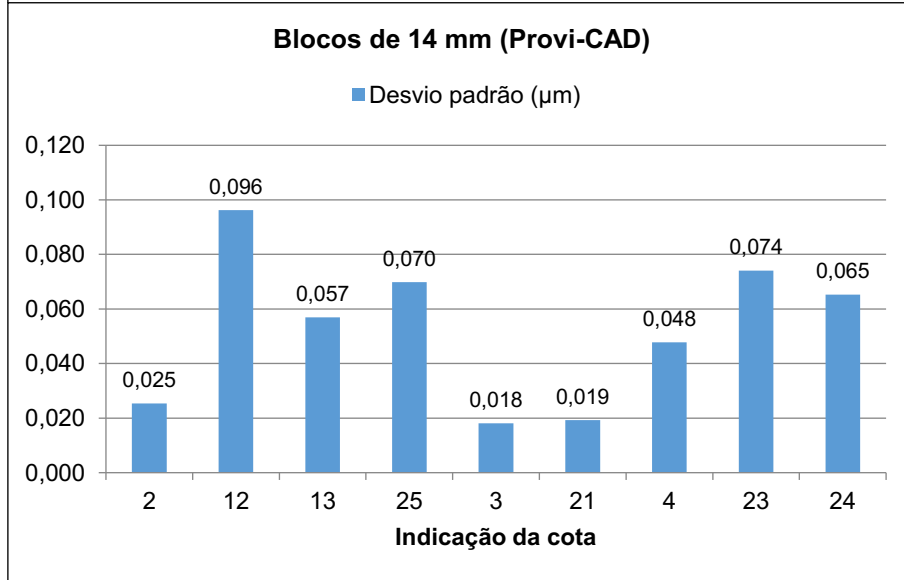
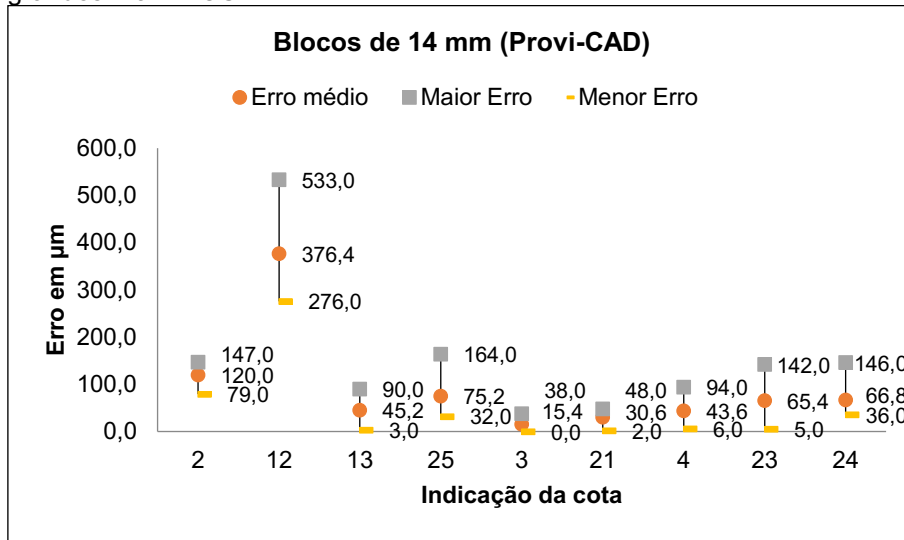
Fonte: Autoria Própria.

Figura 55 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



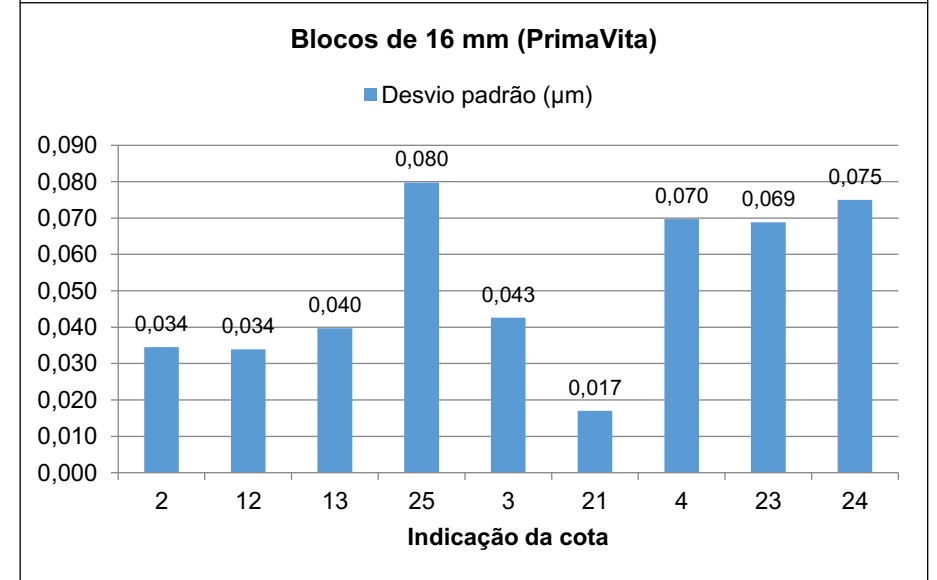
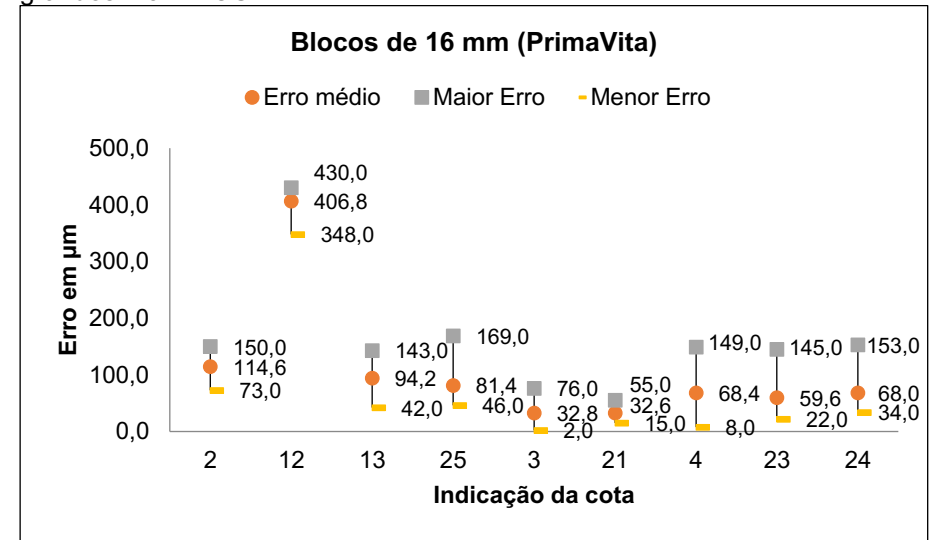
Fonte: Autoria Própria.

Figura 56 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



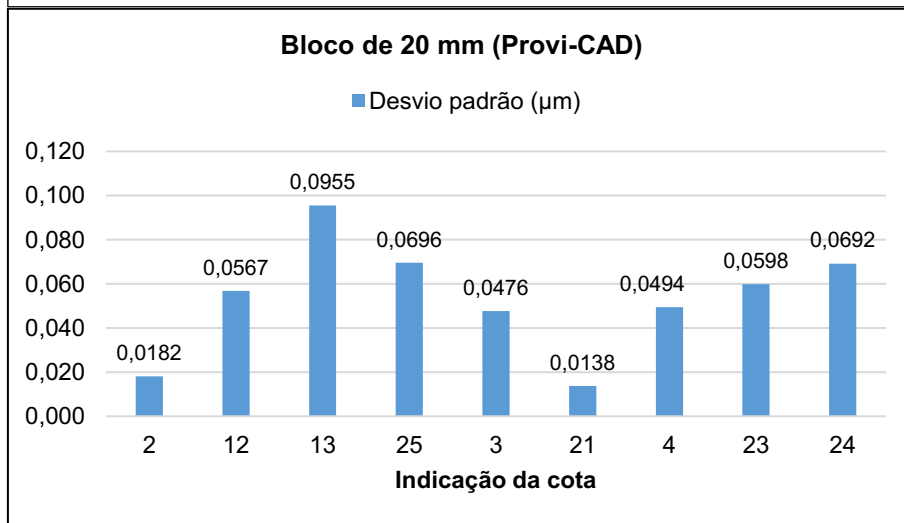
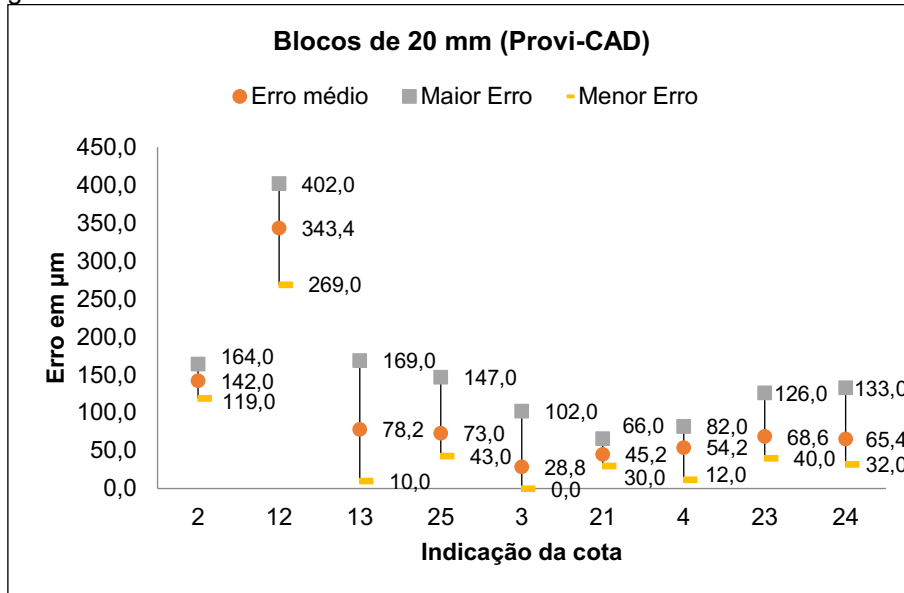
Fonte: Autoria Própria.

Figura 57 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



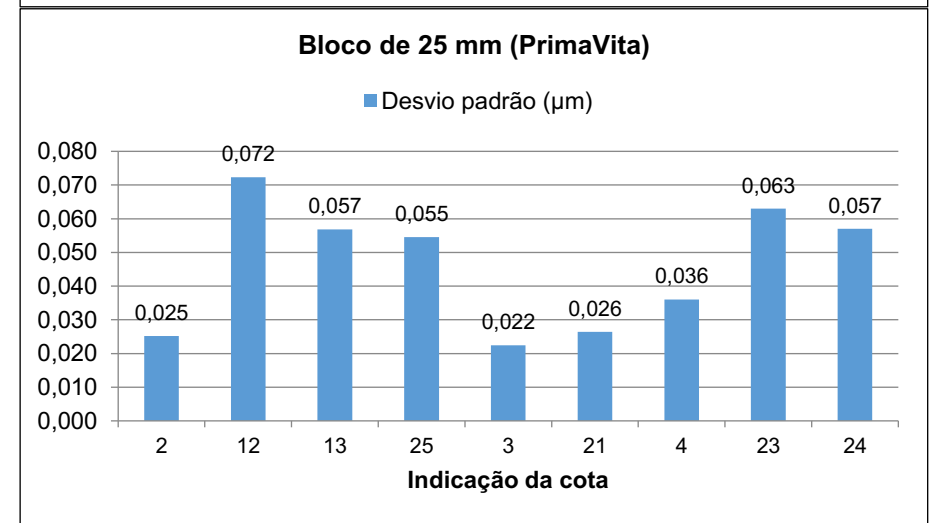
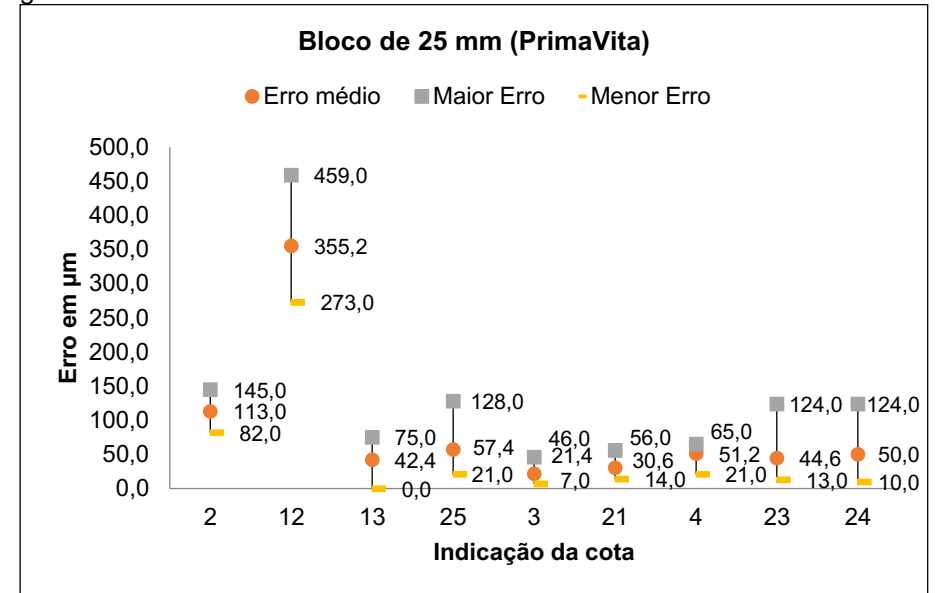
Fonte: Autoria Própria.

Figura 58 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



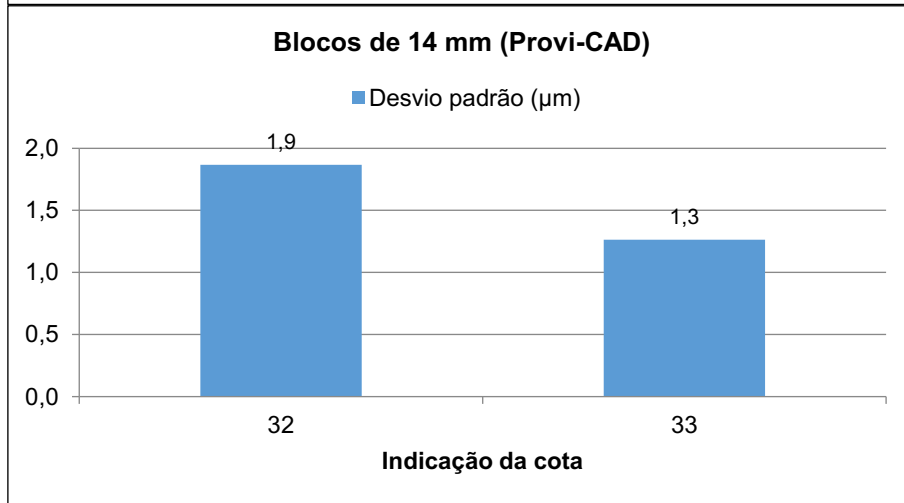
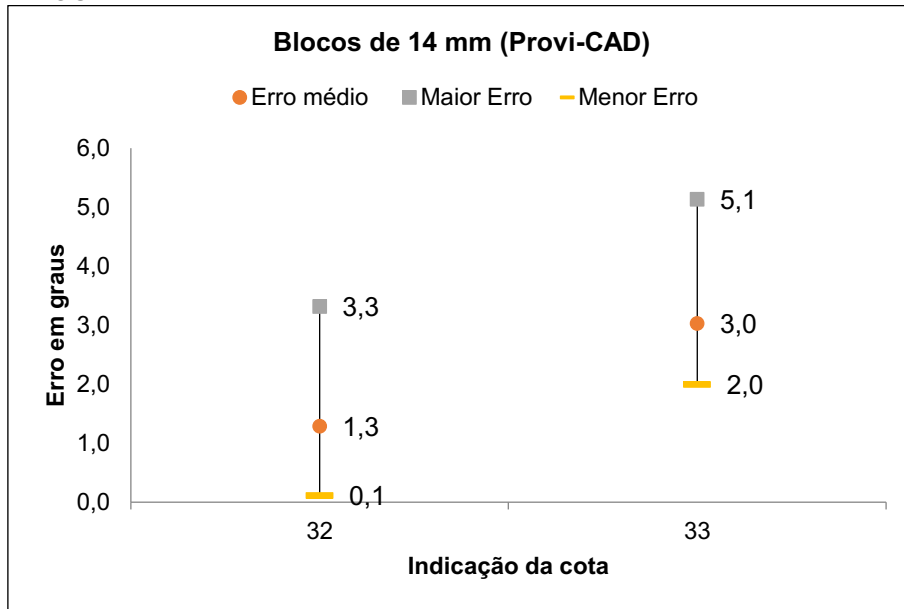
Fonte: Autoria Própria.

Figura 59 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



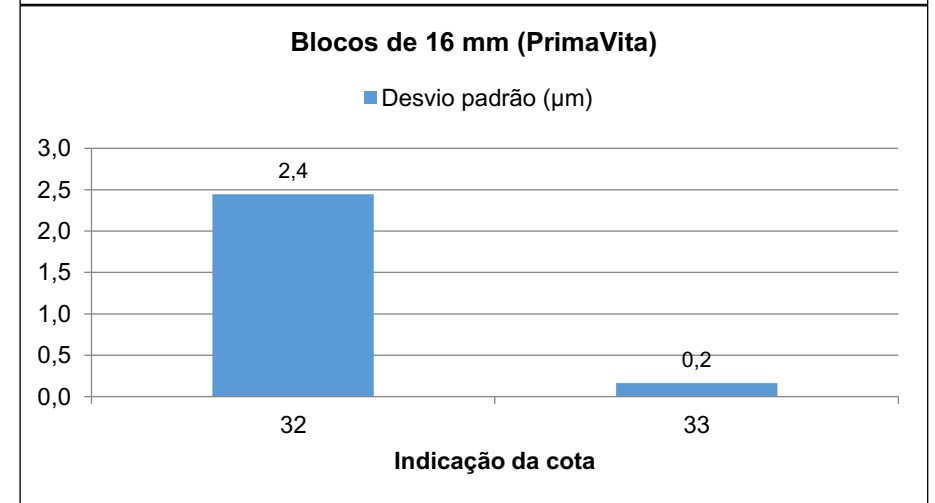
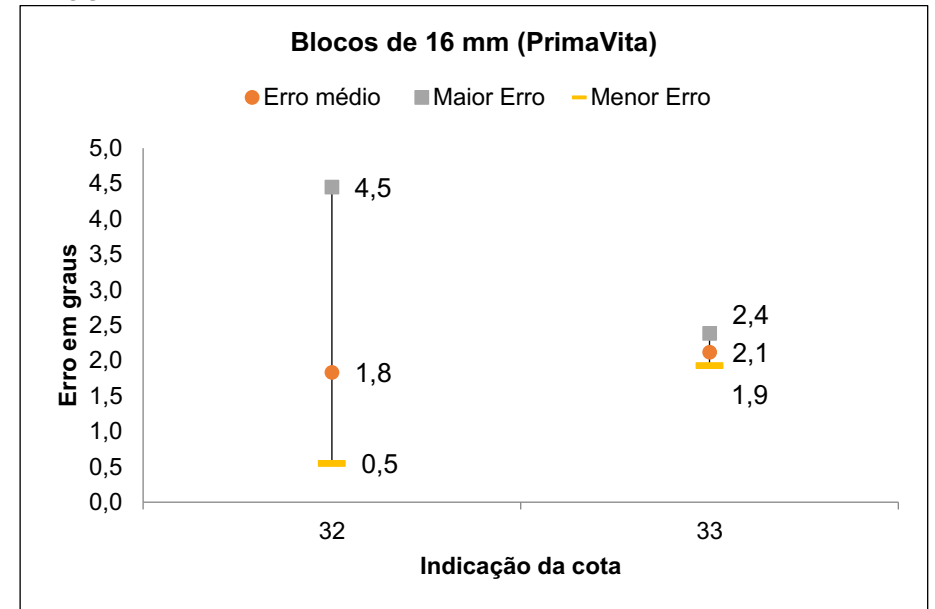
Fonte: Autoria Própria.

Figura 60 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



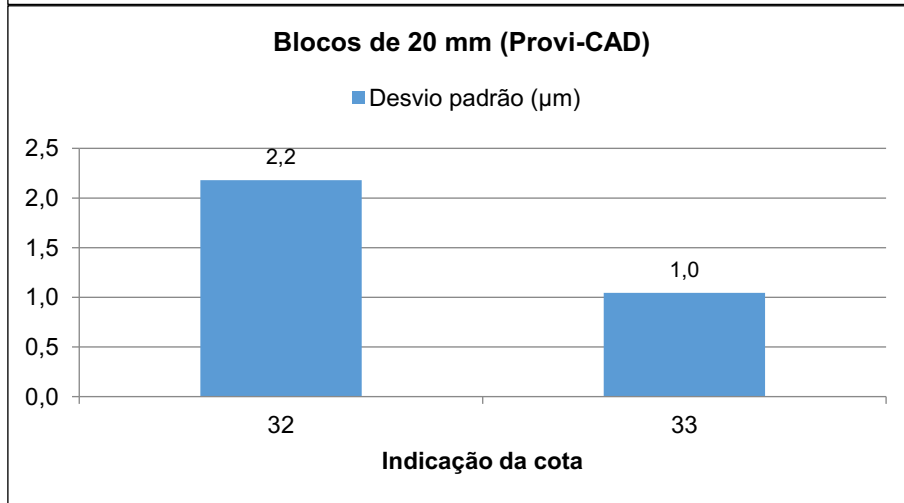
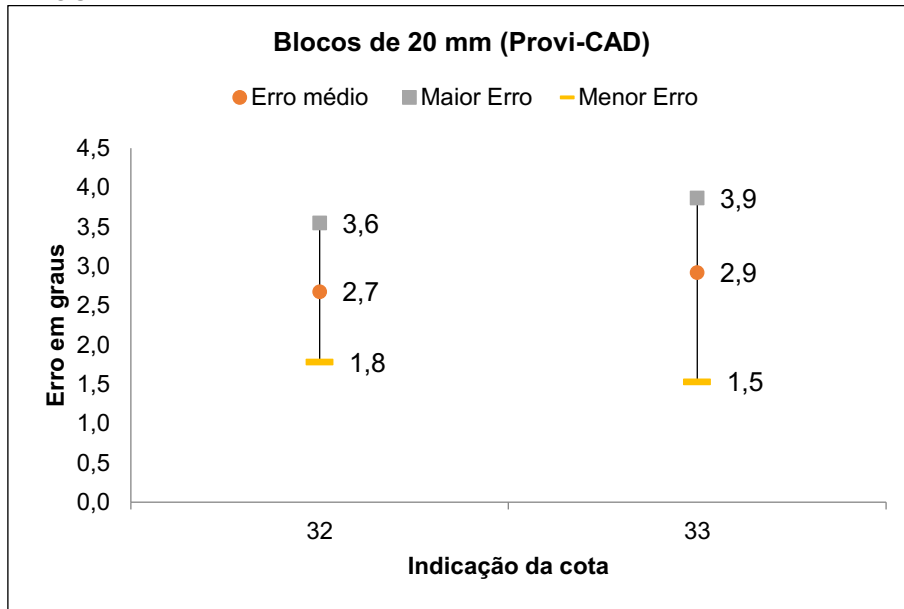
Fonte: Autoria Própria.

Figura 61 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



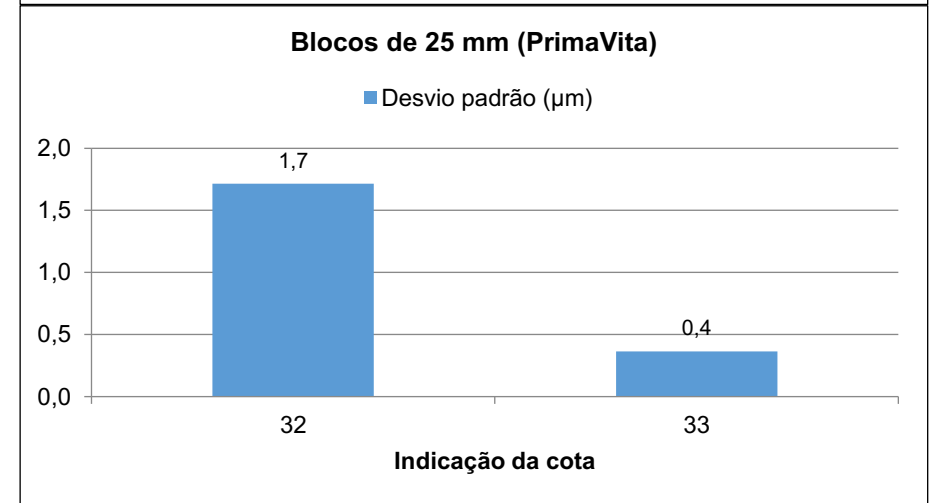
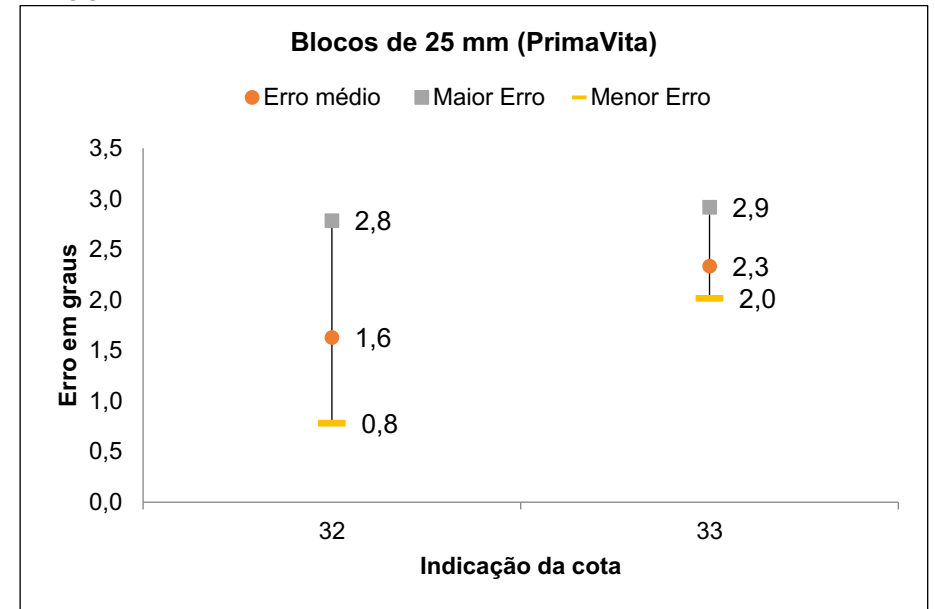
Fonte: Autoria Própria.

Figura 62 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



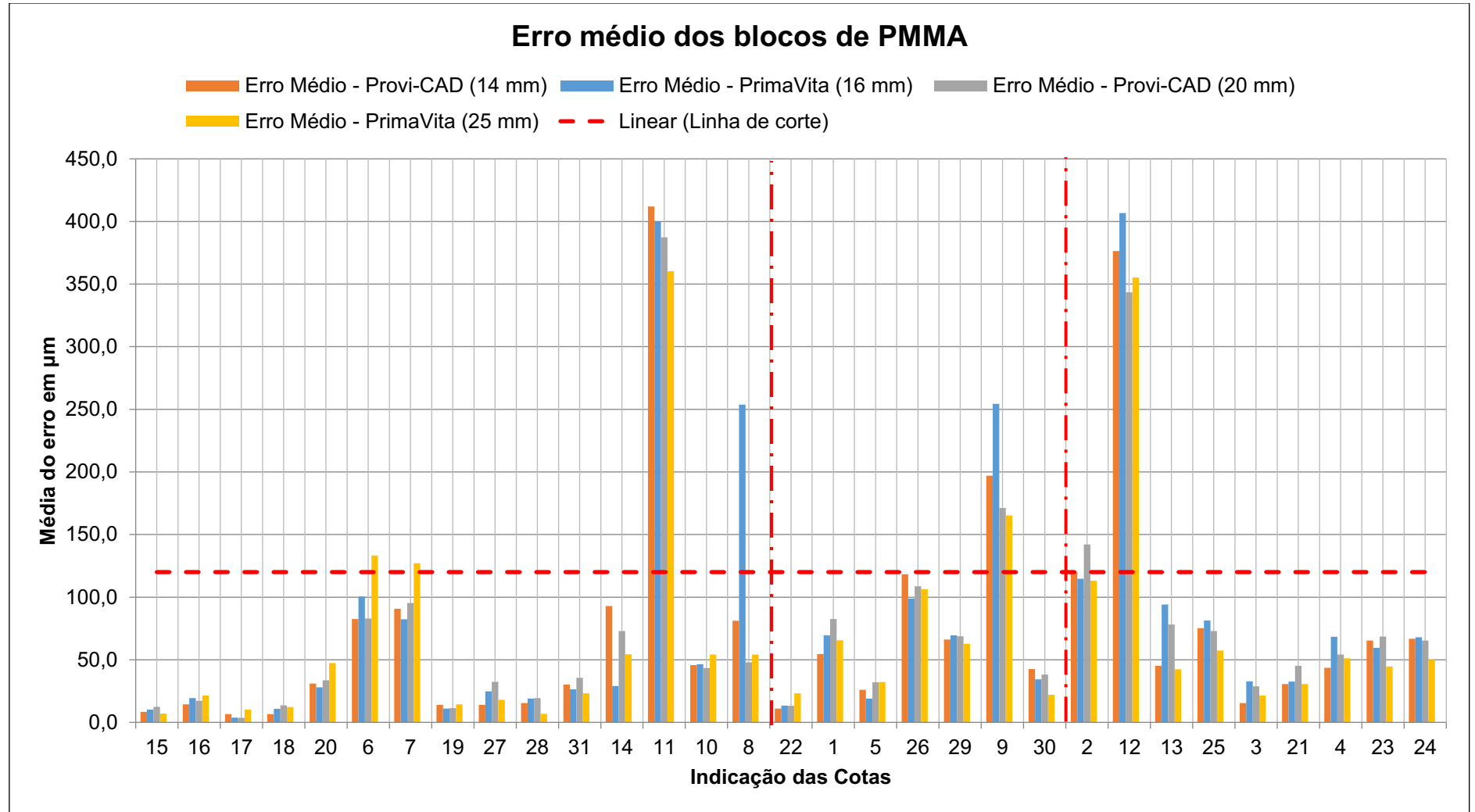
Fonte: Autoria Própria.

Figura 63 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



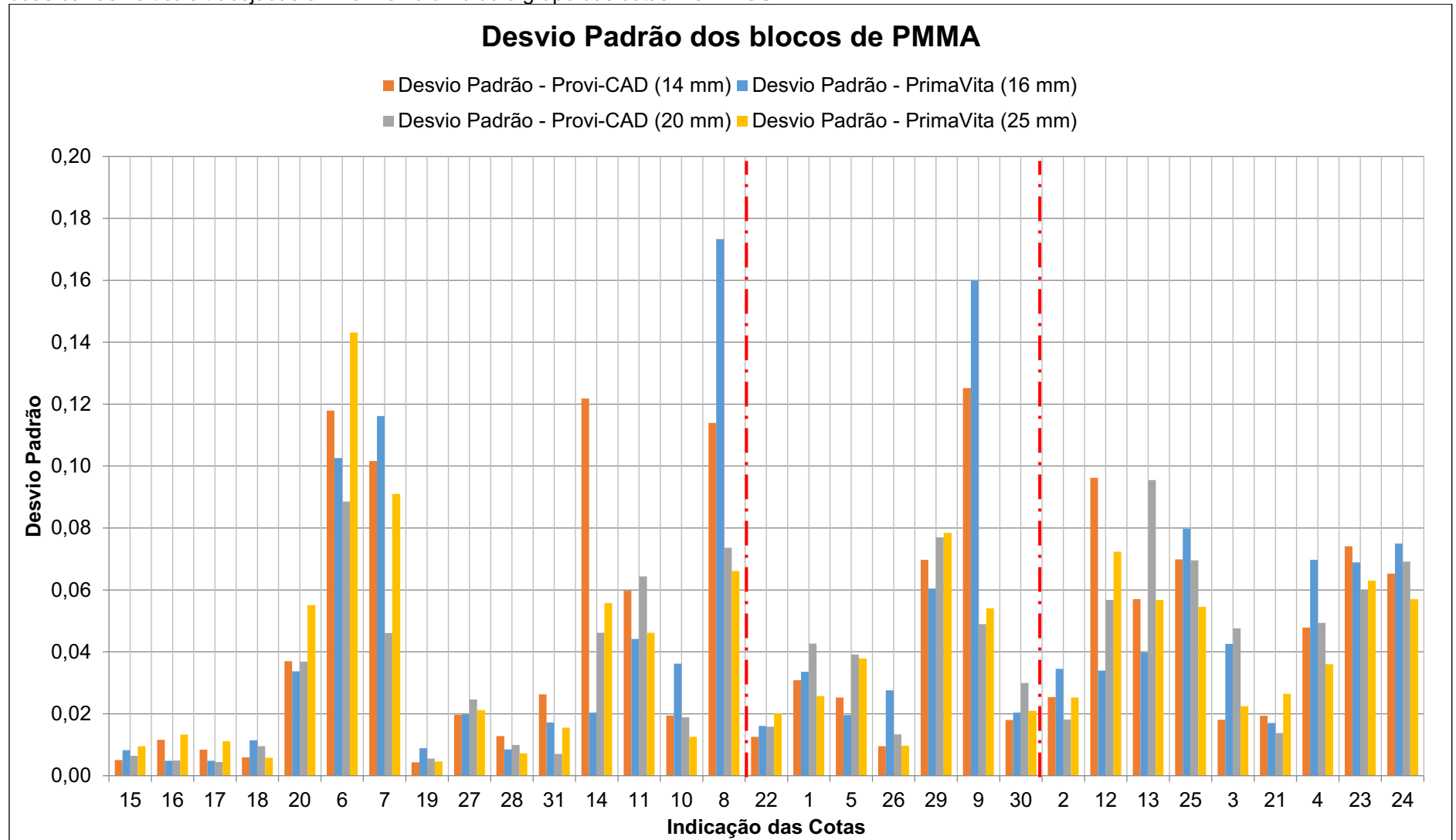
Fonte: Autoria Própria.

Figura 64 - Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas - 5 EIXOS



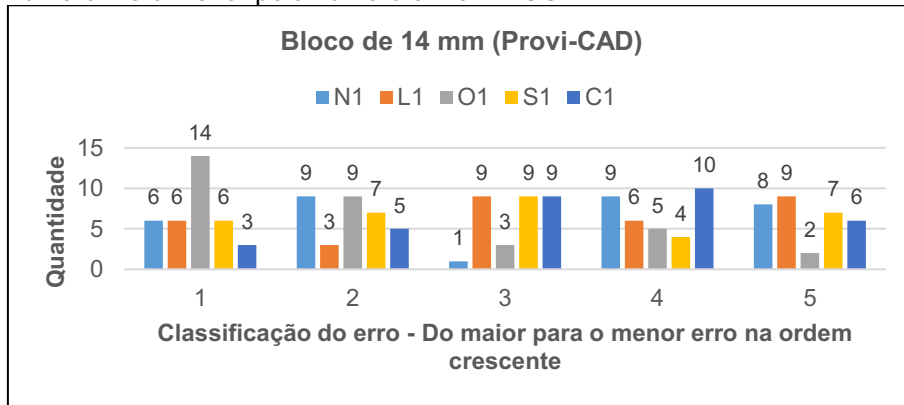
Fonte: Autoria Própria.

Figura 65 - Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento CORiTEC-250i para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividido o grupo das cotas – 5 EIXOS



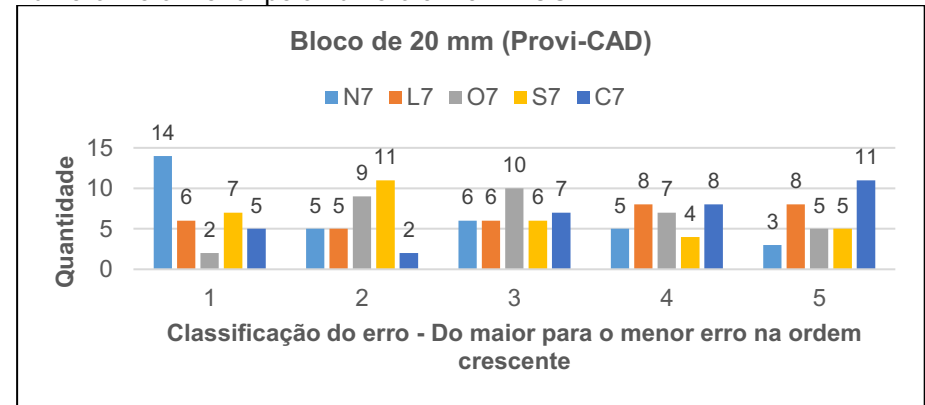
Fonte: Autoria Própria.

Figura 66 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



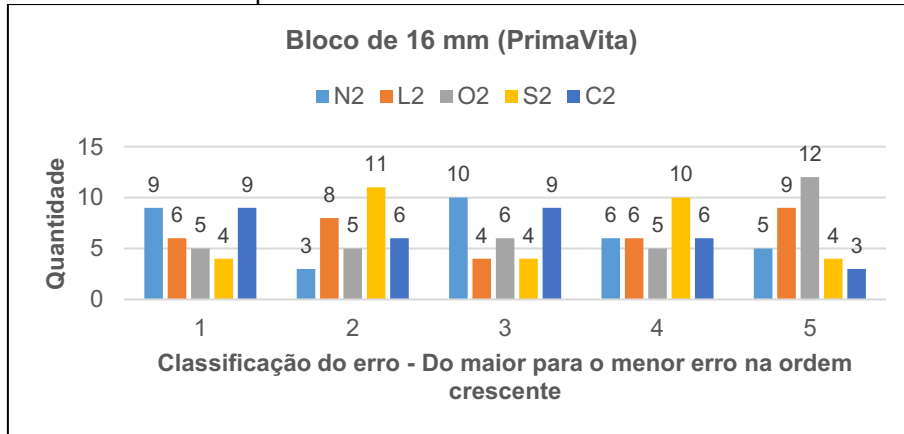
Fonte: Autoria Própria.

Figura 68 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



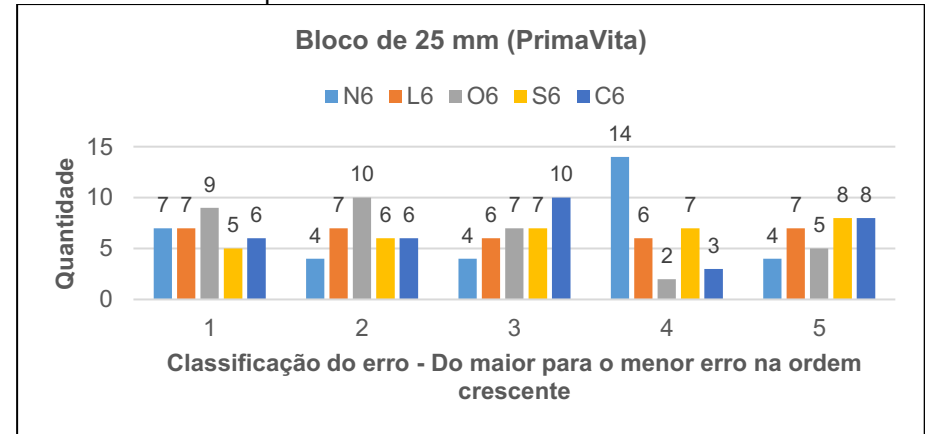
Fonte: Autoria Própria.

Figura 67 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 69 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

5.5 TEMPO PARA USINAR NO EQUIPAMENTO DWX-50

Os tempos de operação para a usinagem de cada peça foram coletados através do uso do *software* Vpanel, o qual permitiu a elaboração da Tabela 27 referente a utilização de 4 eixos durante o processo de usinagem e a Tabela 28 referente a utilização de 5 eixos durante o processo de usinagem.

Com estes dados podemos destacar que quanto maior a espessura do disco, maior será o tempo para a conclusão da atividade, visto que há maior volume de material para desbastar.

Tabela 27 - Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 4 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco

| DWX-50 | Disco de 14 mm (HH:MM:SS) | Disco de 16 mm (HH:MM:SS) | Disco de 20 mm (HH:MM:SS) | Disco de 25 mm (HH:MM:SS) |
|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Oeste | 00:25:28 | 00:26:45 | 00:28:46 | 00:30:48 |
| Norte | 00:26:52 | 00:28:14 | 00:29:13 | 00:30:49 |
| Leste | 00:26:58 | 00:28:07 | 00:29:28 | 00:31:07 |
| Sul | 00:27:09 | 00:28:08 | 00:29:33 | 00:30:34 |
| Centro | 00:26:36 | 00:27:52 | 00:29:21 | 00:30:27 |
| Média | 00:26:37 | 00:27:49 | 00:29:16 | 00:30:45 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 28 - Tempo para executar as usinagens das peças utilizando os 5 eixos do equipamento, de acordo com a espessura do disco

| DWX-50 | Disco de 14 mm (HH:MM:SS) | Disco de 16 mm (HH:MM:SS) | Disco de 20 mm (HH:MM:SS) | Disco de 25 mm (HH:MM:SS) |
|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Oeste | 00:34:18 | 00:35:06 | 00:36:39 | 00:38:15 |
| Norte | 00:34:02 | 00:34:55 | 00:36:13 | 00:40:38 |
| Leste | 00:34:10 | 00:35:06 | 00:36:19 | 00:40:46 |
| Sul | 00:34:12 | 00:35:05 | 00:37:03 | 00:40:48 |
| Centro | 00:33:56 | 00:35:10 | 00:36:15 | 00:40:36 |
| Média | 00:34:08 | 00:35:04 | 00:36:30 | 00:40:13 |

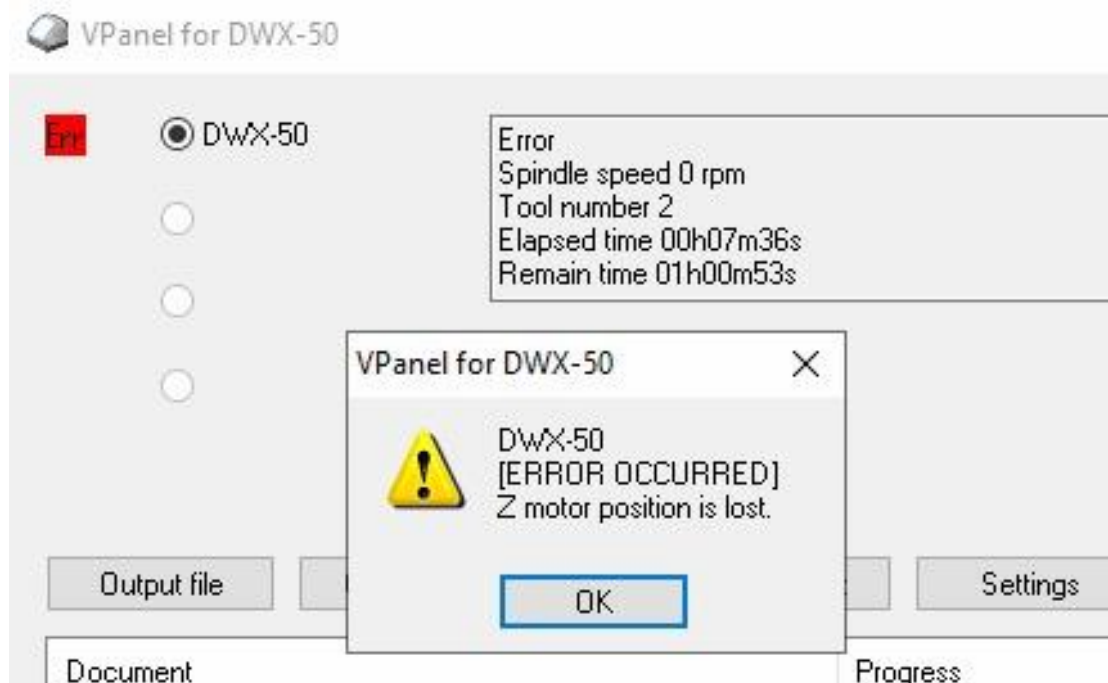
Fonte: Autoria Própria.

5.6 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 4 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA DWX-50

Durante a execução da usinagem utilizando 4 eixos do equipamento DWX-50, inúmeras mensagens de erros na posição do eixo Z ocorreram, conforme a Figura 70, provocando um atraso na conclusão das atividades de usinagem dos blocos de PMMA

de 20 mm e 25 mm, visto que cada vez que a mensagem de erro acontecia era necessário reiniciar o equipamento e iniciar novamente o processo de usinagem.

Figura 70 – Mensagem de erro durante a usinagem das peças no equipamento DWX-50



Fonte: Autoria Própria.

Após a conclusão das usinagens das peças, o laboratório de prótese dentária providenciou uma manutenção corretiva no equipamento direto com o fabricante. **O laudo fornecido pelo fabricante constatou falhas no funcionamento do cabo de força do eixo Z, falhas no tensionamento em todos os cabos de força dos eixos, desgastes mecânicos em todas as engrenagens do sistema e ferrugem nos guias dos carros do eixo Z.**

Deste modo, os resultados indicados nesta análise são suspeitos para uma análise de acurácia, porém contribui para uma comparação dos resultados da usinagem em 5 eixos no mesmo equipamento após a manutenção. A maior incerteza informada nos relatórios para o equipamento DWX-50 foi de 35 µm para a cota 14 do bloco de 14 mm.

Ao analisar os dados de todas as cotas da peça GAMA, em relação as espessuras dos discos de PMMA, identificamos que a melhor exatidão está atrelada a menor espessura do bloco de PMMA. Na Tabela 29 são apresentados os percentuais de exatidão das cotas com valores menores e iguais a 120 µm.

Tabela 29 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 μm , utilizando os 4 eixos no processo de usinagem

| DWX-50 | $\leq 120 \mu\text{m}$ |
|----------------------------|------------------------|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 85,71% |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 82,14% |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 71,43% |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 53,57% |
| Média | 73,21% |

Fonte: Autoria Própria.

5.6.1 Cotas Pequenas

Os gráficos das cotas classificadas como pequenas apresentados nas Figuras 71, 72, 73 e 74, contemplam o erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além de informar o desvio padrão. Analisando estes dados, podemos destacar que somente a cota 18 para o bloco de 25 mm da empresa Protétic apresentou o maior valor de erro médio de 186,2 μm e o desvio padrão de 0,203 μm .

5.6.2 Cotas Médias

Os resultados das cotas classificadas como médias são apresentadas pelas Figuras 75, 76, 77 e 78, que ilustram os gráficos do erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Analisando estes dados, podemos destacar que a cota 14 de todos os blocos de PMMA apresentaram erros médios superiores ao valor aceitável clinicamente, destacando o maior valor de erro médio de 687,0 μm para o bloco de PMMA de 20 mm.

5.6.3 Cotas Grandes

Em referência as cotas classificadas como grandes podemos destacar os resultados apresentados nos gráficos das Figuras 79, 80, 81 e 82, que informam o erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além do desvio padrão. Observando estes gráficos, percebemos que as cotas 2, 4, 13, 15, 16 e 17 apresentaram valores de erros médios superiores ao tolerável pela literatura.

As cotas 2, 3, 4, 5, 6, 13 e 15 nos permite avaliar a qualidade de usinagem da fresadora odontológica com a utilização dos 4 eixos do equipamento, pois as cotas 2, 3, 4, 5 e 6 são referentes a superfície inferior da peça, ou seja, o eixo A da fresadora odontológica teve que rotacionar 180 graus durante o processo de usinagem. A cota

13 nos permite avaliar a altura entre os dois rebaixos realizados nas superfícies superior e inferior, e a cota 15 informa a altura total da peça.

A cota 2 apresentou para todos os blocos de PMMA valores acima do que é aceito clinicamente. Entre os valores, podemos destacar o maior erro médio de 248,8 μm e o desvio padrão de 0,1025 μm para o bloco de PMMA de 20 mm da empresa Provi-CAD.

Em relação as cotas 4 e 6, que representam a largura e comprimento da peça GAMA, verificou-se que a fresadora DWX-50 apresentou dificuldades para usinar os discos de PMMA da empresa Protétic, apresentando resultados fora da tolerância indicado pela literatura. O maior erro médio encontrado para a cota 4 foi de 144 μm e o desvio padrão de 0,1177 μm para o bloco de PMMA de 16 mm. Já o maior erro médio encontrado para a cota 6 foi de 219,6 μm e o desvio padrão de 0,219 μm para o bloco de PMMA de 25 mm.

As cotas 13 e 15 apresentaram erros médios com valores superiores ao tolerável pela literatura para os blocos de 20 mm e 25 mm. Em relação a cota 13, podemos destacar que o maior erro médio foi de 630,8 μm e o desvio padrão foi de 0,299 μm para o bloco de PMMA de 20 mm. Já em relação a cota 15, o maior erro médio foi de 373,2 μm e o desvio padrão foi de 0,0294 μm para o bloco de PMMA de 20 mm

O processo de desbaste das cotas 13 e 15 foi dividido em duas etapas: Eixo A na posição 0 graus e Eixo A na posição 180 graus. Durante a execução da primeira etapa o avanço dos eixos X e Y foram executados no sentido rotacional, e ao rotacionar o disco em 180 graus, o sentido de avanço dos eixos X e Y alterou para o sentido anti-rotacional. Para os discos de 20 mm e 25 mm de espessura o equipamento DWX-50 apresentou uma maior inexatidão no processo de usinagem. E isso possivelmente aos problemas mecânicos encontrados na fresadora, o que atrapalhou a execução da atividade de desbaste.

As cotas 16 e 17 representam a rampa com inclinação de 45 graus, com o seu comprimento e largura de 7 mm. Durante o processo de alisamento e acabamento das superfícies retas da rampa, o avanço dos eixos X e Y estava seguindo o sentido rotacional até chegar na altura do suporte que sustenta a peça no bloco, a partir deste momento, o avanço dos eixos X e Y alternou entre o sentido rotacional e o anti-rotacional para desviar do suporte de fixação da peça no bloco.

O maior erro médio encontrado para a cota 16 foi de 472,2 μm e o desvio padrão de 0,078 μm para o bloco de 14 mm da empresa Provi-CAD. Em relação a cota 17, o maior erro médio encontrado foi de 292,0 μm e o desvio padrão de 0,200 μm para o bloco de 16 mm da empresa Protétic.

5.6.4 Análise dos materiais

As Figuras 83 e 84 representam, respectivamente, o erro médio e o desvio padrão para todas as cotas, classificadas conforme a espessura e o fabricante dos discos de PMMA. Na Tabela 30 são apresentadas as médias dos erros de todas as cotas classificadas conforme a espessura do bloco. Nesta tabela, fica perceptível que os erros médios para os discos de 20 mm e 25 mm foram influenciados pelas falhas apresentadas no equipamento.

Em relação aos erros médios, de acordo com os fornecedores dos materiais de PMMA, na Tabela 31 é possível verificar que os valores ficaram próximos com uma diferença superior de 4,65 μm para os blocos do fabricante Protétic.

Tabela 30 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separada conforme a espessura do disco de PMMA

| DWX-50 | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 78,72 | 0,0218 |
| Disco de 16 mm (Protétic) | 84,26 | 0,0479 |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 167,44 | 0,0526 |
| Disco de 25 mm (Protétic) | 171,19 | 0,0675 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 31 – Erro médio de todas as cotas da peça GAMA, separada conforme o fornecedor

| DWX-50 | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|-----------|------------------------------|---------------------------------|
| Provi-CAD | 123,08 | 0,0424 |
| Protétic | 127,73 | 0,0591 |

Fonte: Autoria Própria.

5.6.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça

De acordo com os gráficos apresentados nas Figuras 85, 86, 87 e 88, e na Tabela 32 podemos afirmar, **considerando que a peça GAMA possui 28 cotas** e ponderando sobre a necessidade de manutenção do equipamento, que as peças que estavam localizadas na posição Oeste apresentaram a menor média de erros,

considerando os 4 blocos de PMMA com espessuras diferentes, em contrapartida, as peças localizadas na posição Sul apresentaram o maior índice de erros.

Tabela 32 - Média da contabilização do erro dos dois fornecedores dos blocos de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 7,25 | 6 | 5,75 | 4,5 | 3,25 |
| L | 5,75 | 5,25 | 4,5 | 5,5 | 7 |
| O | 3,25 | 7 | 6,25 | 5,25 | 6,25 |
| S | 8 | 1,5 | 4,5 | 8 | 6 |
| C | 4,25 | 8 | 6,75 | 4,25 | 4,75 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 33 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 14 mm e 20 mm da empresa Provi-CAD. Podemos destacar a menor média de 5 cotas para o maior erro localizado na região do Centro e Leste. Já as peças localizadas na região Norte apresentaram a maior média do maior erro de 7,5 cotas.

Tabela 33 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 7,5 | 6 | 6,5 | 3,5 | 4,5 |
| L | 5 | 5 | 5 | 6,5 | 6,5 |
| O | 4,5 | 6 | 6,5 | 6 | 5 |
| S | 6,5 | 2,5 | 5,5 | 9 | 4,5 |
| C | 5 | 9 | 4 | 4 | 6 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 34 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 16 mm e 25 mm da empresa PrimaVita. Podemos destacar a menor média de 2 cotas para o maior erro localizado na região do Oeste. Já as peças localizadas na região Sul apresentaram a maior média do maior erro de 9,5 cotas.

Tabela 34 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa PrimaVita de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 28 cotas da peça GAMA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 7 | 6 | 5 | 5,5 | 2 |
| L | 6,5 | 5,5 | 4 | 4,5 | 7,5 |
| O | 2 | 8 | 6 | 4,5 | 7,5 |
| S | 9,5 | 0,5 | 3,5 | 7 | 7,5 |
| C | 3,5 | 7 | 9,5 | 4,5 | 3,5 |

Fonte: Autoria Própria.

5.7 ANÁLISE DA QUALIDADE UTILIZANDO OS 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA DWX-50

As incertezas informadas nos relatórios para a fresadora odontológica DWX-50 foram inferiores de 3 μm para todas as cotas lineares e 2' para todas as cotas angulares de todas as peças referentes aos blocos de 14 mm, 16 mm, 20 mm e 25 mm. Portanto, estes dados foram desconsiderados no estudo, visto que a incerteza é relativamente pequena para interferir nos erros, de modo que ultrapasse os 120 μm que a literatura define como um valor aceitável clinicamente.

No que se refere aos dados das cotas angulares, fornecidos nos relatórios da Mitutoyo, foram convertidas para ângulos decimais para auxiliar nos cálculos de erro e desvio padrão.

Ao analisar os dados de todas as cotas da peça BETA em relação as espessuras dos discos de PMMA, identificamos valores percentuais de exatidão muito próximos, indicando uma estabilidade no equipamento após a manutenção corretiva. Na Tabela 35 são apresentados os percentuais de exatidão das cotas com valores menores e iguais a 120 μm .

Tabela 35 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 μm

| DWX-50 | $\leq 120 \mu\text{m}$ |
|----------------------------|------------------------|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 67,74% |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 67,74% |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 70,97% |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 67,74% |
| Média | 68,55% |

Fonte: Autoria Própria.

5.7.1 Cotas Pequenas

Os resultados das cotas classificadas como pequenas são apresentadas nas Figuras 89, 90, 91 e 92 que ilustram os gráficos do erro médio com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Já as Figuras 101, 102, 103 e 104 apresentam os gráficos do erro médio com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão das cotas angulares classificadas como pequenas

As medidas das cotas 6, 7, 8, 11, 14, 32 e 33 são os resultados da usinagem utilizando os 5 eixos da fresadora odontológica. Analisando os resultados dos gráficos,

podemos evidenciar que as cotas 6, 7, 8, 11 e 14 apresentaram valores de erros médios superiores ao limite definido pela literatura.

As cotas 6 e 7 representam os raios de 1,5 mm, sendo que a cota 6 ficou fora da especificação para todos os blocos de PMMA e a cota 7 ficou fora da especificação para os blocos de PMMA de 14 mm, 16 mm e 20 mm. O maior erro médio encontrado para a cota 6 foi de 424 μm com o desvio padrão de 0,1333 μm . Já o maior erro médio encontrado para a cota 7 foi de 249,2 μm com o desvio padrão de 0,1119 μm .

A cota 8 ficou fora da especificação para os blocos de PMMA de 16 mm, 20 mm e 25 mm, com o maior erro médio de 416,60 μm e o desvio padrão de 0,340 μm . Já a dimensão da cota 11 ficou fora da especificação para todos os blocos de PMMA, destacando o maior erro médio de 348,4 μm e o desvio padrão de 0,1412 μm para o bloco de 25 mm da empresa PrimaVita.

A cota 14 ficou fora da especificação para os blocos de PMMA de 14 mm e 25 mm, com o maior erro médio de 137,80 μm e o desvio padrão de 0,044 μm .

5.7.2 Cotas Médias

As cotas classificadas como médias são apresentadas nas Figuras 93, 94, 95 e 96, que ilustram os gráficos do erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Avaliando os resultados dos gráficos, podemos evidenciar que as cotas 9 e 26 apresentaram valores de erros médio superiores ao limite definido pela literatura.

De acordo com a geometria da peça, a cota 9 possibilita avaliar a qualidade de usinagem da fresadora odontológica com a utilização dos 4 eixos do equipamento, pois esta cota está localizada na superfície inferior da peça, ou seja, o eixo A da fresadora odontológica teve que rotacionar 180 graus durante o processo de usinagem. O erro médio desta cota, para os blocos de PMMA de 14 mm, 16 mm e 25 mm, apresentaram valores acima do tolerável clinicamente, destacando o maior erro médio de 198,2 μm e o desvio padrão de 0,131 μm para o bloco de 25 mm da empresa PrimaVita.

Já a cota 26 representa o comprimento de 5 mm do rebaixo da peça BETA, e apresentou para todos os blocos de PMMA valores fora da especificação clínica, destacando o maior erro médio de 225,4 μm e o desvio padrão de 0,016 μm .

5.7.3 Cotas Grandes

Em relação aos resultados da análise das cotas classificadas como grandes, podemos destacar as Figuras 97, 98, 99 e 100, que ilustram os gráficos do erro médio, com seus respectivos valores máximos e mínimos, além dos gráficos com desvio padrão. Observando os gráficos, podemos notar que as cotas 2, 12, 13, 24 e 25, apresentaram valores de erros médios superiores ao limite definido pela literatura.

As cotas 2, 3, 4, 5 e 14 estão localizadas na superfície inferior da peça, ou seja, o eixo A da fresadora odontológica teve que rotacionar 180 graus durante o processo de usinagem. Destas cotas, somente a cota 2 ficou fora da especificação para os blocos de 14 mm, 20 mm e 25 mm, com o maior erro médio encontrado de 484,6 μm e o desvio padrão de 0,955 μm .

A cota 12 representa o comprimento de 7 mm da rampa com inclinação de 45°, e apresentou valores fora da tolerância para todos os blocos de PMMA, destacando o maior erro médio de 378 μm e o desvio padrão de 0,054 μm para o bloco de 25 mm da empresa PrimaVita.

Já a cota 13 representa a largura de 7 mm da rampa com inclinação de 45°, e apresentou valores fora da tolerância para todos os blocos de PMMA da empresa PrimaVita, destacando o maior erro médio de 162,8 μm e o desvio padrão de 0,044 μm para o bloco de 25 mm.

A cota 24 representa a altura de 10 mm da peça BETA e demonstrou valores fora da especificação clínica para os blocos de PMMA de 14 mm, 16 mm e 20 mm, sendo que o maior erro médio foi de 157,8 μm e o desvio padrão de 0,033 μm para o bloco de 20 mm.

A cota 25 representa a altura entre os rebaixos e apresentou valores fora da tolerância para todos os blocos de PMMA, ressaltando o maior erro médio de 206,8 μm e o desvio padrão de 0,0348 μm para o bloco de 16 mm da empresa PrimaVita.

5.7.4 Análise dos materiais

As Figuras 105 e 106 representam, respectivamente, o erro médio e o desvio padrão para todas as cotas, classificadas conforme a espessura e o fabricante dos discos de PMMA. Na Tabela 36 são apresentadas as médias dos erros médios de todas as cotas classificadas conforme a espessura do bloco. Nesta tabela, após uma

análise mais ampla, notamos que todos os blocos apresentaram erros médios inferiores a 120 μm .

Na Tabela 37 são apresentados os erros médios classificados conforme os fornecedores dos materiais de PMMA. Os valores ficaram próximos com uma diferença superior de 3,01 μm para o fabricante PrimaVita.

Tabela 36 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separada em relação a espessura do disco de PMMA

| DWX-50 | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 97,07 | 0,0353 |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 109,31 | 0,0946 |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 114,49 | 0,1778 |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 108,26 | 0,0531 |

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 37 – Erro médio de todas as cotas da peça BETA, separada em relação ao fornecedor

| DWX-50 | Erro médio (μm) | Desvio Padrão (μm) |
|-----------|------------------------------|---------------------------------|
| Provi-CAD | 105,78 | 0,1285 |
| PrimaVita | 108,79 | 0,0761 |

Fonte: Autoria Própria.

5.7.5 Análise da Contabilização do Maior Erro de acordo com a Posição da Peça

De acordo com os gráficos apresentados nas Figuras 105, 106, 107 e 108 e na Tabela 38, podemos afirmar, **ponderando que a peça BETA possui 33 cotas**, que as peças que estavam localizadas na posição Leste apresentaram os menores erros, considerando os 4 blocos de PMMA com espessuras diferentes, em contrapartida, as peças localizadas nas posições Centro e Norte apresentaram a maior média de erros.

Tabela 38 - Média da contabilização do erro dos dois fornecedores dos blocos de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 7 | 8,25 | 5 | 5,75 | 7 |
| L | 5,75 | 6,25 | 7,25 | 7,5 | 6,3 |
| O | 6,75 | 9,75 | 6,25 | 5,5 | 4,8 |
| S | 6,5 | 4,75 | 7,25 | 7,5 | 7 |
| C | 7,75 | 5,5 | 7 | 6,25 | 6,5 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 39 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 14 mm e 20 mm da empresa Provi-CAD. Podemos destacar a menor média de 5 cotas para o maior erro localizado na região do Sul. Já as peças localizadas na região Norte apresentaram a maior média do maior erro de 9,5 cotas.

Tabela 39 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa Provi-CAD de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 9,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 8,5 |
| L | 5,5 | 6 | 7,5 | 8 | 6 |
| O | 6,5 | 9,5 | 8 | 5,5 | 3,5 |
| S | 5 | 5,5 | 7 | 8 | 7,5 |
| C | 7 | 5,5 | 6,5 | 8,5 | 5,5 |

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 40 são apresentadas as médias da contabilização do erro dos dois blocos de 16 mm e 25 mm da empresa PrimaVita. Podemos destacar a menor média de 6 cotas para o maior erro localizado na região do Leste. Já as peças localizadas nas regiões Centro e Sul apresentaram a maior média do maior erro de 8,5 cotas.

Tabela 40 – Média da contabilização do erro dos dois blocos de PMMA da empresa PrimaVita de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem, considerando o total das 33 cotas da peça BETA

| Posição | Média 1º Erro | Média 2º Erro | Média 3º Erro | Média 4º Erro | Média 5º Erro |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N | 4,5 | 9,5 | 5,5 | 8 | 5,5 |
| L | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 6,5 |
| O | 7 | 10 | 4,5 | 5,5 | 6 |
| S | 8 | 4 | 7,5 | 7 | 6,5 |
| C | 8,5 | 5,5 | 7,5 | 4 | 7,5 |

Fonte: Autoria Própria.

5.8 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DA USINAGEM DE 4 EIXOS E 5 EIXOS DA FRESADORA ODONTOLÓGICA DWX-50.

Quando efetuamos a comparação da qualidade de usinagem entre a operação com os 4 eixos e os 5 eixos da fresadora odontológica DWX-50, podemos destacar que houve uma diminuição na exatidão das cotas em 6,8% nas peças BETA, quando comparamos a média dos resultados das peças GAMA. Assim, alguns itens precisam ser citados para auxiliar na compreensão dos resultados quando resolvemos propor esta comparação:

- a) A fresadora odontológica DWX-50 utiliza motores de passo para o

acionamento dos cinco eixos, não possui sensores para efetuar leituras de posicionamento e velocidade, opera com um controle de malha aberta e utiliza um sistema com cabos de forças enrolados em sentidos opostos nos eixos X, Y e Z e duas engrenagens helicoidais para os eixos A e B;

- b) O eixo B permite uma inclinação no máximo de 20 graus;
- c) O sistema do *spindle* possui uma velocidade máxima de 30000 RPM e utiliza uma pinça para acoplar e desacoplar a fresa;
- d) A peça BETA possui um corte com uma angulação máxima de 20 graus;
- e) Os condicionamentos dos desenhos CAD foram realizados no mesmo *software* CAM Millbox para as peças GAMA e BETA;
- f) Para ambas peças GAMA e BETA foram mantidas as mesmas estratégias de usinagem aplicadas para os 4 tipos de tarefas: velocidade de avanço dos eixos X, Y e Z; velocidade de desbaste; avanço bi-rotacional (rotacional e anti-rotacional) nos eixos X, Y e Z e as mesmas características das fresas;
- g) A fresadora Odontológica DWX-50 apresentou inúmeras mensagens de erros durante a usinagem da peça GAMA aplicada aos blocos de 20 mm e 25 mm
- h) É importante evidenciar que a utilização dos 5 eixos simultâneos na fresadora odontológica só ocorreu na execução das usinagens das cotas 6, 7, 8, 11, 14, 32 e 33.
- i) Somente a peça GAMA localizada na região Sul, ponto fiducial, ficou com o seu posicionamento alterado em 90 graus quando comparado com as peças localizadas nas regiões Leste, Norte, Oeste e Centro;
- j) Já as peças BETA ficaram todas com uma inclinação de 45 graus para auxiliar no processo de usinagem utilizando os 5 eixos da fresadora odontológica. Foi mantido o ponto fiducial na região Sul.
- k) Todas as peças usinadas, GAMA e BETA, foram enviadas para o mesmo laboratório Mitutoyo, que utilizou o mesmo equipamento calibrado e sensor para aferir as peças.

Com os resultados apresentados das cotas 6, 7, 8, 11 e 14 referentes a peça

BETA, notamos que o equipamento DWX-50 obteve dificuldades em manter a exatidão no corte de 20 graus da peça. Isso é justificável pelo fato de trabalharmos com o maior ângulo de inclinação permitido para o equipamento durante o processo de usinagem.

Quando retiramos da análise as cotas referentes a usinagem em 5 eixos, notamos que acurácia alcança a média de 77,88%, conforme apresentado na Tabela 41.

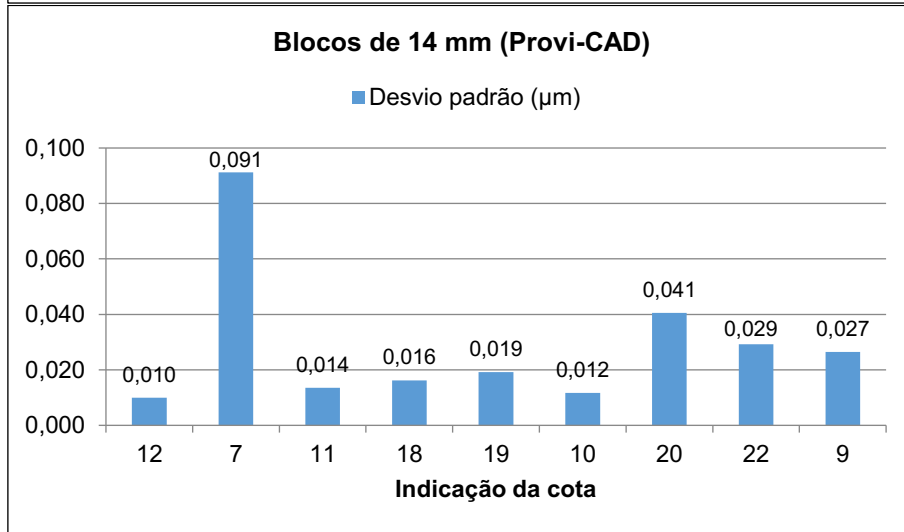
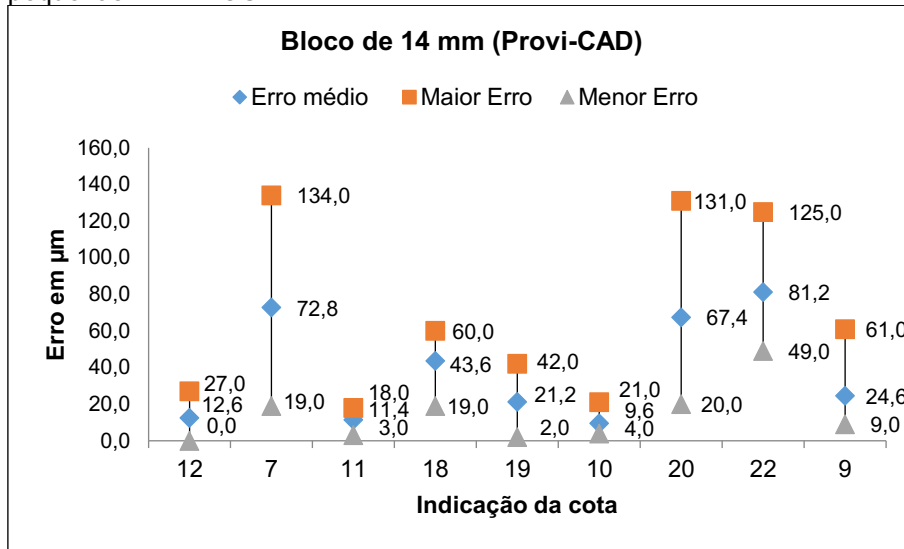
Tabela 41 – Percentual de aproveitamento das dimensões das cotas com valores inferiores e igual a 120 μm

| DWX-50 | $\leq 120 \mu\text{m}$ |
|----------------------------|------------------------|
| Disco de 14 mm (Provi-CAD) | 76,92% |
| Disco de 16 mm (PrimaVita) | 76,92% |
| Disco de 20 mm (Provi-CAD) | 80,77% |
| Disco de 25 mm (PrimaVita) | 76,92% |
| Média | 77,88% |

Fonte: Autoria Própria.

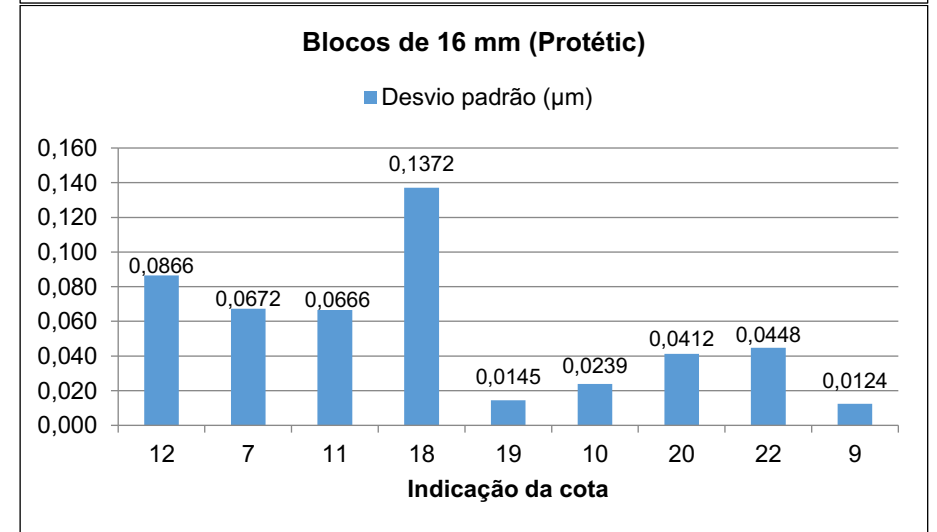
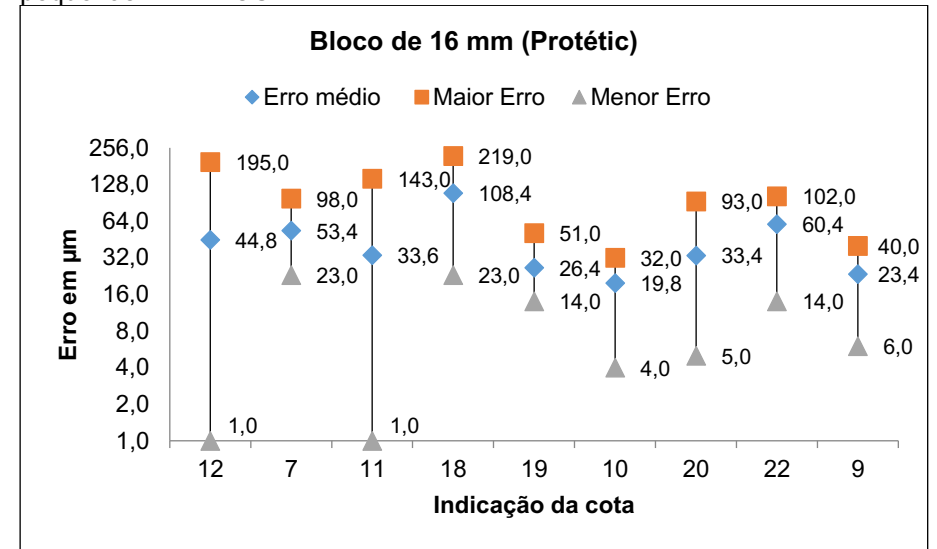
E se consideramos os resultados da peça GAMA referentes aos erros médios e a falha mecânica do equipamento durante o processo de usinagem, a exatidão alcançada foi de 73,21%. Ou seja, o posicionamento de 45 graus na peça no *software* CAM Millbox aplicado para a fresadora odontológica DWX-50 não interferiu significativamente, aumento de 6,37%, na qualidade da acurácia das peças.

Figura 71 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS



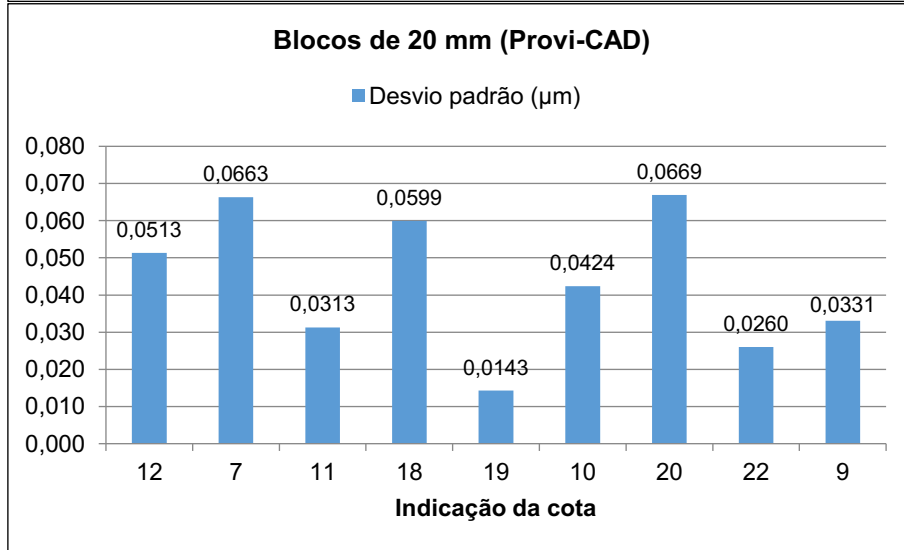
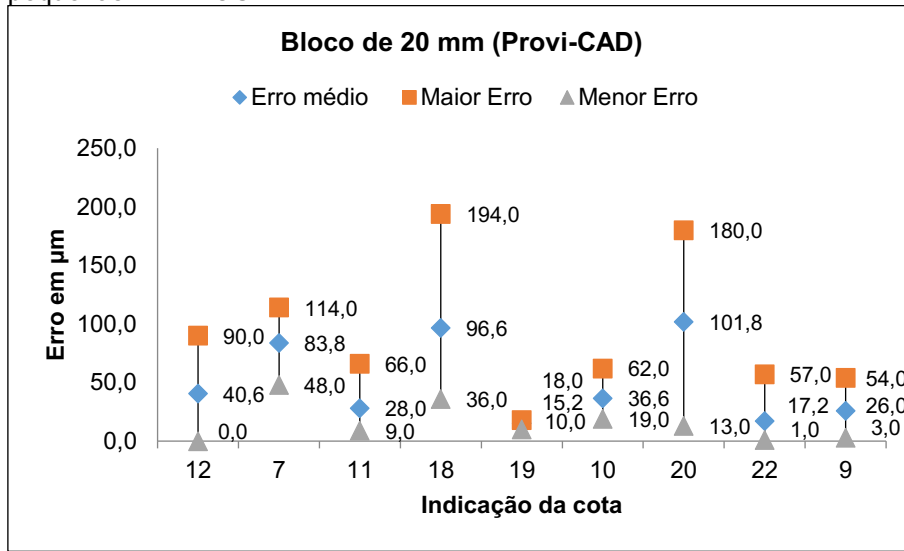
Fonte: Autoria Própria.

Figura 72 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 4 EIXOS



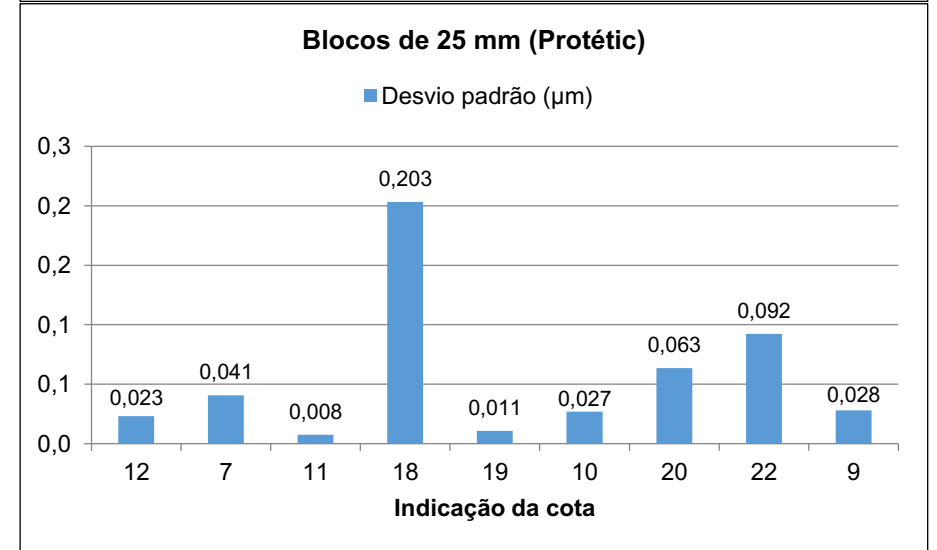
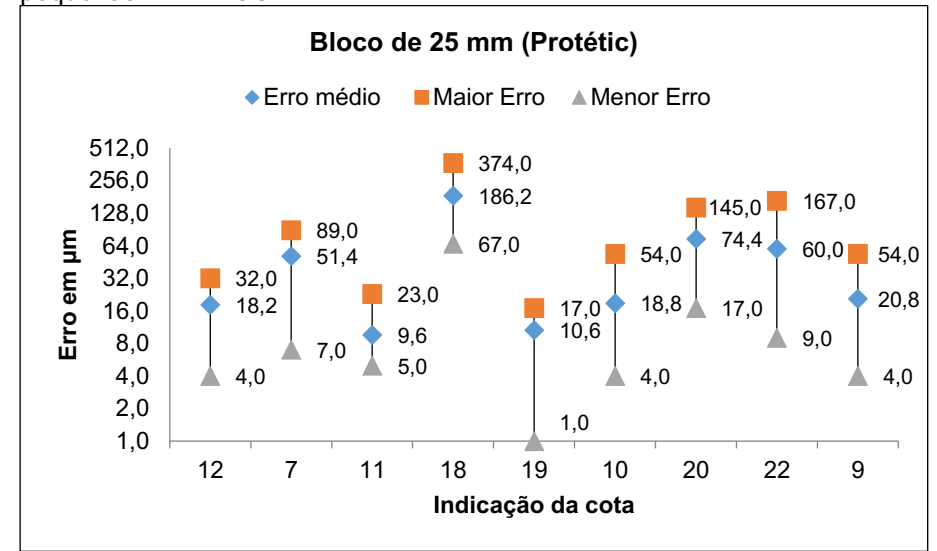
Fonte: Autoria Própria.

Figura 73 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas- 4 EIXOS



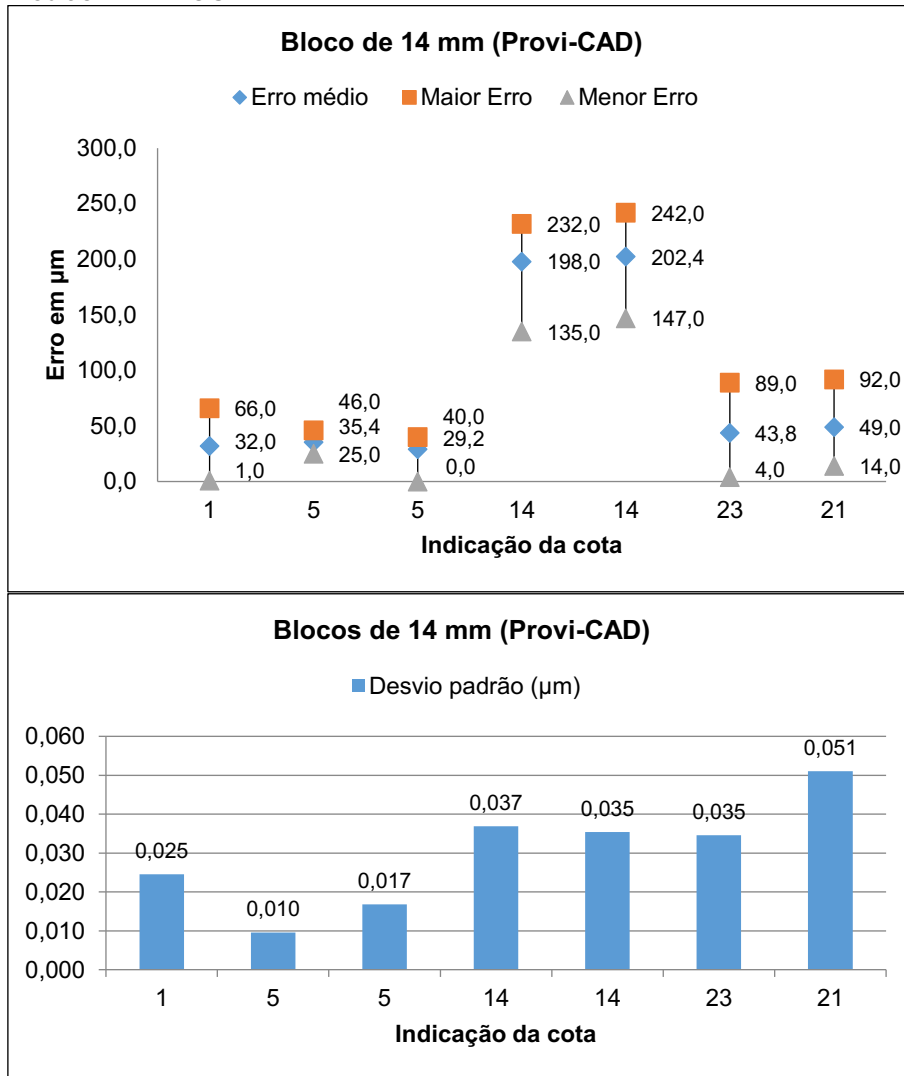
Fonte: Autoria Própria.

Figura 74 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas - 4 EIXOS



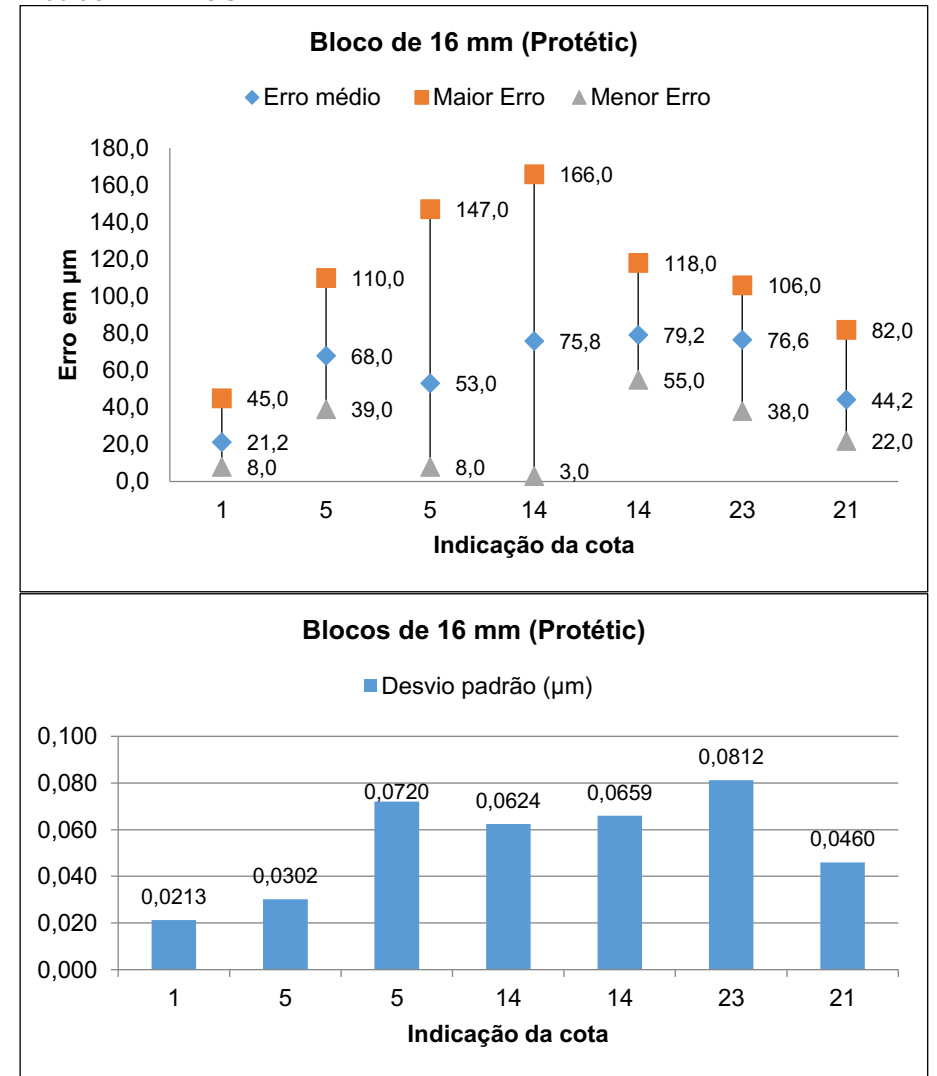
Fonte: Autoria Própria.

Figura 75 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



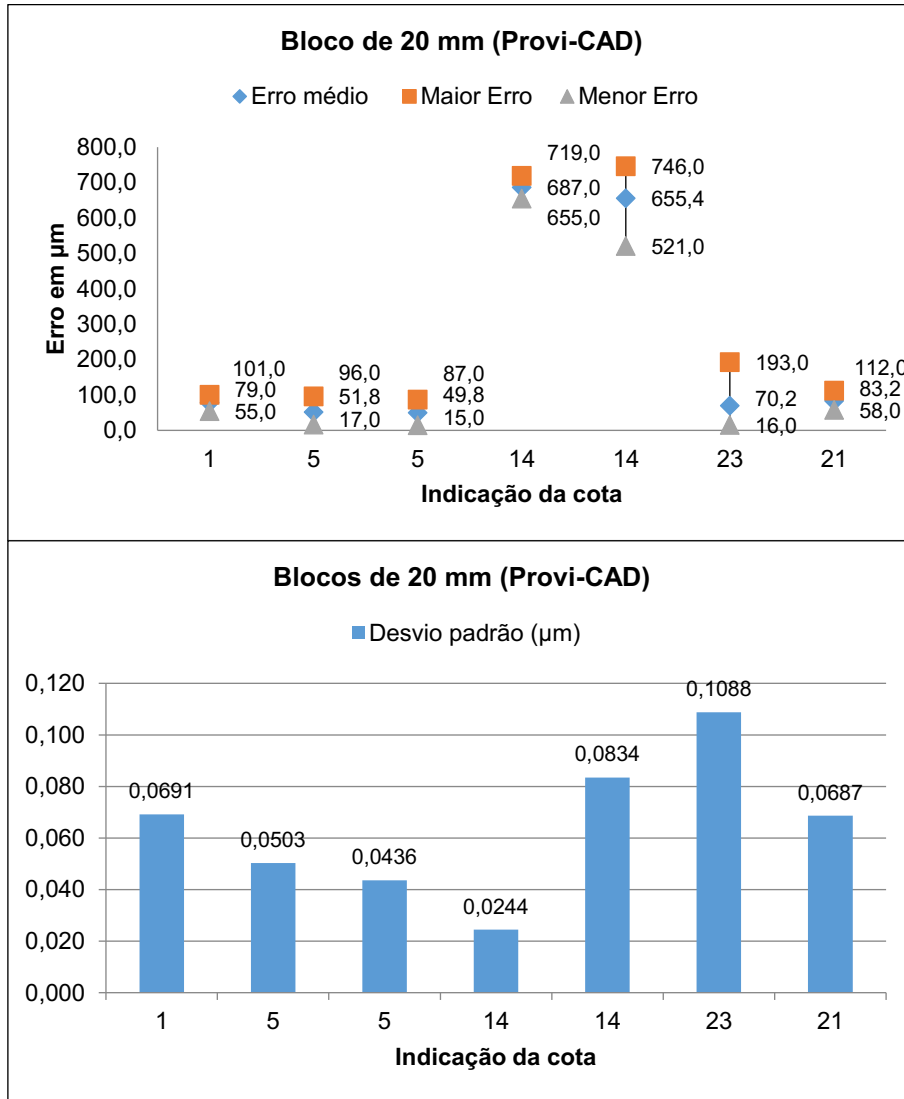
Fonte: Autoria Própria.

Figura 76 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



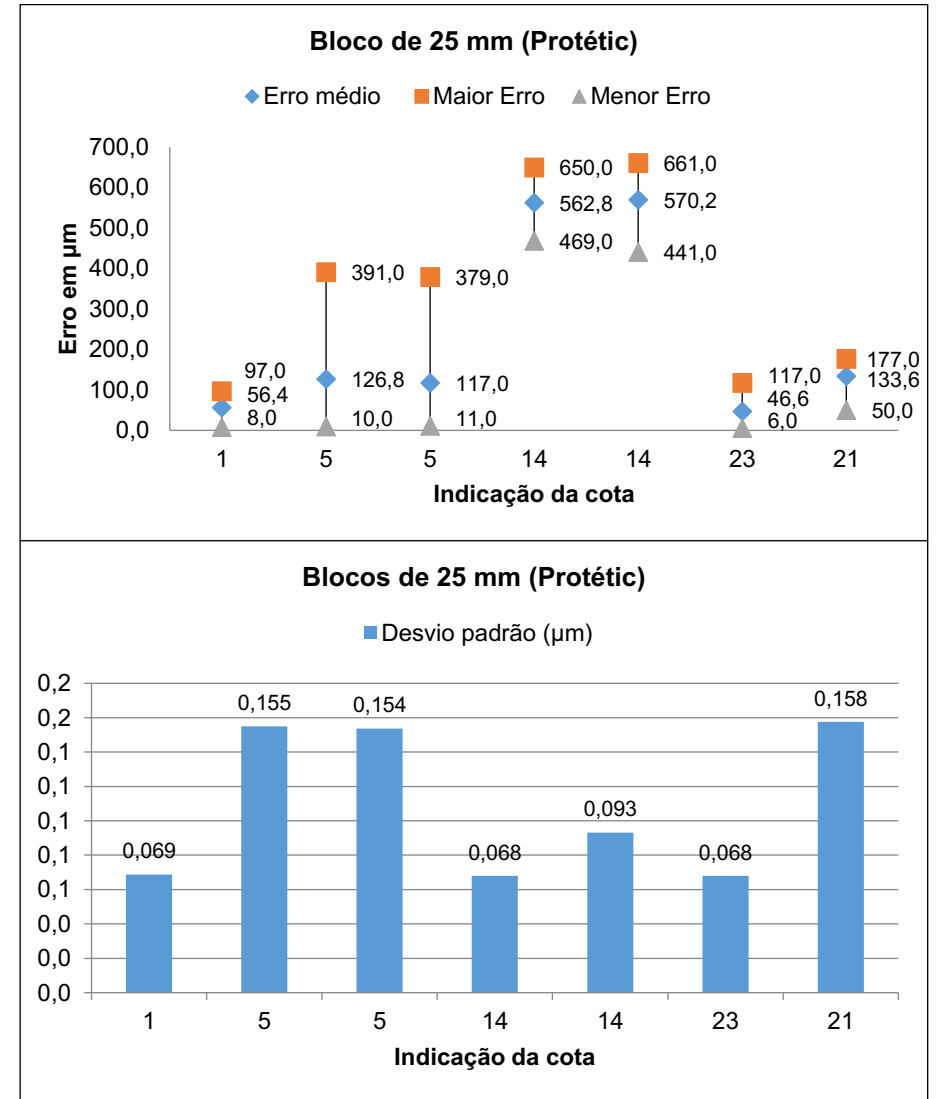
Fonte: Autoria Própria.

Figura 77 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



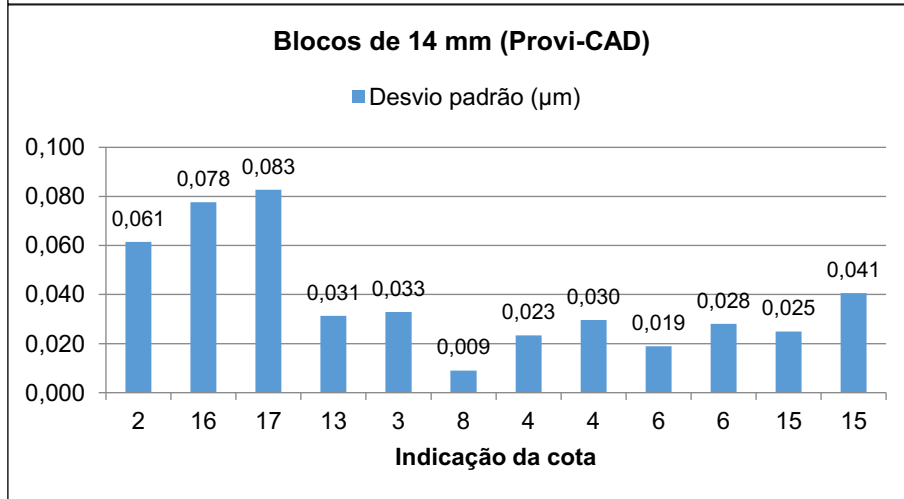
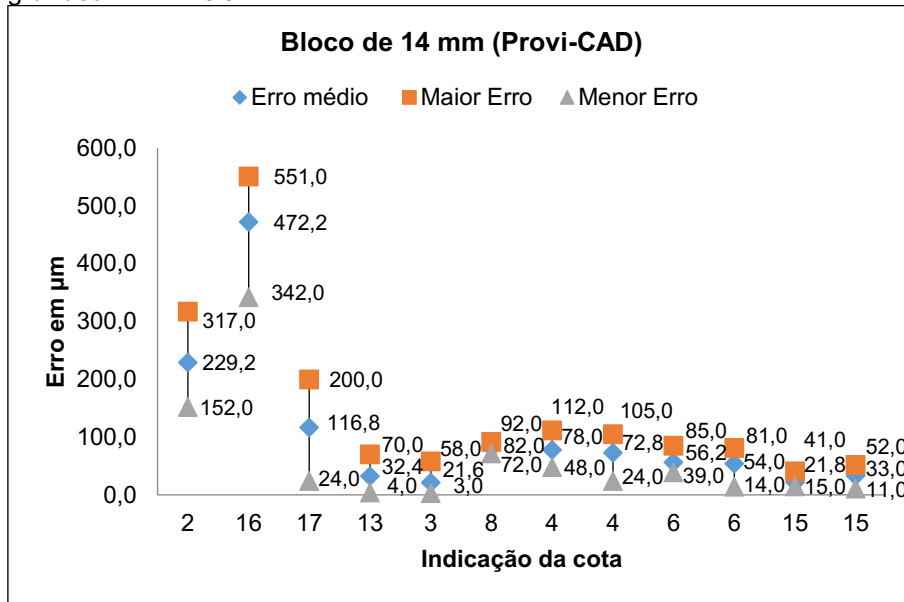
Fonte: Autoria Própria.

Figura 78 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 4 EIXOS



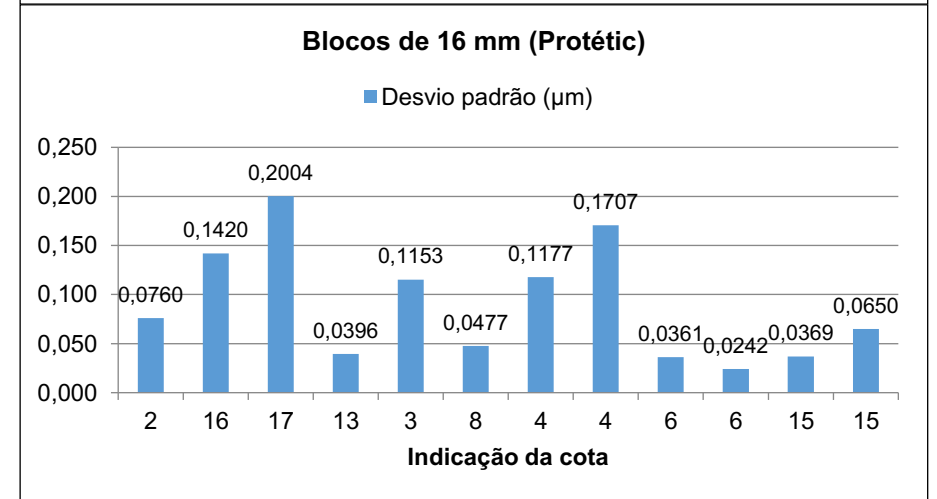
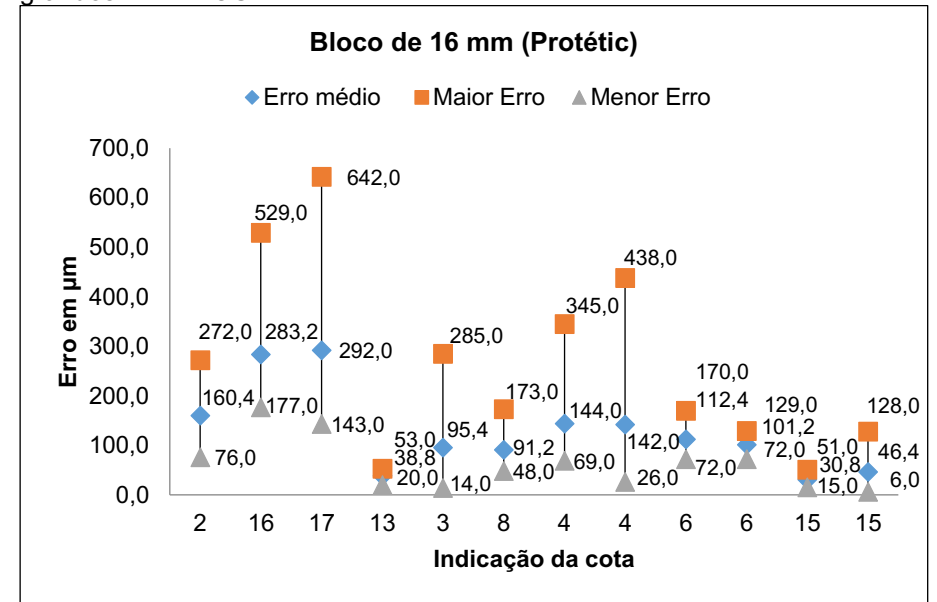
Fonte: Autoria Própria.

Figura 79 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 80 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 81 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS

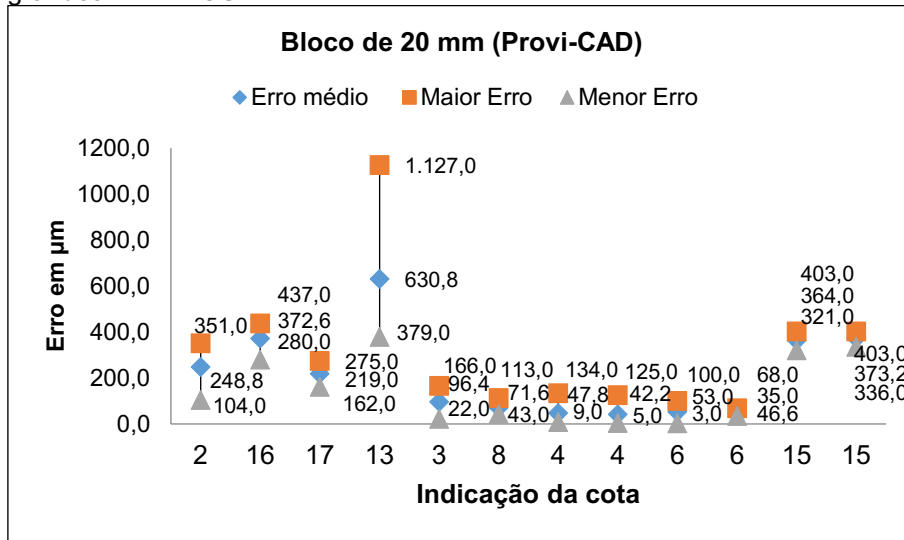
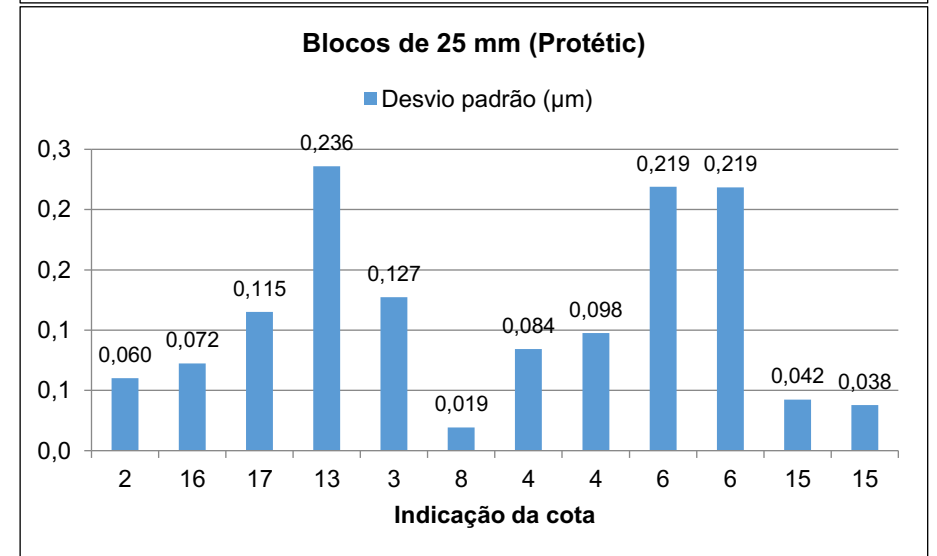
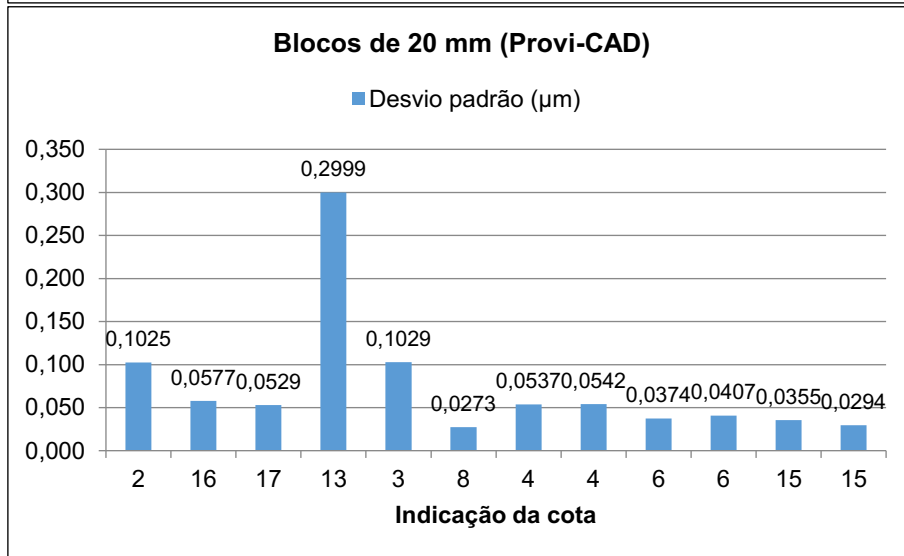
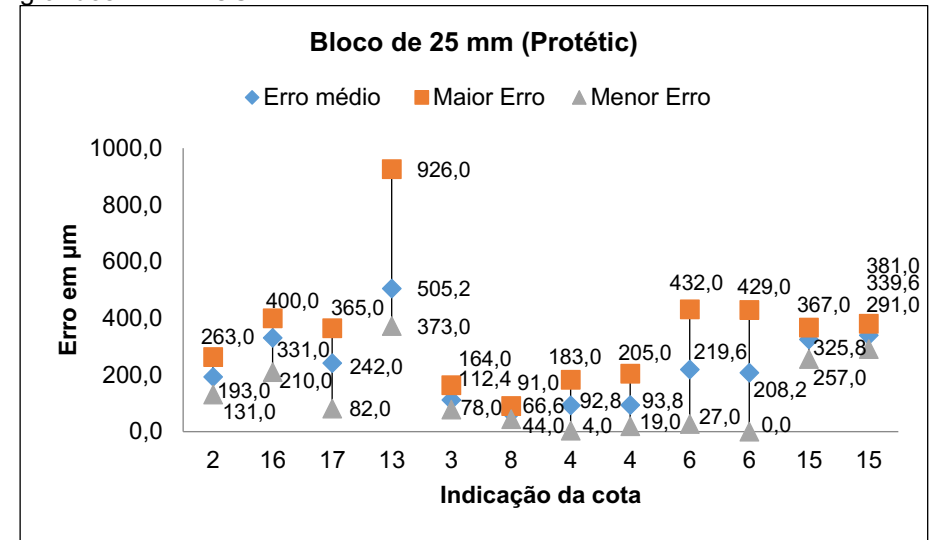


Figura 82 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 83 - Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 4 EIXOS

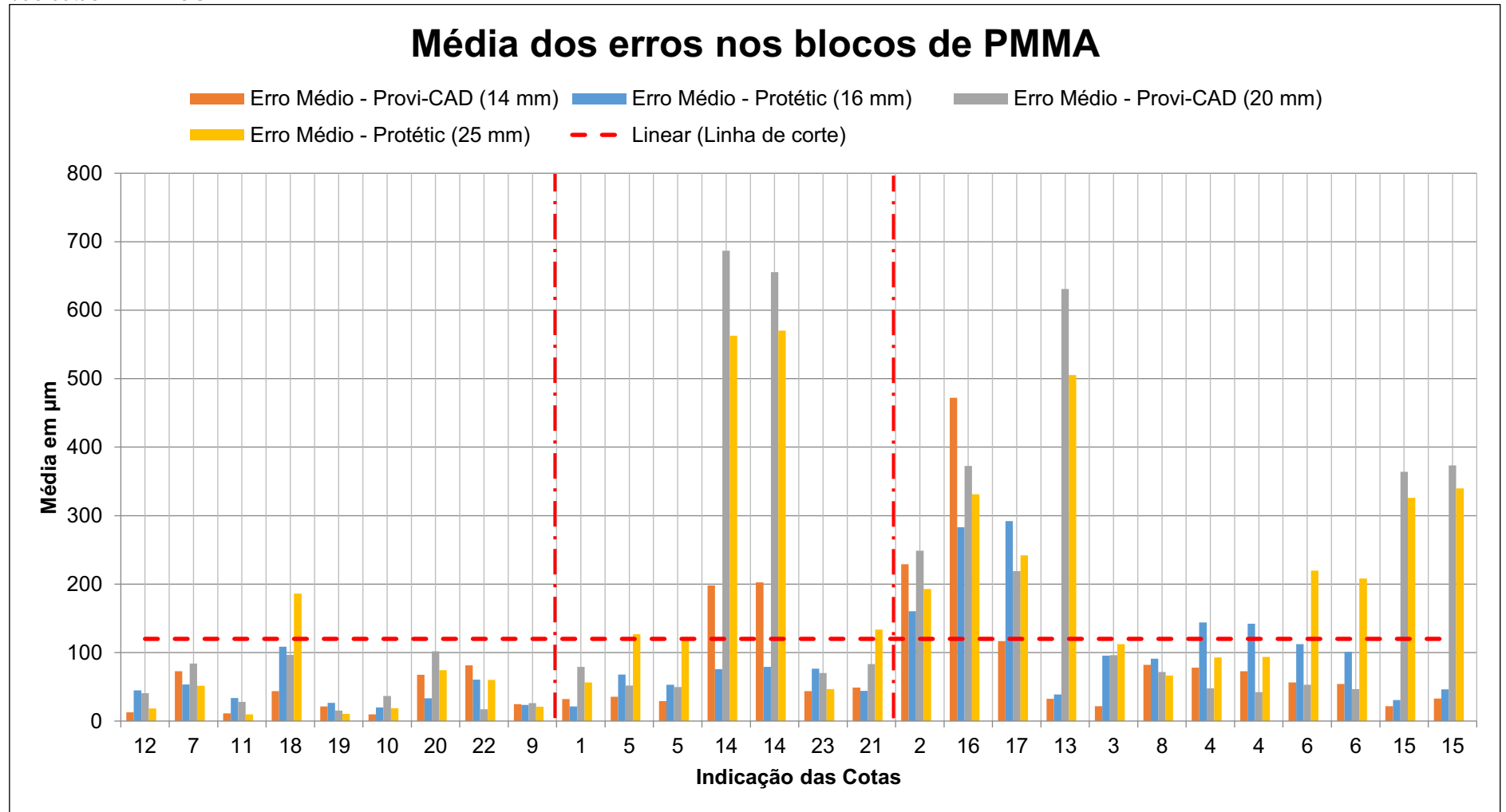
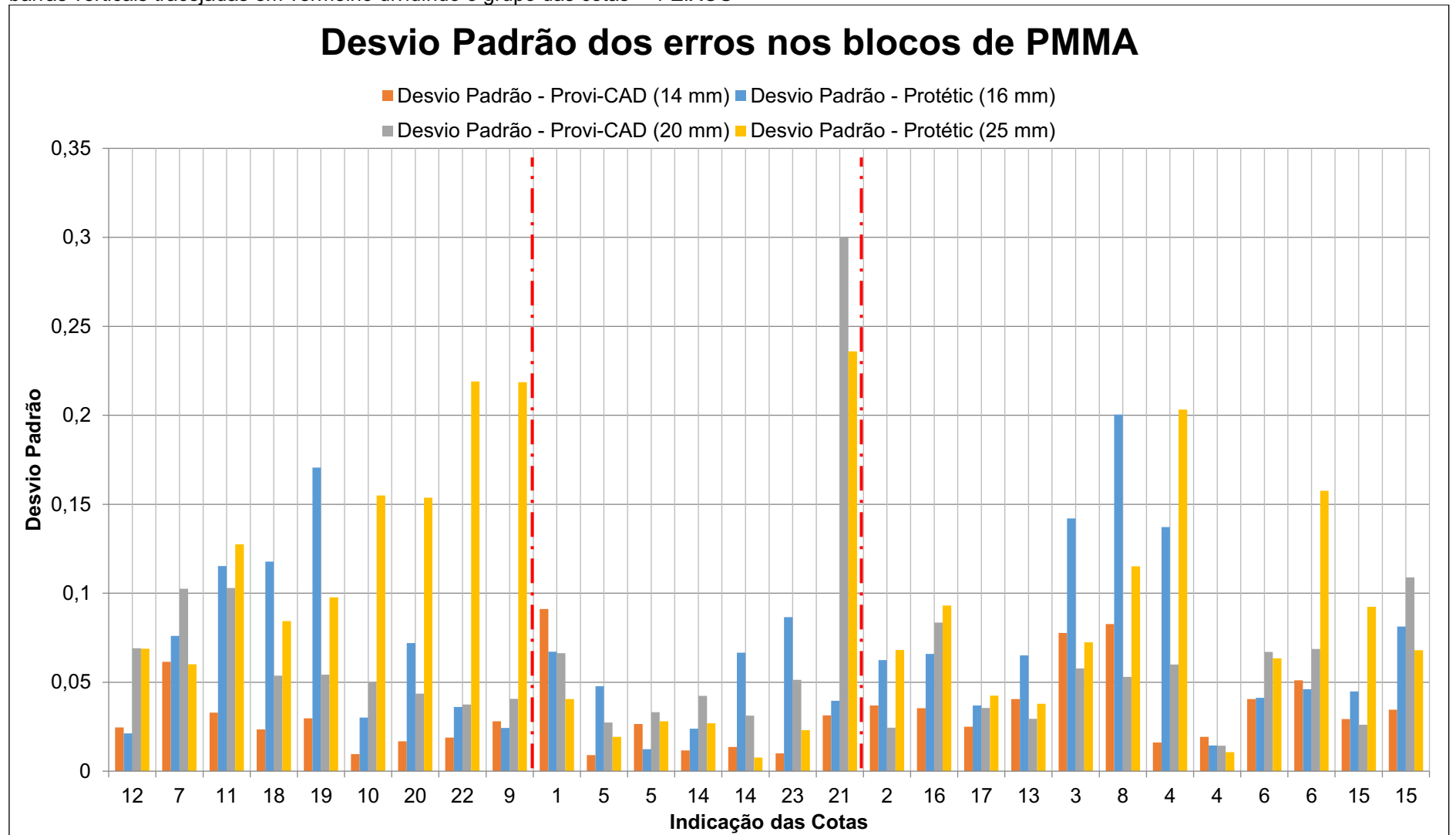
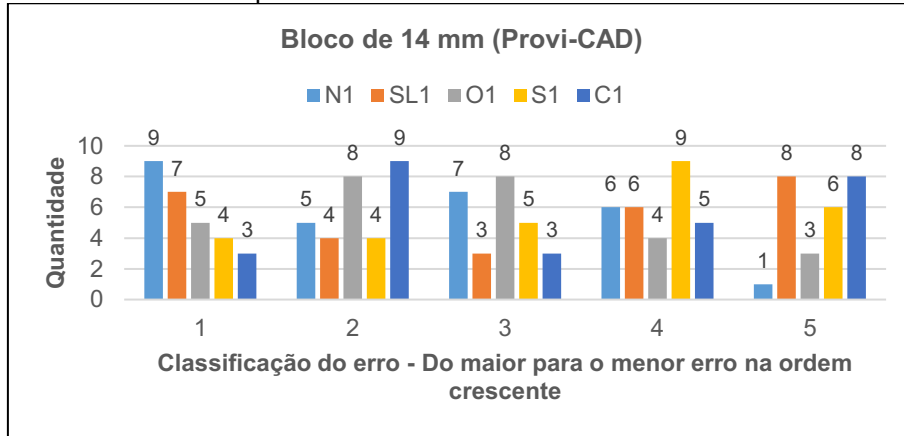


Figura 84 - Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 4 EIXOS



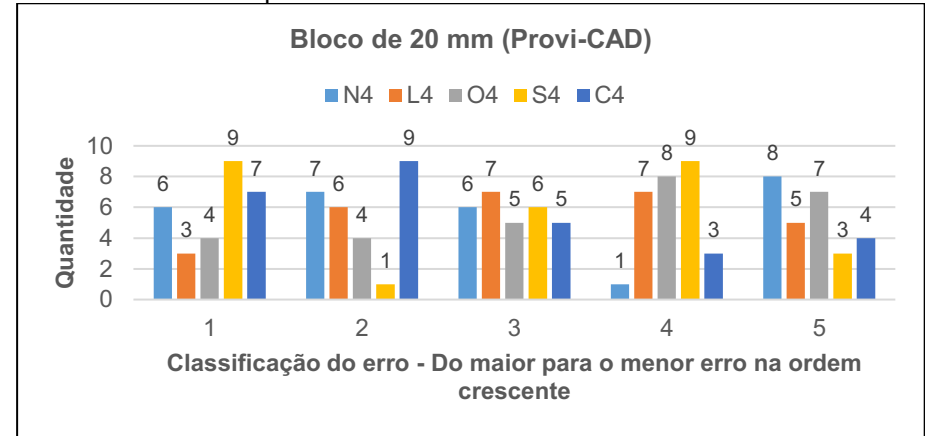
Fonte: Autoria Própria.

Figura 85 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



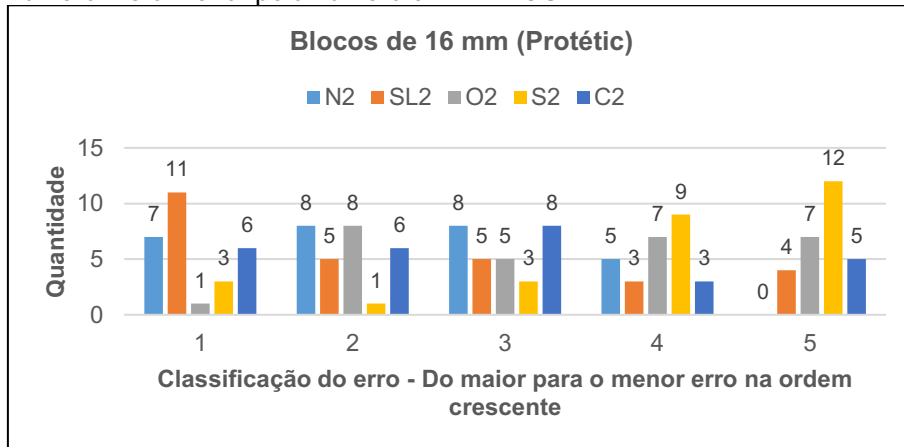
Fonte: Autoria Própria.

Figura 87 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



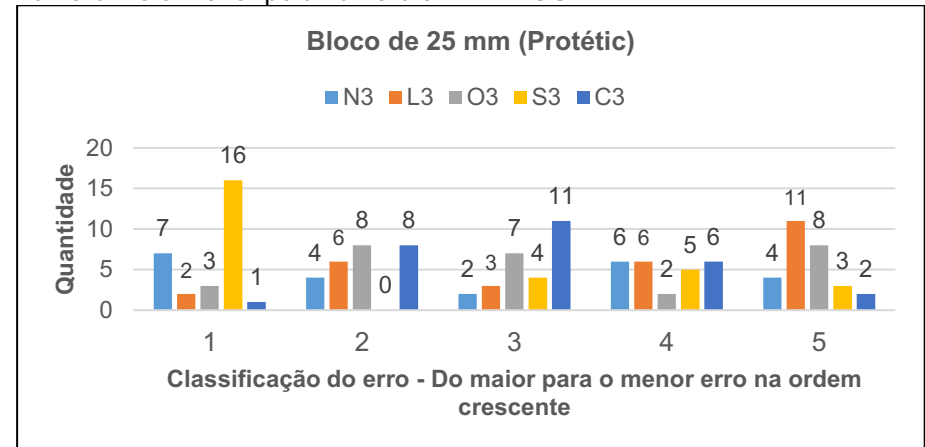
Fonte: Autoria Própria.

Figura 86 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 88 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 4 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 89 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS

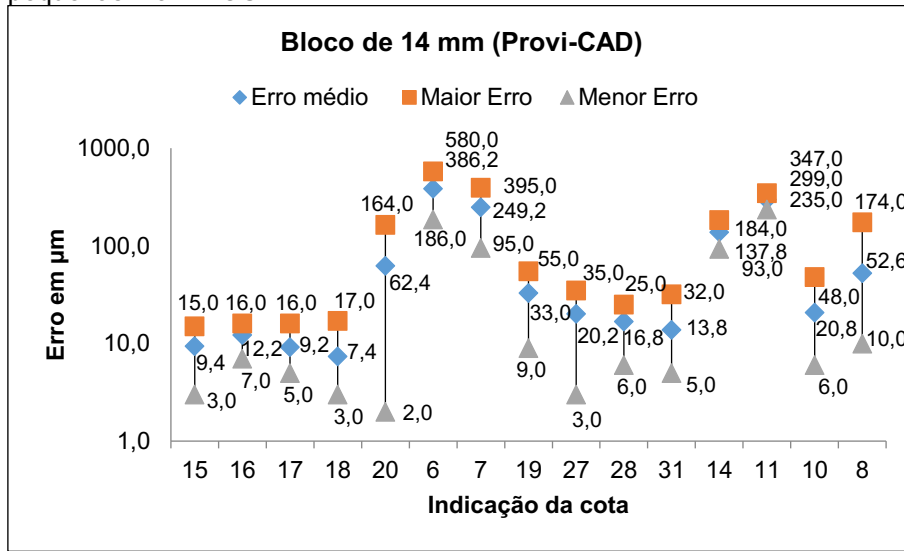
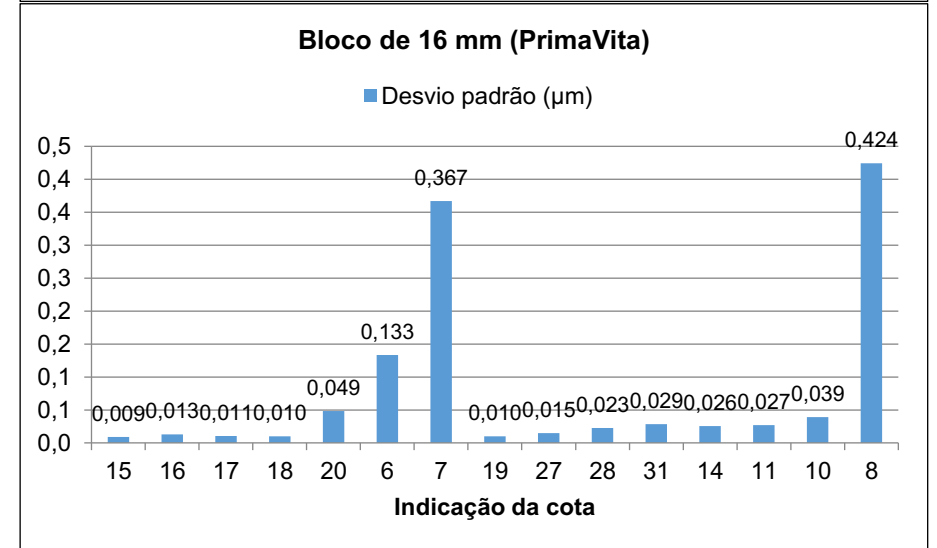
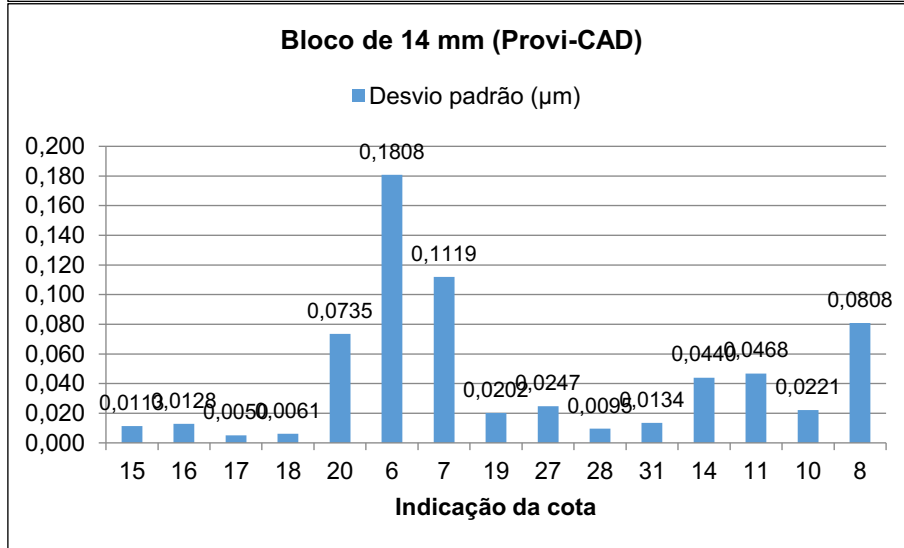
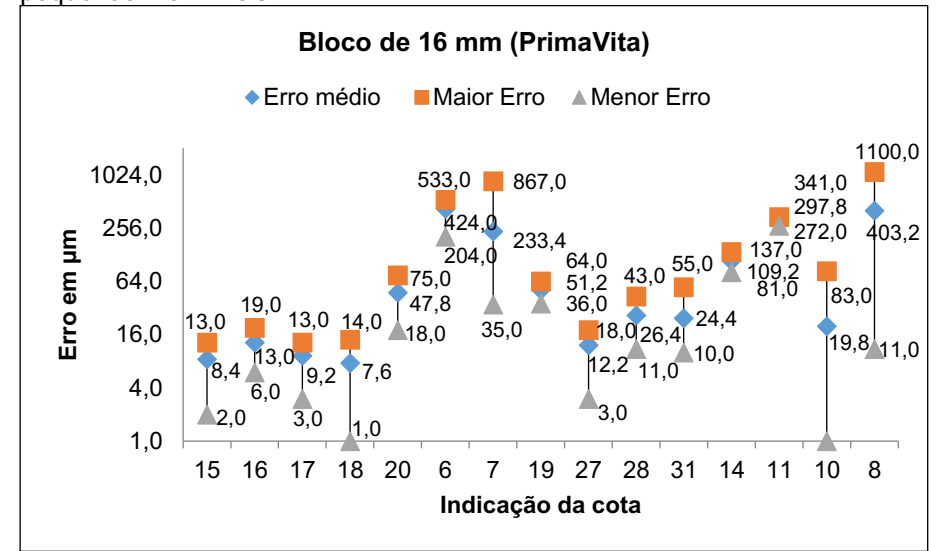


Figura 90 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 91 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS

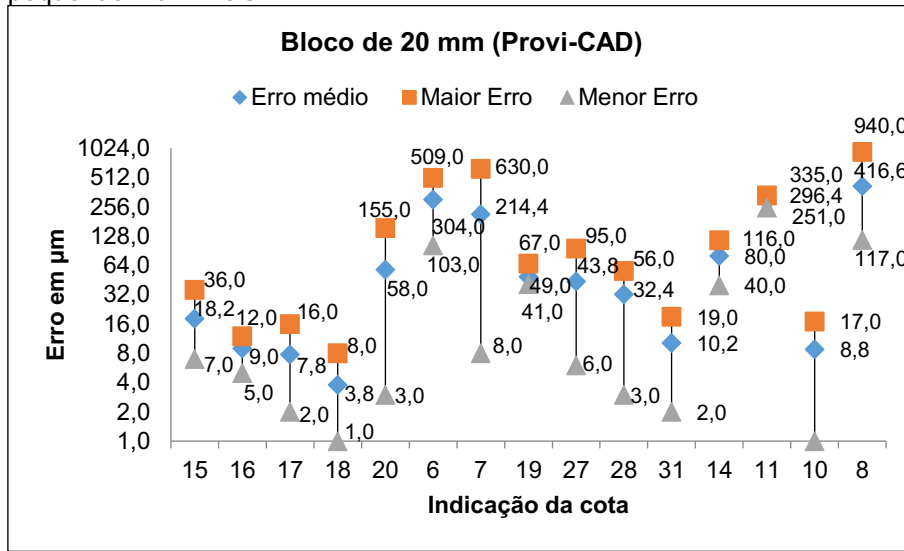
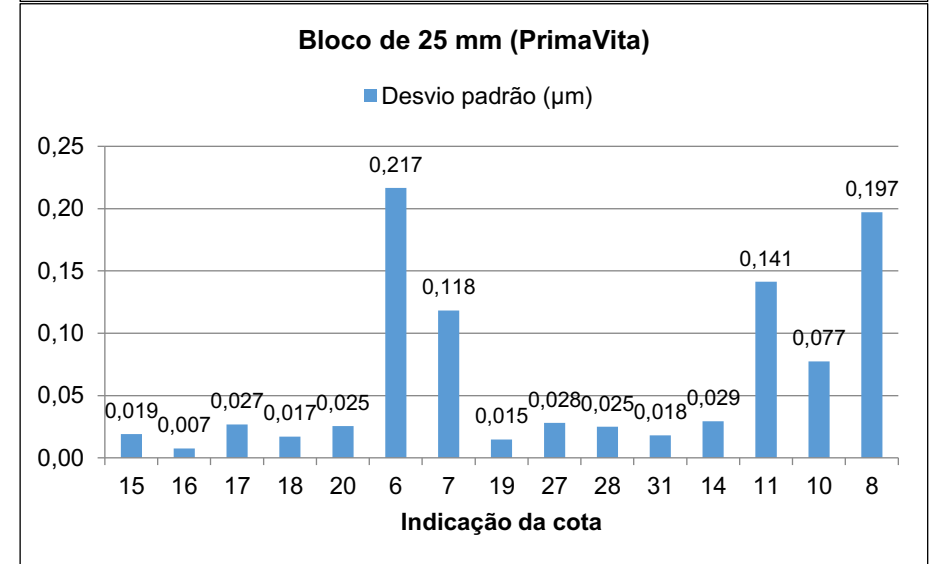
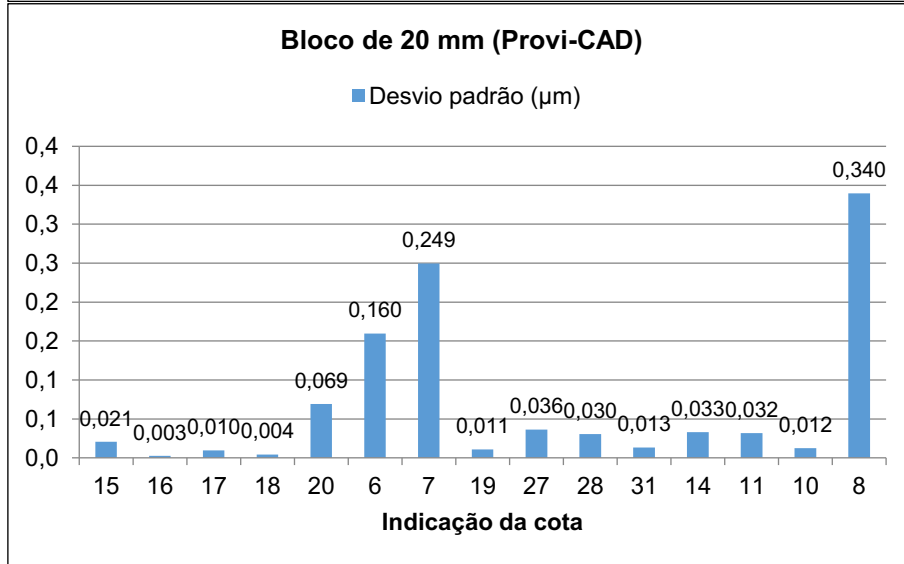
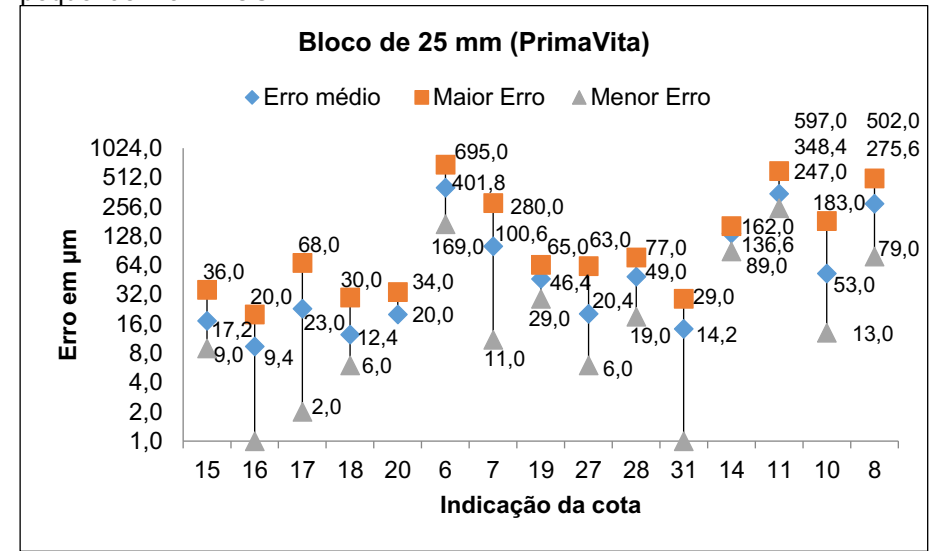


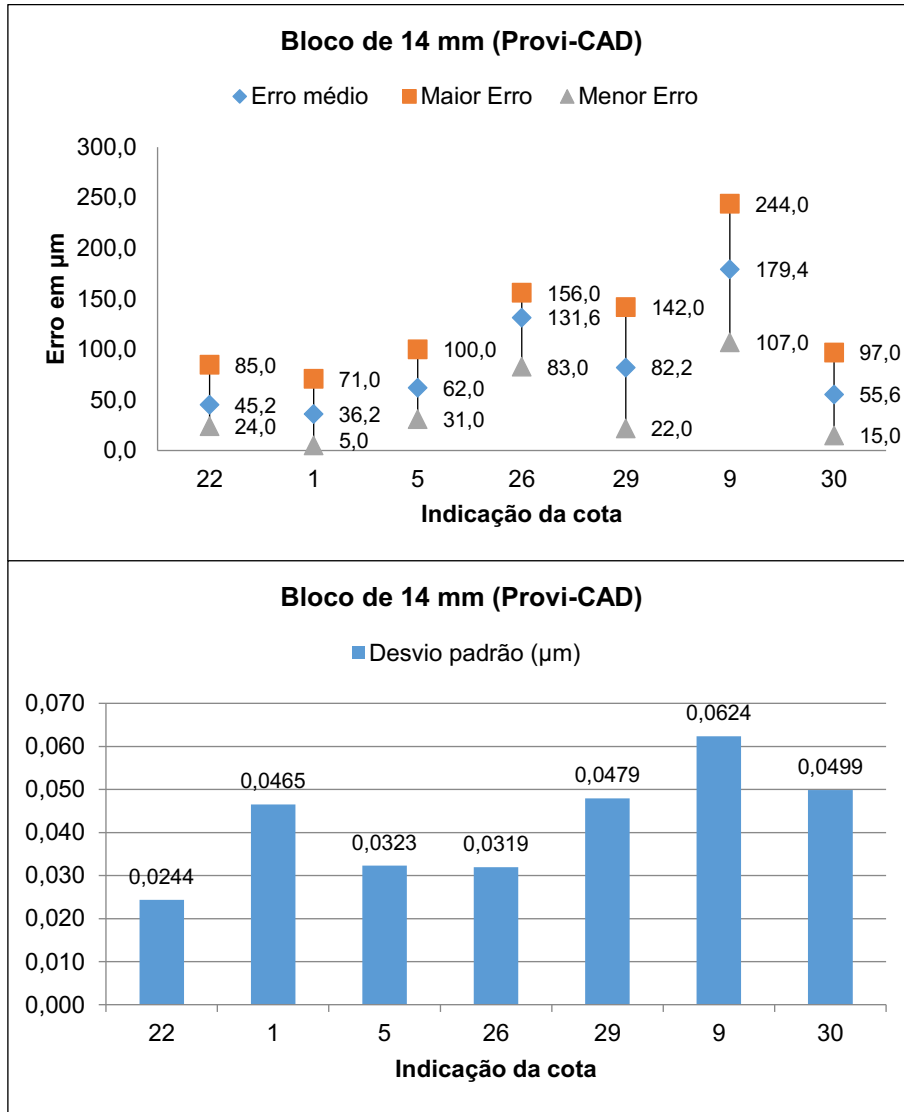
Figura 92 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como pequenas – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

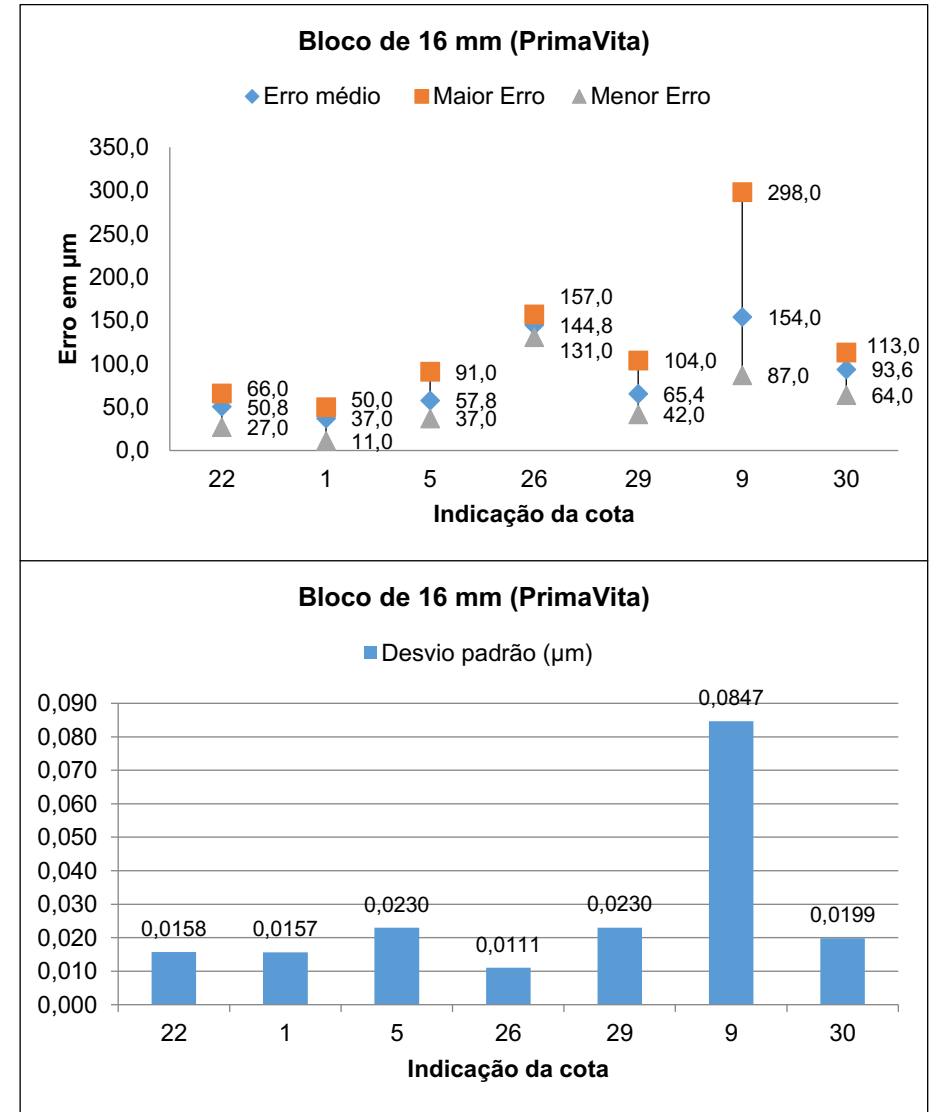
Fonte: Autoria Própria.

Figura 93 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



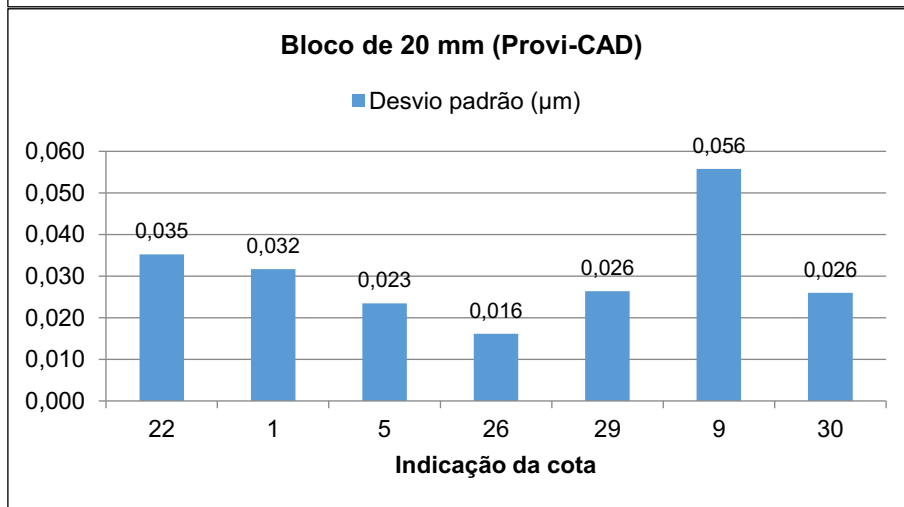
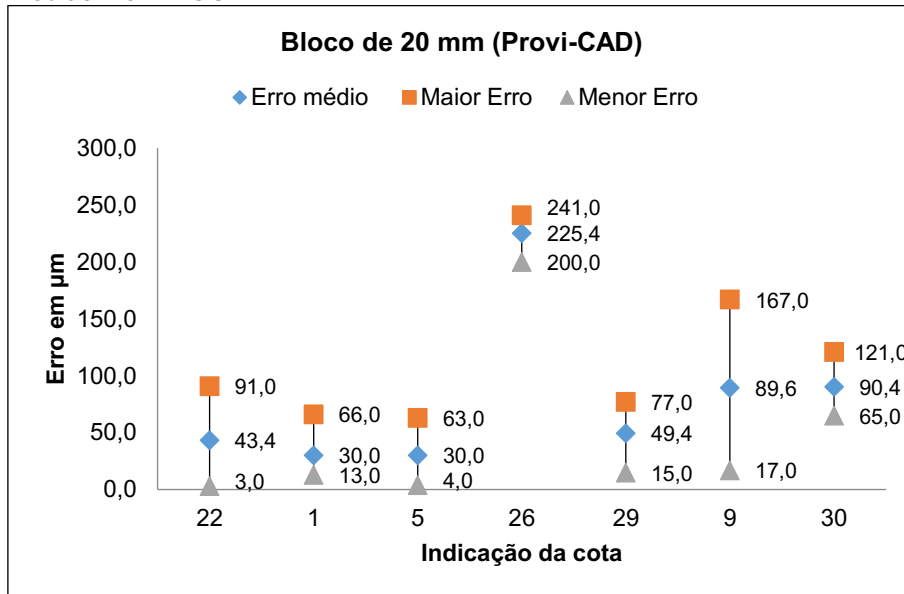
Fonte: Autoria Própria.

Figura 94 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



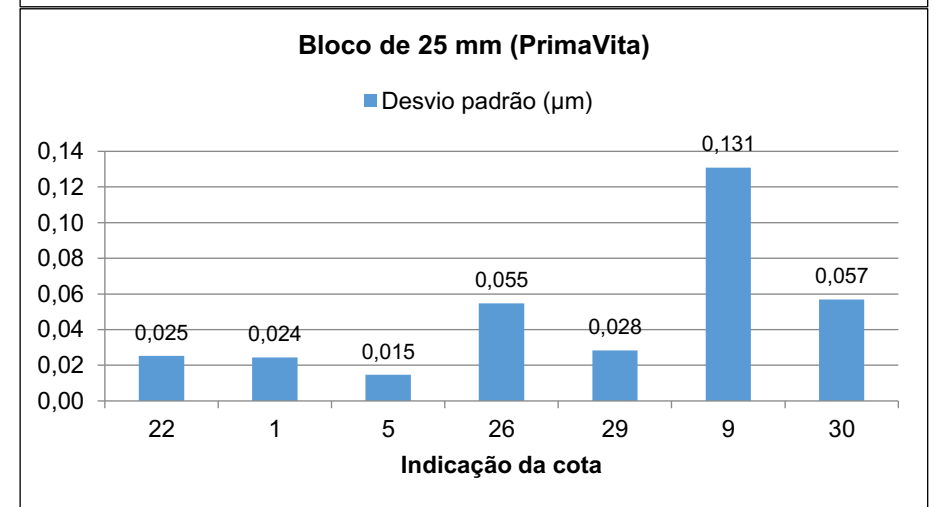
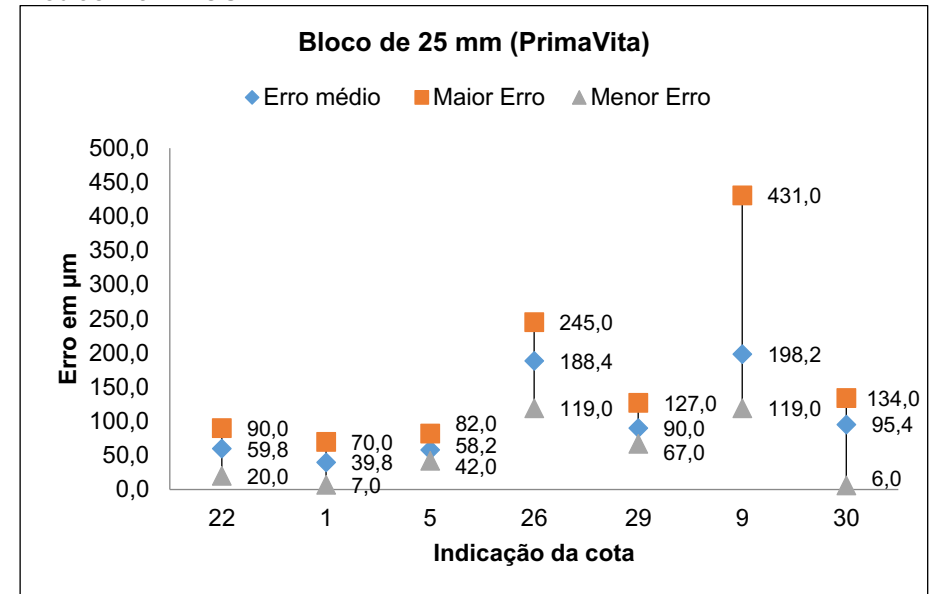
Fonte: Autoria Própria.

Figura 95 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



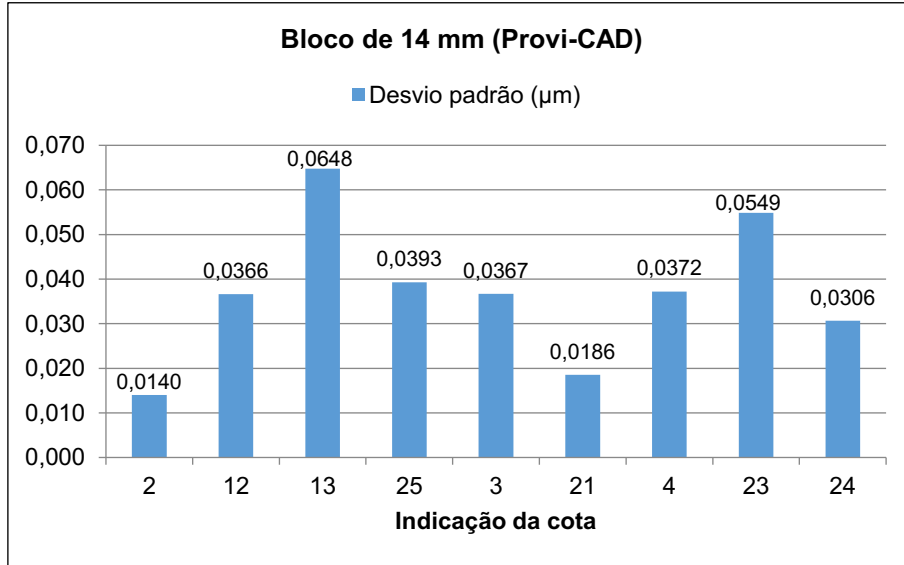
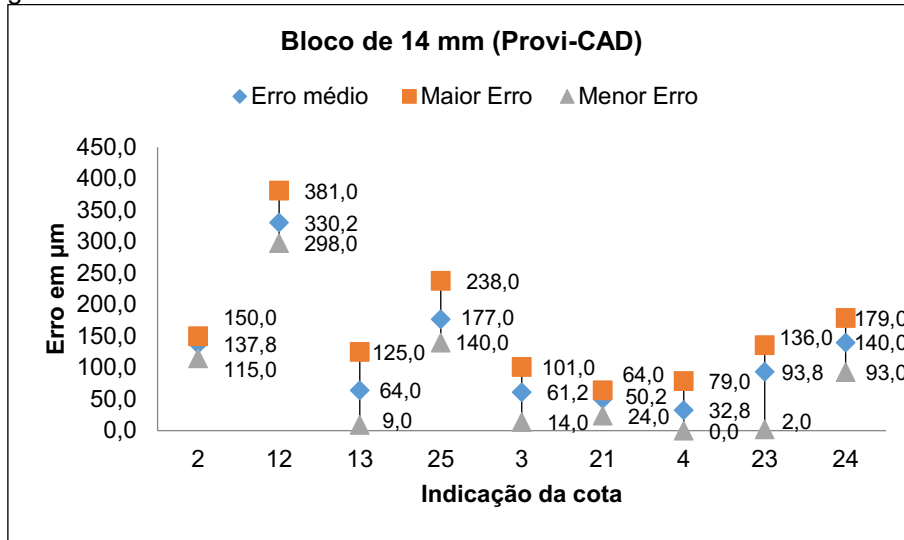
Fonte: Autoria Própria.

Figura 96 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como médias – 5 EIXOS



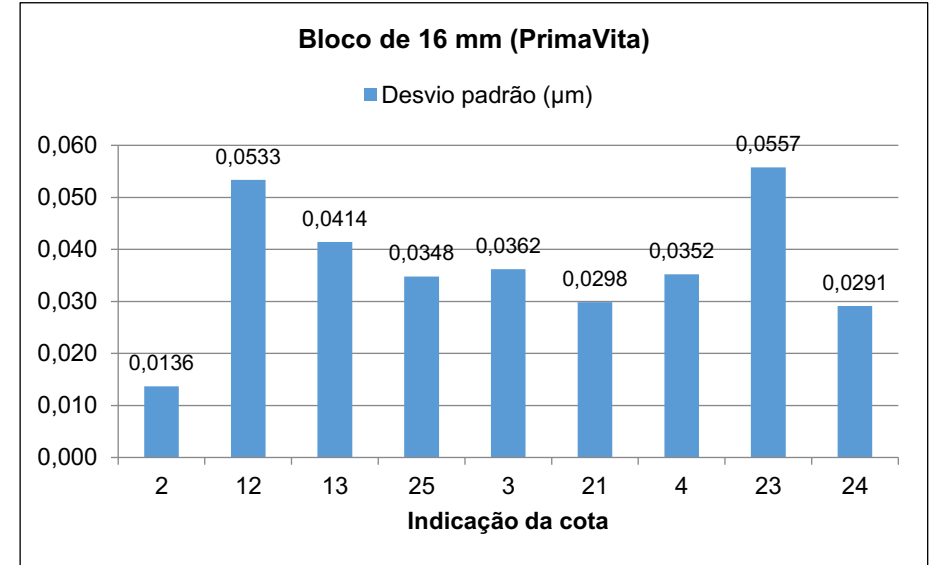
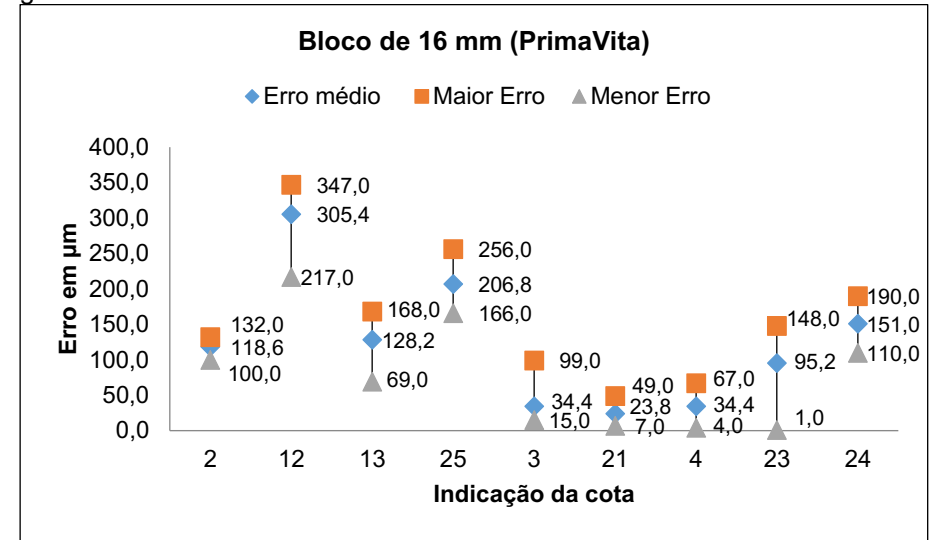
Fonte: Autoria Própria.

Figura 97 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 98 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 99 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS

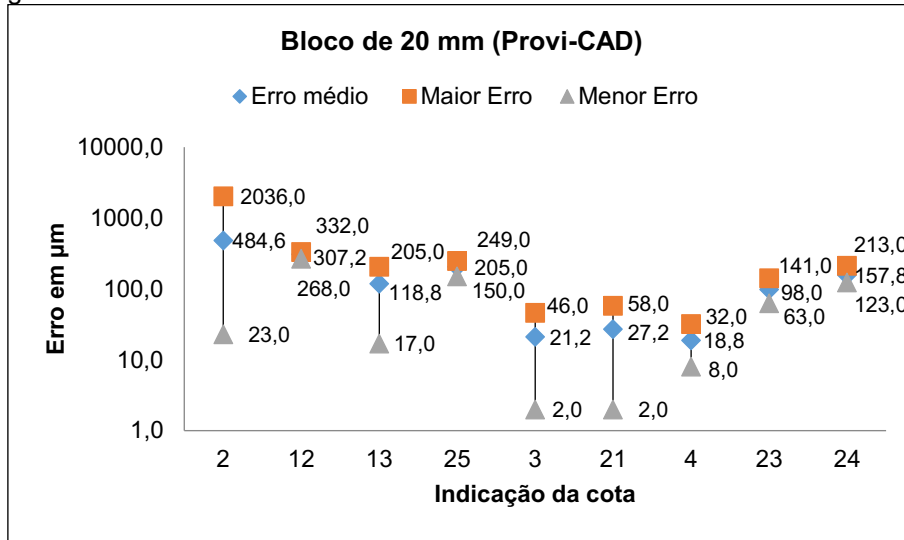
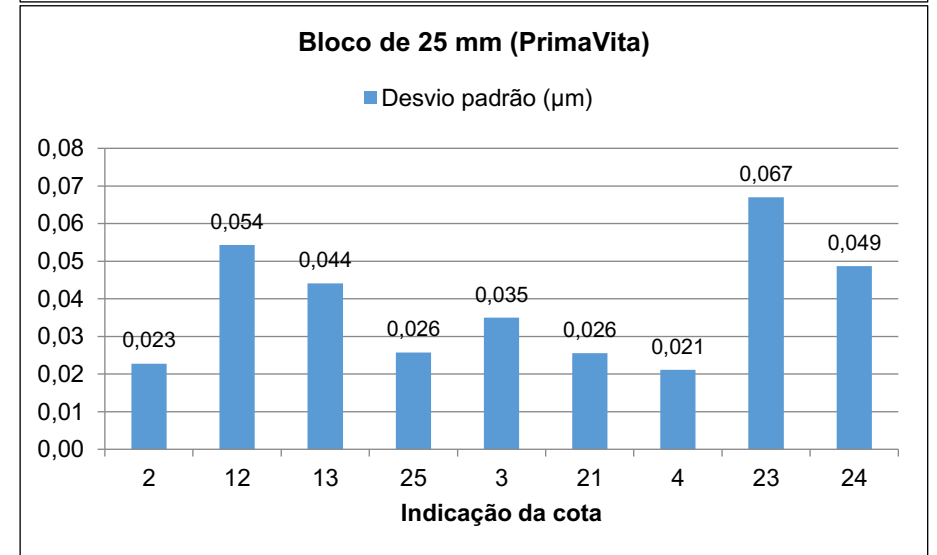
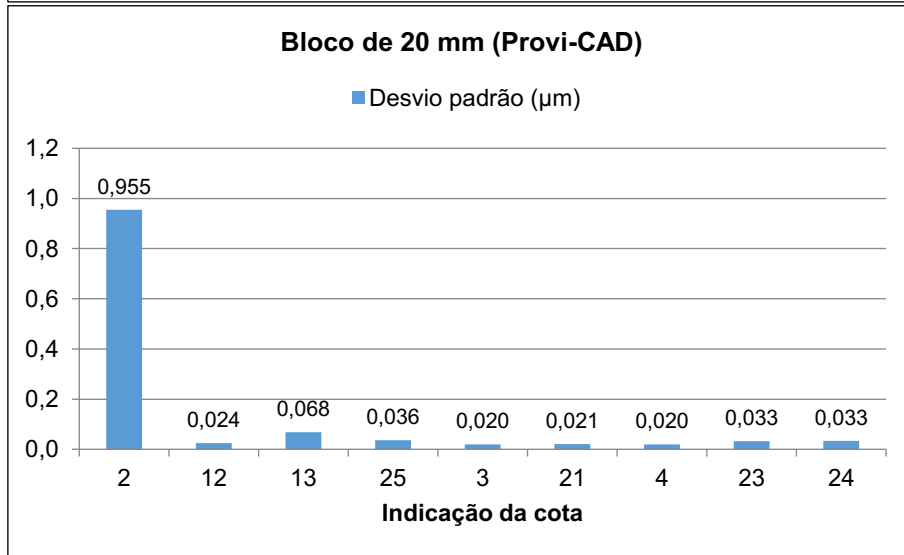
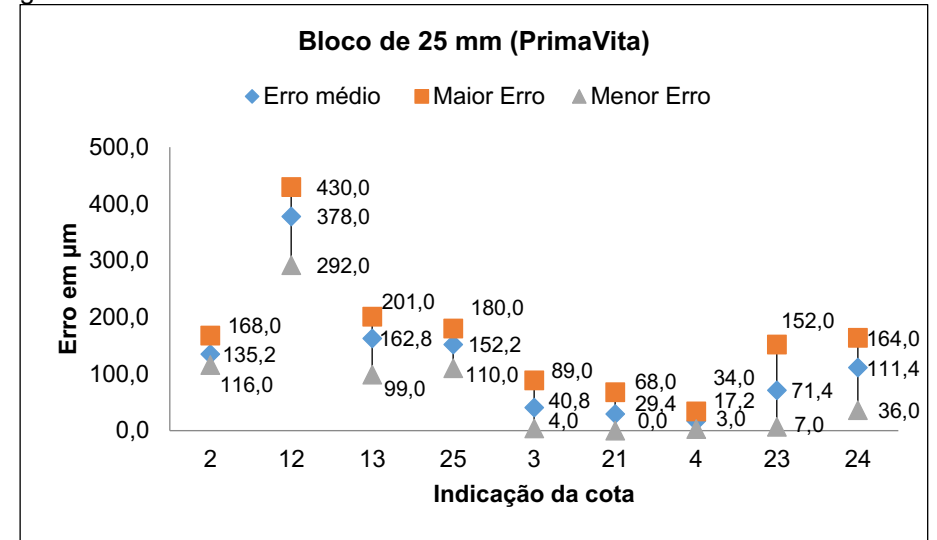


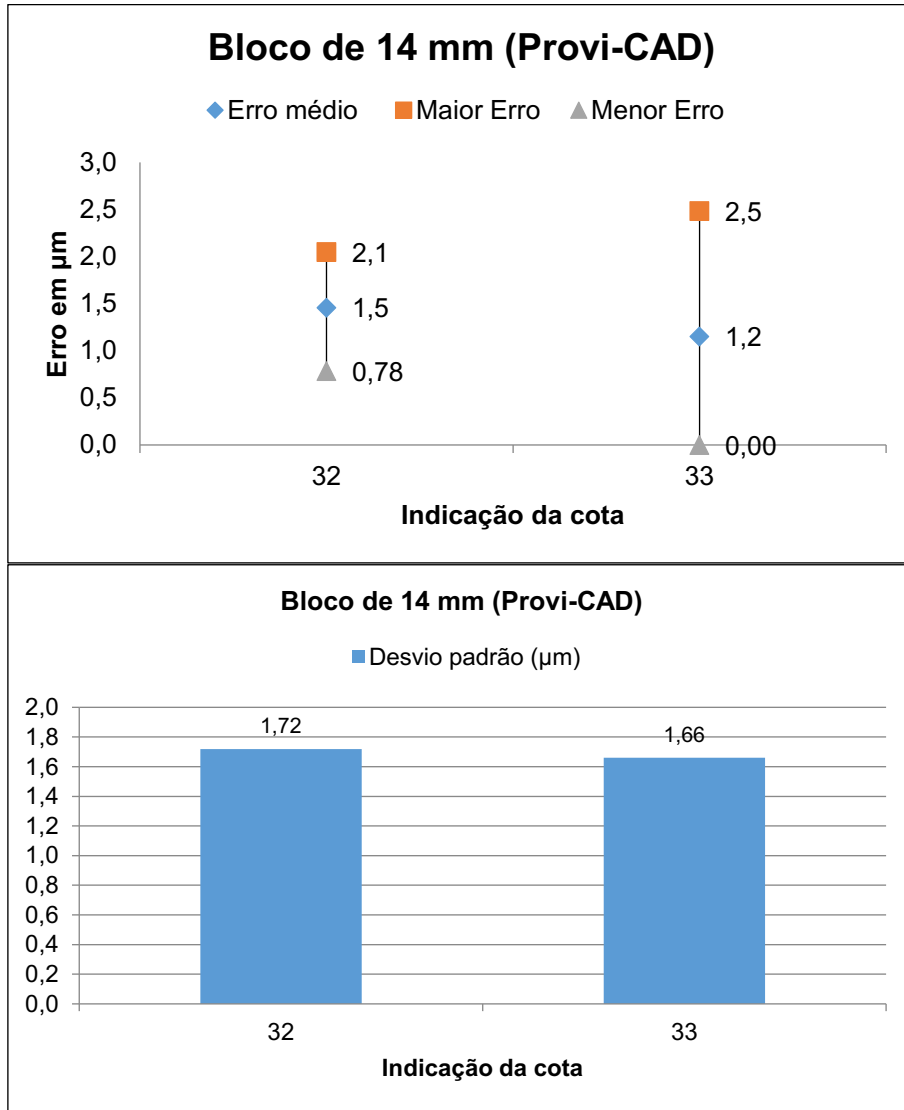
Figura 100 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas classificadas como grandes – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

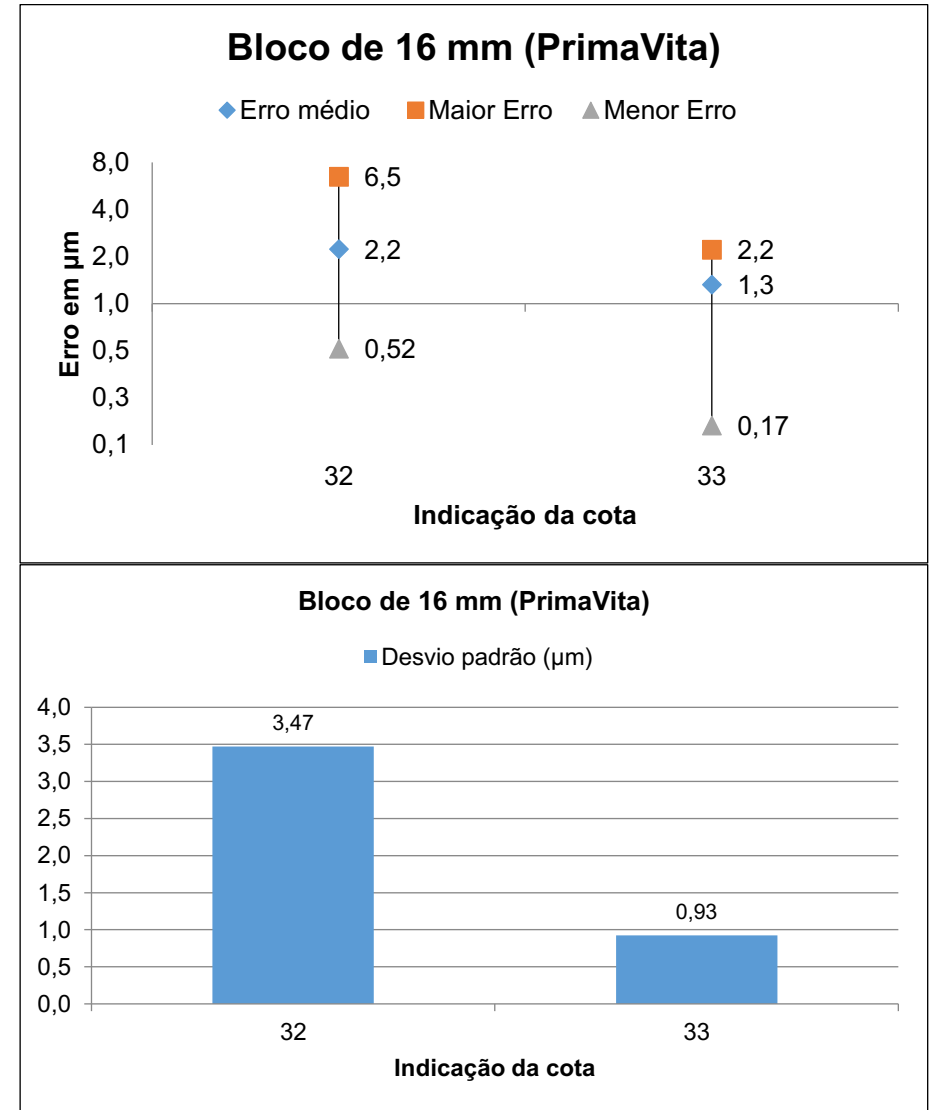
Fonte: Autoria Própria.

Figura 101 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



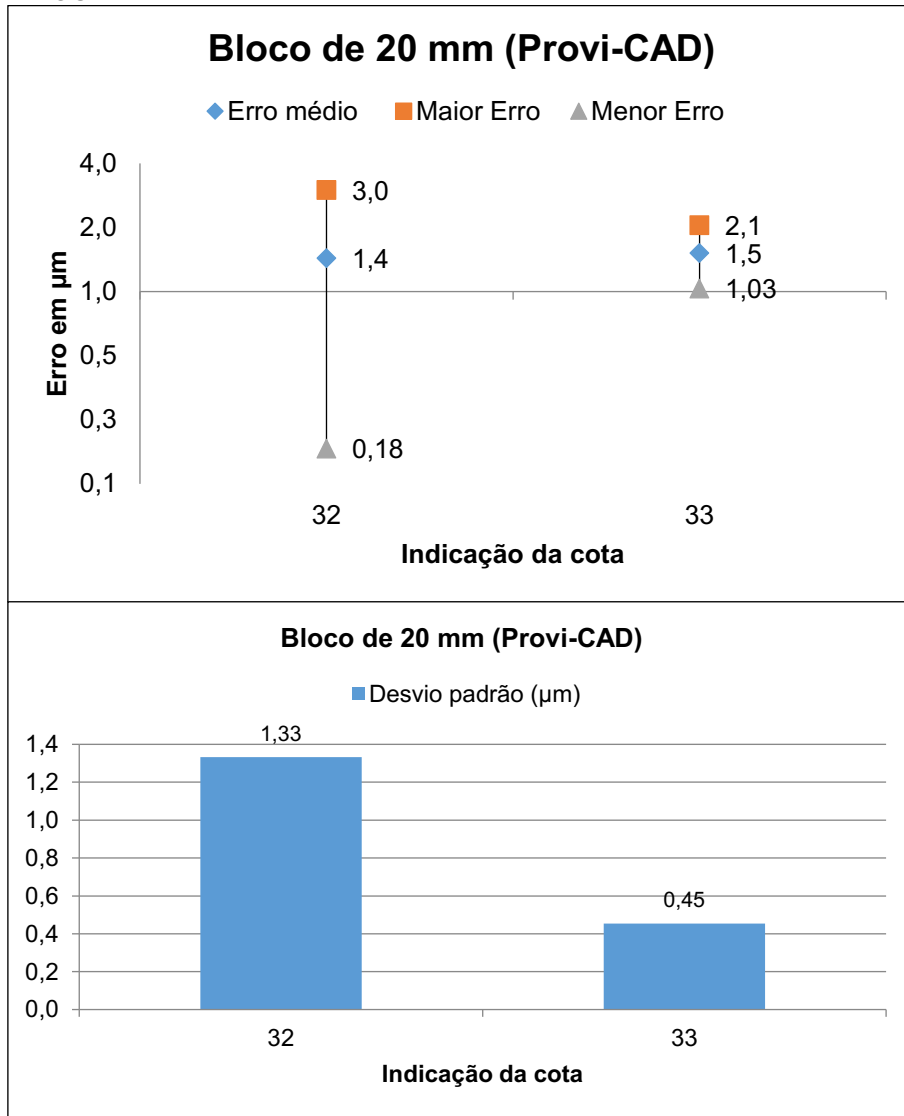
Fonte: Autoria Própria.

Figura 102 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



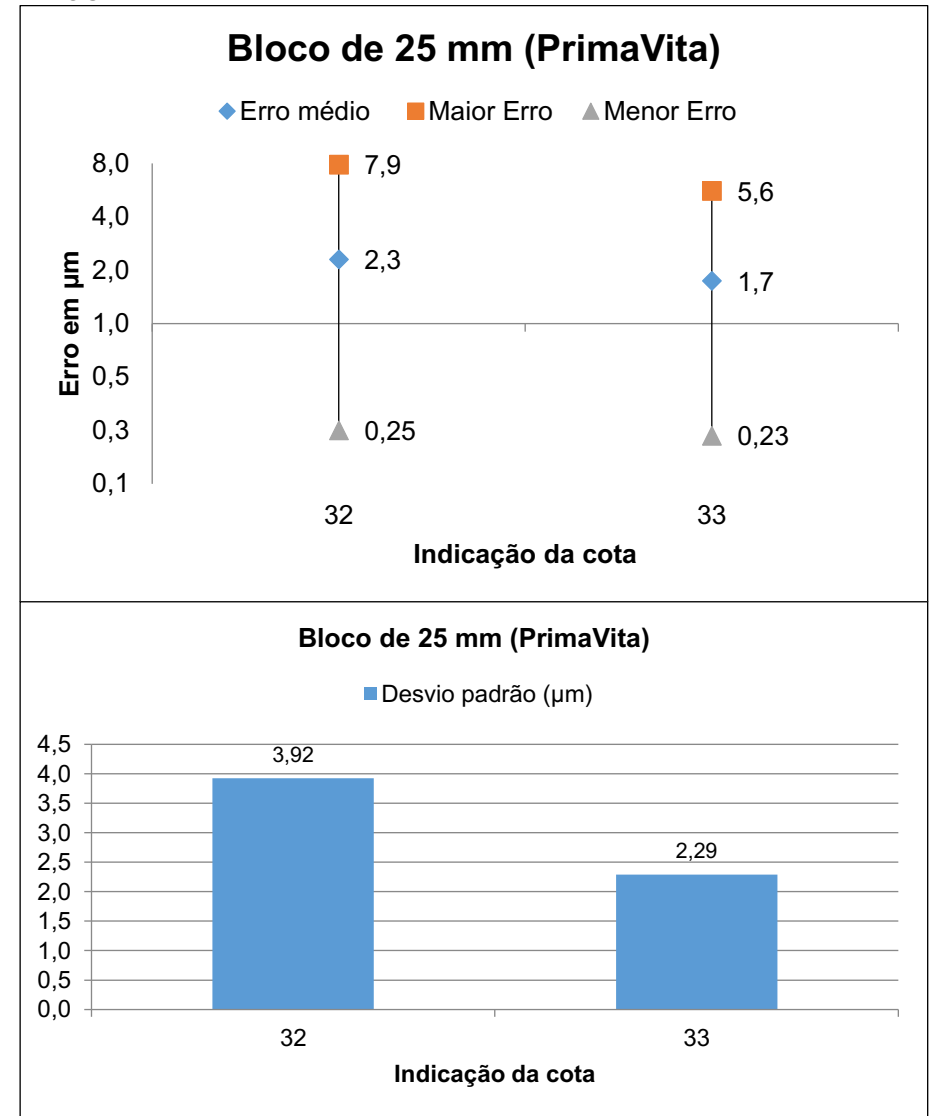
Fonte: Autoria Própria.

Figura 103 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 104 - Análise do erro e desvio padrão para as cotas anguladas – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 105 - Média dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. A linha tracejada em vermelho na horizontal representa o maior valor aceitável clinicamente, de acordo com a literatura. A média está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 5 EIXOS

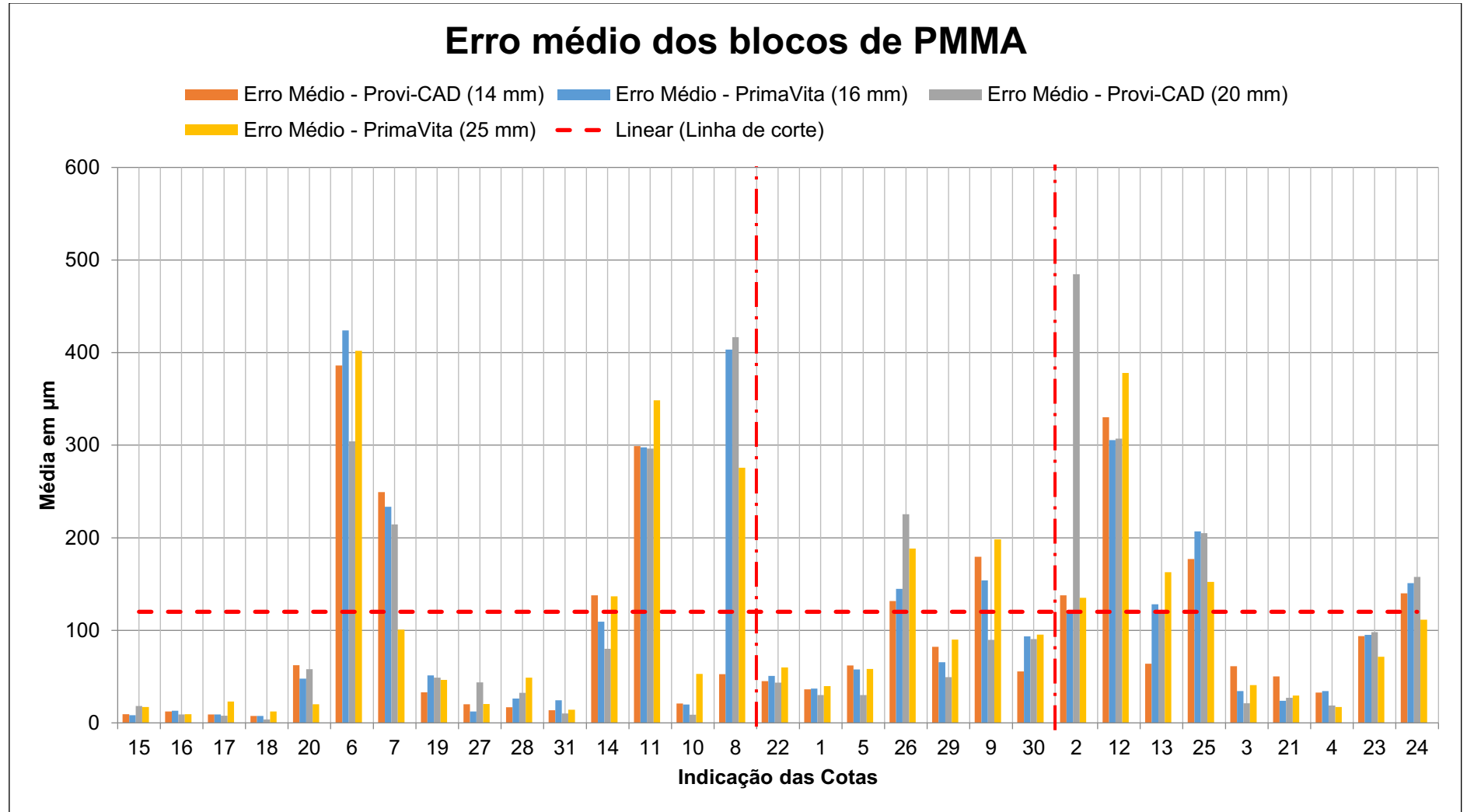


Figura 106 - Desvio de Padrão dos cinco elementos (O, N, L, S e C) usinados no equipamento DWX-50 para cada espessura dos blocos de PMMA. O desvio padrão está representado pela escala em micrômetros e a indicação das cotas foram classificadas em pequenas, médias e grandes. Observar que há duas barras verticais tracejadas em vermelho dividindo o grupo das cotas – 5 EIXOS

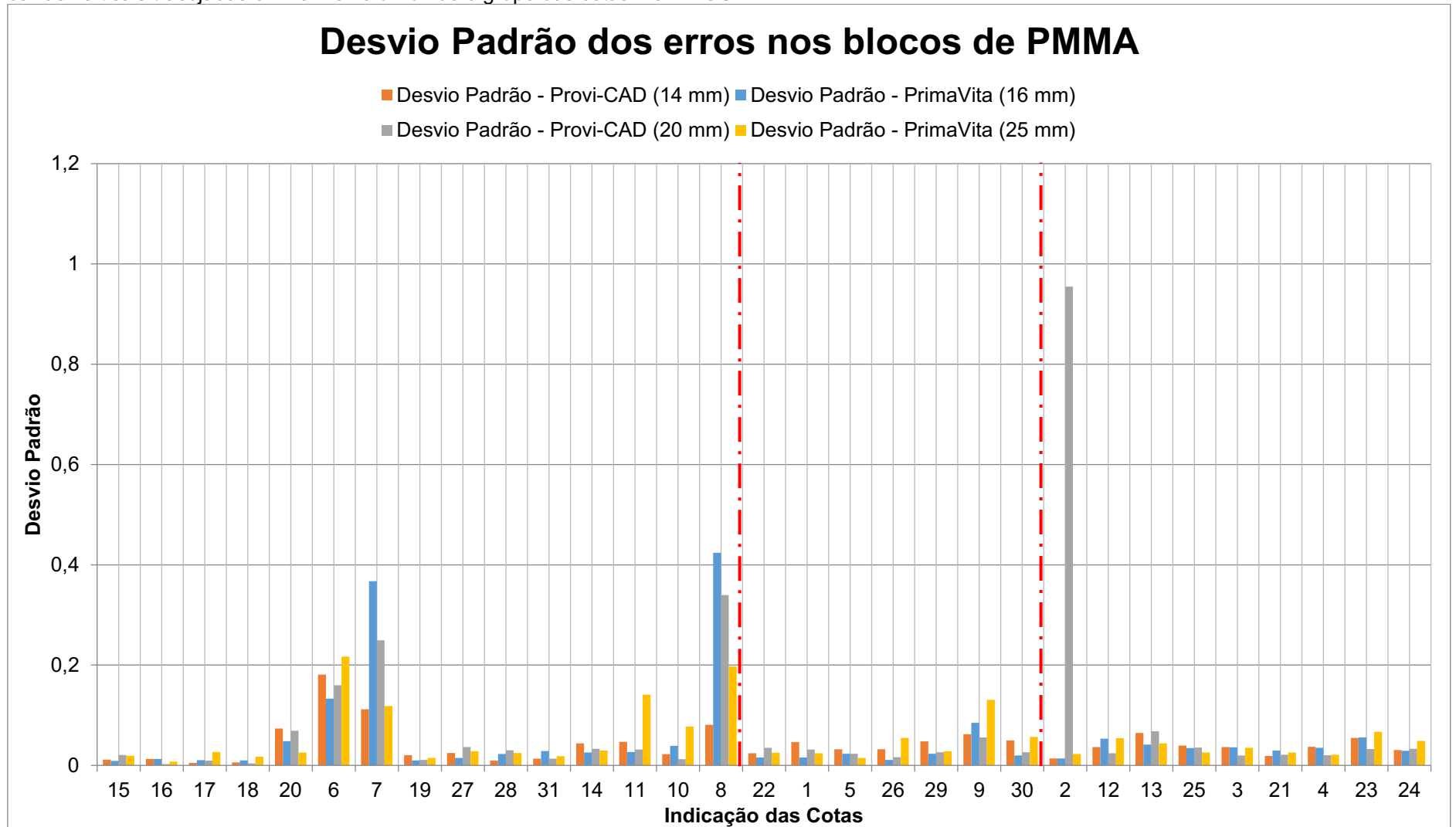
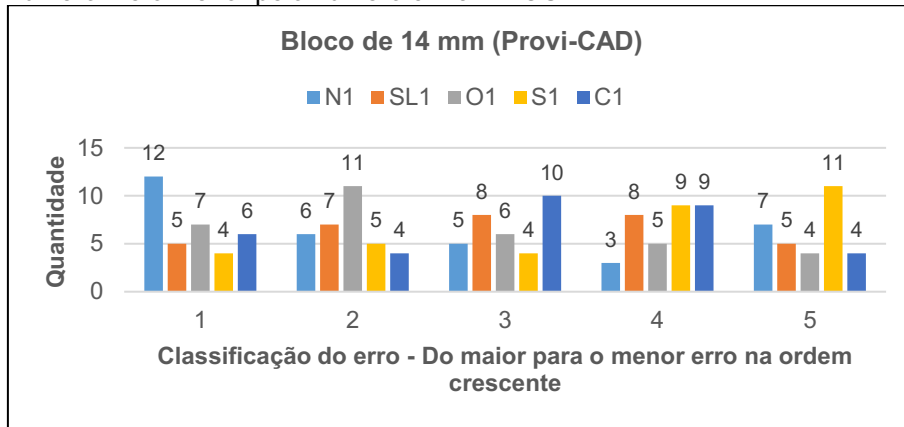
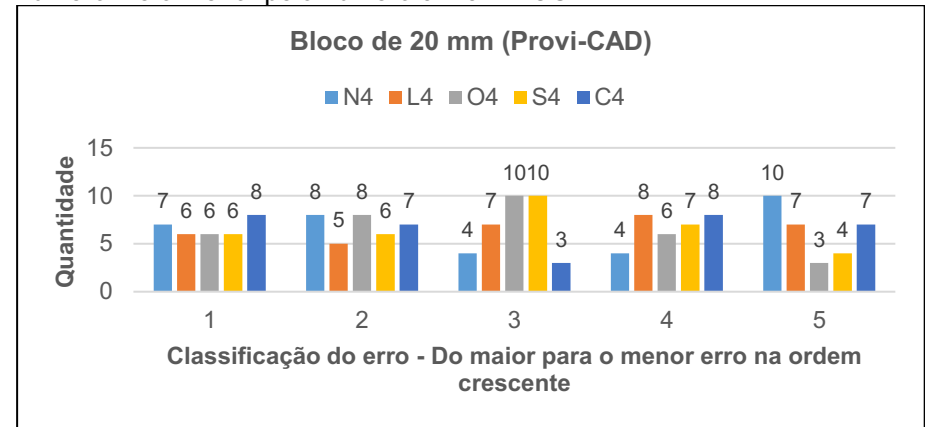


Figura 107 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



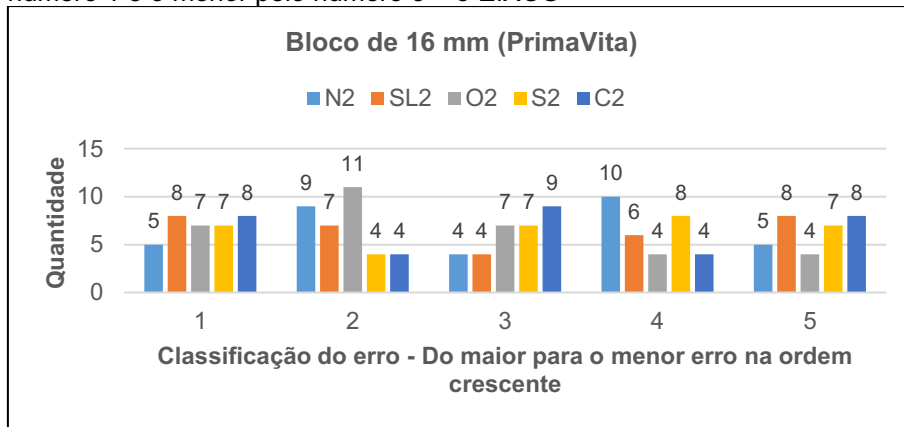
Fonte: Autoria Própria.

Figura 109 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



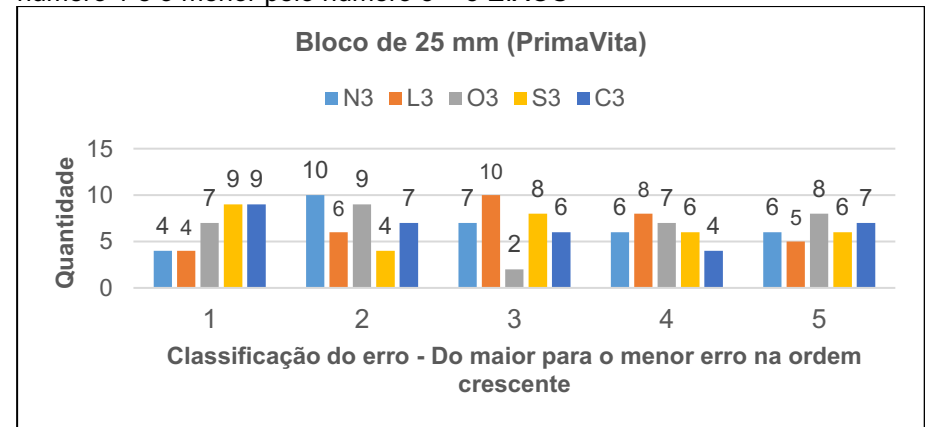
Fonte: Autoria Própria.

Figura 108 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

Figura 110 - Contabilização e classificação do erro de acordo com o posicionamento do bloco de usinagem. O maior erro é representado pelo número 1 e o menor pelo número 5 – 5 EIXOS



Fonte: Autoria Própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Esta pesquisa apresentou uma análise da qualidade de usinagem de duas fresadoras odontológicas semelhantes, de empresas diferentes, utilizando o mesmo *software* CAM para ambas. Este estudo avaliou os resultados da usinagem dos equipamentos, divididos em processo de usinagem com a utilização de 4 eixos e 5 eixos, aplicados a 4 diferentes espessuras de blocos de PMMA, de 3 diferentes fornecedores de material.

A primeira consideração deste estudo é a possibilidade de manter a mesma estratégia de usinagem desenvolvida no *software* CAM MillBox aplicada para a fresadora CORiTEC-250i e mantida para a fresadora DWX-50. Ou seja, ao utilizar uma estratégia de usinagem padronizada para a fresadora CORiTEC-250i aplicada na fresadora DWX-50 diminuimos o tempo de usinagem por não utilizar as bibliotecas com os parâmetros já configurados no *software* CAM para a fresadora DWX-50. Nesta abordagem ficou claro que há possibilidade dos protéticos alterarem os protocolos para melhorar a sua produtividade.

A segunda consideração do estudo é que devido à limitação da mecânica das fresadoras odontológicas, os cantos retos das usinagens das peças vão apresentar o raio da menor fresa utilizada durante o processo de usinagem. Ou seja, caso o protético tenha que elaborar uma coroa dentária que possua algum canto reto em sua geometria para acoplar em uma interface que possua um hexágono ou octógono externo, o protético terá que levar em consideração os cantos que ficaram com um raio da menor fresa utilizada no processo de usinagem.

A terceira consideração do estudo é que ao analisar e comparar os tempos de usinagem dos dois equipamentos, notamos que a fresadora DWX-50 da empresa Roland DG apresentou um maior tempo de trabalho quando comparado com a fresadora CORiTEC-250i. Isso é devido ao diâmetro máximo de corte que a fresa utiliza em seu processo de desbaste. Enquanto a fresadora CORiTEC-250i utiliza uma fresa com diâmetro de corte de 2,5 mm, a fresadora DWX-50 utiliza uma fresa com diâmetro máximo de corte de 2,0 mm.

A quarta consideração do estudo é em relação a qualidade de usinagem da fresadora odontológica CORiTEC-250i. Este estudo foi possível identificar que o efeito da folga e da histerese no fuso foi mais acentuado na fresadora CORiTEC-250i, pois contribuiu para uma maior inexactidão na usinagem das peças. Deste modo, o simples

fato de reposicionar a peça no *software* CAM MillBox com uma inclinação de 45 graus aumentou a exatidão em 30%. Logo, para casos que envolvam maior exatidão na confecção prótese dentária, o protético tem a opção de avaliar a inclinação da peça durante o condicionamento dos dados no *software* CAM MillBox.

A quinta consideração do estudo ficou a cargo da importância das manutenções preventivas e corretivas na fresadora odontológica DWX-50, pois influenciaram na produtividade e qualidade da usinagem. Antes da execução da manutenção corretiva no equipamento DWX-50, inúmeras mensagens de erros aconteciam durante o processo de usinagem atrasando a conclusão da atividade e ficou notório que as peças usinadas nos blocos de PMMA de maior espessura apresentaram uma maior inexatidão. E após a manutenção, estes erros não ocorreram durante o processo de usinagem utilizando os 5 eixos e os resultados das usinagens dos 4 blocos ficaram semelhantes.

Ambas fresadoras apresentaram resultados com erros médios acima do tolerável para a execução da usinagem da rampa e na utilização dos 5 eixos para realizar a usinagem com angulação de 20 graus. Como as duas fresadoras odontológicas operam em malha aberta, sem a utilização de um sensor de posicionamento e velocidade, o erro provocado pela folga e a histerese nos fusos e engrenagens vão se acumulando conforme o aumento do deslocamento no processo de usinagem. Além disso, uma das limitações mecânicas das fresadoras odontológicas observado neste trabalho, foi que ambas apresentam deficiências para realizar usinagem de ângulos internos agudos.

Como o trabalho realizou a usinagem de duas fresadoras odontológicas, analisando a usinagem em 4 eixos e 5 eixos, podemos concluir que a qualidade da usinagem não aumenta necessariamente com o número de eixos de operação no equipamento. Pelos resultados apresentados neste trabalho, percebeu-se que a qualidade resulta mais do processo de condicionamento dos dados no *software* CAM.

A sexta consideração do estudo é que as peças que são usinadas no centro do disco na fresadora odontológica CORiTEC-250i apresentam melhores resultados na exatidão. Já em relação ao equipamento DWX-50, as peças usinadas na posição oeste do equipamento apresentam melhores resultados.

Por fim, o estudo proposto se mostrou válido na identificação da melhor região para usinagem, utilizando os equipamentos CORiTEC-250i e DWX-50. Assim, foi possível contribuir com informações que auxiliem no melhor desenvolvimento das

próteses dentárias utilizando a tecnologia CAD/CAM. De qualquer modo, a utilização do sistema CAD/CAM contribui na produtividade da confecção das próteses dentárias. Porém, é importante destacar que mesmo que a tecnologia CAD/CAM execute o processo de forma automatizada e rápido, o protético continua tendo um papel fundamental no desenvolvimento da prótese dentária no *software* CAD e o condicionamento da prótese no *software* CAM, além dos possíveis acabamentos das peças.

Com o desenvolvimento dessa pesquisa, um trabalho foi apresentado em um evento (artigo):

CONFORTO, J.; LEAL, Y. S.; SCHNEIDER, F. K. Análise da Qualidade de Usinagem da Fresadora Odontológica Aplicada ao Material PMMA. In: **XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA**, 2020, Vitória, ES. Anais. 2020.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Para os próximos trabalhos, planeja-se usinar a mesma peça, com os mesmos parâmetros de usinagem, aplicados para outras fresadoras odontológicas que utilizam o mesmo *software* CAM. Tem-se por objetivo a análise quantitativa das dimensões e tempo de usinagem de cada equipamento disponível no mercado nacional. Também planeja-se usinar as mesmas peças, com os mesmos parâmetros de usinagem, no equipamento CORiTEC-250i utilizando o sistema de irrigação com o líquido refrigerante aplicado ao material PMMA e comparar os dados fornecidos neste trabalho com a usinagem com irrigação a ar. Busca-se também realizar estudos com escâner de alta resolução aplicados na odontologia para analisar a exatidão da digitalização, uma vez que possuímos as peças com os seus respectivos relatórios que foram avaliados e certificados pela empresa Mitutoyo.

REFERÊNCIAS

AGENCIA IBGE. **Em 2017, expectativa de vida era de 76 anos. 2018.** Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23200-em-2017-expectativa-de-vida-era-de-76-anos>>. Acesso em: 31 out. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Manual do Usuário da Resolução – RDC nº 185/2001.** Disponível em: <https://aeap.org.br/wp-content/uploads/2019/10/resolucao_rdc_185_de_22_de_outubro_de_2001_manual_do_usuario.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2020.

ALAJAJI, N. K.; BARDWELL, D.; FINKELMAN, M.; ALI A. Micro-CT evaluation of ceramic inlays: comparison of the marginal and internal fit of five and three axis CAM systems with a heat press technique. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, 2016, v. 29, p. 49-58.

ALI, U.; KARIM, K. J. B. A.; BUANG, N. A. A Review of the properties and applications of poly (methyl methacrylate) (PMMA). **Polymer Reviews**, 2015, v. 55, p. 678–705.

ALT, V.; HANNIG, M.; WÖSTMANN, B.; BALKENHOL, M. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. **Journal Dental Material**, 2011, v. 27, p. 339–347.

AKIHIRO, S. **CUTTING DEVICE.** JP2013039633, 12 ago. 2011, 28 fev. 2013. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/pt/detail.jsf?docId=JP272972371&_cid=P21-KJ3BQW-90750-1>. Acesso em: 09 fev. 2021.

ANUSAVICE, K.; SHEN, C.; RAWLS H. R. **Phillips' Science of Dental Materials.** 12. ed. St. Louis, Missouri: Elsevier, 2013.

ASSAOKA, S. K.; CESAR, E. A.; OLIVEIRA, F. de J. - **Prótese Dentária – Princípios Fundamentais Técnicas Laboratoriais.** 2. ed. Editora Napoleão. 256 p. ISBN 978-8560842315, 2012.

BEUER, F.; AGGSTALLER, H.; EDELHOFF, D.; GERNET, W.; SORENSEN, J. Marginal and Internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. **Dental Materials**, 2009, v. 25, p. 94,-102.

BEUER, F.; NAUMANN, M.; GERNET, W.; SORENSEN, J. A. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. **Clinical Oral Investigations**, 2008, v. 13, n. 3, p. 343-349.

BRUNE, O. Comando Numérico Computadorizado. **Revista Mecatrônica Atual**, 2002, n. 4, p. 52-59.

CAPELLI, A. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos.** 3. ed. São Paulo (SP): Érica, 240 p. ISBN-13:978-8536501178, 2009.

CARDOSO, L. de C.; MURAYAMA, R. A.; NETO, M. S.; BOSCO, A. F.; MARTINS, T. M. Anormalidade de Comprimento dos Terceiros Molares: Apresentação de Dois Casos. **Revista Odontológica de Araçatuba**, v.24, n.1, p. 22-26, Janeiro/Julho, 2003.

CHRISTENSEN, G. J. Marginal fit of gold inlay castings. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 1966, v. 16, p. 297-305.

COLLINS, D. **What's the difference between backlash and hysteresis in linear systems?** Disponível em: <<https://www.linearmotiontips.com/whats-the-difference-between-backlash-and-hysteresis-in-linear-systems/>>. Acesso em: 24 Jan. 2021.

Council on dental materials and devices. Revised american dental association specification no. 12 for denturebase polymers. **The Journal of the American Dental Association**, 1975, v. 90, p. 451-458.

PRÓTESE dentária: cinco erros cometidos por você!. 2020. Disponível em: <<http://uniodontouberlandia.com.br/5-maiores-perigos-para-quem-tem-protese-dentaria/>>. Acesso em: 07 nov. 2020.

DWIVEDULA, R. V.; PAGILLA, P. R. Effect of Compliance and Backlash on the Output Speed of a Mechanical Transmission System. **Journal of Dynamic System, Measurement and Control**, 2012, v.134, n. 3.

ENDER, A.; BIENZ, S.; MÖRMANN, W.; MEHL, A.; ATTIN, T.; STAWARCZYK, B. Marginal Adaptation, Fracture Load and Macroscopic Failure Mode of Adhesively Luted Pmma-Based Cad/Cam Inlays. **Dental Materials**, 2015, v. 32, n. 2, p. E22-E29.

ERFOMA. Vidali Mil Tahrikli Lineer Modül. 2020. Disponível em: <<http://www.erfoma.com/urun/vidali-mil-tahrikli-lineer-modul.html>>. Acesso em: 13 dez. 2020.

ESTER, J. **Prótese dentária**. 2020. Disponível em: <<http://www.drajessicaester.com.br/Protese.html>>. Acesso em: 07 nov. 2020.

FERREIRA, M. L. DOS S. **As Vantagens dos Implantes Cone-Morse**. 2018. Disponível em: <<https://rsaude.com.br/umuaroma/materia/as-vantagens-dos-implantes-cone-morse/15146>>. Acesso em: 11 fev. 2021.

FERREIRA, R. W. **Prótese Dentária em Florianópolis**. 2020. Disponível em: <<https://trindadeodontologia.com/protese-dentaria-florianopolis/>>. Acesso em: 07 nov. 2020.

FUZO, A.; DINATO, J. C. CAD/CAM: uma visão atual. Revista da ACBO. ISSN 2316-7262, 2013.

GARDNER, F. M. Margins of complete crowns—Literature review. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 1982, v. 48, p. 396-400.

GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. São Paulo (SP): Pearson, 2010. 592 p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60664-1**. 2020. Disponível em: <<https://webstore.iec.ch/publication/59671>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

ISO. **ISO 20795-1:2013 Dentistry-Base Polymers-Part 1: Denture Base Polymers**. 2013. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/62277.html>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

LANG, N. P.; KIEL, R. A.; ANDERHALDEN, K. Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinical perfect margins. **Journal of Clinical Periodontology**, 1983, v. 10, p. 563-578.

LIU, Perng-Ru. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. **Compendium of Continuing Education Dentistry**, 2005, v. 26, p. 507-516.

KARLSSON, S. The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. **Acta Odontologica Scandinavica**, 1993, v. 51, p. 129-34.

KAYATT F. E.; NEVES F. D. das. **Aplicação dos sistemas CAD/CAM na Odontologia restauradora**. Rio de Janeiro: Elsevier. 304 p. ISBN 978-95-352-6463-0, 2013.

KOHORST, P.; JUNGHANNS, J.; DITTMER, M. P.; BORCHERS, L.; STIESCH, M. Different CAD/CAM processing routes for zirconia restorations: influence on fitting accuracy. **Clinical Oral Investigations**, 2011, v. 15, n. 4, p. 527-536.

KRATZ, R. **Projeto e Validação de uma Fresadora CNC para Prototipagem de PCI**. 2012. 158 f. Dissertação (Mestrado em Mecatrônica) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/posmecatronica/files/2013/04/rkratz-1.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2021.

MARCUS, S. E.; DRURY T.F.; BROWN, L. J.; ZION, G.R. Tooth Retention and Tooth Loss in the Permanent Dentition of Adults: United States, 1988–1991. **Journal of Dental Research**, 1996, v. 75, p. 684–695.

MCLEAN, J. W. Polycarboxylate cements. Five years' experience in general practice. **British Dental Journal**, 1972, v. 132, p. 9-15.

MENDES, F. A. **Avaliação da adaptação marginal e interna, da resistência à fratura após ciclagem termomecânica e das tensões nos implantes por correlação de imagens digitais em próteses parciais fixas sobre implantes com pilares e copings em zircônia com diferentes sistemas CAD/CAM**. 2015. Tese (Doutorado em Reabilitação Oral) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – Unidade USP, Ribeirão Preto, 2015. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/58/58131/tde-22062015-102916/pt-br.php>>. Acesso em: 09 fev. 2021.

MESKIN, L. H.; BROWN, L.J. Prevalence and patterns of tooth loss in U.S. employed adult and senior populations, 1985-86. **Journal of dental education**, 1988, v. 52, p. 686–691.

MILLBOX Main features. 2020. Disponível em: <<https://www.cimssystem.com/dental/products/millbox-features/#1482848087775-000e545d-3678>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

NITAHARA, A. **Brasileiros com 65 anos ou mais são 10,53% da população, diz FGV.** 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-04/brasileiros-com-65-anos-ou-mais-sao-10-53-da-populacao-diz-FGV>>. Acesso em: 11 fev. 2021.

ODONTOMEGA. Catálogo de materiais para CAD/CAM. 2020. Disponível em: <https://www.odontomega.com.br/images/online/mp5800_downloads_21286_Catalogo_Materiais_CADCAM_Odontomega.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2020.

PANSIERA, P. E., Retrofitting. **Revista Mecatrônica Atual**, p.48-54, 2002.

PARADELLA, R. **Número de Idosos Cresce 18% em 5 Anos e Ultrapassa 30 Milhões em 2017.** 2018. <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20980-numero-de-idosos-cresce-18-em-5-anos-e-ultrapassa-30-milhoes-em-2017>>. Acesso em: 31 out. 2020.

PROTETIC. Registro ANVISA nº 80750420001 - Dentes Acrílicos. 2020. <<https://www.smerp.com.br/anvisa/?ac=prodDetail&anvisald=80750420001>>. Acesso em: 18 dez. 2020

PROVI-CAD. Registro ANVISA nº 80984050018 - Provi-CAD. 2020. <<https://www.smerp.com.br/anvisa/?ac=prodDetail&anvisald=80984050018>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

PRIMAVITA. Registro ANVISA nº 81954689001 - Primavita block. 2020. <<https://www.smerp.com.br/anvisa/?ac=prodDetail&anvisald=81954689001>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

PRECISEBITS. Polymethyl methacrylate (PMMA). 2020. Disponível em: <<https://www.precisebits.com/materials/plastics/pmma.htm>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

REHER, P.; GOULART, V.; REHER, S. **Anatomia Aplicada à Odontologia.** 3. ed. Guanabara: Koogan, 2020.

REICHENBACH, I. G.; BOHLEY, M.; SOUSA, F. J. P.; AURICH, J.C. Micromachining of PMMA—manufacturing of burr-free structures with single-edge ultra-small micro end mills. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2018, v. 96, p. 3665–3677.

ROCHA, E.; SEIBEL, A. B.; NOGUEIRA, A. N.; ROCHA, V. C. F. da. Envelhecimento humano e desenvolvimento da doença periodontal. **Electronic Journal Collection Health**, 2019, v. 26, p. 1-6.

ROLAND DG CORPORATION. **Product Guide DWX-50 - Confidential.** 2011

ROLAND DG CORPORATION. **Roland DWX-50 Fresadora Odontológica.** 2011.

SAKAGUCHI, R. L.; POWERS, J.M. **Craig's Restorative Dental Materials**; Elsevier/Mosby: Philadelphia, PA, USA, 2012.

SANTOS, V. S. dos. **Estrutura Básica Dos Dentes**. 2020. Disponível em: <<https://www.biologianet.com/anatomia-fisiologia-animal/estrutura-basica-dos-dentes.htm>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

SB BRASIL. Pesquisa Nacional de Saúde Bucal: Resultados Principais. 2010. <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pesquisa_nacional_saude_bucal.pdf>. Acesso em: 31 out. 2020.

SCARPINO, M. **Motors for Makers A Guide to Steppers, Servos, and Other Electrical Machines**. Indiana: QUE, 2015.

SOUSA, F. M. G. de. **Controle de Fresadora para a Prototipagem de Circuitos Impressos**. 1998. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_cf0b5a9efbe92e08789e72571905f7d0>. Acesso em: 09 fev. 2021.

SOUZA, A. F. de; ULBRICH, C. B. L. **Engenharia integrada por computador e sistemas CAD/CAM/CNC: princípios e aplicações**. São Paulo (SP): Artliber, 2009. 332 p.

SRINIVASAN, M.; GJENGEDAL, H.; CATTANI-LORENTE, M.; MOUSSA, M.; DURUAL, S.; SCHIMMEL, M.; MÜLLER, F. CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness. **Dental Material Journal**, 2018, p. 2017–2207.

SWANEY, A.C.; PAFFENBARGER, G. C.; CAUL, H.J.; SWEENEY, W. American dental association specification No. 12 for denture base resin: Second revision. **The Journal of the American Dental Association**, 1953, v. 46, p. 54–66.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. **EMC Directive (2004/108/EC)**. 2004. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:390:0024:0037:EN:PDF>>. Acesso em: 09 fev. 2021.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. **Directive 2006/42/EC**. 2006. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:EN:PDF>>. Acesso em: 09 fev. 2021.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. **The Low Voltage Directive (LVD)**. 2016. Disponível em: <https://ec.europa.eu/growth/sectors/electrical-engineering/lvd-directive_en>. Acesso em: 09 fev. 2021.

VOJDANI, M.; TORABI, K.; FARJOOD, E.; KHALEDI, AAR. Comparison the Marginal and Internal Fit of Metal Copings Cast from Wax Patterns Fabricated by CAD/CAM and Conventional Wax up Techniques. **Journal of Dentistry Shiraz University of Medical Sciences**, 2013, v. 14, n. 3, p. 118-129.

XU, H. H.; SMITH, D. T.; JAHANMIR, S.; ROMBERG, E.; KELLY, J. R.; THOMPSON, V. P.; REKOW, E. D. Indentation Damage and Mechanical Properties of Human Enamel and Dentin. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 1998, v. 77, n. 3, p. 472-480.

YILMAZ, A.; BAYDAS, S. Fracture resistance of various temporary crown materials. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, 2007, v. 8, n. 1, p. 44–51.

ZAFAR, M. S. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers*, 2020, v. 12, 2299. <https://doi.org/10.3390/polym12102299>.

ZARONE, F.; MAURO, M. I.; AUSIELLO, P.; RUGGIERO, G.; SORRENTINO, R. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. **BMC Oral Health**, 2019, v. 19, p. 1-14.

ANEXO A – RELATÓRIOS DE MEDIÇÕES DAS PEÇAS

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,133 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 2 | 7,0 | | 7,077 | 0,003 | 2,08 | 31 | |
| 3 | 8,5 | | 8,436 | 0,003 | 2,05 | 49 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,828 | 0,004 | 2,16 | 17 | |
| | | Direito | 9,871 | 0,003 | 2,05 | 48 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,891 | 0,004 | 2,10 | 27 | |
| | | Inferior | 4,923 | 0,003 | 2,01 | 295 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,792 | 0,005 | 2,25 | 11 | |
| | | Inferior | 9,828 | 0,003 | 2,02 | 132 | |
| 7 | 1,0 | - | 0,997 | 0,003 | 2,01 | 285 | |
| 8 | 9,0 | | 8,948 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,511 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,010 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 1,002 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,499 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,130 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,915 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,891 | 0,003 | 2,01 | 259 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,098 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,124 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,827 | 0,003 | 2,05 | 56 |
| 17 | 7,0 | | | 6,837 | 0,003 | 2,01 | 181 |
| 18 | 1,0 | 1,206 | | 0,003 | 2,03 | 83 | |
| 19 | 1,0 | 1,021 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,980 | | 0,003 | 2,03 | 78 | |
| 21 | 6,0 | 6,025 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | 1,961 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | 4,974 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: L2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 5,034 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,122 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,361 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,808 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,863 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,880 | 0,003 | 2,01 | 176 | |
| | | Inferior | 4,878 | 0,003 | 2,04 | 58 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,819 | 0,003 | 2,03 | 78 | |
| | | Inferior | 9,843 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | | 0,989 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,969 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,490 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,004 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,995 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,490 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,219 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,890 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,806 | 0,003 | 2,01 | 315 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,201 | 0,003 | 2,02 | 142 |
| | | | Inferior | 10,203 | 0,003 | 2,01 | 229 |
| 16 | 7,0 | | | 6,802 | 0,004 | 2,14 | 19 |
| 17 | 7,0 | | | 6,838 | 0,003 | 2,01 | 285 |
| 18 | 1,0 | 1,192 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | 1,031 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,862 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | 5,998 | | 0,003 | 2,01 | 197 | |
| 22 | 2,0 | 1,950 | | 0,003 | 2,06 | 43 | |
| 23 | 5,0 | 4,896 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,046 | 0,003 | 2,01 | 376 | |
| 2 | 7,0 | | 7,135 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 3 | 8,5 | | 8,397 | 0,003 | 2,01 | 259 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,886 | 0,003 | 2,01 | 276 | |
| | | Direito | 9,899 | 0,003 | 2,04 | 65 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,922 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,945 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,872 | 0,004 | 2,09 | 29 | |
| | | Inferior | 9,923 | 0,004 | 2,15 | 18 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,004 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,978 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,484 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,007 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,994 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,483 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,205 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 5,048 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,951 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,148 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,220 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,860 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | | 6,874 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | 1,364 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | 1,021 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,888 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | 6,014 | | 0,003 | 2,01 | 420 | |
| 22 | 2,0 | 1,971 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | 5,103 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031. Pág.6/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,033 | 0,004 | 2,13 | 21 | |
| 2 | 7,0 | | 7,133 | 0,003 | 2,01 | 327 | |
| 3 | 8,5 | | 8,486 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,952 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| | | Direito | 9,981 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,798 | 0,003 | 2,03 | 75 | |
| | | Inferior | 4,817 | 0,004 | 2,12 | 22 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,777 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,817 | 0,003 | 2,06 | 41 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,009 | 0,005 | 2,25 | 11 | |
| 8 | 9,0 | | 8,983 | 0,003 | 2,01 | 285 | |
| 9 | 3,5 | | 3,489 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,003 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,997 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,488 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,360 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,888 | 0,005 | 2,28 | 10 |
| | | | Direito | 4,838 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,355 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,347 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,826 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | | 6,848 | 0,003 | 2,01 | 236 |
| 18 | 1,0 | 1,285 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | 1,022 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,822 | | 0,003 | 2,02 | 123 | |
| 21 | 6,0 | 5,997 | | 0,003 | 2,06 | 41 | |
| 22 | 2,0 | 1,994 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | 5,018 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 7/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C2 | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | | 5,042 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,140 | 0,003 | 2,01 | 327 |
| 3 | 8,5 | | 8,471 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,951 | 0,003 | 2,01 | 276 |
| | | Direito | 9,977 | 0,003 | 2,05 | 48 |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,874 | 0,004 | 2,13 | 21 |
| | | Inferior | 4,953 | 0,004 | 2,12 | 22 |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,888 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,935 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 7 | 1,0 | | 0,970 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 8 | 9,0 | | 8,954 | 0,004 | 2,15 | 18 |
| 9 | 3,5 | | 3,494 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 10 | 2,0 | | 2,004 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 11 | 1,0 | | 1,000 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 12 | 0,5 | | 0,490 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 13 | 8,0 | | 8,237 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 14 | 5,0 | Esquerdo | 4,910 | 0,004 | 2,12 | 22 |
| | | Direito | 4,830 | 0,003 | 2,01 | 171 |
| 15 | 10,0 | Superior | 10,226 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,209 | 0,003 | 2,01 | 405 |
| 16 | 7,0 | | 6,845 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | 6,856 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | | 1,276 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 19 | 1,0 | | 1,014 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 20 | 2,0 | | 1,934 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 21 | 6,0 | | 5,979 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 22 | 2,0 | | 1,959 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 4,983 | 0,003 | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031. Pág.8/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,005 | 0,004 | 2,11 | 25 | |
| 2 | 7,0 | | 7,139 | 0,005 | 2,23 | 12 | |
| 3 | 8,5 | | 8,427 | 0,004 | 2,20 | 14 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,874 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| | | Direito | 9,881 | 0,004 | 2,20 | 14 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,953 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,945 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,913 | 0,004 | 2,13 | 21 | |
| | | Inferior | 9,910 | 0,004 | 2,13 | 21 | |
| 7 | 1,0 | - | 0,933 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 8 | 9,0 | | 8,956 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,485 | 0,003 | 2,07 | 36 | |
| 10 | 2,0 | | 1,989 | 0,003 | 2,02 | 126 | |
| 11 | 1,0 | | 1,001 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,495 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,112 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,927 | 0,003 | 2,04 | 60 |
| | | | Direito | 4,879 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,118 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,091 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,827 | 0,003 | 2,01 | 176 |
| 17 | 7,0 | | | 6,867 | 0,003 | 2,01 | 405 |
| 18 | 1,0 | 1,290 | | 0,003 | 2,01 | 276 | |
| 19 | 1,0 | 1,030 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,978 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | 5,970 | | 0,003 | 2,02 | 158 | |
| 22 | 2,0 | 1,996 | | 0,003 | 2,01 | 405 | |
| 23 | 5,0 | 5,042 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO Nº. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.9/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: L1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,010 | 0,003 | 2,02 | 162 | |
| 2 | 7,0 | | 7,122 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,349 | 0,004 | 2,13 | 20 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,771 | 0,004 | 2,10 | 26 | |
| | | Direito | 9,836 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,945 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,907 | 0,003 | 2,03 | 79 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,881 | 0,003 | 2,03 | 76 | |
| | | Inferior | 9,870 | 0,003 | 2,03 | 81 | |
| 7 | 1,0 | - | 0,979 | 0,004 | 2,21 | 13 | |
| 8 | 9,0 | | 8,967 | 0,004 | 2,10 | 27 | |
| 9 | 3,5 | | 3,492 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,005 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,995 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,492 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,218 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,885 | 0,004 | 2,10 | 26 |
| | | | Direito | 4,836 | 0,004 | 2,11 | 25 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,187 | 0,003 | 2,01 | 405 |
| | | | Inferior | 10,196 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,841 | 0,003 | 2,01 | 436 |
| 17 | 7,0 | | | 6,800 | 0,003 | 2,01 | 285 |
| 18 | 1,0 | 1,180 | | 0,003 | 2,05 | 54 | |
| 19 | 1,0 | 1,022 | | 0,005 | 2,23 | 12 | |
| 20 | 2,0 | 1,956 | | 0,003 | 2,05 | 55 | |
| 21 | 6,0 | 5,958 | | 0,005 | 2,25 | 11 | |
| 22 | 2,0 | 1,993 | | 0,004 | 2,18 | 15 | |
| 23 | 5,0 | 4,910 | | 0,003 | 2,03 | 100 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031. Pág.10/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,068 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,031 | 0,003 | 2,03 | 100 | |
| 3 | 8,5 | | 8,349 | 0,003 | 2,01 | 191 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,794 | 0,004 | 2,11 | 24 | |
| | | Direito | 9,829 | 0,003 | 2,02 | 107 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,901 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| | | Inferior | 4,930 | 0,004 | 2,14 | 19 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,840 | 0,004 | 2,20 | 14 | |
| | | Inferior | 9,853 | 0,004 | 2,12 | 22 | |
| 7 | 1,0 | - | 0,965 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,986 | 0,003 | 2,01 | 285 | |
| 9 | 3,5 | | 3,490 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,015 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,992 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,483 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,225 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,833 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,840 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,226 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,290 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,832 | 0,003 | 2,01 | 243 | |
| 17 | 7,0 | | 6,819 | 0,003 | 2,03 | 92 | |
| 18 | 1,0 | | 1,375 | 0,003 | 2,01 | 251 | |
| 19 | 1,0 | | 1,029 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,945 | 0,003 | 2,04 | 70 | |
| 21 | 6,0 | | 5,990 | 0,003 | 2,04 | 72 | |
| 22 | 2,0 | | 1,960 | 0,004 | 2,10 | 27 | |
| 23 | 5,0 | | 5,102 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031. Pág. 11/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,014 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,111 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,437 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,882 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,920 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,835 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,839 | 0,003 | 2,01 | 471 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,770 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,806 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,976 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 9,015 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 9 | 3,5 | | 3,479 | 0,003 | 2,03 | 88 | |
| 10 | 2,0 | | 2,016 | 0,003 | 2,06 | 46 | |
| 11 | 1,0 | | 0,986 | 0,003 | 2,01 | 215 | |
| 12 | 0,5 | | 0,477 | 0,004 | 2,09 | 28 | |
| 13 | 8,0 | | 8,365 | 0,003 | 2,01 | 259 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,903 | 0,003 | 2,04 | 70 |
| | | | Direito | 4,884 | 0,003 | 2,03 | 100 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,355 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,335 | 0,003 | 2,01 | 276 | |
| 16 | 7,0 | - | 6,807 | 0,003 | 2,01 | 229 | |
| 17 | 7,0 | | 6,833 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 1,280 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 1,037 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,841 | 0,003 | 2,02 | 109 | |
| 21 | 6,0 | | 5,928 | 0,003 | 2,01 | 315 | |
| 22 | 2,0 | | 1,989 | 0,003 | 2,01 | 420 | |
| 23 | 5,0 | | 4,993 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02340/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031. Pág. 12/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,044 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,069 | 0,004 | 2,14 | 19 | |
| 3 | 8,5 | | 8,452 | 0,003 | 2,01 | 267 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,888 | 0,003 | 2,02 | 150 | |
| | | Direito | 9,950 | 0,003 | 2,03 | 78 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,935 | 0,003 | 2,01 | 405 | |
| | | Inferior | 4,927 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,886 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,922 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,980 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,965 | 0,003 | 2,03 | 76 | |
| 9 | 3,5 | | 3,492 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,003 | 0,003 | 2,02 | 142 | |
| 11 | 1,0 | | 0,998 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,491 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,224 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,887 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,894 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,220 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,203 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,835 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | | 6,843 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | 1,266 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | 1,023 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,963 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | 5,958 | | 0,003 | 2,02 | 107 | |
| 22 | 2,0 | 1,983 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | 4,984 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

7 - Obs:. Este certificado cancela e substitui o certificado de calibração N° 02110/20

7

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04257/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C7 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,046 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,200 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,490 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,968 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,965 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,995 | 0,003 | 2,05 | 51 | |
| | | Inferior | 4,980 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,976 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 9,971 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,050 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 8 | 9,0 | | 8,917 | 0,003 | 2,01 | 228 | |
| 9 | 3,5 | | 3,518 | 0,003 | 2,02 | 120 | |
| 10 | 2,0 | | 2,005 | 0,003 | 2,01 | 197 | |
| 11 | 1,0 | | 1,007 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,506 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,068 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,389 | 0,003 | 2,07 | 39 |
| | | | Direito | 4,311 | 0,003 | 2,01 | 315 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,069 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,052 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,746 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 17 | 7,0 | | 6,793 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 1,208 | 0,003 | 2,02 | 120 | |
| 19 | 1,0 | | 1,011 | 0,003 | 2,02 | 167 | |
| 20 | 2,0 | | 1,990 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,061 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,934 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 23 | 5,0 | | 4,967 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04257/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: L7 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 4,964 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,168 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,428 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,950 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,989 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,987 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 4,983 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,983 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 9,996 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,035 | 0,003 | 2,01 | 176 | |
| 8 | 9,0 | | 8,920 | 0,003 | 2,01 | 420 | |
| 9 | 3,5 | | 3,524 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,009 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 11 | 1,0 | | 1,007 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,508 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 13 | 8,0 | | 8,152 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,273 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,348 | 0,003 | 2,05 | 54 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,053 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,045 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,727 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,794 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 1,118 | 0,003 | 2,07 | 36 | |
| 19 | 1,0 | | 1,014 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,987 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,037 | 0,003 | 2,04 | 59 | |
| 22 | 2,0 | | 1,927 | 0,003 | 2,01 | 295 | |
| 23 | 5,0 | | 4,862 | 0,003 | 2,01 | 350 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO Nº. 04257/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N7 | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | - | 4,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,182 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 3 | 8,5 | | 8,467 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,963 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Direito | 9,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,980 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Inferior | 4,983 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,912 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Inferior | 9,886 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 7 | 1,0 | - | 1,048 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 8 | 9,0 | | 8,931 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 9 | 3,5 | | 3,522 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 10 | 2,0 | | 2,011 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 11 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 12 | 0,5 | | 0,506 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 13 | 8,0 | | 8,282 | 0,003 | 2,02 | 120 |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,335 | 0,003 | 2,00 |
| | | Direito | 4,221 | 0,003 | 2,01 | 285 |
| 15 | 10,0 | Superior | 10,261 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,250 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,717 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | 6,749 | 0,003 | 2,02 | 107 |
| 18 | 1,0 | | 1,223 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 19 | 1,0 | | 0,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 20 | 2,0 | | 2,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 21 | 6,0 | | 6,064 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 22 | 2,0 | | 1,939 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 4,972 | 0,003 | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04257/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O7 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,009 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,192 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,395 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,862 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,867 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,970 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,969 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,945 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,941 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,020 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,906 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,532 | 0,003 | 2,06 | 46 | |
| 10 | 2,0 | | 2,021 | 0,003 | 2,04 | 70 | |
| 11 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,506 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,101 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,308 | 0,003 | 2,03 | 76 |
| | | | Direito | 4,310 | 0,003 | 2,01 | 203 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,076 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,064 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,712 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,756 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 1,312 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 1,009 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 2,003 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 21 | 6,0 | | 6,026 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 22 | 2,0 | | 1,922 | 0,003 | 2,01 | 251 | |
| 23 | 5,0 | | 5,043 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04257/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S7 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 5,002 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,234 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,447 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,926 | 0,003 | 2,02 | 132 | |
| | | Direito | 9,933 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,989 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,991 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,979 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,970 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,082 | 0,003 | 2,06 | 46 | |
| 8 | 9,0 | | 8,940 | 0,003 | 2,05 | 54 | |
| 9 | 3,5 | | 3,461 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 1,959 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 1,007 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,495 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,061 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,304 | 0,003 | 2,06 | 43 |
| | | | Direito | 4,477 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 9,887 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,854 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,742 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,847 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 1,328 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 1,004 | 0,003 | 2,05 | 51 | |
| 20 | 2,0 | | 1,951 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,051 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,979 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 5,118 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04257/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,0 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04256/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C6 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,056 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,197 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,502 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,966 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,971 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,989 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 4,991 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,971 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 9,975 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,032 | 0,003 | 2,03 | 100 | |
| 8 | 9,0 | | 8,939 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 9 | 3,5 | | 3,523 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,009 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 1,004 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,510 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,112 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,377 | 0,003 | 2,02 | 146 |
| | | | Direito | 4,449 | 0,003 | 2,01 | 243 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,101 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,086 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,732 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 17 | 7,0 | | 6,804 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 1,234 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 19 | 1,0 | | 1,013 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 20 | 2,0 | | 1,943 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,031 | 0,003 | 2,01 | 420 | |
| 22 | 2,0 | | 1,976 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 4,981 | 0,003 | 2,01 | 191 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04256/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: L6 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 5,042 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,178 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,437 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,928 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,973 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,961 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 4,954 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,957 | 0,003 | 2,07 | 37 | |
| | | Inferior | 9,972 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 7 | 1,0 | | 1,040 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,909 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,541 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 10 | 2,0 | | 2,024 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 11 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,511 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,214 | 0,003 | 2,04 | 58 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,276 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,370 | 0,003 | 2,01 | 215 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,067 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,060 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | | 6,727 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,782 | 0,003 | 2,04 | 70 | |
| 18 | 1,0 | | 1,118 | 0,003 | 2,07 | 36 | |
| 19 | 1,0 | | 1,011 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,968 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 21 | 6,0 | | 6,059 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,925 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 4,866 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04256/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N6 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,024 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,168 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 3 | 8,5 | | 8,495 | 0,003 | 2,07 | 39 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,970 | 0,003 | 2,07 | 39 | |
| | | Direito | 9,971 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 5,005 | 0,003 | 2,02 | 154 | |
| | | Inferior | 4,990 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,938 | 0,003 | 2,01 | 209 | |
| | | Inferior | 9,904 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,028 | 0,003 | 2,04 | 70 | |
| 8 | 9,0 | | 8,925 | 0,003 | 2,01 | 259 | |
| 9 | 3,5 | | 3,528 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 10 | 2,0 | | 2,018 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 11 | 1,0 | | 1,001 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 12 | 0,5 | | 0,509 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 13 | 8,0 | | 8,286 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,388 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | | Direito | 4,213 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,274 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,268 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,699 | 0,003 | 2,02 | 142 | |
| 17 | 7,0 | | 6,755 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 1,232 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 19 | 1,0 | | 1,005 | 0,003 | 2,07 | 37 | |
| 20 | 2,0 | | 2,010 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,044 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 22 | 2,0 | | 1,939 | 0,003 | 2,04 | 66 | |
| 23 | 5,0 | | 4,962 | 0,003 | 2,01 | 376 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04256/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O6 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,980 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,192 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,431 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,901 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,907 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,981 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 4,974 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,955 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 9,952 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,058 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 8 | 9,0 | | 8,952 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,523 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,009 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,508 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,110 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,260 | 0,003 | 2,04 | 67 |
| | | | Direito | 4,409 | 0,003 | 2,04 | 72 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,097 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,091 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,752 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,814 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 1,308 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 1,018 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,927 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,086 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,941 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 5,085 | 0,004 | 2,09 | 30 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04256/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S6 | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | | 5,039 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,235 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 3 | 8,5 | | 8,453 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,928 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Direito | 9,933 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 5 | 5,0 | Superior | 5,006 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Inferior | 4,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,987 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Inferior | 9,976 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 7 | 1,0 | | 1,076 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 8 | 9,0 | | 8,929 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 9 | 3,5 | | 3,445 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 10 | 2,0 | | 1,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 11 | 1,0 | | 1,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 12 | 0,5 | | 0,485 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 13 | 8,0 | | 7,937 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 14 | 5,0 | Esquerdo | 4,307 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Direito | 4,495 | 0,003 | 2,01 | 259 |
| 15 | 10,0 | Superior | 9,884 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,860 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | 6,752 | 0,003 | 2,01 | 203 |
| 17 | 7,0 | | 6,831 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | | 1,332 | 0,003 | 2,01 | 405 |
| 19 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,01 | 235 |
| 20 | 2,0 | | 1,953 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 21 | 6,0 | | 6,034 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 22 | 2,0 | | 1,973 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 5,114 | 0,004 | 2,09 | 30 |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04256/20**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,0 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,973 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,196 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,427 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,846 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,864 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,957 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,976 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,830 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,871 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,953 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,917 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,460 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 1,976 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 1,003 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,480 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 7,952 | 0,003 | 2,01 | 267 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,938 | 0,003 | 2,03 | 96 |
| | | | Direito | 4,920 | 0,005 | 2,23 | 12 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 9,949 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 9,872 | 0,003 | 2,01 | 243 |
| 16 | 7,0 | | - | 6,793 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | | 6,734 | 0,003 | 2,01 | 259 |
| 18 | 1,0 | 0,941 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | 1,051 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 1,980 | | 0,004 | 2,09 | 28 | |
| 21 | 6,0 | 5,958 | | 0,003 | 2,08 | 34 | |
| 22 | 2,0 | 1,898 | | 0,003 | 2,05 | 53 | |
| 23 | 5,0 | 4,924 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 4/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: SL2 | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 4,955 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,141 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,215 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,655 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,562 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,913 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,958 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,883 | 0,003 | 2,01 | 420 | |
| | | Inferior | 9,897 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | | 1,028 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,827 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,480 | 0,003 | 2,03 | 94 | |
| 10 | 2,0 | | 2,032 | 0,005 | 2,25 | 11 | |
| 11 | 1,0 | | 1,143 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 12 | 0,5 | | 0,305 | 0,003 | 2,03 | 84 | |
| 13 | 8,0 | | 8,020 | 0,003 | 2,02 | 139 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,997 | 0,004 | 2,11 | 23 |
| | | | Direito | 5,055 | 0,004 | 2,16 | 17 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 9,964 | 0,003 | 2,05 | 56 |
| | | | Inferior | 9,948 | 0,004 | 2,11 | 23 |
| 16 | 7,0 | | | 6,471 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | | 6,358 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | 0,905 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | 1,014 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | 2,016 | | 0,003 | 2,01 | 338 | |
| 21 | 6,0 | 5,918 | | 0,004 | 2,15 | 18 | |
| 22 | 2,0 | 1,939 | | 0,003 | 2,08 | 31 | |
| 23 | 5,0 | 5,103 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O2 | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | - | 4,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,076 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 3 | 8,5 | | 8,514 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,930 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Direito | 9,956 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,939 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 5,044 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,928 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,928 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 7 | 1,0 | - | 1,071 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 8 | 9,0 | | 8,927 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 9 | 3,5 | | 3,472 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 10 | 2,0 | | 1,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 11 | 1,0 | | 0,982 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 12 | 0,5 | | 0,502 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 13 | 8,0 | | 8,039 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 14 | 5,0 | Esquerdo | 4,834 | 0,003 | 2,02 | 150 |
| | | Direito | 4,919 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | Superior | 10,015 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,724 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | 6,795 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | | 1,146 | 0,005 | 2,25 | 11 |
| 19 | 1,0 | | 1,024 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 20 | 2,0 | | 1,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 21 | 6,0 | | 6,045 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 22 | 2,0 | | 1,959 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 4,940 | 0,003 | 2,07 | 35 |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,992 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,272 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,472 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,931 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,974 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,961 | 0,003 | 2,01 | 285 | |
| | | Inferior | 5,008 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,900 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,918 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,023 | 0,003 | 2,01 | 276 | |
| 8 | 9,0 | | 8,952 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,477 | 0,003 | 2,03 | 86 | |
| 10 | 2,0 | | 1,972 | 0,003 | 2,01 | 267 | |
| 11 | 1,0 | | 0,999 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,506 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,034 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,957 | 0,003 | 2,03 | 76 |
| | | | Direito | 4,938 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,021 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,023 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,823 | 0,004 | 2,11 | 25 |
| 17 | 7,0 | | | 6,796 | 0,004 | 2,11 | 24 |
| 18 | 1,0 | 1,219 | | 0,003 | 2,03 | 76 | |
| 19 | 1,0 | 1,018 | | 0,003 | 2,01 | 251 | |
| 20 | 2,0 | 1,907 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | 5,978 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | 2,014 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | 4,962 | | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C2 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 5,012 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,117 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,423 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,918 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,934 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,890 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,853 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,897 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,880 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,902 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,921 | 0,003 | 2,02 | 139 | |
| 9 | 3,5 | | 3,494 | 0,003 | 2,06 | 44 | |
| 10 | 2,0 | | 1,996 | 0,003 | 2,04 | 68 | |
| 11 | 1,0 | | 0,997 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,501 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,053 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,895 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,882 | 0,003 | 2,04 | 68 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,031 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,023 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,773 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,857 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 0,977 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 1,025 | 0,003 | 2,01 | 186 | |
| 20 | 2,0 | | 1,967 | 0,003 | 2,07 | 36 | |
| 21 | 6,0 | | 5,970 | 0,008 | 2,52 | 6 | |
| 22 | 2,0 | | 1,916 | 0,005 | 2,32 | 9 | |
| 23 | 5,0 | | 4,894 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,958 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,208 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,516 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,927 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,923 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,954 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,963 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,915 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,928 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,029 | 0,003 | 2,01 | 171 | |
| 8 | 9,0 | | 8,918 | 0,004 | 2,11 | 23 | |
| 9 | 3,5 | | 3,439 | 0,003 | 2,01 | 209 | |
| 10 | 2,0 | | 1,979 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,988 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,473 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,040 | 0,003 | 2,01 | 390 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,768 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,806 | 0,003 | 2,01 | 243 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,048 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,517 | 0,013 | 2,65 | 5 | |
| 17 | 7,0 | | 6,976 | 0,012 | 2,65 | 5 | |
| 18 | 1,0 | | 0,946 | 0,006 | 2,37 | 8 | |
| 19 | 1,0 | | 1,022 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,869 | 0,004 | 2,11 | 23 | |
| 21 | 6,0 | | 6,092 | 0,003 | 2,06 | 41 | |
| 22 | 2,0 | | 1,917 | 0,003 | 2,06 | 41 | |
| 23 | 5,0 | | 4,969 | 0,004 | 2,11 | 24 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.9/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: SL1 | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,934 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,152 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,442 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,888 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,895 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,956 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,961 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,961 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,964 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,866 | 0,003 | 2,01 | 436 | |
| 8 | 9,0 | | 8,926 | 0,003 | 2,05 | 48 | |
| 9 | 3,5 | | 3,511 | 0,003 | 2,06 | 43 | |
| 10 | 2,0 | | 2,004 | 0,003 | 2,04 | 62 | |
| 11 | 1,0 | | 1,018 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,488 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,040 | 0,003 | 2,01 | 222 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,865 | 0,004 | 2,11 | 24 |
| | | | Direito | 4,786 | 0,003 | 2,02 | 162 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,015 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,011 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,658 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,818 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 0,981 | 0,003 | 2,02 | 104 | |
| 19 | 1,0 | | 1,042 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,980 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 21 | 6,0 | | 5,986 | 0,008 | 2,52 | 6 | |
| 22 | 2,0 | | 1,939 | 0,006 | 2,37 | 8 | |
| 23 | 5,0 | | 4,964 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.10/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,967 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,213 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,503 | 0,003 | 2,03 | 78 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,914 | 0,003 | 2,05 | 52 | |
| | | Direito | 9,921 | 0,003 | 2,04 | 63 | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,973 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,960 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,945 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,933 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,019 | 0,003 | 2,06 | 43 | |
| 8 | 9,0 | | 8,910 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,484 | 0,004 | 2,11 | 23 | |
| 10 | 2,0 | | 1,996 | 0,004 | 2,14 | 19 | |
| 11 | 1,0 | | 1,003 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,484 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,070 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,788 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Direito | 4,758 | 0,004 | 2,17 | 16 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,020 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,029 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,511 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | | 6,966 | 0,003 | 2,03 | 75 |
| 18 | 1,0 | 0,940 | | 0,003 | 2,04 | 67 | |
| 19 | 1,0 | 1,004 | | 0,003 | 2,03 | 78 | |
| 20 | 2,0 | 1,943 | | 0,004 | 2,10 | 27 | |
| 21 | 6,0 | 6,065 | | 0,006 | 2,43 | 7 | |
| 22 | 2,0 | 1,912 | | 0,004 | 2,17 | 16 | |
| 23 | 5,0 | 4,911 | | 0,004 | 2,18 | 15 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.11/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,982 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,317 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,496 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,929 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,921 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,975 | 0,004 | 2,14 | 19 | |
| | | Inferior | 4,970 | 0,003 | 2,02 | 102 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,938 | 0,004 | 2,11 | 23 | |
| | | Inferior | 9,919 | 0,005 | 2,23 | 12 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,064 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,908 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,491 | 0,003 | 2,06 | 46 | |
| 10 | 2,0 | | 2,008 | 0,003 | 2,05 | 52 | |
| 11 | 1,0 | | 0,991 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,492 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 7,992 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,796 | 0,008 | 2,52 | 6 |
| | | | Direito | 4,853 | 0,035 | 2,87 | 4 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 9,982 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,948 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,504 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,856 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 0,963 | 0,003 | 2,08 | 31 | |
| 19 | 1,0 | | 0,998 | 0,003 | 2,08 | 32 | |
| 20 | 2,0 | | 1,927 | 0,004 | 2,18 | 15 | |
| 21 | 6,0 | | 6,048 | 0,008 | 2,52 | 6 | |
| 22 | 2,0 | | 1,951 | 0,005 | 2,32 | 9 | |
| 23 | 5,0 | | 5,004 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 02341/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031. Pág. 12/12

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C1 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,999 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,256 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,527 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,952 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,976 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,965 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 5,000 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,960 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,986 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,882 | 0,004 | 2,13 | 21 | |
| 8 | 9,0 | | 8,928 | 0,006 | 2,37 | 8 | |
| 9 | 3,5 | | 3,474 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 10 | 2,0 | | 1,989 | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 11 | 1,0 | | 0,985 | 0,003 | 2,04 | 69 | |
| 12 | 0,5 | | 0,500 | 0,003 | 2,03 | 78 | |
| 13 | 8,0 | | 8,004 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,793 | 0,005 | 2,28 | 10 |
| | | | Direito | 4,785 | 0,003 | 2,04 | 68 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 9,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 9,975 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | - | 6,449 | 0,007 | 2,52 | 6 |
| 17 | 7,0 | | | 6,800 | 0,014 | 2,65 | 5 |
| 18 | 1,0 | 0,952 | | 0,003 | 2,08 | 31 | |
| 19 | 1,0 | 1,036 | | 0,005 | 2,28 | 10 | |
| 20 | 2,0 | 1,944 | | 0,011 | 2,65 | 5 | |
| 21 | 6,0 | 5,974 | | 0,024 | 2,87 | 4 | |
| 22 | 2,0 | 1,875 | | 0,009 | 2,52 | 6 | |
| 23 | 5,0 | 4,941 | | 0,005 | 2,32 | 9 | |

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

7 - Obs:. Este certificado cancela e substitui o certificado de calibração N° 02111/20

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04255/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C4 | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | - | 4,945 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,351 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 3 | 8,5 | | 8,641 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Direito | 10,016 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,909 | 0,003 | 2,03 | 74 |
| | | Inferior | 4,914 | 0,003 | 2,03 | 88 |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,939 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,965 | 0,003 | 2,01 | 222 |
| 7 | 1,0 | - | 1,107 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 8 | 9,0 | | 8,932 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 9 | 3,5 | | 3,497 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 10 | 2,0 | | 1,973 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 11 | 1,0 | | 0,934 | 0,003 | 2,03 | 84 |
| 12 | 0,5 | | 0,590 | 0,003 | 2,03 | 75 |
| 13 | 8,0 | | 8,690 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,320 | 0,004 | 2,09 |
| | | Direito | 4,312 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | Superior | 10,384 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,386 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,563 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | 6,795 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 18 | 1,0 | | 0,806 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 19 | 1,0 | | 1,018 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 20 | 2,0 | | 1,820 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 21 | 6,0 | | 6,100 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 22 | 2,0 | | 2,010 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 4,983 | 0,004 | 2,09 | 30 |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04255/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: L4 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 4,903 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,195 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 3 | 8,5 | | 8,478 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,933 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,959 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,967 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 4,961 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,959 | 0,003 | 2,08 | 34 | |
| | | Inferior | 9,964 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,060 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,887 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,461 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 1,969 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 0,991 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,500 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,461 | 0,003 | 2,06 | 41 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,298 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | | Direito | 4,324 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,321 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,336 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,628 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,725 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 0,911 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 1,010 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,916 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 21 | 6,0 | | 6,061 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,943 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 4,901 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04255/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N4 | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | - | 4,925 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,258 | 0,003 | 2,01 | 420 |
| 3 | 8,5 | | 8,666 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Direito | 9,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,904 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 4,913 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,900 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 9,932 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 7 | 1,0 | - | 1,090 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 8 | 9,0 | | 8,957 | 0,003 | 2,04 | 62 |
| 9 | 3,5 | | 3,525 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 10 | 2,0 | | 2,019 | 0,003 | 2,04 | 65 |
| 11 | 1,0 | | 0,956 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 12 | 0,5 | | 0,550 | 0,003 | 2,01 | 453 |
| 13 | 8,0 | | 8,379 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 14 | 5,0 | Esquerdo | 4,345 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Direito | 4,479 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | Superior | 10,380 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,393 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,603 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 17 | 7,0 | | 6,838 | 0,003 | 2,01 | 209 |
| 18 | 1,0 | | 0,899 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 19 | 1,0 | | 1,014 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 20 | 2,0 | | 1,844 | 0,003 | 2,02 | 132 |
| 21 | 6,0 | | 6,112 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 22 | 2,0 | | 1,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 5,016 | 0,003 | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04255/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O4 | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| 1 | 5,0 | - | 5,067 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 2 | 7,0 | | 7,104 | 0,003 | 2,06 | 40 |
| 3 | 8,5 | | 8,428 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,866 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Direito | 9,875 | 0,003 | 2,01 | 405 |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,983 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Inferior | 4,978 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,940 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | Inferior | 9,942 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 7 | 1,0 | - | 0,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 8 | 9,0 | | 8,919 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 9 | 3,5 | | 3,509 | 0,003 | 2,02 | 146 |
| 10 | 2,0 | | 2,044 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 11 | 1,0 | | 1,012 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 12 | 0,5 | | 0,454 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 13 | 8,0 | | 8,497 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,281 | 0,004 | 2,09 |
| | | Direito | 4,354 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | Superior | 10,332 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,348 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,720 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 17 | 7,0 | | 6,726 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 18 | 1,0 | | 0,964 | 0,003 | 2,01 | 276 |
| 19 | 1,0 | | 1,018 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 20 | 2,0 | | 1,987 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 21 | 6,0 | | 5,942 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 22 | 2,0 | | 1,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 23 | 5,0 | | 4,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04255/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S4 | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{err}) | |
| 1 | 5,0 | | 4,899 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,336 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,581 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,987 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,976 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 5,022 | 0,003 | 2,07 | 37 | |
| | | Inferior | 5,015 | 0,003 | 2,07 | 37 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 10,003 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 10,036 | 0,003 | 2,03 | 92 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,114 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 8 | 9,0 | | 8,947 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 9 | 3,5 | | 3,446 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 10 | 2,0 | | 1,938 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 11 | 1,0 | | 0,991 | 0,003 | 2,03 | 84 | |
| 12 | 0,5 | | 0,517 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 13 | 8,0 | | 9,127 | 0,003 | 2,08 | 31 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,321 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | | Direito | 4,254 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,403 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,403 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,623 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 17 | 7,0 | | 6,821 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 0,937 | 0,003 | 2,03 | 98 | |
| 19 | 1,0 | | 0,984 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 20 | 2,0 | | 1,924 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 21 | 6,0 | | 6,085 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 22 | 2,0 | | 1,999 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 23 | 5,0 | | 5,193 | 0,004 | 2,09 | 30 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 04255/20**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,0 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 05346/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: C3 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,980 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,203 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,406 | 0,003 | 2,08 | 34 | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,833 | 0,003 | 2,01 | 181 | |
| | | Direito | 9,870 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,927 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 4,948 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,581 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| | | Inferior | 9,578 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 7 | 1,0 | - | 1,036 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 8 | 9,0 | | 8,927 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 9 | 3,5 | | 3,492 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 10 | 2,0 | | 1,991 | 0,003 | 2,04 | 63 | |
| 11 | 1,0 | | 1,023 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 12 | 0,5 | | 0,479 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 13 | 8,0 | | 8,412 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,402 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | | Direito | 4,347 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,257 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,309 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,650 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 17 | 7,0 | | 6,728 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 0,923 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 19 | 1,0 | | 0,994 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 20 | 2,0 | | 1,887 | 0,003 | 2,01 | 229 | |
| 21 | 6,0 | | 6,050 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,935 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 4,954 | 0,003 | 2,01 | 176 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 05346/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: L3 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 4,909 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,263 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,614 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,996 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 10,020 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 5,010 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 5,011 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 10,044 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 10,020 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,089 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,956 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,496 | 0,003 | 2,01 | 285 | |
| 10 | 2,0 | | 1,992 | 0,003 | 2,01 | 405 | |
| 11 | 1,0 | | 1,008 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,496 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,373 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,436 | 0,003 | 2,04 | 58 |
| | | | Direito | 4,483 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,347 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,356 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | - | 6,634 | 0,003 | 2,01 | 305 | |
| 17 | 7,0 | | 6,918 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 0,933 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 19 | 1,0 | | 0,999 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,943 | 0,003 | 2,01 | 276 | |
| 21 | 6,0 | | 6,128 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 22 | 2,0 | | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 4,951 | 0,003 | 2,01 | 197 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO Nº. 05346/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: N3 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 4,903 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,236 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,612 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,990 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 10,019 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,933 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,953 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,973 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 10,000 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 1,088 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 8 | 9,0 | | 8,950 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 9 | 3,5 | | 3,530 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 10 | 2,0 | | 1,996 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 11 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,529 | 0,003 | 2,01 | 267 | |
| 13 | 8,0 | | 8,395 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,350 | 0,003 | 2,06 | 45 |
| | | | Direito | 4,339 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,367 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,381 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,600 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 17 | 7,0 | | 6,830 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 1,128 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 19 | 1,0 | | 1,012 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 20 | 2,0 | | 1,855 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 21 | 6,0 | | 6,163 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 22 | 2,0 | | 1,955 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 23 | 5,0 | | 4,985 | 0,004 | 2,09 | 30 | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 05346/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: O3 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | - | 5,066 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,131 | 0,003 | 2,04 | 59 | |
| 3 | 8,5 | | 8,422 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,900 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,905 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,907 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,904 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,824 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,830 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | - | 0,993 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,925 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,492 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,019 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 11 | 1,0 | | 1,005 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,468 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,420 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,467 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | | Direito | 4,559 | 0,003 | 2,03 | 100 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,341 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | Inferior | 10,361 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 16 | 7,0 | - | 6,790 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 17 | 7,0 | | 6,679 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 18 | 1,0 | | 1,285 | 0,003 | 2,01 | 471 | |
| 19 | 1,0 | | 1,017 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 2,017 | 0,003 | 2,03 | 83 | |
| 21 | 6,0 | | 5,823 | 0,003 | 2,08 | 33 | |
| 22 | 2,0 | | 1,986 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 23 | 5,0 | | 4,994 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 05346/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das calibrações.

| Identificação do proprietário: S3 | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|
| Posição | Nominal (mm) | Lado | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) | |
| 1 | 5,0 | | 5,008 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 2 | 7,0 | | 7,132 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 3 | 8,5 | | 8,336 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 4 | 10,0 | Esquerdo | 9,817 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Direito | 9,795 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 5 | 5,0 | Superior | 4,609 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 4,621 | 0,003 | 2,01 | 285 | |
| 6 | 10,0 | Superior | 9,568 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| | | Inferior | 9,571 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 7 | 1,0 | | 1,037 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 8 | 9,0 | | 8,909 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 9 | 3,5 | | 3,554 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 10 | 2,0 | | 2,054 | 0,003 | 2,02 | 107 | |
| 11 | 1,0 | | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 12 | 0,5 | | 0,495 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 13 | 8,0 | | 8,926 | 0,003 | 2,05 | 49 | |
| 14 | 5,0 | | Esquerdo | 4,531 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| | | | Direito | 4,421 | 0,004 | 2,09 | 30 |
| 15 | 10,0 | | Superior | 10,317 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | | | Inferior | 10,291 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 16 | 7,0 | | 6,671 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 17 | 7,0 | | 6,635 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 18 | 1,0 | | 1,374 | 0,003 | 2,02 | 114 | |
| 19 | 1,0 | | 1,017 | 0,003 | 2,00 | infinito | |
| 20 | 2,0 | | 1,960 | 0,003 | 2,01 | 338 | |
| 21 | 6,0 | | 5,850 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 22 | 2,0 | | 2,167 | 0,004 | 2,09 | 30 | |
| 23 | 5,0 | | 5,117 | 0,003 | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 05346/20

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,0 \pm 0,2$)°C.

7 - Observação: Este certificado cancela e substitui o certificado de calibração N° 04254/20

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N.º. 00983/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| C1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,052 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,133 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,500 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,979 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,032 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,471 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,496 | 0,003 | 2,01 | 277 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,410 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,068 | 0,003 | 2,02 | 120 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,039 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,744 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,666 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,981 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 2,061 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,512 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,976 | 0,003 | 2,01 | 301 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,001 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,003 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,979 | 0,003 | 2,01 | 193 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,975 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,973 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,493 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,047 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,043 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,051 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,883 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,007 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,054 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,046 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,930 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 57' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 163° 05' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00983/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| L1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,054 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,147 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,491 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,009 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,007 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,463 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,643 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,349 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,115 | 0,003 | 2,02 | 111 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,042 | 0,003 | 2,01 | 370 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,795 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,647 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,003 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,996 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,504 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,01 | 236 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,990 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,918 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 9,002 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,486 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,005 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,056 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,873 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,000 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,000 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,125 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,042 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| L1 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 15' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 50' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00983/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| N1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,030 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,120 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,477 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,994 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,976 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,511 | 0,003 | 2,01 | 419 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,580 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,442 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,124 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,028 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,818 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,614 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,060 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,936 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,502 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,005 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,960 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,486 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,142 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,146 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,164 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,871 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,956 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,982 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,972 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,037 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,958 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| N1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 79° 53' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 06' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

0

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00983/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| O1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,106 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,079 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,507 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,912 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,033 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,449 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,397 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,650 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,350 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,079 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,672 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,467 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,910 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,782 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,513 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,982 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,013 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,010 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,019 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,514 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,079 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,068 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,073 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,891 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,993 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,987 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,069 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| O1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 78° 11' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 165° 08' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00983/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{err}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,031 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,121 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,462 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,906 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,034 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,215 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,624 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,493 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,028 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,711 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,724 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,946 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 2,088 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,511 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,009 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,979 | 0,003 | 2,01 | 393 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,964 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,506 | 0,003 | 2,01 | 493 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 9,946 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 9,964 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 7,968 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,891 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,965 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,112 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,019 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,983 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{err}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 83° 19' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 00' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00983/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00984/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| C2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,082 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,139 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,515 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,969 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,042 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,512 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,324 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,973 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,475 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,105 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,754 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,590 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,121 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,992 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,501 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,010 | 0,003 | 2,01 | 269 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,986 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,977 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,482 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,029 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,054 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,068 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,891 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,092 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,065 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,953 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C2 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 75° 33' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 40' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00984/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| L2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,016 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,073 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,432 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,976 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,325 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,636 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,559 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,171 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,031 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,786 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,570 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,143 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,993 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,512 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,999 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 2,000 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,007 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,945 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,510 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,057 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,034 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,046 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,897 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,962 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,973 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,119 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,038 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,978 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| L2 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 81° 23' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 56' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

h

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00984/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{er}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| N2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,060 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,150 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,497 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,434 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,524 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,649 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,090 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,029 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,805 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,583 | 0,003 | 2,02 | 133 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,093 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 2,006 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,523 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,982 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,001 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,022 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,990 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,919 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,976 | 0,003 | 2,01 | 446 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,513 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,145 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,153 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,169 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,871 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,966 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,978 | 0,003 | 2,02 | 120 |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,037 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,959 | 0,003 | 2,00 | infinito |

| | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{er}) |
|----|--------|---------|----------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| N2 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 78° 08' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 23' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

4

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00984/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| O2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,102 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,083 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,502 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,870 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,019 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,479 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,487 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,549 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,132 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,012 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,766 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,652 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,042 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,994 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,509 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,973 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,015 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,977 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,971 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,479 | 0,003 | 2,01 | 255 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,022 | 0,003 | 2,01 | 224 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,069 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,946 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,994 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| O2 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 55' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 06' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

Q.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00984/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,088 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,128 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,424 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,851 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,029 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,271 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,563 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,639 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,104 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,055 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,689 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,571 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,072 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 2,040 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,506 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,979 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,005 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,994 | 0,003 | 2,02 | 157 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,994 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,991 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,954 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,505 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 9,955 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 9,942 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 7,945 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,900 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,963 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,114 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,020 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S2 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 33' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 07' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00984/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00985/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| C6 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,043 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,082 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,469 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,946 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,016 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,397 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,595 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,451 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,149 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,043 | 0,003 | 2,01 | 218 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,802 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,608 | 0,003 | 2,01 | 198 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,000 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,987 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,487 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,977 | 0,003 | 2,01 | 176 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,978 | 0,003 | 2,02 | 118 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,013 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,986 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,895 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,986 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,451 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 9,957 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,025 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,036 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,892 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,007 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,987 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,957 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C6 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 47' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 01' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00985/21
REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,097 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,103 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,454 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,946 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,954 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,317 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,768 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,366 | 0,003 | 2,02 | 107 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,097 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,074 | 0,003 | 2,01 | 318 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,806 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,661 | 0,003 | 2,01 | 446 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,925 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| L6 | Distância | 14 | 2,030 | 2,022 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,502 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,999 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,018 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,970 | 0,003 | 2,01 | 198 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,963 | 0,003 | 2,02 | 113 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,477 | 0,003 | 2,01 | 242 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,020 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,010 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,034 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,909 | 0,003 | 2,02 | 118 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,972 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,049 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |

| L6 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|--------|---------|----------|--------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 47' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 26' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

0

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00985/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| N6 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,037 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,132 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,489 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,021 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,584 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,554 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,319 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,083 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,049 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,872 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,687 | 0,003 | 2,01 | 493 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,021 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,947 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,508 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,968 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,996 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,017 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 9,014 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,485 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,124 | 0,003 | 2,02 | 144 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,124 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,128 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,882 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,011 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,903 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,007 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| N6 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 81° 07' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 13' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00985/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| O6 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,067 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,103 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,493 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,938 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,039 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,559 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,553 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,469 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,166 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,059 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,757 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,541 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,070 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,908 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,500 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,983 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,009 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,981 | 0,003 | 2,01 | 348 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,941 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,944 | 0,003 | 2,01 | 236 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,478 | 0,003 | 2,02 | 157 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,023 | 0,003 | 2,02 | 113 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,067 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,068 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,892 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,963 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,926 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,039 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,965 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| O6 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 78° 08' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 55' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

g

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00985/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S6 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,084 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,145 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,512 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,935 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,263 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,665 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,456 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,031 | 0,003 | 2,02 | 157 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,046 | 0,003 | 2,01 | 358 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,762 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,727 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,954 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 14 | 2,030 | 2,046 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,512 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,966 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,004 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,035 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,968 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,507 | 0,003 | 2,01 | 432 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 9,987 | 0,003 | 2,01 | 248 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 9,976 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 7,979 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,893 | 0,003 | 2,02 | 132 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,993 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,000 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,086 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,050 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S6 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 81° 36' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 05' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00985/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00986/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{er}) |
|----|-----------|----------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| C7 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,027 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,139 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,517 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,988 | 0,003 | 2,02 | 144 |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,028 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,530 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,641 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,258 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,121 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,029 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,813 | 0,003 | 2,01 | 230 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,642 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,990 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 2,021 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,519 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,004 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,002 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,993 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,019 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,970 | 0,003 | 2,01 | 213 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,516 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,050 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,051 | 0,003 | 2,01 | 381 |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,893 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,001 | 0,003 | 2,02 | 144 |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,047 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,065 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,958 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C7 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{er}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 00' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| 33 | | 160° 00' | 161° 32' | 0° 02' | 2,00 | infinito | |

9/10

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00986/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{er}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| L7 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,144 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,156 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,500 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,030 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,001 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,529 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,600 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,451 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,178 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,069 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,825 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,598 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,072 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,902 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,515 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,987 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,002 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,005 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,027 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,964 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,509 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,070 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,032 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,043 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,883 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,095 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,055 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,969 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| L7 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{er}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 78° 13' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 163° 20' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

h

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00986/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{ef}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| N7 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,093 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,132 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,398 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,918 | 0,003 | 2,01 | 328 |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,946 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,430 | 0,003 | 2,01 | 358 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,573 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,399 | 0,003 | 2,02 | 127 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,081 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,050 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,813 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,731 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,831 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,930 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,503 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,023 | 0,003 | 2,01 | 255 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,980 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,942 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,954 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,478 | 0,003 | 2,02 | 133 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,126 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,133 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,147 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,882 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,942 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,964 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,924 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 5,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,963 | 0,003 | 2,00 | infinito |

| | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{ef}) |
|----|--------|---------|----------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| N7 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 43' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 06' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00986/21
REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 07 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,065 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,119 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,504 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,933 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,036 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,384 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,529 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,403 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,049 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,021 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,735 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,613 | 0,003 | 2,02 | 130 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,980 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,950 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,509 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,994 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,017 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,934 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,489 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,057 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,061 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,078 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,885 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,970 | 0,003 | 2,01 | 301 |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,980 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,946 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,034 | 0,003 | 2,01 | 172 |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| 07 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 83° 20' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 163° 46' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00986/21
REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{err}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S7 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,084 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,164 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,479 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,920 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 5,041 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,330 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,634 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,411 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,127 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,048 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,677 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,699 | 0,003 | 2,02 | 113 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,880 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,982 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,516 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,975 | 0,003 | 2,01 | 370 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,001 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,021 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,962 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,508 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 9,960 | 0,003 | 2,01 | 370 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 9,940 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 7,954 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,914 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,946 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,983 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 5,072 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,025 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,958 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S7 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 83° 33' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 163° 52' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 00986/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág. 8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N.º. 01299/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|--------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| C1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,005 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,134 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,461 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,999 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,947 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,702 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,105 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,594 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,047 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,013 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,847 | 0,003 | 2,01 | 348 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,692 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,936 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,935 | 0,003 | 2,02 | 107 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,485 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,993 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,004 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,014 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,937 | 0,003 | 2,02 | 105 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,469 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,136 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,144 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,140 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,850 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,017 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,021 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,954 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,090 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,985 | 0,003 | 2,01 | 184 |
| C1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 03' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 159° 56' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N.º. 01299/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal (mm)</i> | <i>Valor Convencional (mm)</i> | <i>Incerteza de Medição (mm)</i> | <i>Fator de abrangência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{eff})</i> |
|----|------------------|----------------|---------------------------|--|--|---|---|
| N1 | <i>Diâmetro</i> | 1 | 5,000 | 5,037 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 2 | 7,000 | 7,115 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 3 | 8,500 | 8,406 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 4 | 10,000 | 9,921 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 5 | 5,000 | 4,908 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Raio</i> | 6 | 1,500 | 2,080 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Raio</i> | 7 | 1,500 | 1,239 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 8 | 3,420 | 3,430 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 9 | 5,940 | 6,184 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 10 | 3,000 | 3,026 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 11 | 2,160 | 1,813 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 12 | 7,000 | 6,702 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 13 | 7,000 | 6,875 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 14 | 2,030 | 1,846 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 15 | 0,500 | 0,486 | 0,003 | 2,01 | 193 |
| | <i>Distância</i> | 16 | 1,000 | 1,010 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 17 | 1,000 | 0,984 | 0,003 | 2,01 | 319 |
| | <i>Distância</i> | 18 | 1,000 | 1,010 | 0,003 | 2,01 | 358 |
| | <i>Distância</i> | 19 | 2,000 | 1,945 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 20 | 1,000 | 0,836 | 0,003 | 2,02 | 135 |
| | <i>Distância</i> | 21 | 9,000 | 8,976 | 0,003 | 2,01 | 338 |
| | <i>Distância</i> | 22 | 3,500 | 3,415 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 23 | 10,000 | 10,002 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 24 | 10,000 | 10,093 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 25 | 8,000 | 8,160 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 26 | 5,000 | 4,917 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 27 | 2,000 | 1,971 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 28 | 2,000 | 2,025 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 29 | 5,000 | 4,902 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 30 | 6,000 | 5,980 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 31 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| N1 | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal</i> | <i>Valor Convencional</i> | <i>Incerteza de Medição</i> | <i>Fator de abrangência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{eff})</i> |
| | <i>Ângulo</i> | 32 | 80° 00' | 79° 01' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 29' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01299/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAI 0031.

Pág.5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|----------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| O1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,146 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,399 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,982 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,966 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 2,004 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,203 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,403 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,171 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,048 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,827 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,643 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,009 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,850 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,511 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 1,007 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,987 | 0,003 | 2,01 | 184 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,003 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,967 | 0,003 | 2,01 | 208 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,907 | 0,003 | 2,01 | 493 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,963 | 0,003 | 2,02 | 144 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,465 | 0,003 | 2,01 | 213 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,135 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,179 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,238 | 0,003 | 2,01 | 218 |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,846 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,965 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,025 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,858 | 0,003 | 2,01 | 242 |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,015 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 31 | 2,000 | 2,005 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| O1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 78° 34' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| 33 | | 160° 00' | 161° 15' | 0° 02' | 2,00 | infinito | |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01299/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,944 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,144 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,486 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,000 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,969 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,686 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,302 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,458 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,062 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 2,989 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,893 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,619 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 7,018 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,937 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,497 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,985 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,003 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,983 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,002 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,937 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,476 | 0,003 | 2,01 | 301 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,105 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,143 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,154 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,844 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,017 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,978 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,097 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,968 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 02' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 160° 00' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01299/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pag.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|-----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| SL1 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,929 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,150 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,442 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,934 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,900 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,959 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,405 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,396 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,133 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,006 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,925 | 0,003 | 2,01 | 189 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,693 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,896 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,893 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,504 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,987 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,017 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,949 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,961 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,936 | 0,003 | 2,01 | 262 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,449 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,091 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,141 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,193 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,885 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,007 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,897 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,056 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| SL1 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 79° 13' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 158° 02' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N.º. 01299/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01300/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| C2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,950 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,109 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,485 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,996 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,963 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 2,003 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,465 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,431 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,238 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,083 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,819 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,653 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,931 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,942 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,506 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,986 | 0,003 | 2,02 | 150 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,013 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,936 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,018 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,979 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,454 | 0,003 | 2,01 | 176 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,112 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,150 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,217 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,869 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,015 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,028 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,939 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,090 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,986 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C2 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 73° 31' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 49' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01300/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAI 0031

Pág.4/8

| | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal (mm)</i> | <i>Valor Convencional (mm)</i> | <i>Incerteza de Medição (mm)</i> | <i>Fator de abrangeência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{eff})</i> |
|----|------------------|----------------|---------------------------|--|--|--|--|
| N2 | <i>Diâmetro</i> | 1 | 5,000 | 4,966 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 2 | 7,000 | 7,129 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 3 | 8,500 | 8,479 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 4 | 10,000 | 9,943 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 5 | 5,000 | 4,928 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Raio</i> | 6 | 1,500 | 1,895 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Raio</i> | 7 | 1,500 | 1,542 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 8 | 3,420 | 3,140 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 9 | 5,940 | 6,099 | 0,003 | 2,01 | 184 |
| | <i>Distância</i> | 10 | 3,000 | 2,999 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 11 | 2,160 | 1,863 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 12 | 7,000 | 6,783 | 0,003 | 2,02 | 113 |
| | <i>Distância</i> | 13 | 7,000 | 6,832 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 14 | 2,030 | 1,893 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 15 | 0,500 | 0,512 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 16 | 1,000 | 0,981 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 17 | 1,000 | 0,997 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 18 | 1,000 | 1,010 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 19 | 2,000 | 1,964 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 20 | 1,000 | 1,029 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 21 | 9,000 | 8,951 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 22 | 3,500 | 3,473 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 23 | 10,000 | 10,148 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 24 | 10,000 | 10,143 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 25 | 8,000 | 8,182 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 26 | 5,000 | 4,864 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 27 | 2,000 | 1,984 | 0,003 | 2,01 | 493 |
| | <i>Distância</i> | 28 | 2,000 | 1,987 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 29 | 5,000 | 4,958 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 30 | 6,000 | 6,090 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 31 | 2,000 | 1,971 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| N2 | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal</i> | <i>Valor Convencional</i> | <i>Incerteza de Medição</i> | <i>Fator de abrangeência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{eff})</i> |
| | <i>Ângulo</i> | 32 | 80° 00' | 80° 49' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 56' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01300/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| O2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,100 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,401 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,973 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,985 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 2,367 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 2,320 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,027 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 2,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,860 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,655 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,835 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,896 | 0,003 | 2,01 | 168 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,513 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 1,014 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,987 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,002 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,949 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,940 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 9,025 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,449 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,098 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,162 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,213 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,847 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,003 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,037 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,896 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,113 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 2,014 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| O2 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 81° 16' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 160° 30' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01300/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal (mm)</i> | <i>Valor Convencional (mm)</i> | <i>Incerteza de Medição (mm)</i> | <i>Fator de abrangência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{eff})</i> |
|----|------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|
| S2 | <i>Diâmetro</i> | 1 | 5,000 | 4,955 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 2 | 7,000 | 7,123 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 3 | 8,500 | 8,484 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 4 | 10,000 | 10,017 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 5 | 5,000 | 4,959 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Raio</i> | 6 | 1,500 | 2,033 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Raio</i> | 7 | 1,500 | 1,599 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 8 | 3,420 | 2,983 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 9 | 5,940 | 6,059 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 10 | 3,000 | 2,997 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 11 | 2,160 | 1,888 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 12 | 7,000 | 6,702 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 13 | 7,000 | 6,892 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 14 | 2,030 | 1,924 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 15 | 0,500 | 0,491 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 16 | 1,000 | 0,988 | 0,003 | 2,01 | 309 |
| | <i>Distância</i> | 17 | 1,000 | 0,996 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 18 | 1,000 | 1,014 | 0,003 | 2,01 | 184 |
| | <i>Distância</i> | 19 | 2,000 | 1,949 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 20 | 1,000 | 0,925 | 0,003 | 2,01 | 249 |
| | <i>Distância</i> | 21 | 9,000 | 8,993 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 22 | 3,500 | 3,436 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 23 | 10,000 | 10,001 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 24 | 10,000 | 10,110 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 25 | 8,000 | 8,166 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 26 | 5,000 | 4,843 | 0,003 | 2,01 | 319 |
| | <i>Distância</i> | 27 | 2,000 | 1,982 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 28 | 2,000 | 2,011 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 29 | 5,000 | 4,942 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 30 | 6,000 | 6,111 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 31 | 2,000 | 1,945 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| S2 | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal</i> | <i>Valor Convencional</i> | <i>Incerteza de Medição</i> | <i>Fator de abrangência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{eff})</i> |
| | <i>Ângulo</i> | 32 | 80° 00' | 80° 31' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 13' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01300/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|-----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| SL2 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,955 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,132 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,479 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,933 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,909 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,704 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,624 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,232 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,047 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,001 | 0,003 | 2,01 | 393 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,881 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,680 | 0,003 | 2,01 | 493 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,869 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,949 | 0,003 | 2,02 | 120 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,502 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,994 | 0,003 | 2,02 | 125 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,987 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,999 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,946 | 0,003 | 2,01 | 193 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,943 | 0,003 | 2,01 | 249 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 9,017 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,434 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,117 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,190 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,256 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,853 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,009 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,043 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,938 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,064 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 2,010 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| SL2 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 04' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 160° 10' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01300/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pag.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01301/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|--------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| C3 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,930 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,150 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,477 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,948 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 2,195 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,511 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,341 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,371 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,183 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,843 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,570 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,901 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,878 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,515 | 0,003 | 2,01 | 432 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,991 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,932 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,008 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,964 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,966 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 9,000 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,410 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,007 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,122 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,154 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,856 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,019 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,933 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,110 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,983 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C3 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 72° 07' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 19' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01301/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| L3 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,947 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,123 | 0,003 | 2,01 | 393 |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,477 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,966 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,918 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,669 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,537 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,339 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,076 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,029 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,867 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,632 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,799 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,941 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,491 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,011 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,955 | 0,003 | 2,01 | 230 |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,000 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,976 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,438 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,130 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,164 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,161 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,881 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,058 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,929 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,126 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 2,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| L3 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 79° 45' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 160° 28' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01301/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| N3 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,993 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,119 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,435 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,971 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,942 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,707 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,663 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,146 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,094 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,019 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,872 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,708 | 0,003 | 2,02 | 138 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,820 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,902 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,536 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 1,001 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,970 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,971 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,014 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,932 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,480 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,152 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,138 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,156 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,796 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,064 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,886 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 5,994 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 31 | 2,000 | 2,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| N3 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 81° 09' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 06' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01301/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal (mm)</i> | <i>Valor Convencional (mm)</i> | <i>Incerteza de Medição (mm)</i> | <i>Fator de abrangência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{er})</i> |
|----|------------------|----------------|---------------------------|--|--|---|---|
| O3 | <i>Diâmetro</i> | 1 | 5,000 | 4,957 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 2 | 7,000 | 7,116 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 3 | 8,500 | 8,411 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 4 | 10,000 | 9,997 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 5 | 5,000 | 4,958 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Raio</i> | 6 | 1,500 | 1,988 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Raio</i> | 7 | 1,500 | 1,512 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 8 | 3,420 | 2,978 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 9 | 5,940 | 6,091 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 10 | 3,000 | 2,987 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 11 | 2,160 | 1,563 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 12 | 7,000 | 6,582 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 13 | 7,000 | 6,864 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 14 | 2,030 | 1,868 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 15 | 0,500 | 0,491 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 16 | 1,000 | 0,980 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 17 | 1,000 | 0,998 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 18 | 1,000 | 1,007 | 0,003 | 2,01 | 381 |
| | <i>Distância</i> | 19 | 2,000 | 1,943 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 20 | 1,000 | 0,972 | 0,003 | 2,02 | 138 |
| | <i>Distância</i> | 21 | 9,000 | 8,962 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 22 | 3,500 | 3,432 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 23 | 10,000 | 10,011 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 24 | 10,000 | 10,036 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | <i>Distância</i> | 25 | 8,000 | 8,110 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 26 | 5,000 | 4,770 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 27 | 2,000 | 1,937 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 28 | 2,000 | 2,027 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 29 | 5,000 | 4,873 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 30 | 6,000 | 6,101 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | <i>Distância</i> | 31 | 2,000 | 1,999 | 0,003 | 2,00 | <i>infinito</i> |
| O3 | <i>Item</i> | <i>Posição</i> | <i>Nominal</i> | <i>Valor Convencional</i> | <i>Incerteza de Medição</i> | <i>Fator de abrangência (k)</i> | <i>Graus de liberdade (V_{er})</i> |
| | <i>Ângulo</i> | 32 | 80° 00' | 81° 19' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |
| | | 33 | 160° 00' | 165° 36' | 0° 02' | 2,00 | <i>infinito</i> |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01301/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S3 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,974 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,168 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,496 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,943 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,950 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,780 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 2,918 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,059 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,021 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,913 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,618 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,802 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,878 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,517 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,991 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,989 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,006 | 0,003 | 2,02 | 154 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,935 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,024 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,983 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,441 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,057 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,097 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,180 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,755 | 0,003 | 2,01 | 477 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,994 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,077 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,929 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,134 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,971 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S3 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 54' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 159° 46' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01301/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com V_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01302/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.3/8

4.2 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|--------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| C4 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,934 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,152 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,502 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,032 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,956 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 2,009 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,735 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 2,860 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,107 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,017 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,879 | 0,003 | 2,01 | 176 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,732 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,795 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,918 | 0,003 | 2,02 | 138 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,493 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,988 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,003 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,959 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 1,023 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,972 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,436 | 0,003 | 2,02 | 115 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,071 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,123 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,150 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,800 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 2,006 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 1,988 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,942 | 0,003 | 2,01 | 184 |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,065 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,996 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| C4 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 80° 12' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 54' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01302/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.4/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| L4 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,964 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,098 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,487 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,012 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,937 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,710 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,597 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,256 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,054 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,001 | 0,003 | 2,01 | 230 |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,909 | 0,003 | 2,02 | 118 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,689 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,897 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,970 | 0,003 | 2,01 | 176 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,485 | 0,003 | 2,02 | 133 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,995 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,992 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,933 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,961 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,942 | 0,003 | 2,01 | 446 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,409 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,063 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,152 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,209 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,780 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,966 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,051 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,971 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,112 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| L4 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 79° 49' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 02' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01302/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.5/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| N4 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,987 | 0,003 | 2,01 | 242 |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,101 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,490 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,008 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,983 | 0,003 | 2,01 | 189 |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,603 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,492 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,303 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,006 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 2,984 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,851 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,681 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,983 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,990 | 0,003 | 2,02 | 141 |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,536 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,991 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,009 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,999 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,845 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,967 | 0,003 | 2,01 | 301 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,497 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,119 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,213 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,249 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,769 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,905 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,056 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,089 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,981 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| N4 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 82° 07' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 30' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01302/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.6/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| O4 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 4,985 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,111 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,465 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 4 | 10,000 | 10,020 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,996 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,907 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 2,130 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 2,480 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 5,957 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 10 | 3,000 | 2,994 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,825 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,694 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,859 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,958 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,512 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,991 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 17 | 1,000 | 0,996 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 1,005 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,952 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,930 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,985 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,459 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,096 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,151 | 0,003 | 2,01 | 319 |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,204 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,759 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,966 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,003 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,932 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,121 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 2,017 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| O4 | Item | Posição | Nominal | Valor Convencional | Incerteza de Medição | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
| | Ângulo | 32 | 80° 00' | 81° 41' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 162° 03' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01302/21**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág 7/8

| | Item | Posição | Nominal (mm) | Valor Convencional (mm) | Incerteza de Medição (mm) | Fator de abrangência (k) | Graus de liberdade (V_{eff}) |
|----|-----------|---------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| S4 | Diâmetro | 1 | 5,000 | 5,020 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 2 | 7,000 | 7,023 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 3 | 8,500 | 8,454 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 4 | 10,000 | 9,978 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 5 | 5,000 | 4,978 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Raio | 6 | 1,500 | 1,791 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Raio | 7 | 1,500 | 1,602 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 8 | 3,420 | 3,118 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 9 | 5,940 | 6,024 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 10 | 3,000 | 3,004 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 11 | 2,160 | 1,854 | 0,003 | 2,02 | 154 |
| | Distância | 12 | 7,000 | 6,668 | 0,003 | 2,02 | 118 |
| | Distância | 13 | 7,000 | 6,872 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 14 | 2,030 | 1,914 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 15 | 0,500 | 0,521 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 16 | 1,000 | 0,990 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 17 | 1,000 | 1,002 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 18 | 1,000 | 0,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 19 | 2,000 | 1,959 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 20 | 1,000 | 0,997 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 21 | 9,000 | 8,998 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 22 | 3,500 | 3,482 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 23 | 10,000 | 10,141 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 24 | 10,000 | 10,150 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 25 | 8,000 | 8,213 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 26 | 5,000 | 4,765 | 0,003 | 2,02 | 103 |
| | Distância | 27 | 2,000 | 1,950 | 0,003 | 2,01 | 446 |
| | Distância | 28 | 2,000 | 2,040 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 29 | 5,000 | 4,923 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 30 | 6,000 | 6,065 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| | Distância | 31 | 2,000 | 1,991 | 0,003 | 2,00 | infinito |
| S4 | Ângulo | 32 | 80° 00' | 83° 00' | 0° 02' | 2,00 | infinito |
| | | 33 | 160° 00' | 161° 07' | 0° 02' | 2,00 | infinito |

CERTIFICADO DE MEDIÇÃO N°. 01302/21

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR
ISO/IEC 17025, sob número CAL 0031.

Pág.8/8

5 - Incerteza de Medição:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com ν_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente ($20,2 \pm 0,2$)°C.