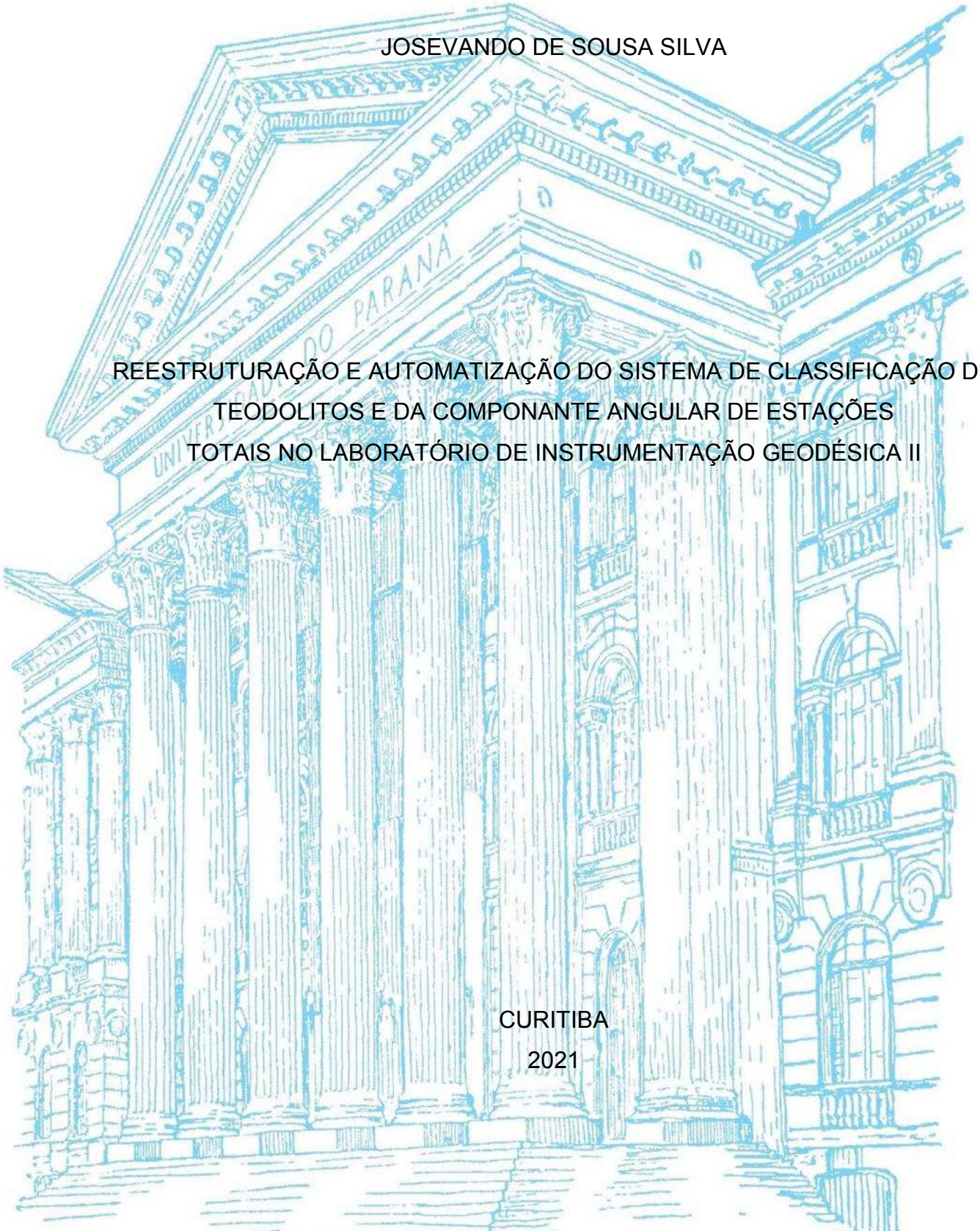
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOSEVANDO DE SOUSA SILVA



REESTRUTURAÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONANTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS NO LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA II

CURITIBA

2021

JOSEVANDO DE SOUSA SILVA

REESTRUTURAÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONANTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS NO LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA II

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas, área de concentração: Geodésia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis Faggion
Co-Orientador: Prof. Dr. Alex Soria Medina

CURITIBA

2021

Catalogação na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S586r Silva, Josevando de Sousa
Reestruturação e automatização do sistema de classificação de teodolitos e da componante angular de estações totais no laboratório de instrumentação geodésica II [recurso eletrônico] / Josevando de Sousa Silva. – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2021.

Orientador: Pedro Luis Faggion.
Coorientador: Soria Medina.

1. Colimadores (instrumento óptico). 2. Levantamento topográfico. 3. Geodésia. I. Universidade Federal do Paraná. II. Faggion, Pedro Luis. III. Medina, Soria. IV. Título.

CDD: 526.98

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIENCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS
GEODÉSICAS - 40001016002P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JOSEVANDO DE SOUSA SILVA** intitulada: **REESTRUTURAÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONANTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS NO LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA II**, sob orientação do Prof. Dr. PEDRO LUÍS FAGGION, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 08 de Março de 2021.

Assinatura Eletrônica
15/03/2021 10:40:05.0
PEDRO LUÍS FAGGION
Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
09/03/2021 09:54:45.0
LUÍS AUGUSTO KOENIG VEIGA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
09/03/2021 16:06:00.0
IRINEU DA SILVA
Avaliador Externo (ESCOLA DE ENGENHARIA DE SãO CARLOS - UNIVERSIDADE DE SãO PAULO, EESC-USP)

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 81278
Para autenticar este documento/assinatura, acesse https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp e insira o codigo 81278

Dedico este trabalho ao meu pai, Miguel Felipe Silva e a minha mãe, Lindalva de Sousa Silva, que mesmo em sua simplicidade sempre acreditaram em mim e no poder revolucionário dos estudos e da Ciência. A eles devo tudo e portanto, esta dedicatória só poderia ser para eles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, “seu” Miguel e dona Lindalva, meus maiores incentivadores e motivos pelos quais estou aqui. Não tenho nem como agradecê-los em palavras.

Às minhas irmãs, que desde que eu “inventei” de vir fazer mestrado fora do meu estado me apoiaram de todas as formas para a realização deste sonho (que também é delas). Obrigado Josemara Silva, Náthaly Maria, Maria de Jesus, Gilmara de Sousa e Joseane Silva.

Ao meu namorado, Claudio José Guimarães pela compreensão, parceria e cumplicidade que me fez chegar até aqui. Sua fé em mim me motivou a ir sempre além do que eu sequer imaginava que poderia ir.

A cada amigo, colega, conhecido que me ajudou nesta empreitada, moralmente e até financeiramente (a vaquinha e rifas que fizeram pra me ajudar nas despesas de viagem e demais nunca será esquecida por mim). Em especial as minhas amigas Luiza Marinho, Tailana Garreto, Deborah Rodrigues, Raquel Cristina e ao meu ex professor Geovan Mouzinho, que acompanharam de perto esta jornada junto comigo.

Aos meus professores da Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém do Pará, que também sonharam comigo este sonho. Em especial a minha orientadora de trabalho de conclusão de curso, Tabilla Verena Leite, da qual tenho bastante estima e consideração. Aos professores do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura – Campus Belém, Carlos Rodrigo Caldeira, Mayara Cobacho Ortega, Robson Carrera, João Almiro e Brenda Cordovil.

Aos meus professores da Pós Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná em Curitiba - PR, em especial aos coordenadores do laboratório que faço parte, Luis Veiga e ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Luis Faggion que tão de perto acompanharam esta pesquisa e me ajudaram em tudo que foi necessário. Também gostaria de estender esse agradecimento especial ao meu co-orientador, Alex Soria Medina que aceitou esta missão com afinco e satisfação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento financeiro para a realização desta pesquisa.

E por fim, a todos que direta ou indiretamente me ajudaram, incentivaram e cooperaram para mais este ciclo que está sendo concluído na minha vida.

“O espaço, a fronteira final... Estas são as viagens da nave estelar Enterprise, em sua missão de cinco anos para explorar novos mundos, pesquisar novas vidas, novas civilizações, audaciosamente indo onde nenhum homem esteve...”

(Star Trek)

RESUMO

É cada vez mais necessário que processos usados em instrumentação geodésica sejam automatizados, visando a eficiência e redução de tempo de execução. No Brasil e no mundo há diversas normativas que se atém a esta temática, estabelecendo os procedimentos em campo e laboratório para a classificação da componente angular de instrumentos geodésicos. É neste contexto que esta pesquisa projetou e implantou um sistema de colimadores para realizar a classificação de teodolitos e da componente angular horizontal de estações totais em laboratório, conjuntamente com a automação do processo de cálculo e emissão de certificado de classificação. Para viabilizar essa proposta, foi reproduzida a mesma condição estabelecida pela norma NBR 13133/1994 para uma base de classificação de campo, mas em laboratório, utilizando colimadores para a definição de pontos que serão ocupados pelos alvos (visados). Estes colimadores foram instalados em uma plataforma de concreto, todos no mesmo plano horizontal, de forma que o ângulo horizontal formado entre o primeiro colimador e o último, foi maior que noventa graus. A garantia da manutenção do mesmo plano horizontal foi efetivada utilizando um nível geodésico N3 da Wild, com precisão melhor do que 0,25 milímetros por quilômetro. Esta formatação da base proposta, reduz a área necessária para menos de $2m^2$, viabilizando sua construção em laboratório, com a vantagem de manter os parâmetros ambientais controlados e facilitar o processo de coleta dos dados. Ao final do processo de classificação (após leituras/medições), resultou na emissão automática de um certificado de classificação da componente angular horizontal do instrumento.

Palavras-chave: Instrumentação geodésica. Classificação da componente angular horizontal. Certificado de classificação.

ABSTRACT

It is increasingly necessary for processes used in geodetic instrumentation to be automated, aiming at efficiency and reduction of execution time. In Brazil and in the world there are several regulations that adhere to this theme, establishing procedures in the field and laboratory for the classification of the angular component of geodetic instruments. It is in this context that this research designed and implemented a collimator system to carry out the classification of theodolites and the horizontal angular component of total stations in the laboratory, together with the automation of the calculation process and issuing of the classification certificate. To make this proposal feasible, the same condition established by the NBR 13133/1994 standard was reproduced for a field classification base, but in the laboratory, using collimators for the definition of points that will be occupied by the (targeted) targets. These collimators were installed on a concrete platform, all in the same horizontal plane, so that the horizontal angle formed between the first collimator and the last was greater than ninety degrees. The guarantee of maintaining the same horizontal plane was carried out using a N3 geodetic level from Wild, with an accuracy better than 0.25 millimeters per kilometer. This formatting of the proposed base reduces the required area to less than $2m^2$, making it possible to build it in the laboratory, with the advantage of keeping the environmental parameters controlled and facilitating the data collection process. At the end of the classification process (after readings/measurements), it resulted in the automatic issuance of a certificate of classification of the horizontal angular component of the instrument.

Keywords: Geodetic instrumentation. Classification of the angular component. Classification certificate.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – TEODOLITO ÓPTICO COM DISTANCIÔMETRO ACOPLADO 20
FIGURA 2 – COMPONENTES DE UMA ESTAÇÃO TOTAL..... 21
FIGURA 3 – EIXOS DE UMA ESTAÇÃO TOTAL..... 22
FIGURA 4 - ERRO DA VERTICALIDADE DO EIXO PRINCIPAL 23
FIGURA 5 - MEDIÇÃO EM PD E PI DO ÂNGULO ZENITAL..... 25
FIGURA 6 - ERRO DE COLIMAÇÃO 27
FIGURA 7 - EXCENTRICIDADE DA ALIDADE 29
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DE CODIFICADOR DIGITAL DE ÂNGULOS..... 31
FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO DE UM SDGIF..... 31
FIGURA 10 – PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM COLIMADOR..... 32
FIGURA 11 - TEODOLITO DF VASCONCELOS 33
FIGURA 12 – COLIMADOR E TELESCÓPIO ALINHADOS..... 33
FIGURA 13 – BANCADA COM COLIMADORES NO ZENITE NA HORIZONTAL ... 34
FIGURA 14 - BASE PARA CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS EM CAMPO..... 36
FIGURA 15 - PLANTA DA DISTRIBUIÇÃO DOS COLIMADORES NA BANCADA . 40
FIGURA 16 - DISPOSIÇÃO DOS COLIMADORES PARA OBSERVAÇÕES DO ÂNGULO VERTICAL..... 41
FIGURA 17 - LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA II 42
FIGURA 18 - BANCADA E BASE PARA OS EXPERIMENTOS 43
FIGURA 19 - PILAR DE CENTRAGEM FORÇADA 43
FIGURA 20 - COLIMADOR 44
FIGURA 21 - INSTALAÇÃO DOS COLIMADORES 44
FIGURA 22 - SUPORTE PARA INSTALAÇÃO DOS COLIMADORES 45
FIGURA 23 - NÍVEL DE PRECISÃO PARA REFINAMENTO 45
FIGURA 24 - NÍVEL GEODÉSICO E COLIMADORES 46
FIGURA 25 - ALINHAMENTO HORIZONTAL DO RETÍCULO DO COLIMADOR.... 47
FIGURA 26 - RETÍCULOS NÃO COINCIDENTES..... 47
FIGURA 27 - RETÍCULOS COINCIDENTES 47
FIGURA 28 - SISTEMA PARA CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS..... 49
FIGURA 29 - CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T100 50
FIGURA 30 - ANOTAÇÕES DE DADOS COLETADOS DA T100..... 51
FIGURA 31 - PANORÂMICA DO CAMPO NA MEDIÇÃO COM *LEICA* T100 52

FIGURA 32 - OPERADOR COLETANDO DADOS DA *LEICA* T100 EM CAMPO.... 52
FIGURA 33 - PRISMA UTILIZADO NAS MEDIÇÕES EM CAMPO..... 53
FIGURA 34 - CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T105 53
FIGURA 35 - CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL *LEICA* TCR 1205 54
FIGURA 36 - CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL *LEICA* TS15..... 55
FIGURA 37 - CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO THEO 020 55
FIGURA 38 - CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL TOPCON GPT-3007W..... 56
FIGURA 39 – CABEÇALHO DO PROGRAMA EM LINGUAGEM MATLAB..... 57
FIGURA 40 - ARQUIVO TXT COM DADOS DE PD E PI 58
FIGURA 41 - 1º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO..... 61
FIGURA 42 - 2º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO..... 62
FIGURA 43 - 3º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO..... 63
FIGURA 44 - 4º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO..... 64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GEENG	Laboratório de Geodésia Aplicada a Engenharia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	*International Organization for Standardization*
LABTOPO	Laboratório de Topografia
LAIG	Laboratório de Instrumentação Geodésica
NBR	Norma Técnica Brasileira
N3	Nível Geodésico da *Wild*, modelo N3
PD	Posição Direta
PI	Posição Inversa
PPGCG	Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas
PR	Estado do Paraná
UFPR	Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 OBJETIVOS 15
1.1.1 Objetivo Geral 15
1.1.2 Objetivos específicos 15
1.2 JUSTIFICATIVA 16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18
2.1 ESTADO DA ARTE E CONCEITOS FUNDAMENTAIS 18
2.1.1 Conceitos importantes em instrumentação geodésica 18
2.1.2 Histórico sobre instrumentos topográficos 19
2.2 ESTAÇÕES TOTAIS 20
2.2.1 Sistema de eixos 21
2.2.2 Erros instrumentais 22
2.2.2.1 Verticalidade do eixo principal 23
2.2.2.2 Erro de índice vertical 24
2.2.2.3 Erro de índice horizontal 26
2.2.2.4 Erro da excentricidade da alidade 28
2.2.2.5 Erro do índice do compensador 30
2.2.3 Sistema de medição eletrônica de ângulos e direções 30
2.3 COLIMADORES 32
2.4 . NORMA TÉCNICA BRASILEIRA NBR 13133/1994 34
2.4.1 Equações de observação para a classificação da componente angular horizontal segundo a NBR 13133/1994 36
2.4.2 Rastreabilidade dos laboratórios no Brasil 39
3 METODOLOGIA 40
3.1 BASE DE CLASSIFICAÇÃO IMPLANTADA POR SANTOS(2008) 40
3.2 REALOCAÇÃO DA BASE DE CENTRAGEM 42
3.3 REALOCAÇÃO DOS COLIMADORES 43
3.4 PROCEDIMENTOS PRÉ-COLETA DOS DADOS 47
3.5 COLETA DE DADOS COM O INSTRUMENTOS A SEREM CLASSIFICADOS 48
3.5.1 Classificação do Teodolito T100 48
3.5.2 Classificação do teodolito T100 em campo 51
3.4.3 Classificação do teodolito T105 53

3.5.4 Classificação da estação total TCR 1205 54
3.5.5 Classificação da estação total TS15 54
3.5.6 Classificação do Teodolito THEO 020 55
3.5.7 Classificação da estação total TOPCON GPT-3007W 56
3.6 GERAÇÃO DO CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO 56
4 RESULTADOS 59
4.1 RESULTADO T100 59
4.2 RESULTADO T105 65
4.3 RESULTADO TCRA 1205 66
4.4 RESULTADO THEO20 67
4.5 RESULTADO TOPCON 3007-W 69
4.6 RESULTADO TS15 70
4.7 RESULTADO T100 EM CAMPO 71
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 74
5.1 CONCLUSÕES 74
5.2 RECOMENDAÇÕES 75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 76
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 81
APÊNDICE 1 – CADERNETAS DE CAMPO 84
APÊNDICE 2 – CERTIFICADOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS ... 91
APÊNDICE 3 – CÓDIGO MATLAB PARA CLASSIFICAÇÃO 116

1 INTRODUÇÃO

Na engenharia, os levantamentos topográficos e geodésicos são importantes na construção de pontes, viadutos, estradas, infraestrutura urbana, rural e demais obras onde o posicionamento seja requerido. Para isso, é necessário a utilização de instrumentos que atendam às necessidades e precisões estabelecidas em projeto, visando a qualidade no produto gerado.

Desta forma, faz-se indispensável que sejam feitas periodicamente, verificações, retificações ou calibrações nos instrumentos, conforme a especificação de cada um deles. No Brasil tem-se a Norma Técnica Brasileira (NBR) 13333/1994, versão corrigida 1996. Nesta norma é apresentada uma metodologia para a classificação de instrumentos topográficos segundo determinados padrões de precisão do instrumento.

A periodicidade, em relação a manutenção dos instrumentos, se dá pela frequência e cuidados na utilização dos mesmos, no transporte ou até mesmo em períodos que estes fiquem em desuso. Todas estas questões podem levar a problemas nas leituras efetuadas com os instrumentos, colocando em risco a qualidade do levantamento.

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), por meio do “Vocabulário de metrologia legal e Vocabulário de termos fundamentais e gerais de metrologia”, verificação é compreendida como o conjunto de operações, exames, marcação e a emissão de um certificado que constate que o instrumento de medição ou a medida satisfaça exigências regulamentares (INMETRO, 1989).

Já calibração é o conjunto de operações que estabelece em determinadas condições a correspondência entre o estímulo e a resposta do instrumento, do sistema ou do mostrador de medição. Certificação constitui em distribuir em classes ou grupos baseando-se em um sistema de classificação. Vários países possuem entidades normalizadoras, mas a principal no que concerne à normalização é a *International Organization for Standardization* (ISO), que contém 163 organismos nacionais de normalização (LIMA; SILVA, 2017).

No Brasil, o órgão que especifica as normatizações acerca deste tema é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio das Normas Técnicas Brasileiras. No texto da NBR 13133/1994 são apresentadas as exigências mínimas

para a classificação de teodolitos de acordo com a precisão angular e das estações totais em função da precisão angular e linear (NBR 13133, 1994).

Esta norma, no item 4.1.1.1, apresenta a metodologia para a classificação dos teodolitos e estações totais, bem como outros instrumentos topográficos e geodésicos, recomendando também que os procedimentos só sejam realizados por entidades oficiais e/ou Universidades, em bases apropriadas e é neste contexto que está inserida esta pesquisa.

Na Universidade Federal do Paraná (UFPR) já existe uma base de classificação em laboratório , implantada em 2010 (SANTOS, 2008). Porém o que se proprõe neste trabalho é uma atualização e redimensionamento da base atual, de forma a contemplar as recomendações da NBR 13133, para base de classificação de campo em laboratório. É importante este redimensionamento tendo em vista que a base de classificação, construída em campo por (MEDINA, 1999) ficou inutilizada devido a construção de novos prédio, impedindo a intervisibilidade entre o pilar central e os pilares alvos da base.

Porém, cabe ressaltar que a NBR apresenta somente os procedimentos a serem executados para a classificação da componente angular horizontal em campo. Nesta pesquisa, como já foi mencionado, objetiva-se reproduzir as mesmas condições desta base em ambiente laboratorial, utilizando colimadores e com controle das condições ambientais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Reestruturar e automatizar um sistema de classificação de teodolitos e da componente angular horizontal de estações totais no Laboratório de Instrumentação Geodésia II da UFPR.

1.1.2 Objetivos específicos

1) Propor uma metodologia que adapte a classificação de teodolitos e da componente angular horizontal de estações totais de campo em laboratório, utilizando colimadores;

2) Redimensionar os colimadores instalados no Laboratório de Instrumentação Geodésica II (SANTOS, 2008), seguindo as orientações da NBR 13133/1994 para base de classificação de teodolitos e componente horizontal de estações totais em campo;
3) Desenvolver um pograma para a automação de cálculos e elaboração de um certificado de classificação do instrumento, empregando-se o modelo matemático proposto pela norma NBR 13133;
4) Ampliar a infraestrutura de laboratórios da UFPR (Universidade Federal do Paraná) para verificação, retificação, calibração e classificação de instrumentos utilizados em topografia e geodésia.

1.2 JUSTIFICATIVA

Uma das principais justificativas para a realização deste trabalho é a dificuldade da implantação de uma base de classificação de teodolitos e da componente angular de estações totais no campo, pois é necessário uma área plana de aproximadamente 20.000m^2. Já a metodologia proposta nesta pesquisa reduz a área para 2m^2, isso possibilita sua implantação em laboratório com ambiente controlado e com menos recursos humanos envolvidos.

A relevância desta pesquisa está em desenvolver um modelo de sistema de classificação que possa ser replicado em outros laboratórios e locais onde a base de campo não seja possível de ser implementada, , viabilizando desta forma o controle e certificação destes instrumentos antes de utilizações na coleta de dados no campo para a realização de projetos de Engenharia.

Por fim, o trabalho contribui com uma proposta de solução às recomendações da tese de doutorado (SANTOS, 2008) defendida no Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná no item 5.2, sobre a necessidade de ampliação do parque de laboratórios voltados para a instrumentação geodésica e a necessidade de experimentação em laboratório para fins de verificação, retificação, calibração, classificação e certificação.

Além disso, inova-se ao propor uma metodologia de classificação de teodolitos e da componente angular horizontal de estações totais em laboratório, utilizando colimadores, seguindo as orientações da NBR 13133 e acompanhada de

processo de automação no processamentos dos dados coletados e emissão de certificado de classificação

No próximo capítulo será vista a revisão bibliográfica que norteou a pesquisa. Serão apresentados os principais conceitos de instrumentação geodésica, instrumentos utilizados, cálculos matemáticos e normatização no que concerne a classificação de instrumentos topográficos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os tópicos seguintes apresentam o arcabouço bibliográfico necessário à elaboração e desenvolvimento da pesquisa. Buscou-se trabalhar tanto com estudos da literatura nacional como internacional, visando-se uma atualização quanto aos trabalhos desenvolvidos, principalmente no que diz respeito ao estudo da implantação de um sistema para a classificação de teodolitos e da componente angular horizontal em estações totais em laboratório.

2.1 ESTADO DA ARTE E CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Na sequência apresenta-se o histórico e estado da arte de instrumentos que serão usados nesta pesquisa, como teodolitos, colimadores, estações totais, níveis; bem como os métodos que serão aplicados para se encontrar os resultados esperados ao fim desta.

2.1.1 Conceitos importantes em instrumentação geodésica

A terminologia usada na instrumentação geodésica gera conflitos de interpretação na comunidade, bem como incertezas (FAGGION, 2001). Assim, o INMETRO por meio do “Vocabulário de metrologia legal e Vocabulário de termos fundamentais e gerais de metrologia” define alguns conceitos importantes usuais na área como verificação, aferição, calibração, retificação e certificado (INMETRO, 1980).

Por verificação se entende como sendo o conjunto de operações, compreendendo o exame, a marcação ou selagem (ou) emissão de um certificado e que constate que o instrumento de medir ou medida materializada satisfaz às exigências regulamentares, ou seja, de fabricação.

Já aferição é o conjunto de operações que estabelece em condições especiais, a correlação entre os valores indicados por um instrumento ou sistema de medição e os verdadeiros convencionais da grandeza medida. Há de se observar que uma aferição pode determinar erros de indicação num instrumento, bem como por meio de testes determinar, demais propriedades metrológicas e ainda estes resultados podem ser registrados num documento intitulado certificado ou relatório (FAGGION, 2001).

Por calibração, compreende-se o conjunto de operações que estabelece em condições especiais a correlação entre o estímulo e a resposta de um instrumento ou sistema de medição. Há de se observar que os resultados de uma calibração podem permitir a determinação de parâmetros da curva característica que associa o estímulo à resposta ou os valores das grandezas correlacionadas as divisões de escalas apontadas no instrumento de medição (FAGGION, 2001).

Por certificação compreende-se o processo pelo qual um organismo imparcial, credenciado, atesta por escrito que o sistema ou pessoas são competentes para realizar determinadas tarefas (FAGGION, 2001). É neste ensejo que o conceito de certificado de calibração e certificado de classificação se encontram, sendo assim um documento atestando ao proprietário do instrumento que ele está operando ou não dentro das especificações técnicas do fabricante.

Os erros envolvidos no processo de instrumentação são determinados e minimizados durante o processo de produção, entretanto, os resultados podem variar dependendo de choques mecânicos, mudanças de temperatura, manuseio inadequado (*LEICA*, 2001). Desta forma, o instrumento deve ser verificado, retificado, calibrado e classificado periodicamente ou:

- Antes do primeiro uso;
- Após grande mudança de temperatura;
- Após longo período de armazenamento;
- Após transporte (difícil ou longo);
- Periodicamente para trabalhos de alta precisão.

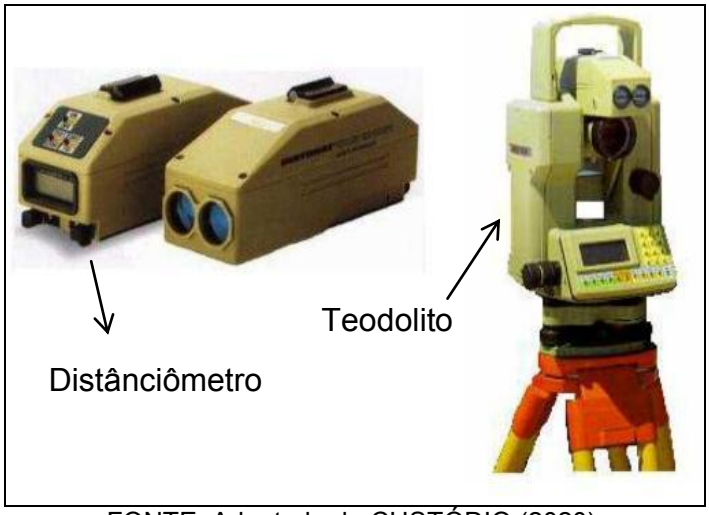
2.1.2 Histórico sobre instrumentos topográficos

Teodolitos são goniômetros que medem ângulos de qualquer natureza, seja vertical ou horizontal e são melhores aperfeiçoados que os teodolitos de trânsito (FONTES, 2005). São constituidos por um sistema de eixos, os círculos graduados (limbos), luneta, níveis de bolha e parafusos calantes (RAMOS, 1973).

Na Rússia, no ano de 1936, o primeiro distanciômetro eletro-óptico foi fabricado pelo Instituto de Óptica Governamental. Em 1957, Wadley obteve um distanciômetro de microondas, o Telurômetro. A Wild fabrica o DI-10, distanciômetro de pequenas dimensões, que unido a um teodolito

proporcionava um grande beneficio para as medidas topográficas (MACEDO, 2011), tanto em rapidez como em precisão, conforme Figura 1.

FIGURA 1 – TEODOLITO ÓPTICO COM DISTANCIÔMETRO ACOPLADO



FONTE: Adaptado de CUSTÓDIO (2020).

Estas semi estações, surgiram há aproximadamente 50 anos atrás. Eram um distanciômetro montado sobre um teodolito, primeiramente como teodolito analógico e na sequência teodolitos eletrônicos. Inicialmente a eletrônica só podia acontecer com as medidas da distância, devendo digitar os ângulos e as distâncias em uma planilha para calcular coordenadas, desníveis, etc (GONZÁLEZ e MINGORANCE,1997).

2.2 ESTAÇÕES TOTAIS

Nos dias de hoje, todas as tarefas que eram realizadas por teodolitos, como medições de ângulos e cálculos de distâncias de forma indireta por estadimetria, podem ser realizadas por estações totais de forma mais eficiente, além de obter maior precisão nas informações coletadas (GHILANI; WOLF, 2013). De acordo com Silva e Segantine (2015), as estações totais podem ser classificadas em:

• Estações totais para obras de construção civil – possuem programas dedicados a obras de construção civil, alcance de distâncias e precisões inferiores às demais estações (distâncias maiores que 1000 m e precisões angulares menores que ± 10”, respectivamente), porém são resistentes à água e à poeira.

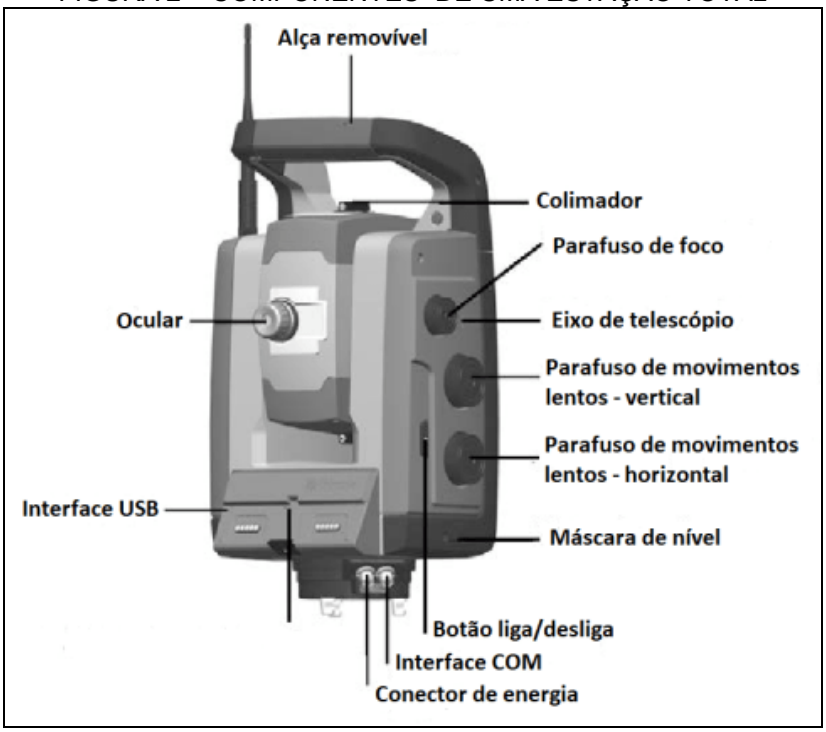
• Estações totais para levantamentos topográficos gerais – possuem maior capacidade que as estações para obras de construção civil, maior precisão (precisão

angular entre ± 3” e 5”, e precisão linear de ± (2 mm + 2 ppm) e mais funções, medem distâncias maiores entre 3000 m e 3500 m.

• Estações totais para levantamentos topográficos de precisão – nesses tipos de trabalho, raramente ultrapassam distâncias maiores que 2500 m como, por exemplo, em monitoramento de taludes de minas a céu aberto. Possuem precisão angular de ± 0,5” e precisão linear de ± (0,6 mm + 1 ppm).

• Estações totais robóticas – possuem mecanismos que possibilitam seu trabalho de forma automática, reconhecem os prismas e giram os eixos vertical e horizontal automaticamente; alguns instrumentos nivelam automaticamente. Na Figura 2 são apresentados os controles e recursos básicos de uma estação total.

FIGURA 2 – COMPONENTES DE UMA ESTAÇÃO TOTAL



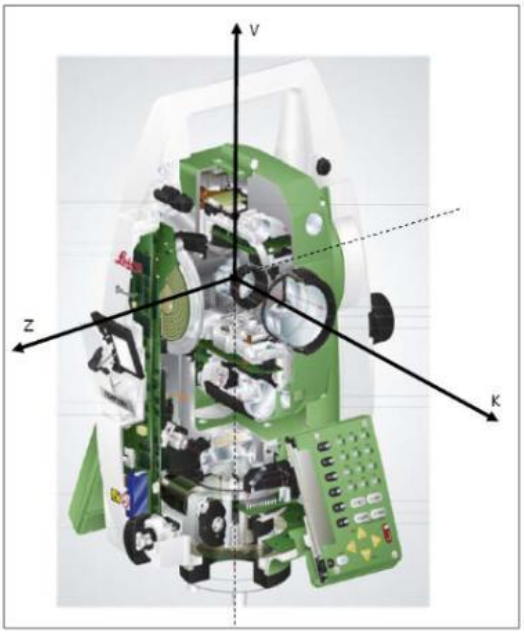
FONTE: Adaptado de SOKOL (2014)

2.2.1 Sistema de eixos

A compreensão do sistema de eixo é fundamental para entender o funcionamento de um instrumento topográfico. Na Figura 3 pode-se ver os três eixos definidos para a estação total: horizontal (Z), vertical (V) e de colimação (K).

.

FIGURA 3 – EIXOS DE UMA ESTAÇÃO TOTAL



FONTE: BRUM et al. (2005).

O eixo vertical, principal (V) é o eixo em torno do qual se realiza a rotação do instrumento. É o eixo principal do instrumento e o que define a posição vertical do mesmo. Suporta o peso da estrutura do instrumento garantindo que a rotação em torno do mesmo coincida com a rotação em torno do centro do círculo graduado horizontal (SOUZA, 2010).

O eixo horizontal, secundário ou de elevação (Z) é o eixo que está localizado perpendicular ao eixo vertical e em torno do qual gira a luneta do instrumento. Já o eixo de colimação ou de observação (K) é determinado pelo alinhamento dos centros óticos das lentes da luneta com o centro do retículo da mesma. Deve ser perpendicular ao eixo vertical e ao eixo horizontal (SOUZA, 2010).

2.2.2 Erros instrumentais

Durante os processos de medição podem ocorrer três tipos de erros, sendo eles: o grosseiro, que está relacionado geralmente à desatenção do observador, como por exemplo leitura ou anotações erradas. Em algumas situações, a detecção desse erro é facilmente perceptível. Em outros casos os erros podem ser sutis e se transformam em um grande problema, devido a sua dificuldade de identificação (GEMAEL, 1994) Também há o erro sistemático, este acumulado no próprio processo de medição, por exemplo, a falta de calibração do instrumento. Estes

podem ser evitados por meio de técnicas de observação ou até minimizados ou eliminados mediante a utilização de modelos matemáticos (GEMAEL, 1994).

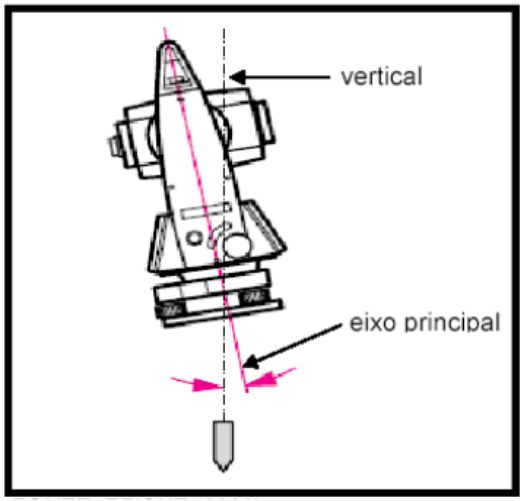
Em determinados casos, a falta de cuidados pode transformar fatores que seriam erros sistemáticos em erros grosseiros. A falta de verticalidade da mira, que ocorre quando o nível esférico presente na parte posterior da mira não permite a coincidência da vertical, é um exemplo de erro operacional. Outro exemplo comum é o erro de pontaria, que ocorre devido a limitação da resolução óptica do instrumento, da limitação visual do observador ou por causa das variáveis de cunho atmosférico (SILVA *et al.*, 2007).

Ainda, existem os erros acidentais ou aleatórios, que mesmo após os erros anteriores serem minimizados, permanecem. Não seguem uma lógica e ora ocorrem num sentido, ora noutro; com tendência a neutralizar a medida que o número de observações aumenta. Quanto maior o número da amostra, maior a distribuição de frequência, que se aproxima da distribuição normal (BORGES, 1994).

2.2.2.1 Verticalidade do eixo principal

A verticalidade do eixo principal é uma das etapas mais importantes para minimizar possíveis erros durante a medição. Nenhum procedimento na coleta dos dados minimiza este erro, nem mesmo as leituras em PD (posição direta) e PI (posição inversa) e séries de observação. Acontece quando o eixo principal não coincide com a vertical, como ilustrado na Figura 4.

FIGURA 4 - ERRO DA VERTICALIDADE DO EIXO PRINCIPAL



FONTE: ZEISKE (2000)

Para realizar a verificação da verticalidade do eixo principal é necessário:

- Instalar o teodolito sobre o tripé
- Realizar a calagem

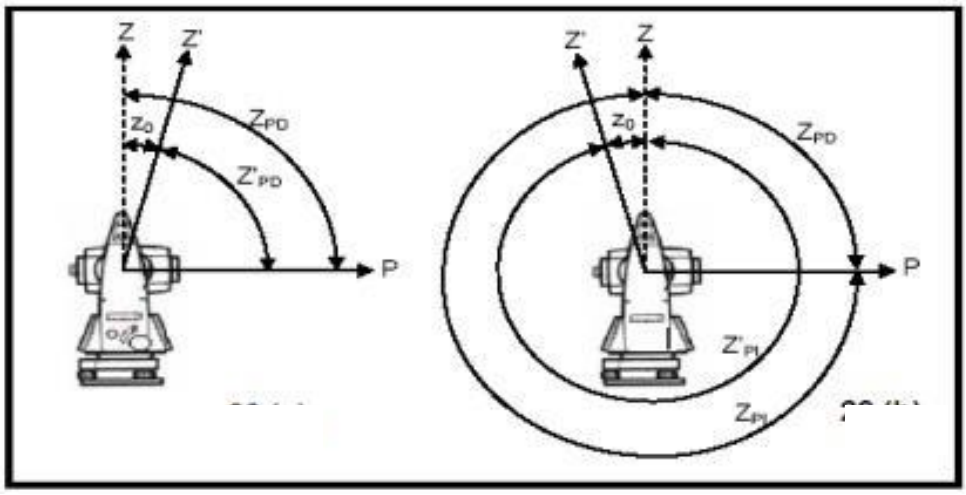
O eixo principal é perpendicular ao plano horizontal definido pelos níveis do prato quando da calagem deste. Logo, se estes níveis não estiverem retificados e não definindo o plano horizontal isto significa que o eixo não está materializando a vertical. Para verificar esta verticalidade é necessário realizar os procedimentos antes descritos para calagem do instrumento e após, dispor o nível tubular paralelo a dois parafusos calantes. Posteriormente, girar o instrumento 180º. Se o eixo principal estiver perpendicular ao eixo da bolha, esta permanecerá centrada.

Caso isso não ocorra é necessário retificar o instrumento. Este procedimento consiste em corrigir a metade do deslocamento da bolha com um parafuso calante, paralelos a esta e a outra metade nos parafusos de retificação. Repetir este processo de retificação até que a bolha do nível esteja centrada, em qualquer posição do movimento do instrumento em torno do eixo principal.

2.2.2.2 Erro de índice vertical

O erro de índice vertical ou erro de zênite, ocorre quando, durante a medição do ângulo zenital, o zero da escala não coincide com o zênite. Para minimizar os efeitos deste erro é necessário realizar as observações em ambas as posições da luneta do instrumento (PD e PI). Também é possível determinar o valor deste erro para posterior correção, seja em campo ou laboratório, por meio do procedimento representado na Figura 6. Realiza-se a medição do ângulo zenital (Z'_{PD}) em um ponto (P) e posteriormente realiza-se a leitura no mesmo ponto (P) em PI (Z'_{PI}), conforme representado na Figura 5.

FIGURA 5 - MEDIÇÃO EM PD E PI DO ÂNGULO ZENITAL



FONTE: ZEISKE (2004)

Da Figura anterior obtém-se a equação:

$$Z_{PD} = Z'_{PD} + Z_0 \qquad (01)$$

Onde:

Z_{PD} = distância zenital em PD, sem erro

Z'_{PD} = distância zenital em PD

Z_0 = erro de zênite instrumental

Realiza-se os mesmos procedimentos na posição inversa da luneta, obtendo a fórmula (2) abaixo:

$$Z_{PD} = 360 - Z'_{PI} + Z_0 \qquad (02)$$

Onde:

Z_{PI} = distância zenital em PI, sem o erro;

Z'_{PI} = distância zenital em PI;

Z =distância Zenital;

Desta forma, para obter o valor do erro do zênite basta subtrair a equação 01 da equação 02 e com isso obtém-se a equação 03, utilizada para a determinação do erro de zenite instrumental.

$$Z_0 = \frac{(360^\circ - Z'_{PI} - Z'_{PD})}{2} \quad (03)$$

Já, para determinar a distância Zenital isenta do erro, basta somar as equações 01 e 02 e obtém-se a equação 03, para a determinação da distância zenital isenta do erro:

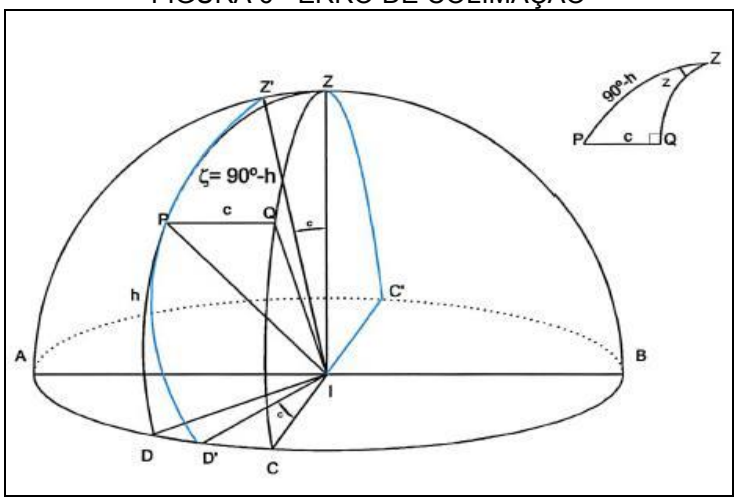
$$Z = \frac{(Z'_{PD} - Z'_{PI})}{2} + 180^\circ \quad (04)$$

2.2.2.3 Erro de índice horizontal

O erro de índice horizontal, erro de colimação, erro da linha de visada ou ainda erro do eixo óptico da luneta ocorre quando há falta de perpendicularidade entre o eixo de colimação ou linha de visada e o eixo secundário da luneta. Este fato causa um erro nas medidas das direções horizontais. É minimizado realizando observações em PD e em PI da luneta.

Seja, na Figura 6, um ângulo de 90º - c, onde o c significa o desvio do eixo de colimação da sua posição correta, ou seja, o c é propriamente o erro de colimação. É possível ver um esquema onde AB é o eixo secundário, IZ o eixo vertical, e IZ', IP, ID' as três posições erradas do eixo de colimação contidas em um mesmo plano vertical Z'PD' que formam um ângulo ZIZ' = QIP = CID' = c com o plano formado pelas três posições corretas correspondente a IZ, IQ, IC do eixo colimação, de modo que o arco Z'PD' seja paralelo ao plano ZQC (MEDINA, 1998).

FIGURA 6 - ERRO DE COLIMAÇÃO



FONTE: MEDINA (1998)

Sendo P um ponto visado, cujo ângulo de altura é DIP = h; se o eixo de colimação não estivesse afetado por nenhum erro, os planos ZPD e ZQC estariam sobrepostos, e normais ao eixo de giro da luneta AB em I, mas por causa deste erro os planos ficam desviados de um ângulo CID. O ângulo CID deve girar a alidade que também mede o efeito produzido pelo erro de colimação. Se PQ é a parte de um círculo máximo que passa pelos pontos A, P e B onde corta perpendicular o arco ZC em Q, assim tem-se o triângulo esférico retângulo ZPQ e aplicando a lei dos senos (MEDINA, 1998), tem-se:

$$\begin{matrix} \operatorname{sen} c = & \operatorname{sen}(90º - h) \\ \operatorname{sen} z = & \operatorname{sen} 90º \end{matrix} \quad \Rightarrow \quad \operatorname{sen} c = \operatorname{sen} z * \cos h \qquad (05)$$

Se c e z são arcos pequenos logo pode-se assumir o argumento pelo valor da função, assim c = Z cos h. O ângulo Z é igual ao ângulo CID ou o arco DC que representa o efeito (c) produzido pelo eixo de colimação, obtendo:

$$Z=(c)=\frac{c}{\cos h} \text{ ou } (c)=\frac{c}{\operatorname{sen}\ \xi} \qquad (06)$$

Se não há erro de colimação, ou seja, c = 0 o plano que contém o eixo de colimação é o plano IZCC'.

Para o erro de colimação, a influência Δ(c) sobre um ângulo medido entre dois pontos de uma posição da luneta é:

$$\triangle(c)=\frac{c}{\text{sen } \zeta_1}-\frac{c}{\text{sen } \zeta_2}=c\left(\frac{1}{\text{sen } \zeta_1}-\frac{1}{\text{sen } \zeta_2}\right) \quad (07)$$

Desta forma, a influência Δ(c) sobre um ângulo medido numa posição da luneta é pequeno, quando da diferença entre as distâncias zenitais do ângulo vertical é pequena e sendo zero as distâncias zenitais em valor absoluto. Em termos gerais, o efeito do erro de colimação para uma direção, quando toma-se a média das duas leituras nas duas posições da luneta, está livre da influência do erro do eixo de colimação uma vez, que a diferença entre duas leituras do limbo o anula, pois cada leitura tem o mesmo o erro de colimação.

Este erro afeta todas as leituras do círculo horizontal e aumenta dependendo de visadas íngremes (*LEICA*, 2001). A Tabela 1 mostra a influência deste erro, sendo c = 10”, para diferentes ângulos verticais:

TABELA 1 – INFLUÊNCIA DO ERRO DE COLIMAÇÃO

Ângulo vertical	Erro em Hz
90º	10”
60º	12”
30º	20”

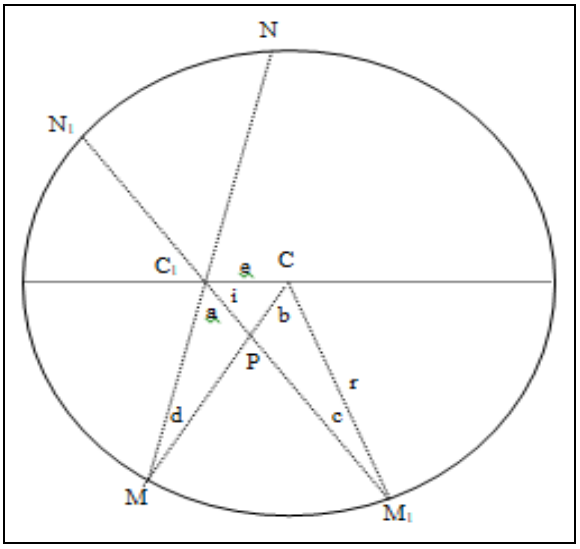
FONTE: *LEICA* (2001)

2.2.2.4 Erro da excentricidade da alidade

Quando o cruzamento do eixo de colimação e do eixo de rotação da luneta não concidem com o centro do limbo diz-se que o instrumento tem alidade excêntrica. Na Figura 7, considerando que C seja o centro do círculo graduado e C_1 o ponto do plano do mesmo círculo graduado por onde passa o eixo de rotação da alidade, e O a origem da graduação sendo este no sentido horário e que M e M_1 são as posições do índice, correspondentes às duas direções do plano visual do colimador, a rotação efetuada pela alidade para passar de uma direção à outra, será

expressa pelo ângulo MC_1M_1 = a, e será igual a *a* que é o ângulo formado por essas direções (MEDINA, 1998).

FIGURA 7 - EXCENTRICIDADE DA ALIDADE



FONTE: MEDINA (1998)

Sendo m e m_1 às leituras feitas no círculo graduado nas posições do índice, a diferença ($m - m_1$) é igual ao arco M_1M que é a medida do ângulo MCM_1 = b e não a do ângulo proposto, e a diferença a – b = α, que representa o erro devido ao erro de excentricidade da alidade na medida do ângulo a, assim:

$$c=\frac{e}{r}R''\,sen(i) \qquad d=\frac{e}{r}R''\,sen\,(a+i) \tag{08}$$

Fazendo os cálculos, obtém-se:

$$\alpha = c-d=\frac{e}{r}R''\left(sen\,(i)-sen\,(a+i)\right) \tag{09}$$

Sendo:

$$sen\,(p)-sen(q)=2\cos\left(\frac{1}{2}(p+q)\right)sen\left(\frac{1}{2}(p-q)\right) \tag{10}$$

Logo:

$$\alpha = \frac{2}{r} eR'' \cos\left(\frac{1}{2}(a+2i)\right) \text{sen}\left(\frac{a}{2}\right) \quad (11)$$

2.2.2.5 Erro do índice do compensador

O erro do índice do compensador ocorre quando o ponto zero do compensador não coincide com a vertical. Para minimizá-lo basta calcular a média das leituras nas duas posições da luneta (GOMES, 2006).

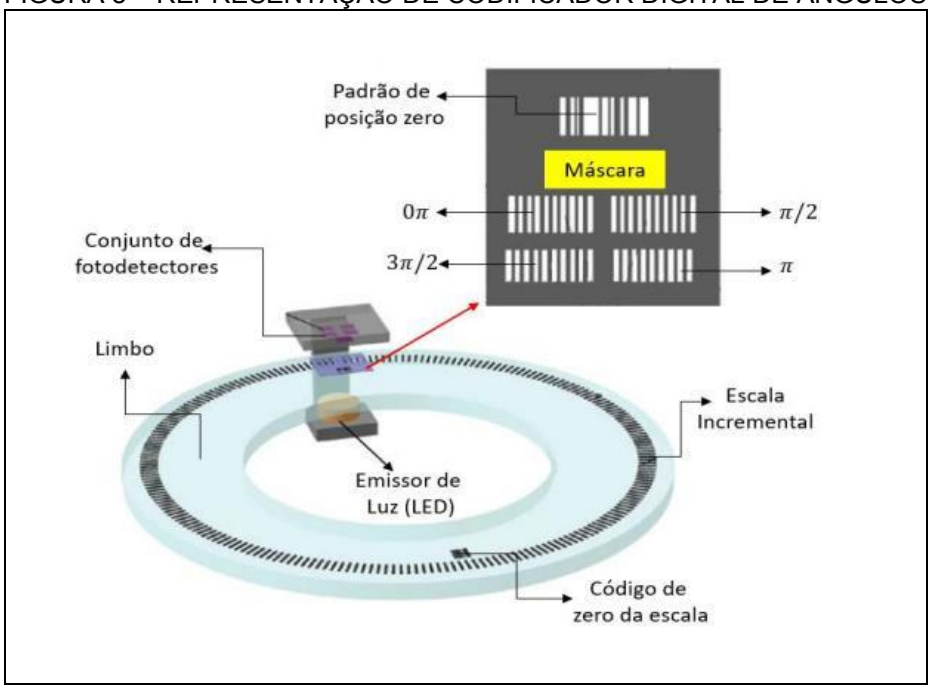
O princípio do compensador eletrônico consiste num recipiente com um fluido especial e devido a gravidade este fluido é sempre horizontal. Assim, os sensores são usados para determinar a inclinação longitudinal e lateral do instrumento. Se os valores do índice do compensador forem aferidos erroneamente, as leituras de inclinação estarão incorretas, afetando as medições (*LEICA*, 2001).

2.2.3 Sistema de medição eletrônica de ângulos e direções

Um sistema codificador de ângulos mede as direções horizontais e os ângulos verticais, quando utiliza círculos de cristal (vidro), fotodetectores, um diodo emissor de uma luz LED onde são gravados com códigos binários. A luz do LED atravessa o limbo passando pelas zonas claras até ser bloqueada nas zonas escuras, este feixe sofre uma difração e é abosrvido e convertido em sinais digitais pelo fotodetector, enviado a um microprocessador e por fim este sinal é convertido em leituras de ângulos que pode ser visto no visor do instrumento (MEDEIROS, 2020 *apud* *LEVIN* [1] *et al. ,2017*), como pode ser visto na Figura 8 a seguir.

[1] LEVIN, E; NADOLINETS, N; AKHMEDOV. **Surveying Instruments and Technology**. New York, 2017. 253p.

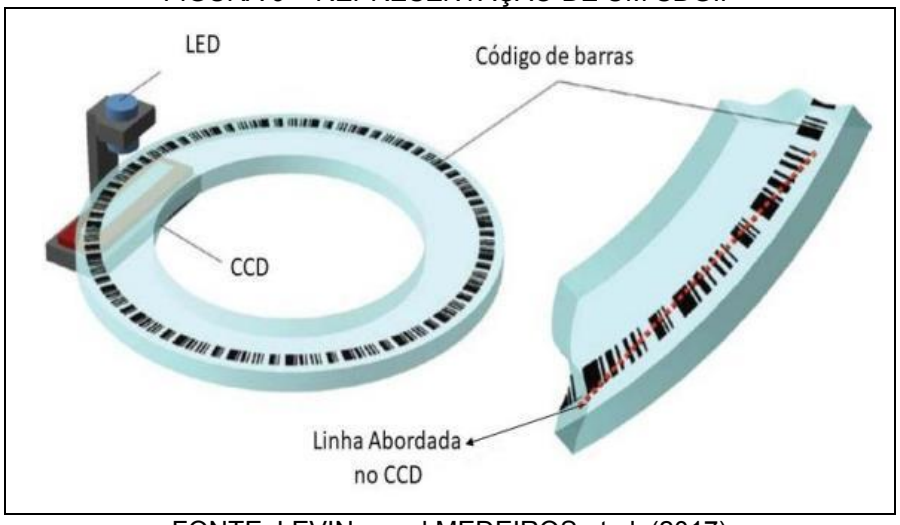
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DE CODIFICADOR DIGITAL DE ÂNGULOS



FONTE: LEVIN apud MEDEIROS et al. (2017)

É também possível que este sistema seja com um limbo codificado, semelhante a um leitor de código de barras; este sistema chama-se Scanner Decodificador Giratório Incremental Fotoelétrico (SDGIF). As posições claras e escuras dos sensores fornecem um código binário que é traduzido em valor angular. Existem dois métodos: medição estática, em que o fotodetector é fixo, e a medição dinâmica em que este se move junto com a alidade do equipamento (LEVIN apud MEDEIROS *et al*., 2017), como mostra a Figura 9.

FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO DE UM SDGIF

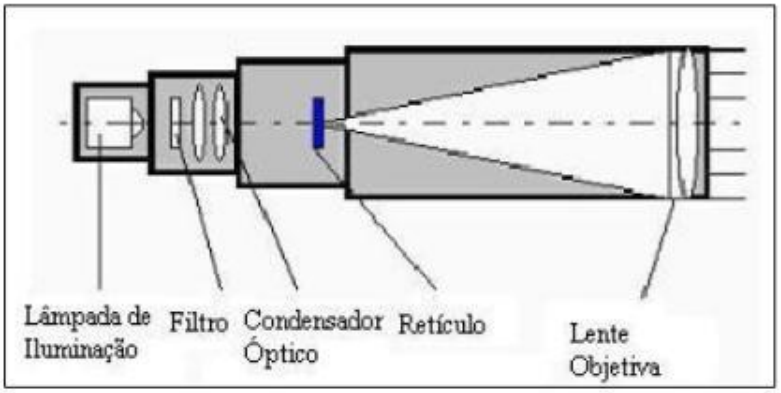


FONTE: LEVIN apud MEDEIROS et al. (2017)

2.3 COLIMADORES

Um colimador é um instrumento constituído por uma lente objetiva com correção geométrica. O feixe de colimação emerge paralelamente de forma que a imagem do retículo é projetada para o infinito. O instrumento geralmente é montado com o ajuste infinito, assim, o plano focal da objetiva coincide com o retículo (SOUZA, 2010), conforme pode ser visto na Figura 10.

FIGURA 10 – PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM COLIMADOR

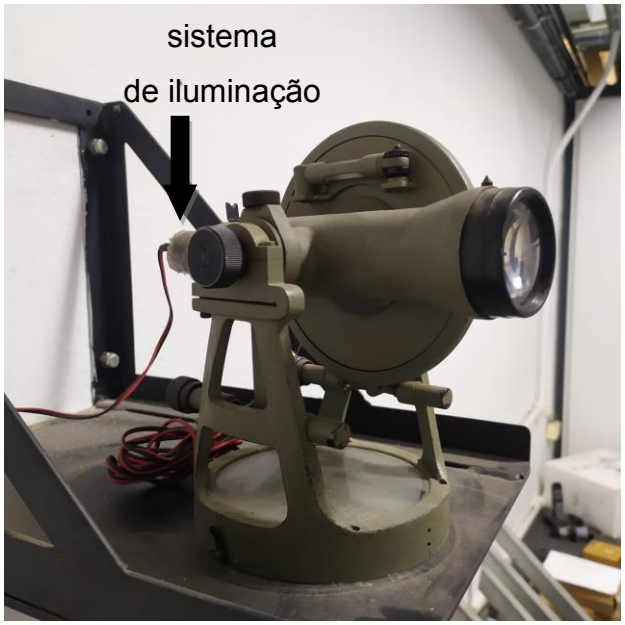


FONTE: MILDEX (2006)

Um colimador padrão, também é conhecido como colimador de ajuste infinito, possui os seguintes componentes: tubo suporte para lentes objetivas, adaptador de retículo, dispositivo de iluminação. O colimador de focalização, que é conhecido pelo seu ajuste com distância finita, possui a sua construção parecida ao colimador padrão, entretanto, o adaptador do retículo é montado em um prolongamento do tubo para o ajuste da focalização (MILDEX, 2006).

Segundo Deumlich (1982, p.53), se trocar as oculares dos equipamentos por lâmpadas oculares, os teodolitos Wild T1, T16, T2 podem ser usados como colimadores ou melhor ainda os níveis topográficos, pois não tem movimento de rotação da luneta. SILVA (2008), utilizou lunetas de teodolitos DF Vasconcelos como colimadores (Figura 11), realizando testes com os teodolitos BD3 *World* marca *Wild*, teodolito T2 marca *Wild*, teodolito T100 marca *Leica* e teodolito T105 marca *Leica*, assim foi constatado que os mesmos “adaptaram-se perfeitamente como um sistema colimador, pois apresenta uma perfeita visualização dos retículos do colimador”.

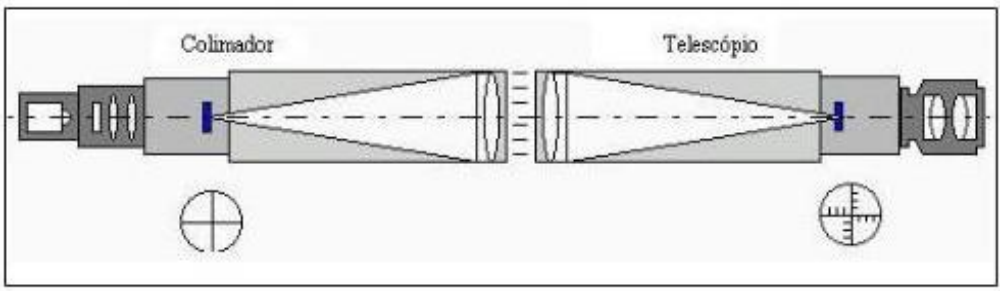
FIGURA 11 - TEODOLITO DF VASCONCELOS



FONTE: Adaptado de SANTOS (2008)

Existem outros equipamentos que também, devido suas características, podem ser usados como colimadores, desde que sejam feitas adaptações adequadas, como por exemplo teodolitos, telescópios ou níveis topográficos. Uma luneta posicionada em frente a um colimador possibilita a observação simultânea dos retículos do colimador e o da luneta, como observado na Figura 12, onde ocorre um alinhamento perfeito do colimador e o telescópio, que também pode ser usado como colimador.

FIGURA 12 – COLIMADOR E TELESCÓPIO ALINHADOS



FONTE: MILDEX (2006) apud SKLARSKI (2008, p.30).

A presença de um ângulo α entre o eixo do colimador e o da luneta corresponde a um deslocamento linear *d* entre os dois retículos. O deslocamento *d* representa a magnitude do deslocamento angular entre os dois instrumentos (MILDEX, 2006), desta forma:

$$\alpha = \frac{d}{f} \quad (12)$$

Onde:

α = ângulo;

d = medida do deslocamento linear no plano do retículo (plano focal);

f = distância focal efetiva (EFL) do instrumento observado (luneta).

Atualmente encontram-se plataformas com um colimador definindo o Zenite, um conjunto na vertical e outro na horizontal. Esta plataforma pode ser utilizada para retificação e a classificação das duas componentes (horizontal e vertical) de teodolitos e estações totais, como demonstrado na Figura 13.

FIGURA 13 – BANCADA COM COLIMADORES NO ZENITE NA HORIZONTAL E VERTICAL, MODELO W550-10TD DA FABRICANTE *SANWEI*

FONTE: SOUTH GEOSYSTEMS (2020)

2.4 . NORMA TÉCNICA BRASILEIRA NBR 13133/1994

A norma brasileira NBR 13133 de maio de 1994, atualizada com errata em dezembro de 1996, fixa normas para a execução de levantamentos topográficos. No item 1.1.1 da Norma especifica:

> As condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico devem compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação (NBR 13133, 1994. p. 01).

No item 4: Aparelhagem, traz as recomendações sobre a classificação de instrumentos e indica que esta atividade deve ser feita por Instituições oficiais e/ou Universidades em bases apropriadas (NBR 13133). Para a execução das operações topográficas previstas, são indicados instrumentos como teodolitos, níveis e medidores eletrônicos de distâncias (MED).

A classificação de teodolitos se dá segundo o desvio padrão de uma direção observada em duas posições da luneta conforme a Tabela 2. Esta classificação geralmente é definida pelos fabricantes.

TABELA 2 – CLASSIFICAÇÃO DOS TEODOLITOS

Classes de teodolitos	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	$\leq \pm$ 30”
2 – precisão média	$\leq \pm$ 07”
3 – precisão alta	$\leq \pm$ 02”

FONTE: NBR 13133 (1994).

Os medidores eletrônicos são classificados segundo o desvio padrão mostrados na Tabela 3.

TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DOS MEDIDORES ELETRÔNICOS

Classes de medidores eletrônicos	Desvio padrão (precisão linear)
1 – precisão baixa	± (10 mm + 10 ppm)
2 – precisão média	± (5 mm + 5 ppm)
3 – precisão alta	± (3 mm + 2 ppm)

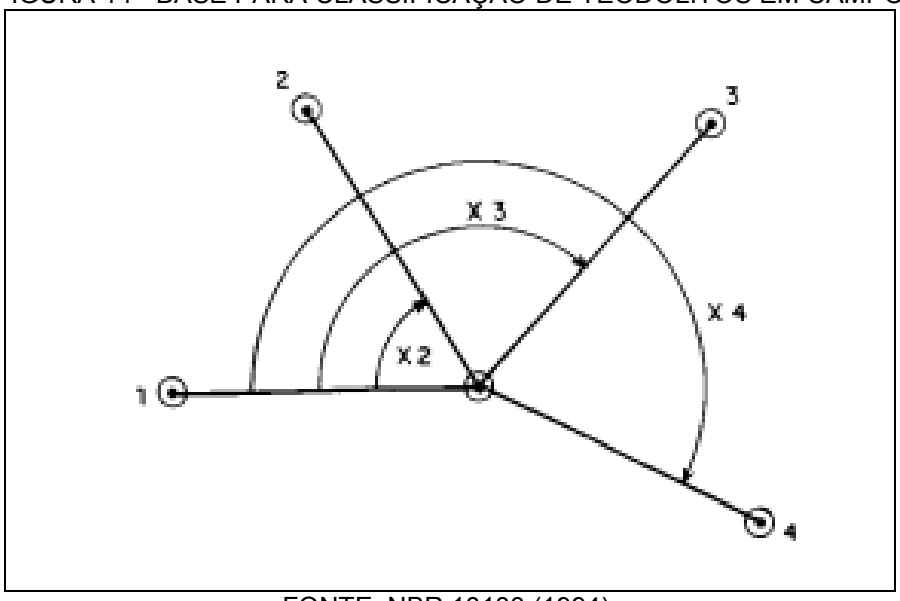
FONTE: NBR 13133 (1994).

As estações totaissão classificadas segundo os desvios padrão angular e linear das Tabelas 1 e 2. Ademais, é importante ressaltar que os medidores devem

ser calibrados no máximo a cada dois anos por meio de testes realizados em bases multipilares, de concreto, estáveis, com centragem forçada e com expedição de certificado de calibração (NBR 13133).

No anexo C, página 33 da norma, tem-se a disposição da base recomendada para a classificação de teodolitos. Esta é formada por um pilar central e 4 pilares onde serão instalados os alvos. Estes devem ser afastados do pilar central de 185 metros, em um mesmo plano horizontal e com um afastamento maior do que 90^0 entre o primeiro e o último alvo. A Figura 14 ilustra o esquema recomendado.

FIGURA 14 - BASE PARA CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS EM CAMPO



FONTE: NBR 13133 (1994).

2.4.1 Equações de observação para a classificação da componente angular horizontal segundo a NBR 13133/1994

As equações de observações oriundas da Figura 15 indicam que para cada observação realizada (1, 2, 3 e 4) tem-se uma equação, tipo:

$$v = x - z - l \tag{13}$$

Onde:

v = resíduo aleatório;

x = incógnita (ângulo ajustado);

z = incógnita de orientação e

l = ângulo observado.

Para a primeira série de observações tem-se que:

$$v_1' = -z_1 - l_1' \tag{14}$$

$$v_2' = x_2 - z' - l_2' \tag{15}$$

$$v_3' = x_3 - z' - l_3' \tag{16}$$

$$v_4' = x_4 - z' - l_4' \tag{17}$$

Somando estas equações com a simbologia de Gauss para as quatro séries tem-se, onde x e z são incógnitas:

$$[v'] = 0 = x_2 + x_3 + x_4 - z' - [l'] \tag{18}$$

$$[v''] = 0 = x_2 + x_3 + x_4 - z'' - [l''] \tag{19}$$

$$[v'''] = 0 = x_2 + x_3 + x_4 - z''' - [l'''] \tag{20}$$

$$[v''''] = 0 = x_2 + x_3 + x_4 - z'''' - [l''''] \tag{21}$$

No ajustamento das observações pelo MMQ (método dos mínimos quadrados) obtém-se:

$$X_2 = \frac{[l_2]}{n} \tag{22}$$

$$X_3 = \frac{[l_3]}{n} \tag{23}$$

$$X_4 = \frac{[l_4]}{n} \tag{24}$$

Onde:

n = número de série de observações;

s = número de pontos visados.

Se n for igual a 4 e s também igual a 4, logo:

$$z' = \frac{X_2 + X_3 + X_4 - [l']}{4} \quad (25)$$

$$z'' = \frac{X_2 + X_3 + X_4 - [l'']}{4} \quad (26)$$

Para o cálculo dos resíduos (v) a partir dos ângulos ajustados (x) e (z), tem-se para a primeira série de observações:

$$v_1' = (0 - l_1') - z' = d_1' - z' \quad (27)$$

$$v_2' = (X_2 - l_2') - z' = d_2' - z' \quad (28)$$

$$v_3' = (X_3 - l_3') - z' = d_3' - z' \quad (29)$$

$$v_4' = (X_4 - l_4') - z' = d_4' - z' \quad (30)$$

Onde:d = x – l’

Somando v’ com a simbologia de Gauss tem-se:

$$[v'] = 0 = [x - l'] - 4z' = [d'] - 4z' \quad (31)$$

Onde:

$$z' = \frac{[d']}{4} \quad (32)$$

Assim:

$$v_1' = d_1' - \frac{[d']}{4} \quad (33)$$

$$v_2' = d_2' - \frac{[d']}{4} \quad (34)$$

$$v_3' = d_3' - \frac{[d']}{4} \quad (35)$$

$$v'_4 = d'_4 - \frac{[d']}{4} \tag{36}$$

Sendo n séries de observações e s pontos visados, tem-se:

$$V_i^{(n)} = d_i^{(n)} - \frac{[d^{(h)}]}{s} \tag{37}$$

Para calcular os desvios padrões sendo n séries de observações e s pontos visados tem-se:

$$m = \pm\, m = \pm\, \frac{\sqrt{[vv]}}{(n-1)(s-1)} \tag{38}$$

2.4.2 Rastreabilidade dos laboratórios no Brasil

De acordo com o INMETRO (2012), rastreabilidade metrológica é a propriedade de um resultado de medição que pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, ambas contribuindo para a incerteza da medição.

Um laboratório de calibração estabelece a rastreabilidade ao Sistema Internacional de Unidades (SI) dos seus próprios padrões e instrumentos de medição por meio de uma cadeia de calibrações e/ou comparações, que esteja ligado a padrões primários das unidades de medida do SI e estes ocupam o mais alto grau hierárquico de um instituto pelo caráter primordial que desempenha (INMETRO, 2014).

No Brasil, não há laboratórios específicos que atendam a demanda da instrumentação geodésica, por isso a NBR 13133 especifica que preferencialmente Universidades façam os testes de calibração, verificação, retificação e certificação.

No próximo capítulo será apresentada a metodologia para implantação de um sistema que possibilite os órgãos responsáveis a reprodução deste método e consequentemente criar uma rede com esta finalidade.

3 METODOLOGIA

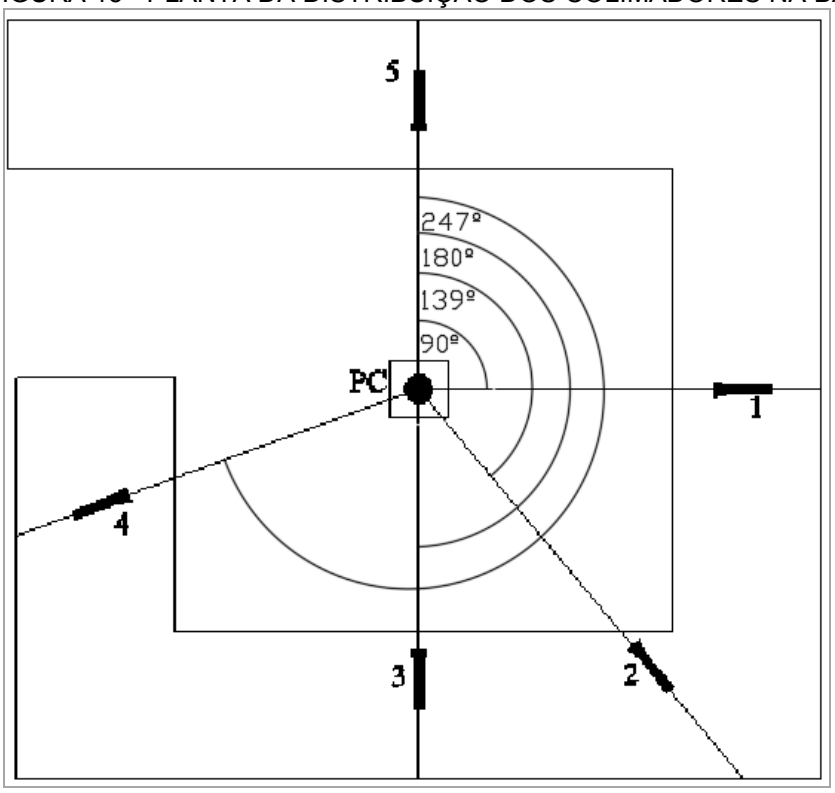
Nesta seção apresenta-se a metodologia usada no desenvolvimento desta pesquisa em laboratório, bem como o modelo matemático automatizado conforme foi proposto.

3.1 BASE DE CLASSIFICAÇÃO IMPLANTADA POR SANTOS(2008)

SANTOS (2008) desenvolveu o seu projeto Doutorado, no Laboratório de Instrumentação Geodésica II (LAIG), localizado nos fundos do Laboratório de Topografia (LABTOPO) na Universidade Federal do Paraná – Centro Politécnico, uma base com as seguintes dimensões: 4,92 m x 4,75 m.

Este ambiente comporta a bancada com os colimadores, medidor digital de temperatura e umidade, dispositivo de centragem do equipamento com regulagem de altura, sistema de ar-condicionado, espaço reservado para armazenamento de instrumentos e bancadas de apoio para os colimadores. A Figura 15 é uma planta deste espaço, que contava com 5 colimadores sobre a bancada e formavam ângulos de aproximados de 0º, 50º, 90º, 160º e 270º a partir do ponto central.

FIGURA 15 - PLANTA DA DISTRIBUIÇÃO DOS COLIMADORES NA BANCADA



FONTE: Adaptado de SANTOS (2008)

Na primeira fase da pesquisa (SANTOS, 2008), trabalhou apenas a componente angular horizontal. Isto pode ser justificado pela norma internacional ISO 17123, intitulada "*Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 3: Theodolites,* que prevê a realização de testes simplificado e completo em campo para a classificação dos instrumentos. Na segunda fase do trabalho foi desenvolvida a metodologia para a componente angular vertical como pode ser observado na Figura 16.

FIGURA 16 - DISPOSIÇÃO DOS COLIMADORES PARA OBSERVAÇÕES DO ÂNGULO VERTICAL

FONTE: SANTOS (2008)

Observa-se na Figura acima que todos os colimadores utilizados (1, 2, 3 e 4), para a classificação dos instrumentos utilizando observações do ângulo vertical, foram concebidos e construídos pela autora do trabalho, utilizando luneta de teodolitos DF Vasconcelos como foi mencionado no item 2.3.

É importante mencionar também que os experimentos tiveram por objetivo comparar as duas metodologias (campo e laboratório), para validar por meio de resultados a proposta do laboratório para classificação de instrumentos de medição angular. Cabe ressaltar que a metodologia empregada baseou-se na ISO 17123 e

na NBR 13133, esta última com algumas modificações haja vista que na norma internacional são utilizados cinco colimadores ao invés de quatro.

3.2 REALOCAÇÃO DA BASE DE CENTRAGEM

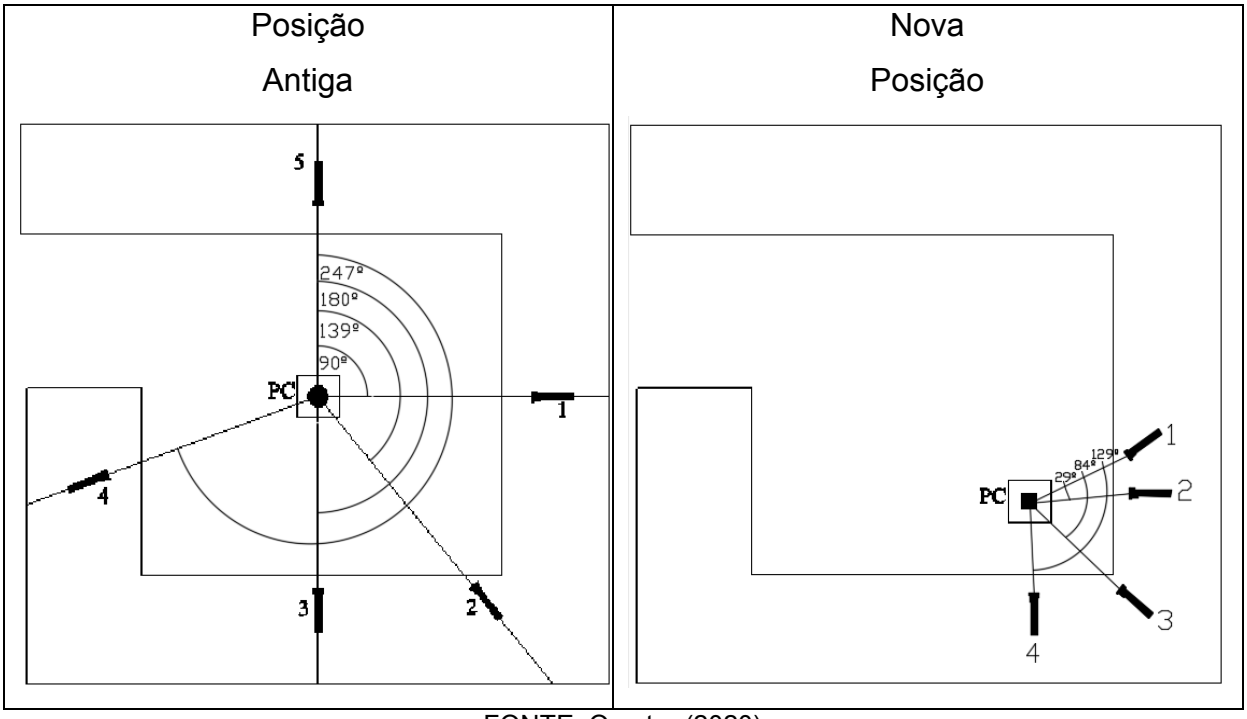
Como a proposta da pesquisa é reestruturar a base de classificação concebida e construída por (SANTOS, 2008), foi necessário realocar a base utilizada pelo instrumento ser classificado e os colimadores. A Figura 17 exemplifica como está a bancada, base e configuração do *layout* do laboratório após as alterações propostas neste trabalho. Esta realocação foi feita para ocupar uma área menor do que na proposta anterior, visando mais agilidade no processo de coleta dos dados.

FIGURA 17 - LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA II

FONTE: O autor (2020)

Na Figura 18 é possivel visualizar a posição antiga e a nova posição onde localiza-se a base (PC) que servirá de suporte para a instalação dos instrumentos que serão classificados e a bancada onde ficarão os colimadores.

FIGURA 18 - BANCADA E BASE PARA OS EXPERIMENTOS



FONTE: O autor (2020)

Na Figura 19, apresenta-se o pilar de centragem forçada, já realocado em sua nova posição.

FIGURA 19 - PILAR DE CENTRAGEM FORÇADA

FONTE: O autor (2020)

3.3 REALOCAÇÃO DOS COLIMADORES

Nesta etapa, os colimadores foram realocados ocupando uma área menor facilitando a pontaria com os instrumentos que serão classificados. Os mesmos

foram dispostos formando um ângulo maior que 90º do primeiro para o último, conforme indicado pela norma NBR 13133.

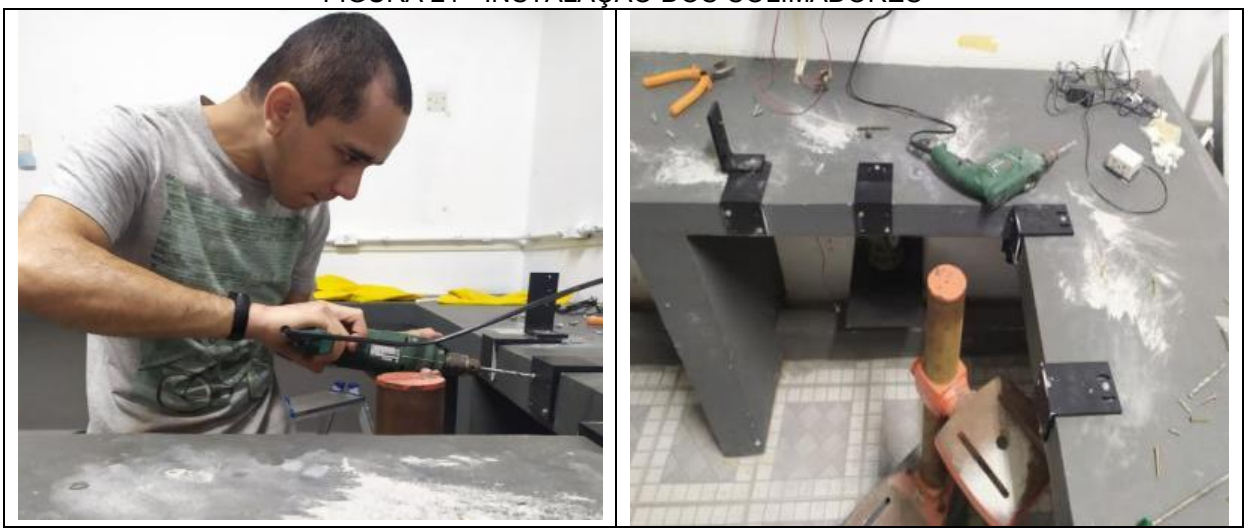
Na Figura 20 apresenta-se o colimador da fabricante *Leica* que será usado na pesquisa, este equipamento foi concebido para essa finalidade.

FIGURA 20 - COLIMADOR

FONTE: O autor (2020)

Com a definição do local e a posição que os colimadores irão ocupar, iniciou-se o processo de instalação dos mesmos. Utilizando uma furadeira e parafusos, foram realocados os suportes para os quatro colimadores, como pode ser visto na Figura 21.

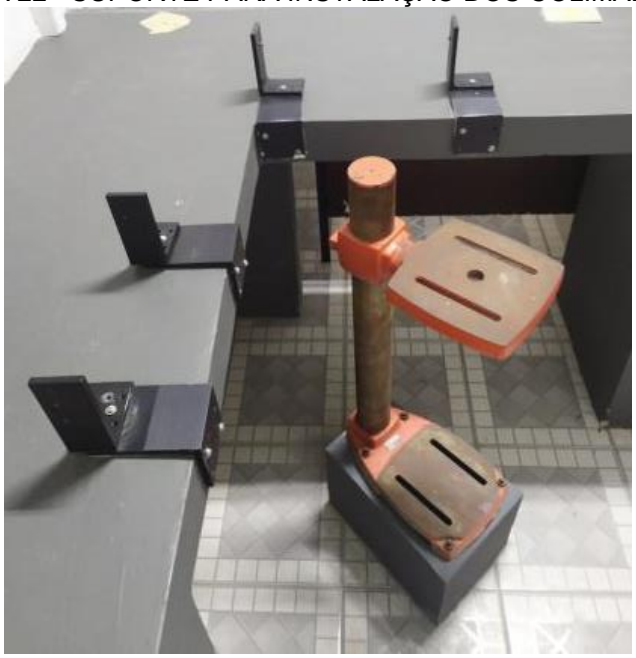
FIGURA 21 - INSTALAÇÃO DOS COLIMADORES



FONTE: O autor (2020)

Na Figura 22 pode ser observado a disposição dos suportes onde serão instalados os colimadores.

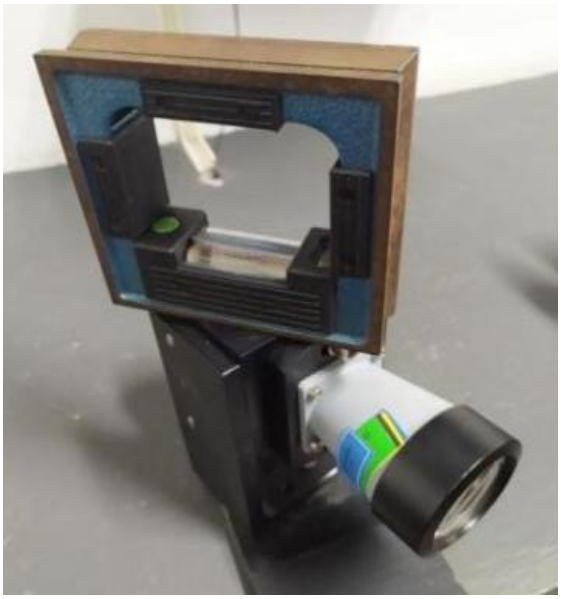
FIGURA 22 - SUPORTE PARA INSTALAÇÃO DOS COLIMADORES



FONTE: O autor (2020)

Posteriormente, utilizando um nível da fabricante *Stiefelmayer* com 0,1 mm/m de precisão, realizou-se a instalação dos colimadores, deixando-os o mais próximo da horizontal possível, Figura 23.

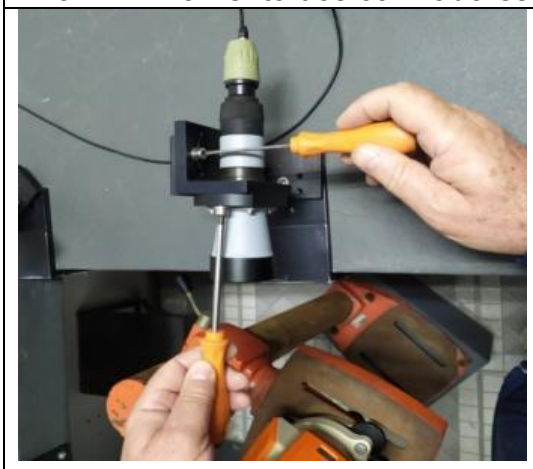
FIGURA 23 - NÍVEL DE PRECISÃO PARA REFINAMENTO



FONTE: O autor (2020)

Após a instalação dos colimadores, utilizou-se um nível geodésico da fabricante *Wild* (N3) sobre o pilar central, que é utilizado para instalar os instrumentos que serão classificados e definiu-se um plano horizontal que coincide com o fio horizontal do retículo dos colimadores. Esta fase foi delicada de ser executada, pois os colimadores não possuem parafusos micrométricos para pequenos deslocamentos. A única possibilidade foi realizar estes movimentos micrométricos com os parafusos que prendem o colimador no seu respectivo suporte, conforme a Figura 24a, que demonstra esse procedimento. Na Figura 24b pode ser observado a disposição dos quatro colimadores alinhados sobre a bancada.

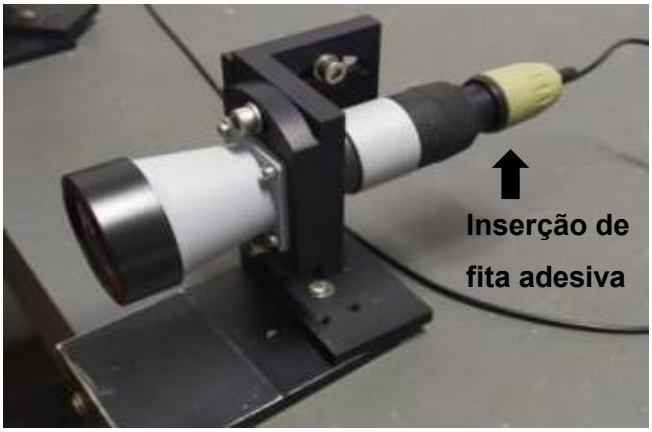
FIGURA 24 - NÍVEL GEODÉSICO E COLIMADORES

24a – Alinhamento dos colimadores	24b – Colimadores Alinhados
	

FONTE: O autor (2020)

Durante este processo de definição do plano horizontal, observou-se que dois dos quatro colimadores estavam com os retículos desalinhados. Foi necessário, com o auxilio de fita adesiva, um ajuste no suporte do sistema de iluminação e fixação do mesmo na ocular do colimador (Figura 25).

FIGURA 25 - ALINHAMENTO HORIZONTAL DO RETÍCULO DO COLIMADOR



FONTE: O autor (2020)

A fim de verificar a coincidência dos fios dos retículos do nível e dos colimadores, a Figura 26 apresenta quando não há coincidência dos fios de retículo do nível e do colimador e a Figura 27 ilustra a coicidência de ambos, respectivamente.

FIGURA 26 - RETÍCULOS NÃO COINCIDENTES

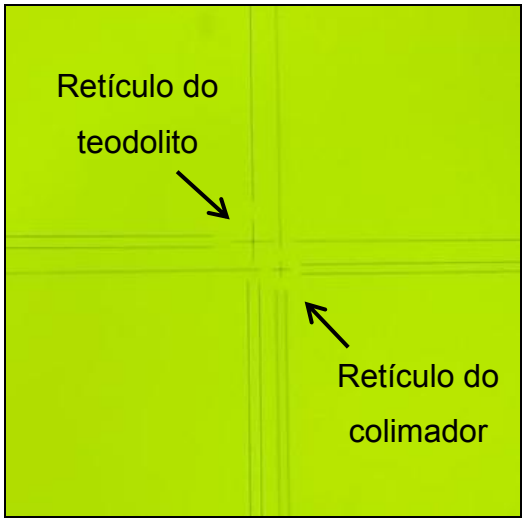
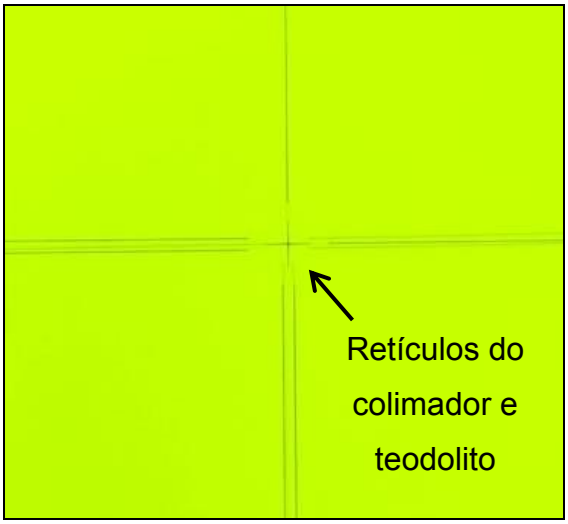


FIGURA 27 - RETÍCULOS COINCIDENTES



FONTE: O autor (2020)

3.4 PROCEDIMENTOS PRÉ-COLETA DOS DADOS

Cabe salientar que todos os instrumentos antes de serem classificados, passaram por um processo de verificação e quando necessário, devem ser retificados, observando-se as seguintes condições:

- Verticalidade do Eixo Principal;
- Erro de Indice Vertical ou Erro de Zenite;
- Erro de Indice Horizontal ou Erro de Colimação.

3.5 COLETA DE DADOS COM O INSTRUMENTOS A SEREM CLASSIFICADOS

Para a coleta de dados nas posições direta e inversa da luneta, serão utilizados diferentes instrumentos (teodolitos e estações totais), que se têm disponível no conjunto de instrumentação do Laboratório de Geodésia Aplicada a Engenharia, Laboratório de Instrumentação Geodésica e no Laboratório de Topografia.

Para a geração, posteriormente, do certificado de classificação é necessário as informações no momento da coleta de dados como: instrumento (modelo e número de série), data e hora, temperatura, operador, leituras em posição direta e inversa do instrumento,

No momento da coleta, a temperatura do laboratório estava em 18 º C. Em todos os dias de levantamento dos dados, esperou-se ao menos 10 minutos desde a etapa de ligar o ar-condicionado até o início da coleta, a fim dos instrumentos não sofrerem mudanças bruscas na temperatura, afetando assim a qualidade das leituras.

Pode-se mudar a origem das leituras, se necessário. Essa concepção varia de acordo com o operador, mas a mudança ou não da origem em nada afeta os resultados posteriormente gerados para classificação do instrumento.

3.5.1 Classificação do Teodolito T100

O primeiro instrumento classificado foi o teodolito da marca *Leica* (T100), com precisão 10”. As características técnicas deste instrumento indicam que ele tem luneta com capacidade de aumento de 30x, com distância mínima de focagem de 1.6m e campo de visão de 23.6 m/km. Tem um compensador a óleo e correções automáticas nos erros de colimação e do índice vertical. O teclado conta com sete botões e uma dimensão de 110x75mm. As dimensões do teodolito são de 360mm ± 5mm (com a base nivelante) e 357 mm ± 5 mm (sem a base) de altura, largura de 151mm, comprimento de 203mm e peso de 3.69kg (sem a base e bateria) e 4.46kg com a base nivelante deslocável. Ainda, existem duas opções de bateria, a GEB111 com 6V, 1800 mAh e vida operacional de 10h e a GEB121 com 6V, 3600 mAh e vida operacional de 20h (*LEICA* GEOSYSTEMS, 2004). A Figura 28 mostra o teodolito T-100 sobre o pilar central ou base no sistema de classificação

FIGURA 28 - SISTEMA PARA CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

FONTE: O autor (2020)

Na Figura 29 é possível visualizar a observação em um dos colimadores instalados, nesta Figura estava-se realizando as leituras com o instrumento teodolito *Leica* T100. Iniciando do colimador da esquerda para a direita, foram coletados as direções horizontais (Hz), na posição direta da luneta do primeiro, segundo, terceiro e quarto colimador, respectivamente. Após, tombou-se a luneta de 180^0 e girou-se o teodolito em 90º e em sentido anti horário anotou-se os dados das medidas do quarto, terceiro, segundo e primeiro colimador, respectivamente. O mesmo esquema vale para todos os demais instrumentos posteriores.

FIGURA 29 - CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T100

FONTE: O autor (2020)

Durante a coleta dos dados em PD e PI do teodolito, os valores foram anotados em planilha onde foram inseridas informações do instrumento, horários de coleta, operador responsável, número de séries, pontarias, graus, minutos e segundos mostrados na tela do medidor, bem como as demais observações pertinentes ao processo de classificação. Na Figura 30 tem-se um exemplo desta caderneta com os dados das quatro séries coletados do teodolito T-100 para sua respectiva classificação. No APÊNDICE 1 – CADERNETAS DE CAMPO, estão as cadernetas dos demais instrumentos classificados nesta pesquisa.

FIGURA 30 - ANOTAÇÕES DE DADOS COLETADOS DA T100

LABORATÓRIO 08/12/20

Instrumento: T100 nº: 72635

9:20

Observador da série (1): Josevando Hora: 9:20 obs.:

Observador da série (2): Josevando Hora: 9:34 obs.: 18°C

Observador da série (3): Josevando Hora: 9:39 obs.:

Observador da série (4): Josevando Hora: 9:47 obs.:

Obs. O número de observações para cada série deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8: 4 | 4

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								Início 9:20		
1	1	0	57	30	180	57	40			
1	2	37	54	30	217	54	30			
1	3	93	13	00	273	13	10			
	4	137	53	20	317	53	30			
		PD			PI			Final 9:32		Formula
Série		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	Início 9:34		
2	1	0	49	30	180	49	40			
2	2	37	46	20	217	46	30			
2	3	93	05	00	273	05	00			
	4	137	45	10	317	45	20			
		PD			PI			Final 9:38		Formula
Série		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	Início 9:39		
3	1	10	09	10	190	09	20			
3	2	39	06	20	219	06	20			
3	3	94	24	50	274	24	20			
	4	139	05	00	319	05	10			
		PD			PI			Fim 9:45		Formula
Série		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	Início 9:47		
4	1	0	45	50	180	46	00			
4	2	37	42	40	214	43	00			
4	3	93	01	20	273	01	20			
	4	137	41	40	317	41	50			

Fim 9:52

FONTE: O autor (2020)

3.5.2 Classificação do teodolito T100 em campo

O teodolito *Leica* T100 também foi classificado em campo para fins de comparação com o método recomendado pela Norma que dispõe da classificação somente em campo. O teste foi realizado nas dependências do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, próximo ao LAGEH (Laboratorio de Geodésia Espacial e Hidrografia) no dia 08/12/2020 com início às 14h 20min. e término às 14h 56min. No momento da coleta foi constatada que a temperatura ambiente estava em 27 ºC.

Na Figura 31 é possível observar uma panorâmica do campo onde foi realizada as medições. Vale observar que a distância do instrumento até os quatro prismas instalados foi superior a 100m, bem como o ângulo do primeiro para o último prisma foi maior que 90º. Na Figura 32 é mostrado o operador realizando as medições e na Figura 33 um dos quatro prismas utilizados no processo.

FIGURA 31 - PANORÂMICA DO CAMPO NA MEDIÇÃO COM *LEICA* T100

FONTE: O autor (2020)

FIGURA 32 - OPERADOR COLETANDO DADOS DA *LEICA* T100 EM CAMPO

FONTE: O autor (2020)

No dia da coleta em campo estavam presentes três pessoas, sendo que uma ficou no instrumento realizando as leituras, outra anotando os dados em caderneta

de campo e a terceira montando os prismas que foram utilizados como os alvos da medição.

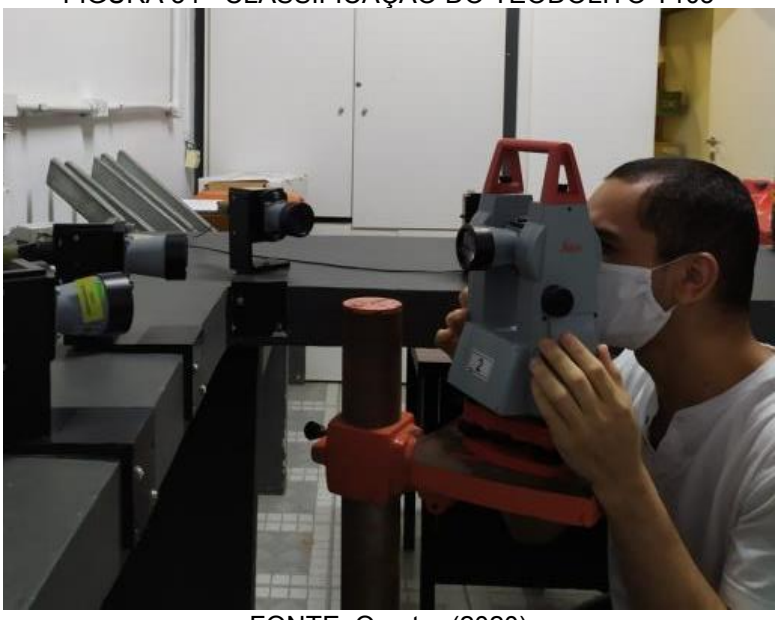
FIGURA 33 - PRISMA UTILIZADO NAS MEDIÇÕES EM CAMPO

FONTE: O autor (2020)

3.4.3 Classificação do teodolito T105

O teodolito T105 basicamente tem as mesmas características técnicas do modelo T100, visto no item anterior. A única diferença é o desvio padrão alcançado nas medições dos ângulos, que no T100 é de 10” e neste modelo T105 é de 5”, ou seja a precisão nominal do instrumento é de 5” . Na Figura 34 é visto o momento da coleta das observações pelo operador.

FIGURA 34 - CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T105



FONTE: O autor (2020)

3.5.4 Classificação da estação total TCR 1205

A estação total TCR é uma estação automática da série TPS(C) Series da *Leica Geosystems.* Tem precisão angular de 05”. Na Figura 35 é visto o momento da coleta das observações deste instrumento pelo operador.

FIGURA 35 - CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL *LEICA* TCR 1205

FONTE: O autor (2020)

3.5.5 Classificação da estação total TS15

A estação total TS15 é uma estação automática, com precisão angular de 1”. Tem o compensador quádruplo de eixos e precisão deste compensador de 0,5”. O aumento do telescópio é de 30x e a abertura da lente de 40mm, com campo de visão de 1º30’ e intervalo de focagem de 1.7m até o infinito. O teclado contém 36 teclas. A memória interna é de 1GB e a bateria é de 7.4V com capacidade de 5h até 8h de funcionamento. Na Figura 36 é visto o momento da coleta das observações pelo operador.

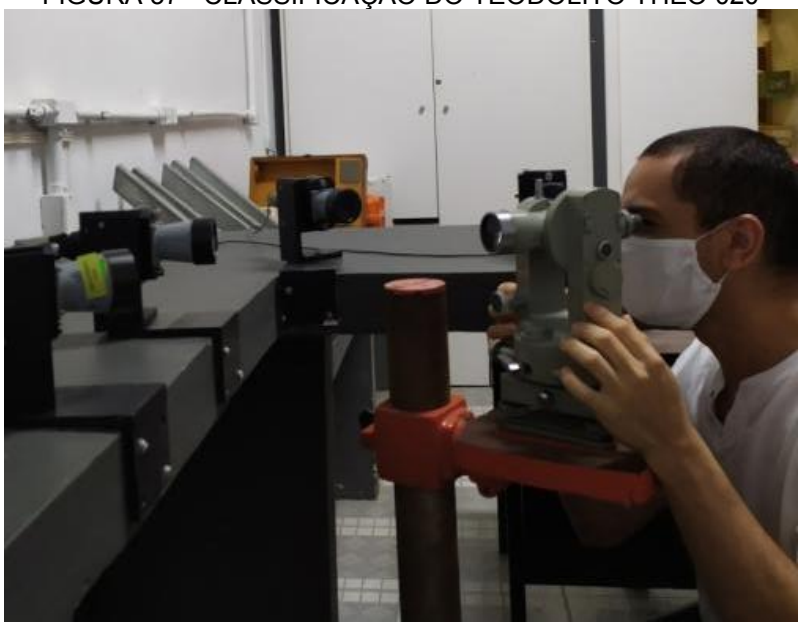
FIGURA 36 - CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL *LEICA* TS15

FONTE: O autor (2020)

3.5.6 Classificação do Teodolito THEO 020

Teodolito com precisão angular de 1', fabricado pela VEB Carl Zeiss JENA. Possui diâmetro da lente objetiva de 65mm, comprimento de 177mm, campo de visão de 40' (DEUMLICH, 1982). O peso do instrumento é de 0.5kg (Stroitelnye Mashiny, 2020). Na Figura 37 é visto o momento da coleta das observações pelo operador.

FIGURA 37 - CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO THEO 020

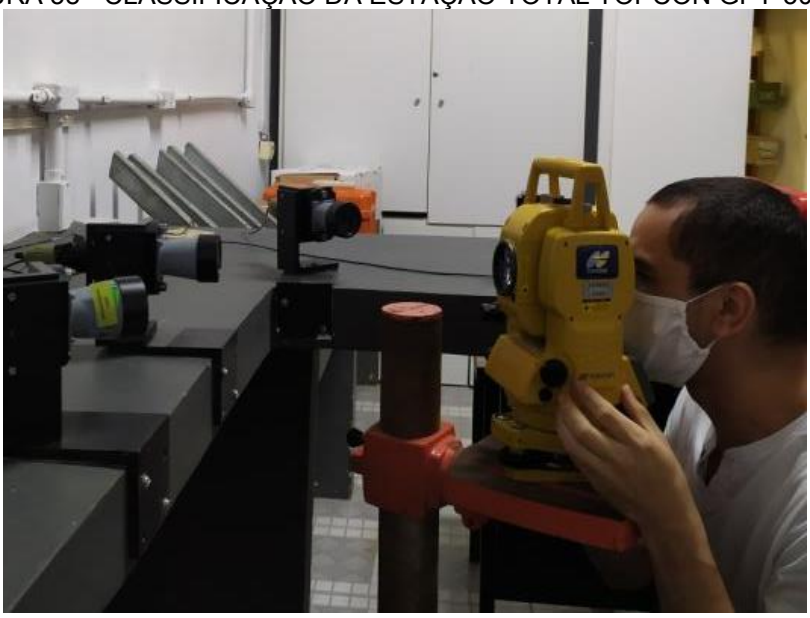


FONTE: O autor (2020)

3.5.7 Classificação da estação total TOPCON GPT-3007W

Esta estação tem uma luneta de 150mm, com objetiva de 45mm e capacidade de aumento de 30x, o campo de visão da mesma é de 1º30’ e resolução de 2,8” com foco mínimo de 1,3m. A precisão da medição com prisma é de ± (3 mm + 2 ppm) e sem prisma de ± (10 mm) em distâncias de 1,5 até 25m e ± (5 mm + 2 ppm) em distâncias acima de 25m. A altura do instrumento é de 176mm, o peso de 5,2kg com bateria e 4,9 sem bateria, esta última com 7,2V e capacidade de 2700mAh, dando uma durabilidade de 4h até 45h depedendo da atividade realizada (TOPCON, 2004). Na Figura 38 é visto o momento da coleta das observações pelo operador.

FIGURA 38 - CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL TOPCON GPT-3007W

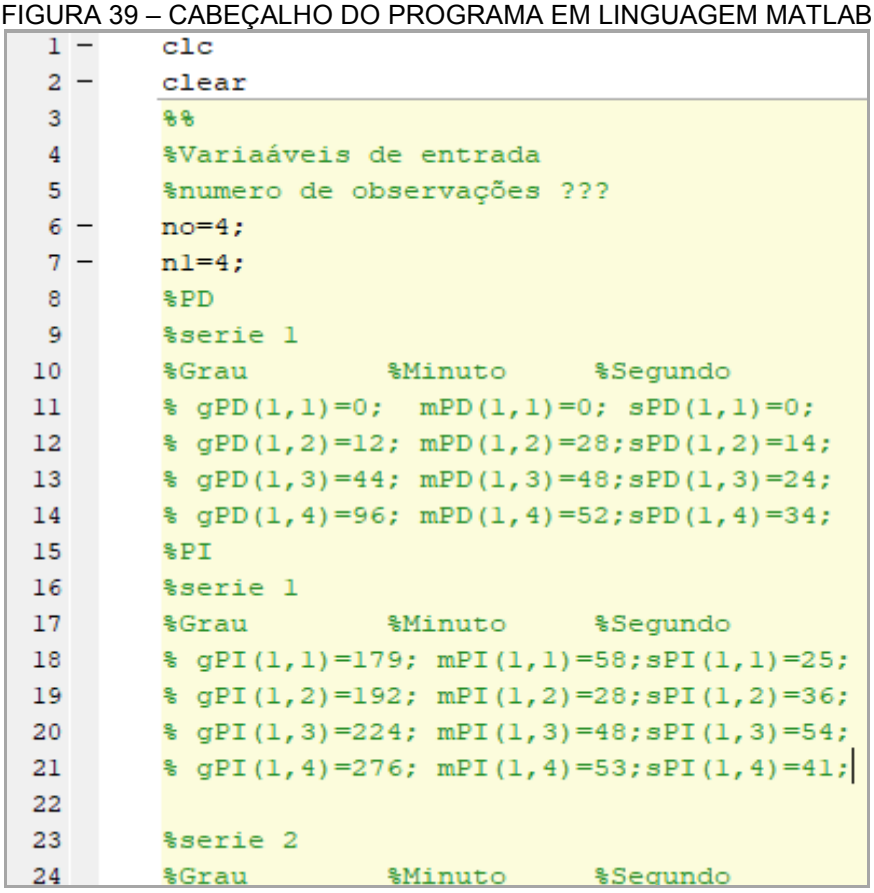


FONTE: O autor (2020)

3.6 GERAÇÃO DO CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

O modelo matemático para classificação dos instrumentos advém da NBR 13133 e todos os cálculos necessários para este processo estão contidos na norma. Desta forma, foi desenvolvido um programa em linguagem Matlab, conforme representa-se na Figura 39, que é o início do código com toda a formulação matemática necessária à classificação.

FIGURA 39 – CABEÇALHO DO PROGRAMA EM LINGUAGEM MATLAB



```
1  clc
2  clear
3  %%
4  %Variaáveis de entrada
5  %numero de observações ???
6  no=4;
7  nl=4;
8  %PD
9  %serie 1
10 %Grau        %Minuto     %Segundo
11 % gPD(1,1)=0;  mPD(1,1)=0; sPD(1,1)=0;
12 % gPD(1,2)=12; mPD(1,2)=28;sPD(1,2)=14;
13 % gPD(1,3)=44; mPD(1,3)=48;sPD(1,3)=24;
14 % gPD(1,4)=96; mPD(1,4)=52;sPD(1,4)=34;
15 %PI
16 %serie 1
17 %Grau        %Minuto     %Segundo
18 % gPI(1,1)=179; mPI(1,1)=58;sPI(1,1)=25;
19 % gPI(1,2)=192; mPI(1,2)=28;sPI(1,2)=36;
20 % gPI(1,3)=224; mPI(1,3)=48;sPI(1,3)=54;
21 % gPI(1,4)=276; mPI(1,4)=53;sPI(1,4)=41;
22
23 %serie 2
24 %Grau        %Minuto     %Segundo
```

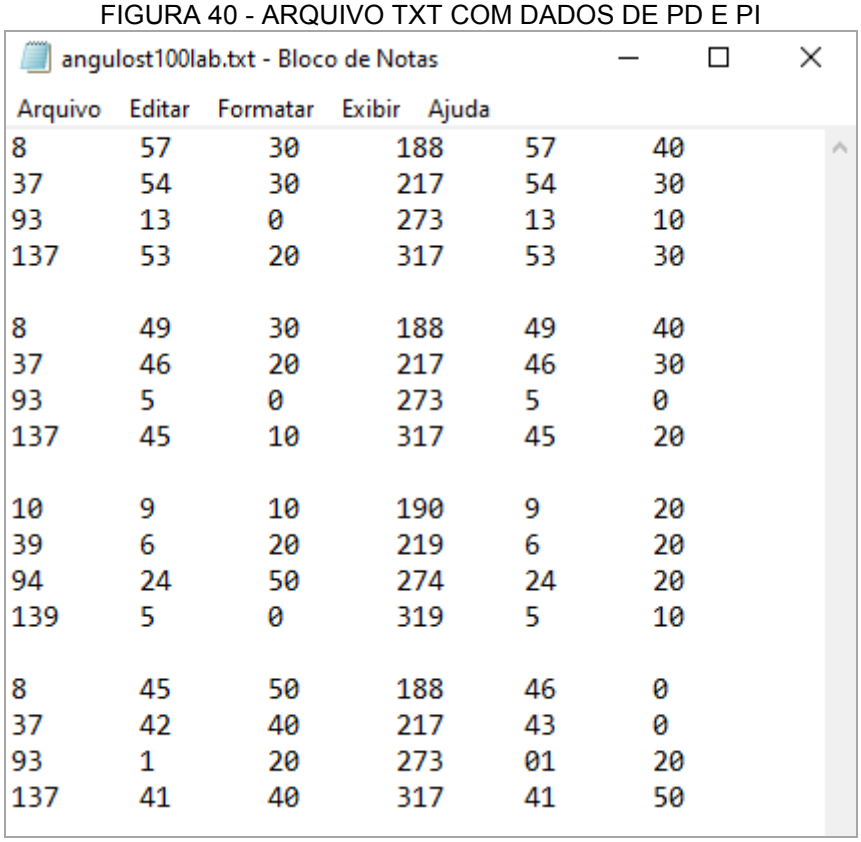
FONTE: O autor (2020)

O programa foi desenvolvido para que o operador insira os valores das observações de PD e PI, para cada série na tela do computador, conforme exemplificado entre as linhas 8 e 21 da Figura 40. Os valores são inseridos em graus, minutos e segundos da primeira série em posição direta. Repete-se este processo para a quantidade de séries que foi observada e depois para os dados em posição inversa da luneta.

A segunda forma é por meio de um arquivo com extensão .txt, conforme visto na Figura 40, onde são inseridos os valores dos graus, minutos e segundos em posição direta e inversa, simultaneamente, e estes dados são “reconhecidos” pelo programa, resultando na emissão do certificado.

Na sequência são realizados os cálculos empregando-se o modelo matemático, como ângulos entre os pilares, médias, valores de resíduos, desvio padrão para cada série e desvio padrão final e por conseguinte, gera-se o certificado de classificação do instrumento no Word informando se o instrumento é de alta, média ou baixa precisão.

FIGURA 40 - ARQUIVO TXT COM DADOS DE PD E PI



FONTE: O autor (2020)

Como demonstrado na Figura acima, os valores as leituras são dispostos com o valor do grau, um *tab* e posteriormente o valor do minuto, novamente *tab* e os segundos para a posição direta. Aplica-se mais um *tab* e insere-se o valor dos dados para a posição inversa no mesmo esquema, assim concluindo a primeira linha.

Clica-se então na tecla *enter* para se iniciar a segunda linha e configura o arquivo conforme especificado na linha anterior e repete-se este processo para a quantidade de séries que o levantamento tiver.

No APÊNDICE 3 – CÓDIGO MATLAB PARA CLASSIFICAÇÃO ANGULAR HORIZONTAL DE INSTRUMENTOS, está o código em linguagem Matlab para reprodução do certificado.

4 RESULTADOS

Os resultados posteriormente apresentados foram observados após a coleta de cada um dos seis instrumentos disponíveis citados anteriormente.

4.1 RESULTADO T100

No Quadro 2 são apresentados os valores das quatro séries dos ângulos horizontais (Hz) que foram observados durante o processo da coleta dos dados com o teodolito da marca *Leica* T100 em laboratório.

QUADRO 2 – DADOS DE PD E PI DO TEODOLITO *LEICA* T100 EM LABORATÓRIO

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	8	57	30	188	57	40
1	**2**	37	54	30	217	54	30
1	**3**	93	13	0	273	13	10
	4	137	53	20	317	53	30
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	8	49	30	188	49	40
2	**2**	37	46	20	217	46	30
2	**3**	93	5	0	273	5	0
	4	137	45	10	317	45	20
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	10	9	10	190	9	20
3	**2**	39	6	20	219	6	20
3	**3**	94	24	50	274	24	20
	4	139	5	0	319	5	10
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	8	45	50	188	46	0
4	**2**	37	42	40	217	43	0
4	**3**	93	1	20	273	1	20
	4	137	41	40	317	41	50

FONTE: O autor (2020)

De acordo com as observações do Quadro 2 e 3 e aplicando o modelo matemático estabelecido pela norma NBR 13133, para o primeiro teste, chegou-se a conclusão que o instrumento é de média precisão, considerando a Tabela 02, página 34. O resultado da classificação está melhor que a precisão nominal indicada pelo fabricante, que é de 10".

Para cada Quadro apresentado na sequência, com os resultados dos ângulos observados para cada instrumento, as respectivas cadernetas de campo com estes informações encontram-se no APÊNDICE 1 – CADERNETAS DE CAMPO.

O Quadro 3 apresenta o desvio padrão obtido, além de informações de datas, horários, operador do instrumento e condições da temperatura no momento da coleta dos dados.

QUADRO 3 – RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T100 EM LABORATÓRIO

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO T100	
Data	08/12/2020
Hora de início	09h 20min
Hora do fim	09h 52min
Temperatura	18º C
Nome do operador	Josevando de Sousa
Desvio padrão	4,42"
Classificação segundo a NBR 13133	Média precisão

FONTE: O autor (2020)

Um exemplo do certificado de classificação para o teodolito T100 gerado a partir dos dados coletados e processados no programa proposto em Matlab pode ser observado nas Figuras 41, 42, 43 e 44 abaixo. O certificado conta com quatro folhas: a primeira, uma capa padrão, a segunda, informações acerca do instrumento que se está classificando e a terceira e quarta, os resultados da classificação, bem como dados dos técnicos responsáveis pela emissão do certificado.

FIGURA 41 - 1º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO

FONTE: O autor (2020)

FIGURA 42 - 2º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: TEODOLITO *LEICA* T100

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO EM LABORATÓRIO

LOCAL: LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA - LAIG

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados à componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

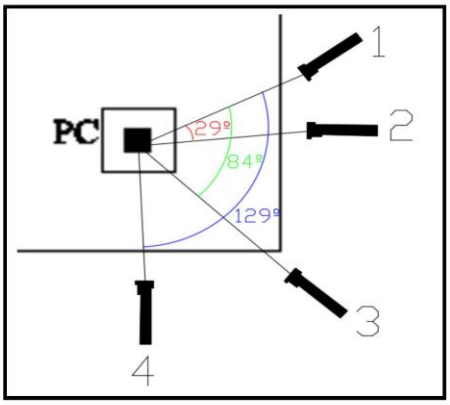
LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

FONTE: O autor (2020)

FIGURA 43 - 3º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
08/12/2020
Horário de início
09h 20min
Horário de término
09h 52min
Temperatura
18º C
Operador
Josevando de Sousa
Desvio padrão obtido
4.43"

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

FONTE: O autor (2020)

FIGURA 44 - 4º PÁGINA DO RELATÓRIO DE CLASSIFICAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

6- Resultado da Classificação

O teodolito *Leica* T100, número de registro 72635, foi classificado segundo a recomendação da NBR 13133/1994, na classe: Média precisão.

Curitiba – PR, 08/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

4/4

FONTE: O autor (2020)

No APÊNDICE 2 - CERTIFICADOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS, estão os certificados de classificação de cada instrumento que foi utilizado nesta pesquisa.

4.2 RESULTADO T105

Como pode ser visto nos dados de observação do teodolito *Leica* T105 apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 – DADOS DE PD E PI DO TEODOLITO *LEICA* T105

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	32	49	41	212	49	46
1	**2**	61	46	39	241	46	52
1	**3**	117	5	34	297	5	33
	4	161	46	5	341	46	7
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	27	26	1	207	25	59
2	**2**	56	22	58	236	23	0
2	**3**	111	41	31	291	41	42
	4	156	22	22	336	22	16
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	27	25	54	207	25	50
3	**2**	56	22	57	236	23	01
3	**3**	111	41	45	291	41	40
	4	156	22	19	336	22	19
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	4	48	45	184	48	37
4	**2**	33	45	43	213	45	46
4	**3**	89	4	28	269	4	29
	4	133	45	8	313	44	57

FONTE: O autor (2020)

O desvio padrão final do instrumento é de 2,95” (Quadro 5), o que o caracteriza como instrumento de média precisão.

QUADRO 5 - RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T105

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO T105	
Data	08/12/2020
Hora de início	10h 21min
Hora do fim	10h 44min
Temperatura	18º C
Nome do operador	Pedro Faggion
Desvio padrão	2,95”
Classificação segundo a NBR 13133	Média precisão

FONTE: O autor (2020)

4.3 RESULTADO TCRA 1205

A estação total *Leica* TCR 1205 alcançou o desvio padrão de 1,68” (Quadro 7). No Quadro 6 apresenta-se os dados das leituras durante a coleta dos dados.

QUADRO 6 - DADOS DE PD E PI DA ESTAÇÃO TOTAL TCR 1205

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	83	02	33	263	02	33
1	**2**	112	0	01	292	0	06
1	**3**	167	19	49	347	19	41
	4	212	0	23	32	0	22
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	120	51	06	300	51	09
2	**2**	149	48	37	329	48	42
2	**3**	205	08	19	25	08	21
	4	249	48	53	69	48	57
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	90	14	41	270	14	41
3	**2**	119	12	06	299	12	11
3	**3**	174	31	52	354	31	57
	4	219	12	28	39	12	28

Continuidade do Quadro 6							
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	95	25	14	275	25	14
4	**2**	124	22	39	304	22	39
4	**3**	179	42	27	359	42	26
	4	224	23	01	44	23	02

FONTE: O autor (2020)

Diferentemente dos demais instrumentos que foram classificados entre os dias 08 e 09/12/2020, a estação total *Leica* TCR 1205 foi classificada no dia 17/12/2020 e os resultados desta coleta são apresentados no Quadro 7.

QUADRO 7 - RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL TCR 1205

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DA TCRA 1205	
Data	17/12/2020
Hora de início	15h 33min
Hora do fim	16h 02min
Temperatura	18º C
Nome do operador	Pedro Faggion
Desvio padrão	1,68”
Classificação segundo a NBR 13133	Alta precisão

FONTE: O autor (2020)

4.4 RESULTADO THEO20

O teodolito THEO 020 é o que apresenta maior desvio padrão final alcançado (Quadro 9). Desta forma, o mesmo se configura instrumento de baixa precisão.

QUADRO 8 - DADOS DE PD E PI DO TEODOLITO THEO 020

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	51	38	06	231	38	30
1	**2**	80	33	54	260	34	06
1	**3**	135	52	0	315	52	30
	4	180	31	54	0	32	0
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		

		Continuidade do Quadro 8					
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	87	22	54	267	23	0
2	**2**	116	18	06	296	18	54
2	**3**	171	36	48	351	37	0
	4	216	16	12	36	16	12
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	123	03	30	303	04	06
3	**2**	151	59	12	331	59	54
3	**3**	207	17	54	27	18	06
	4	251	57	24	71	57	0
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	133	16	48	313	16	18
4	**2**	162	12	48	342	13	0
4	**3**	217	31	0	37	31	06
	4	262	10	54	82	11	0

FONTE: O autor (2020)

Vale observar que o método de observação das leituras do THEO 020 é somente de graus e minutos decimais. No Quadro acima todas as observações já foram transformadas para graus, minutos e segundos.

QUADRO 9 - RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO THEO 020

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO THEO20	
Data	08/12/2020
Hora de início	10h 45min
Hora do fim	11h 16min
Temperatura	18º C
Nome do operador	Pedro Faggion
Desvio padrão	13,63”
Classificação segundo a NBR 13133	Baixa precisão

FONTE: O autor (2020)

4.5 RESULTADO TOPCON 3007-W

A estação total TOPCON 3007-W apresentou desvio padrão de 6.35”, o que a classifica como média precisão (Quadro 11). No Quadro 10 é apresentado os valores coletados durante a medição em laboratório.

QUADRO 10 - DADOS DE PD E PI DA ESTAÇÃO TOTAL TOPCON

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	12	59	45	192	59	50
1	**2**	41	56	20	221	55	50
1	**3**	97	16	10	277	15	45
	4	141	55	50	321	55	35
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	6	27	30	186	27	10
2	**2**	35	23	55	215	23	30
2	**3**	90	43	30	270	43	20
	4	135	23	0	315	23	5
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	4	58	35	184	57	50
3	**2**	33	54	35	213	54	20
3	**3**	89	14	20	269	14	15
	4	133	53	50	313	53	50
Continuidade do Quadro 10							
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	10	25	45	190	25	20
4	**2**	39	21	35	219	21	20
4	**3**	94	41	15	274	41	25
	4	139	21	5	319	21	0

FONTE: O autor (2020)

QUADRO 11 - RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL TOPCON

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DA TOPCON	
Data	09/12/2020
Hora de início	10h 36min
Hora do fim	11h 30min
Temperatura	18º C
Nome do operador	Josevando de Sousa
Desvio padrão	6,35”
Classificação segundo a NBR 13133	Média precisão

FONTE: O autor (2020)

4.6 RESULTADO TS15

A estação total *Leica* TS15 foi a que dentre todos os instrumentos do laboratório obteve melhor desvio padrão, como pode ser visto no Quadro 13. A mesma pode ser classificada como alta precisão por alcançar o resultado de 1,16”.

QUADRO 12 - DADOS DE PD E PI DA ESTAÇÃO TOTAL TS15

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	8	52	29	188	52	18
1	**2**	37	48	50	217	48	41
1	**3**	93	7	23	273	6	57
	4	137	47	19	317	47	11
Continuidade do Quadro 12							
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	22	28	25	202	28	18
2	**2**	51	24	49	231	24	45
2	**3**	106	43	10	286	43	11
	4	151	23	19	331	23	12
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	13	34	32	193	34	28

Continuidade do Quadro 12							
3	**2**	42	30	57	222	30	54
3	**3**	97	49	14	277	49	20
	4	142	29	29	322	29	21
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	17	6	18	197	6	10
4	**2**	46	2	39	226	2	32
4	**3**	101	21	7	281	20	52
	4	146	1	11	326	1	4

FONTE: O autor (2020)

QUADRO 13 - RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO TOTAL TS15

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DA TS15	
Data	08/12/2020
Hora de início	13h 30min
Hora do fim	14h 04min
Temperatura	18º C
Nome do operador	Pedro Faggion
Desvio padrão	1,16”
Classificação segundo a NBR 13133	Alta precisão

FONTE: O autor (2020)

4.7 RESULTADO T100 EM CAMPO

No teste realizado em campo, a fim de comparar com o procedimento realizado em laboratório, os resultados são apresentados no Quadro 15. Neste, podemos ver que o valor do desvio padrão foi de 3.15”, sendo assim, o instrumento é de média precisão. Em laboratório o valor do desvio padrão foi de 4.42“.

Uma explicação do porque o resultado em campo apresentou um desvio padrão menor é pela acuidade visual do operador do instrumento. Com a experiência adquirida ao longo do tempo, essa atividade fica mais precisa ao ser executada. Desta forma, esse fato também tende a contribuir para a qualidade do levantamento e das informações obtidas neste processo.

QUADRO 14 - DADOS DE PD E PI DO TEODOLITO T100 EM CAMPO

Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	1	56	10	181	56	0
1	**2**	68	29	10	248	29	20
1	**3**	92	22	40	272	22	50
	4	102	44	20	282	44	10
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	21	10	40	201	10	40
2	**2**	87	43	50	267	43	50
2	**3**	111	37	10	291	37	10
	4	121	58	50	301	58	50
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	28	29	10	208	29	20
3	**2**	95	02	20	275	02	30
3	**3**	118	55	50	298	55	50
	4	129	17	20	309	17	20
Série		**POSIÇÃO DIRETA**			**POSIÇÃO INVERSA**		
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")
	1	49	31	50	229	32	0
4	**2**	106	05	0	296	05	10
4	**3**	139	58	30	319	58	30
	4	150	20	0	330	19	50

FONTE: O autor (2020)

QUADRO 15 - RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO TEODOLITO T100 EM CAMPO

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DO T100 (CAMPO)	
Data	08/12/2020
Hora de início	14h 20min
Hora do fim	14h 56min
Temperatura	27º C
Nome do operador	Alex Medina
Desvio padrão	3,15”
Classificação segundo a NBR 13133	Média precisão

FONTE: O autor (2020)

Desta forma, pode-se constatar que os resultados alcançados em laboratório satisfazem as exigências da Norma, que recomenda os testes em campo e portanto podem ser reproduzidos em ambiente laboratorial sem perca de qualidade nas observações e sem comprometer a classificação do instrumento.

Assim, como será discutido no próximo tópico, o objetivo do trabalho foi alcançado; quando pôde-se constatar que é possível reproduzir os experimentos em ambiente controlado e desta forma, com o programa em linguagem aberta e um modelo de certificado, as Instituições podem reproduzir em ambientes e configurações semelhantes a este experimento, um laboratório para classificar seus instrumentos, sem necessitar de grandes áreas como preconiza a NBR 13133 e também reduzindo a quantidade de recursos humanos envolvidos no processo.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Os estudos e experimentos desenvolvidos nesta pesquisa visaram reestruturar e automatizar o sistema de classificação de teodolitos e da componente angular horizontal de estações totais, conforme orienta a NBR 13133/1994. Com relação aos resultados apresentados neste trabalho, deve-se observar alguns aspectos importantes:

Considerando os resultados obtidos com a adaptação da metodologia proposta pela NBR 13133 para a classificação em campo para o laboratório, este objetivo atingiu êxito, como visto nos testes realizados com vários instrumentos em ambiente laboratorial e a comparação do resultado em campo com o teodolito T100. Como o instrumento fica um menor tempo exposto as variações das condições ambientais, as chances de erros sistemáticos influenciarem no levantamento, também diminuem.

Considerando o redimensionamento dos colimadores instalados no LAIG II por (SANTOS, 2008), pôde-se constatar que os resultados alcançados foram satisfatórios, pois aumentou significativamente o rendimento na coleta de dados durante o processo de classificação.

Considerando o desenvolvimento do programa para automação dos cálculos e elaboração de um certificado de classificação do instrumento, o resultado esperado foi atingido. Foi criado um programa em linguagem computacional Matlab que qualquer usuário com as medidas realizadas em pontaria direta e inversa do instrumento, pode usar o código apresentado nesta pesquisa para gerar um certificado classificando o instrumento em baixa, média ou alta precisão.

E por fim, este trabalho amplia a infraestrutura dos laboratórios da UFPR para verificação, retificação, calibração e classificação de instrumentos, reestabelecendo a condição de classificação de teodolitos e da componente angular de estações totais, segundo a NBR 13133, adaptando-a para laboratório.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que sejam feitos outros testes com os mesmos instrumentos novamente, de preferência com as mesmas condições ambientais e diferentes operadores, para se investigar eventuais resultados diferentes dos apresentados nesta pesquisa e discutir sobre os porquês destas diferenciações.

Recomenda-se a adaptação do programa desenvolvido em Matlab para versão *mobile.*

Por fim, recomenda-se a continuidade da pesquisa desenvolvendo uma plataforma que contemple um conjunto de colimadores na horizontal, na vertical e materializando o Zenite, como indicado na Figura 13.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alojzy Dzierzega e René Scherrer (2003). **O método compacto de teste de estações totais**, Survey Review, 37: 288, 145-154, DOI: 10.1179 / sre.2003.37.288.145.

ALMEIDA, P. P. A; FREITAS, J. C. P; MACHADO, M. M. M. **TOPOGRAFIA - 1 - Fundamentos, Teoria e Prática**. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Dept°.de Cartografia. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Apostila%20Top1.pdf>. Acesso em: 13/01/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **O que é normalização**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=931. Acesso em: 01/06/2020.

------. NBR 13133: **Execução de levantamento Topográfico: procedimentos**. Rio de Janeiro, 1994.

BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. Editora Edgar Blucher Ltda., São Paulo, 1994, 232 p.

BORGES, A. C. **Exercícios de Topografia**. Editora Edgar Blucher Ltda, São Paulo, 1995,192p.

BRUM, E. V. P. **Verificação e classificação de níveis de acordo com normas internacionais.** 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

CPE TECNOLOGIA. Disponível em: < https://tudoemtopografia.com.br/index.php/nivel-automatico-geodetic-nds32.html>. Acesso em: 01/06/2020.

CRUZ GONZÁLEZ, J. L. 1995. **Instrumentos de Topográfia.Recordando sua historia**. Universidad de Jaén.

Cruz González, J. L. & Mesa Mingorance, J. L. 1997. **Instrumentos Topográficos**. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra, Universidad de Jaén. (http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=839).

CRUZ, W. **Impacto causado pela evolução dos medidores eletrônicos de distância no processo de calibração**. Dissertação de mestrado, PPGCG – UFPR, 2010. Disponível em: < https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24973/Dissertacao_Wander_vFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01/06/2020.

CUSTÓDIO, D. Apostila I – Medidas de Distâncias. Disponível em: < https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2029989/mod_resource/content/1/2_Medidas_de_distancia_TOPO-1_2016_1.pdf>. Acesso em: 13/12/2020.

DEUMLICH, F. 1982. **Surveying Instruments**. Walter de Gruyter, New York. Domínguez García Tejero, Fco. 1989. Topografía General y Aplicada.Madrid: Ed. Dossat S.A.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. Disponível em: <http://www.din.de/cmd;jsessionid=674E78D053403DDA7644424B93BFBD8A.1?level=tpl- bereich&menuid=47391&cmsareaid=47391&languageid=de>.Acesso em: 01/06/2020.

------. DIN 18723 - 1: Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung Geodatischer Instrumente – Allgemeines. Deutschland, 1990.

------. DIN 18723 - 2: Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung Geodatischer Instrumente – Nivelliere. Deutschland, 1990.

DZIERZEGA, A.; SCHERRER, R. Leica Geosystems. **Compact Method of Testing Total Stations,** Heerbrugg. 2003.

ESPARTEL, L. *Curso de Topografia*. Editor Globo. Porto Alegre. 9ª Ed. 1980. 655p.

FAGGION, P. L. **Obtenção dos elementos de calibração e certificação de medidores eletrônicos de distância em campo e laboratório**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra. Curitiba, 2001.

FONTES, L. C. A. de A. **A Evolução Histórica e Tecnológica do Instrumental Topográfico**. 2005. Topografia UFBA. Disponível em: <http://www.topografia. ufba.br/evolucao%20tecnologicatop.pdf>ˆ. Acesso em: 19 set 2020.

GARCIA-TEJERO, F. D. **Topografia General e Aplicada**. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 13ª Ed. 1998. 811p.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p.

GHILANI, C. D.; WOLF, P.R. **Geomática**. 13 ed. São Paulo: Pearson, 2013.

GOMES, J. P. **Determinação de desníveis de precisão utilizando estação tota**l, 2006. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de PósGraduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados** (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012. 94 p. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf>. Acesso em 10/08/2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDSATION. **ISO 12858-2:1999: Optics and Optical Instruments – Ancillary devices for geodetic instruments – Part 2: tripods.** Geneva, 1999.

------. ISO 17123: **Optics and Optical Instruments – Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments – Part 1: Teory**. Geneva, 2001.

INTERNATIONAL STANDART. ISO17123-3: **Óptics and instruments –Field procedures for testing geodetic and surveying instruments –Part 3: Theodolites**.Switzerland, 21p.,2002.

------. ISO 17123: **Optics and Optical Instruments – Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments – Part 2: Levels**. Geneva, 2001.

ITAME, O. Y. **Erros instrumentais.** Faculdade de Ciências e Tecnologia/Unesp. Departamento de Cartografia.

Jimenez-Cleves, Gonzalo & Garzón, Julián & Londoño, Dario. (2017). **Introducción a la altimetría**. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/329266539_INTRODUCCION_A_LA_ALTIMETRIA>. Acesso em: 01/06/2020.

KAHMEN, H. FAIG, W. **Surveying**. Ed. Walter de Gruyter & Co. New York, USA, 1988.

KOTSANAS MUSEUM. **Os instrumentos astronômicos de medição dos antigos gregos.** Disponível em: < http://kotsanas.com/gb/exh.php?exhibit=1301002>. Acesso em: 01/06/2020.

LEICA TCRA 1205. **Manual do Usuário**. Heerbrunng, Suíça, 2004.

LEICA GEOSYSTEMS. Disponível em: <http://www.leica-geosystems.com/en/index.htm>. Acesso em 01/06/2020.

LEICA. Leica Geosystems.TS15 **User Manual**. Suíça, 2015. Disponível em: <https://surveyequipment.com/assets/index/download/id/844/> Acesso em: 01/06/2020.

LEICA. Leica Geosystems. **Leica TPS1200+. White Paper**. Suíça, 2007. Disponível em: < https://issuu.com/aanton/docs/tps1200__whitepaper_en> Acesso em: 01/06/2020.

------. **Accuracy Measurements (Compact Methods): angle and distance**. Heerbrugg, Suíça. 1998.

------. **TPS Info 01/2003 – Calibration: User Information on Calibration of Total Stations**. Heerbrugg, Suíça. 2003.

------. **TPS Info 02/2003 – ISO Standards: ISO Standards for "Field procedures for testing geodetic and surveying instruments**". Heerbrugg, Suíça. 2003.

------. **TPS Information 37/00: What is DIN 18723 (part 3) and ISO 12857 (part 2)?**. Heerbrugg, Suíça. 2000.

LEVIN, E; NADOLINETS, N; AKHMEDOV. **Surveying Instruments and Technology**. New York, 2017. 253p.

LIENHART, W; EHRHART, M; GRICK, M. **High Frequent Total Station Measurements for the Monitoring of Bridge Vibrations**. 4th Joint International Symposium on Deformation Monitoring. Vienna, 2016.

LIMA, A.P.B; SILVA, L.R. **Calibração de estações totais a luz das normas nacionais e internacionais.** Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta. Disponível em:

http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/2/fullpaper/CT02-26_1506725582.pdf>. Acesso em: 01/06/2020.

MACEDO, Tássia Conrado. **AFERIÇÃO DOS ÂNGULOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DAS ESTAÇÕES TOTAIS DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DA UFRRJ**. Trabalho de Conclusão de Curso da UFRRJ, 2011. Disponível em: http://www.ide.ufrrj.br:8080/geonetwork/srv/api/records/e3e27f9c-fff9-456e-a0b1-4ef26ab2da82. Acesso em 01/06/2020.

MAIA, T.C. B. **Estudo e análise de poligonais segundo a NBR 13.133 e o sistema de posicionamento global**. Dissertação de mestrado pela Universidade de São Paulo, São Paulo –SP, 217 p., 1999.

MARTINI, L. **Calibração de prismas de reflexão total em forma de fita adesiva, em acrílico e sua aplicação no controle de deslocamentos de estruturas**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

MEDINA, Alex Soria. **CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E ESTAÇÕES TOTAIS NA UFPR**. Boletim de Ciências Geodésicas, [S.l.], june 1999. ISSN 1982-2170. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/1514>. Acesso em: 01/06/2020.

MEDEIROS, L. I. B. **Monitoramento dinâmico de estruturas por diferentes técnicas geodésias simultaneamente : estudo de caso de um ponto da passarela Politécnico-Botânico da UFPR**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas (UFPR). Disponível em: < https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/66517>. Acesso em: 01/06/2020.

MILDEX INC, **Collimators**. Disponível em: <http://www.mildex.com/index.html>.Acesso em 13/12/2020.

PACILÉO NETTO, N. **Calibração de medidores eletrônicos de distância, construção de uma base multipilar na USP e metodologia de aferição**. São Paulo, 1990. Tese de Doutorado, E. POLI/USP.

RAMOS, O. **Manual de Topografia Básica**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1973.

RÜEGER, J. M. **Electronic Distance Measurement.** 3th ed., Springer-Verlag, Berlin. 1996.

SANTOS DA SILVA, M. M. **Metodologia para a criação de um laboratório para a classificação das componentes angulares horizontal evertical, de teodolitos e estações totais**.Tese de doutorado pala Universidade Federal do Paraná, Curitiba –PR, 139 p., 2008.

SKLARSKI, M. M. S. S. **Avaliação das recomendações da NBR 14.166 com ênfase ao posicionamento com NAVSTAR-GPS.** 2004. 174 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

SOUZA, Iara Alves Martins de. **A calibração de instrumentos de medições topográficas e geodésicas: a busca pela acreditação laboratorial**. 2010. Dissertação (Mestrado em Infra-Estrutura de Transportes) - Escola de Engenharia de

São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. doi:10.11606/D.18.2010.tde-14102010-161333. Acesso em: 01/06/2020.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia – Teoria e prática de Geomática**. 2015. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015. 408p.

SILVA, M. M. S; MIRANDA, F. A; NADAL, C. A; VEIGA, L. A. K. FAGGION, P. L. **Padronização de termos empregados na instrumentação geodésica**. II Simpósio Brasileiro de Geomática, 2007. Disponível em: < http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2007_II_SBG/artigos/A_036.pdf>. Acesso em: 10/08/2020.

SOKOL, Š; BAJTALA, M; JEŽKO, J. **Verification of Selected Precision Parameters of the Trimble S8 DR Plus Robotic Total Station**. INGEO 2014 – 6th International Conference on Engineering Surveying Prague, Czech republic, April 3-4, 2014.

SOUTH GEOSYSTEMS. **Collimators**. Disponível em: https://www.southgeosystems.com/contents/en-us/d14_Optical_Collimator.html>. Acesso em: 30/12/2020.

THE KNOWLEDGE. **How to build a house: rising from the ashes**. Disponível em: < http://the-knowledge.org/en-gb/rebuilding-from-the-ashes/ >. Acesso em: 01/06/2020.

TOPOS. **El nivel topográfico**. Disponível em: < http://tierradetopos.blogspot.com/2009/12/el-nivel-topografico.html>. Acesso em: 01/06/2020.

VOSVIEWER. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em: 01/06/2020.

YOSHIZANE, H. P. **Topografia para saneamento**. CESET – UNICAMP (Apostila). 2007. Disponível em: < https://slideplayer.com.br/slide/332807/>. Acesso em: 01/06/2020.

ZEISKE, K. **Surveying made easy.** 2004. Disponível em: <http://www.leica-geosystems.com/se/surveying/Newspaper/Broschyrer/722510en.pdf>. Acesso em: 18/09/2020.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANTÓN, S. C.; MARTÍN, B. J. **La calidad en el sector topográfico. Organismos competentes. Situación actual**, In: VIII CONGRESO NACIONAL DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA, 2004, Madrid, Conferencias.... Madrid. Disponível em: < http://www.cartesia.org/geodoc/topcart2004/conferencias/39.pdf>. Acesso em: 01/06/2020.

BALANIS C. A. **Antenna Theory: analysis and design, 1998**. 2nd edition. New York:Wiley.

BASTOS, N. **A Importância da Implantação de Sistemas de Calibração na Indústria**.1996. Disponível em:<http://www.grupocalibracao.com.br/padrao.aspx?texto.aspx?idcontent= 987&idContentSection=1795>. Acesso em: 01/06/2020.

BECKER, J. M., HEITER, H., SLABOCH, V. **New Technical Standards Improving the Quality in Positioning and Measurement**, FIG WORKING WEEK, 2000, Prague, Anais eletrônicos…,Prague,2000. Disponível em: http://www.fig.net/pub/proceedings/prague-final- papers/Papers-acrobats/becker-heister-slaboch-fin.pdf>. Acesso em: 01/06/2020.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **Topografia II: Altimetria. Material teórico de apoio à disciplina Topografia II**. – Centro Federal de Educação Tecnológica. [19--].

CORDINI, J. Topografia I – **Planimetria: capítulo 11 – Erros nas medidas angulares e lineares.** Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2002. Disponível em:< http://www.topografia.ufsc.br/cap11-2.html>. Acesso em: 01/06/2020.

D. BRUČAS, V. GINIOTIS., P. PETROSKEVIČIUS. **Basic construction of the flat angle calibration test Bench for geodetic instruments**, In: GEODESY AND CARTOGRAPHY, Vol. 32, No. 3, p. 66-7, 2006, Vilnius. Papers…. Vilnius. Disponível em:<http://www.gc.vgtu.lt/en/lt/3/NR/PUB/6164>. Acesso em: 01/06/2020.

DUBERC, G. 1985. **Cours de Topometríe Génerale, Tomo I,Paris: Editions Eyrolles**.

FAGGION, P. L; VEIGA, L. A. K. **Considerações sobre a instrumentação topográfica**. 2007. 61 f. Material didático – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

Federico, J.**Topografía**. Madrid: Ediciones Ibéricas.

Fossi, I. 1949. **Tratado de Topografía Clásica**.Madrid: Ed. Dossat S.A.

GREENWAY, I. **Should surveyors care?,** In: INTERGEI, 2001, p. 1-12. Cologne. PapersCologne.Disponível:<http://www.fig.net/standards_network/intergeo_2001.pdf >.Ac esso em: 01/06/2020.

------. **Standards and Surveyors – A Continuing Odyssey**, In: FIG WORKING WEEK, 2004, Athens,Papers…. Athens. Disponível em:

<http://www.fig.net/pub/athens/papers/ts03/ts03_1_greenway.pdf>. Acesso em: 01/06/2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em:< http://www.inmetro.gov.br/inmetro/oque.asp>. Acesso em: 01/06/2020.

INSTOP, S. L. **Instop: Instrumentos topográficos**. [19--].

KENNIE, T. J. M. **Field data collection for terrain modelling**. In: KENNIE, T. J. M.

KLEIN, K. H.; HEUNECKE, O. **Engineering Surveying Standards**. FIG WORKING WEEK, 2006, Alemanha, Anais eletrônicos…, Alemanha, 2006. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ws02/ws02_02_klein_heunecke_0904.pdf >. Acesso em 01/06/2020.

KRAVCHYCHYN et al. **Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade conforme a Norma ABNT NBR ISO 9001:2000 no Laboratório de Controle de Processos do Departamento de Engenharia Química e de Alimentos da Universidade Federal da Santa Catarina (LCP-EQA-UFSC)**, In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. Anais eletrônicos…Fortaleza. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_ TR470321_8070.pdf>.Acesso em: 01/06/2020.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA INSTRUMENTOS DE TOPOGRAFÍA – BMP RENTA. Disponível em <www.bmprenta.cl>. Acesso em: 01/06/2020.

LAZOS - MARTÍNEZ, R., **Uso de certificados de calibración**. Notas. Centro Nacional de Metrología, México, 2002. Disponível em: <http:// www.cenam.mx>. Acesso em : 01/06/2020.

MAGALHÃES, J. G.; NORONHA, J. L. **Sistema de gestão da qualidade para laboratório de metrologia de acordo com a NBR ISO/IEC 17025:2005**, In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. Anais eletrônicos… Fortaleza. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ ENEGEP2006_TR470322_7791.pdf>. Acesso em: 01/06/2020.

MartínLópez, J. 1995. **Historia de la Cartografía y de la Topografía**.U.P.M. Escuela Universitaria de Ing. Técnica en Topografía.

MARTIN, D.; GATTA, G. **Calibration of Total Stations Instruments at the ESRF**, In: XXIII FIG CONGRESS IN MUNICH, 2006, Germany, Anais eletrônicos…, Germany, 2006. Disponível em: http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts24/ts24_05_martin_gatta_0506.pdf. Acesso em: 01/06/2020.

Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. 2008. (http://www.ufrgs.br/museudetopografia).

SLABOCH, V.; LECHNER, J.; PIZUR, M. **Implementation of ISO 17025:2000 in the Geodetic Metrology Laboratories and Their Role in the National Metrology System.**, FIG WORKING WEEK, 2003, Paris, Anais eletrônicos…, Paris, 2003. Disponível em:<http://www.fig.net/pub/fig_2003/TS_12/TS12_2_Slaboch_et_al.pdf> Acesso em 01/06/2020.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of the Army. **Manual No. 1110-1-1005. In: ------. Manual. Engineering and Design: Control and topographic surveying, USA, 2007**. p. 222-242. Disponível em:<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-1-10 05/entire.pdf>. Acesso em: 01/06/2020.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE. **Informe n° 3: Errores del teodolito**. [19--].

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia. UFPR (Apostila)**, 2007.

APÊNDICE 1 – CADERNETAS DE CAMPO

09/12/2020

Instrumento: TOPCON 300FW n°: XXX

10:36

Observador da série (1): Josevando Hora: 10:48 obs.:

Observador da série (2): Josevando Hora: 10:55 obs.: 18°C

Observador da série (3): Josevando Hora: 11:05 obs.:

Observador da série (4): Josevando Hora: 11:16 obs.:

Obs. O número de observações para cada série deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8: 4

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								Início 10:48		
1	1	12	59	45	192	59	50			
1	2	41	56	20	221	55	50			
1	3	97	16	10	277	15	45			
1	4	141	55	50	321	55	35			
								Fim 10:54		Formula
								Início 10:55		
2	1	6	27	30	186	27	10			
2	2	35	23	55	215	23	30			
2	3	90	43	30	270	43	20			
2	4	135	23	00	315	23	05			
								Fim : 11:05		Formula
								Início 11:05		
3	1	4	58	35	184	57	50			
3	2	33	54	35	213	54	20			
3	3	89	14	20	269	14	15			
3	4	133	53	50	313	53	50			
								Fim 11:16		Formula
								Início 11:16		
4	1	10	25	45	190	25	20			
4	2	39	21	35	219	21	20			
4	3	94	41	15	274	41	25			
4	4	139	21	05	319	21	00	Fim 11:30		

08/12/2020

Instrumento: TS15 I n°: XXX

13:30

Observador da série (1): Pedro Hora: 13:37 obs.:

Observador da série (2): Pedro Hora: 13:46 obs.: 18 °C

Observador da série (3): Pedro Hora: 13:51 obs.:

Observador da série (4): Pedro Hora: 13:59 obs.:

Obs. O número de observações para cada série deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8: 4

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								Inicio 13:37		
1	1	08	52	29	188	52	18			
1	2	37	48	50	217	48	41			
1	3	93	07	23	273	06	57			
	4	137	47	19	317	47	11			
								Final 13:45		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Inicio 13:46		Formula
	1	22	28	25	202	28	18			
2	2	51	24	49	231	24	45			
2	3	106	43	10	286	43	11			
	4	151	23	19	331	23	12			
								Final 13:51		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Inicio 13:51		Formula
	1	13	34	32	193	34	28			
3	2	42	30	57	222	30	54			
3	3	97	49	14	277	49	20			
	4	142	29	29	322	29	21			
								Final 13:58		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 13:59		Formula
	1	17	06	18	197	06	10			
4	2	46	02	39	226	02	32			
4	3	101	21	07	281	20	52			
	4	146	01	11	326	01	04	Final 14:04		

08/12/2020

Instrumento: TEO 20 n°: XXX

10:45

Observador da série (1): Pedro Hora: 10:51 obs.:

Observador da série (2): Pedro Hora: 10:58 obs.: 18°C

Observador da série (3): Pedro Hora: 11:04 obs.:

Observador da série (4): Pedro Hora: 11:11 obs.:

Obs. O número de observações para cada série	4		
deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8	4		

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								10:51		
1	1	51	38	2	231	38	1,5			
1	2	80	~~38~~	33,9	260	34	1,1			
1	3	135	52	0	311	52	1,5			
	4	180	31	1,9	0	32	0	10:57		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								10:58		
	1	87	22	1,9	267	23	1,0			
2	2	116	18	1,2	296	18	1,9			
2	3	171	36	1,8	251	37	0,0			
	4	216	16	1,2	36	16	1,2	11:03		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								11:04		
	1	123	03	5	303	04	1,1			
3	2	151	59	1,2	331	59	1,9			
3	3	207	17	1,9	27	18	1,1			
	4	151	57	1,4	71	57	0,0	11:10		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								11:11		
	1	133	16	1,8	313	12	1,3			
4	2	162	12	1,8	342	13	1,0			
4	3	217	31	1,0	37	31	1,1			
	4	262	10	1,9	82	11	1,0	11:16		

17/12/2020

Instrumento: TCRA 1205 nº: XXX

15:22

Observador da série (1): Pedro Hora: 15:33 obs.:

Observador da série (2): Pedro Hora: 15:38 obs.: 18°C

Observador da série (3): Pedro Hora: 15:48 obs.:

Observador da série (4): Pedro Hora: 15:56 obs.:

Obs. O número de observações para cada série	4
deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8	4

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")		Formula
								Início 15:33	
1	1	83	02	33	263	02	33		
1	2	112	00	01	292	00	06		
1	3	167	19	49	347	19	41		
	4	212	00	23	32	00	22		
								Fim 15:36	
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 15:38	Formula
2	1	120	51	06	300	51	09,9		
2	2	149	48	37	329	48	42,8		
2	3	205	08	19	25	08	21,7		
	4	249	48	53	69	48	57,3		
								Fim 15:45	
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 15:48	Formula
3	1	90	14	41	270	19	41		
3	2	119	12	06	299	12	11		
3	3	174	31	52	354	31	57		
	4	219	12	28	39	12	28		
								Fim 15:54	
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 15:56	Formula
4	1	95	25	14	275	25	14		
4	2	124	22	39	304	22	39		
4	3	179	42	27	359	42	26		
	4	224	23	01	49	23	02	Fim 16:02	

T105 08/12/2020

Instrumento: Teodolito T105 nº: XXX

10:21

Observador da série (1): Pedro Hora: 10:24 obs.:

Observador da série (2): Pedro Hora: 10:30 obs.: 18° C

Observador da série (3): Pedro Hora: 10:36 obs.:

Observador da série (4): Pedro Hora: 10:41 obs.:

Obs. O número de observações para cada série	4
deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8	4

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								Início 10:24		
1	1	32	49	41	341	46	07			
1	2	61	46	39	297	05	33			
1	3	117	05	34	241	46	52			
	4	161	46	05	212	49	46			
								Final 10:29		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início: 10:30		Formula
2	1	27	26	01	336	22	16			
2	2	56	22	58	291	41	42			
2	3	111	41	31	236	23	00			
	4	156	22	22	207	25	59			
								Final 10:35		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início: 10:36		Formula
3	1	27	25	54	336	22	19			
3	2	56	22	57	291	41	40			
3	3	111	41	45	236	23	01			
	4	156	22	19	207	25	50			
								Final: 10:40		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início: 10:41		Formula
4	1	~~336~~	~~22~~	~~19~~	313	44	57			
4	2	33	48	43	269	04	29			
4	3	89	04	28	213	45	46			
	4	133	45	08	184	46	37	Final 10:44		

CAMPO 08/12/2020

Instrumento: T100 nº: 72635

14:20

Observador da série (1): Alex Hora: 14:36 obs.:

Observador da série (2): Alex Hora: 14:36 obs.: 27°C

Observador da série (3): Alex Hora: 14:36 obs.:

Observador da série (4): Alex Hora: 14:36 obs.:

Obs. O número de observações para cada série deverá ser maior que 2 e menor ou igual a 8: 4 / 4

Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")			Formula
								Início 14:36		
1	1	01	56	10	181	56	00			
1	2	68	29	10	248	29	20			
1	3	92	22	40	272	22	50			
	4	102	44	20	282	44	10			
								Final 14:42		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 14:42		Formula
	1	21	10	40	201	10	40			
2	2	87	43	50	267	43	50			
2	3	111	37	10	291	37	10			
	4	121	58	50	301	58	50			
								Fim 14:47		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 14:47		Formula
	1	28	29	10	208	29	20			
3	2	95	02	20	275	02	30			
3	3	118	55	50	298	55	50			
	4	129	17	20	309	17	20			
								Fim 14:51		
Série		PD (°)	PD (')	PD (")	PI (°)	PI (')	PI (")	Início 14:51		Formula
	1	49	31	50	229	32	00			
4	2	106	05	00	296	05	10			
4	3	139	58	30	319	58	30			
	4	150	20	00	330	19	50	Fim 14:56		

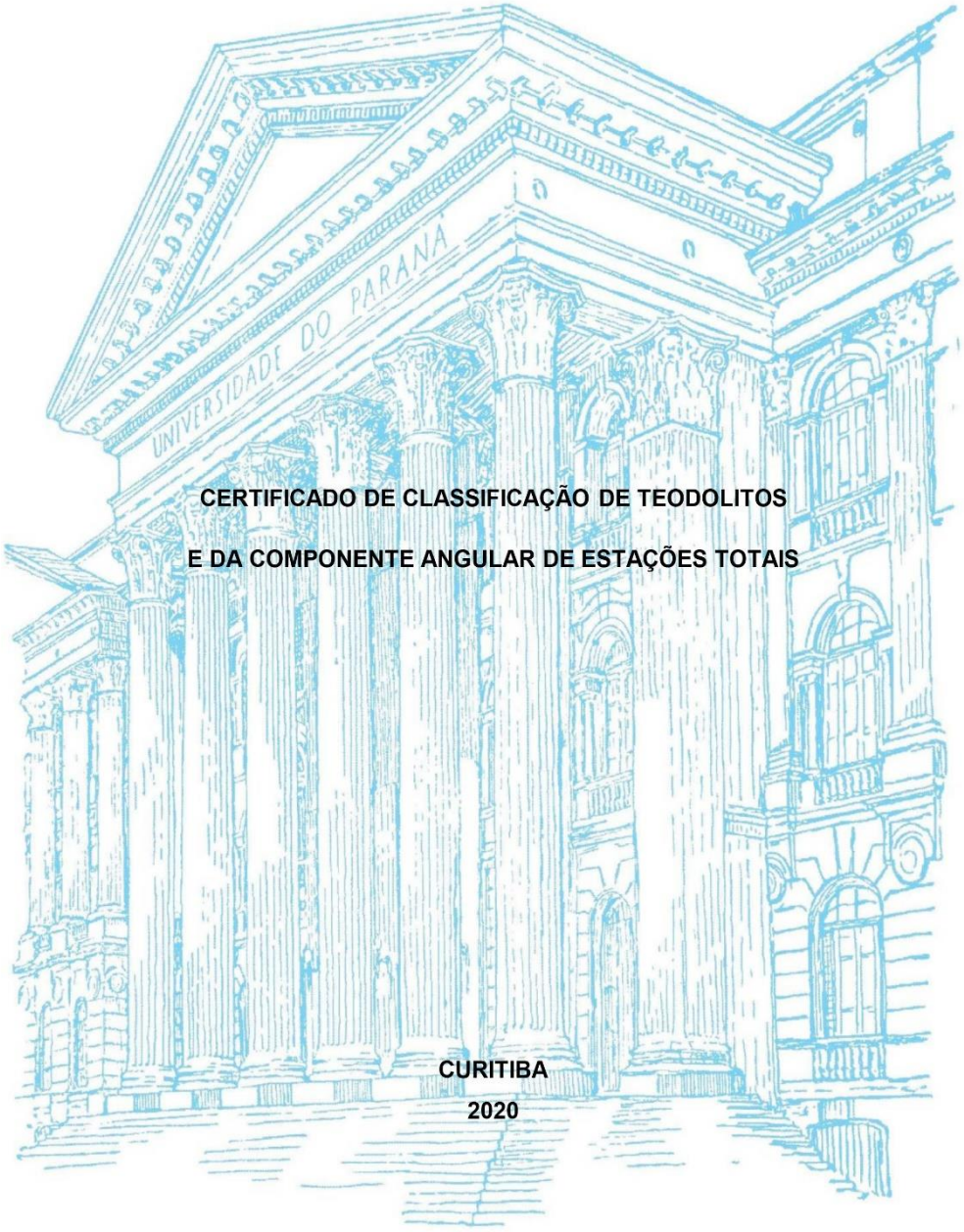
APÊNDICE 2 – CERTIFICADOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA



CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONENTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: TEODOLITO *LEICA* T105

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO EM LABORATÓRIO

LOCAL: LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA - LAIG

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados à componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13.133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

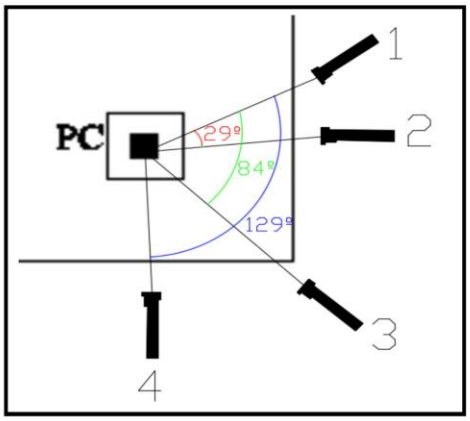
Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
08/12/2020
Horário de início
10h 21min
Horário de término
10h 44min
Temperatura
18º C
Operador
Pedro Faggion
Desvio padrão obtido
2.95”

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

6- Resultado da Classificação

O teodolito *Leica* T105, número de registro xxxxxxxx, foi classificado segundo a recomendação da NBR 13.133/1994, na classe: Média precisão.

Curitiba – PR, 08/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONENTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS

CURITIBA
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: ESTAÇÃO TOTAL *LEICA* TCR 1205

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO DA COMPONENTE ANGULAR HORIZONTAL

LOCAL: LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA - LAIG

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados à componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13.133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

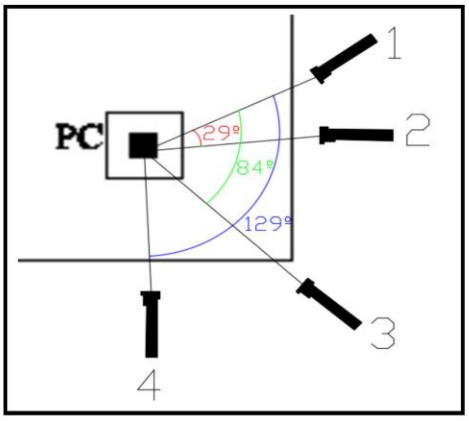
Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
17/12/2020
Horário de início
15h 22min
Horário de término
16h 03min
Temperatura
18º C
Operador
Pedro Faggion
Desvio padrão obtido
1.68”

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

6- Resultado da Classificação

A estação total *Leica* TCR 1205, número de registro xxxxxxxx, foi classificada segundo a recomendação da NBR 13.133/1994, na classe: Alta precisão.

Curitiba – PR, 17/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

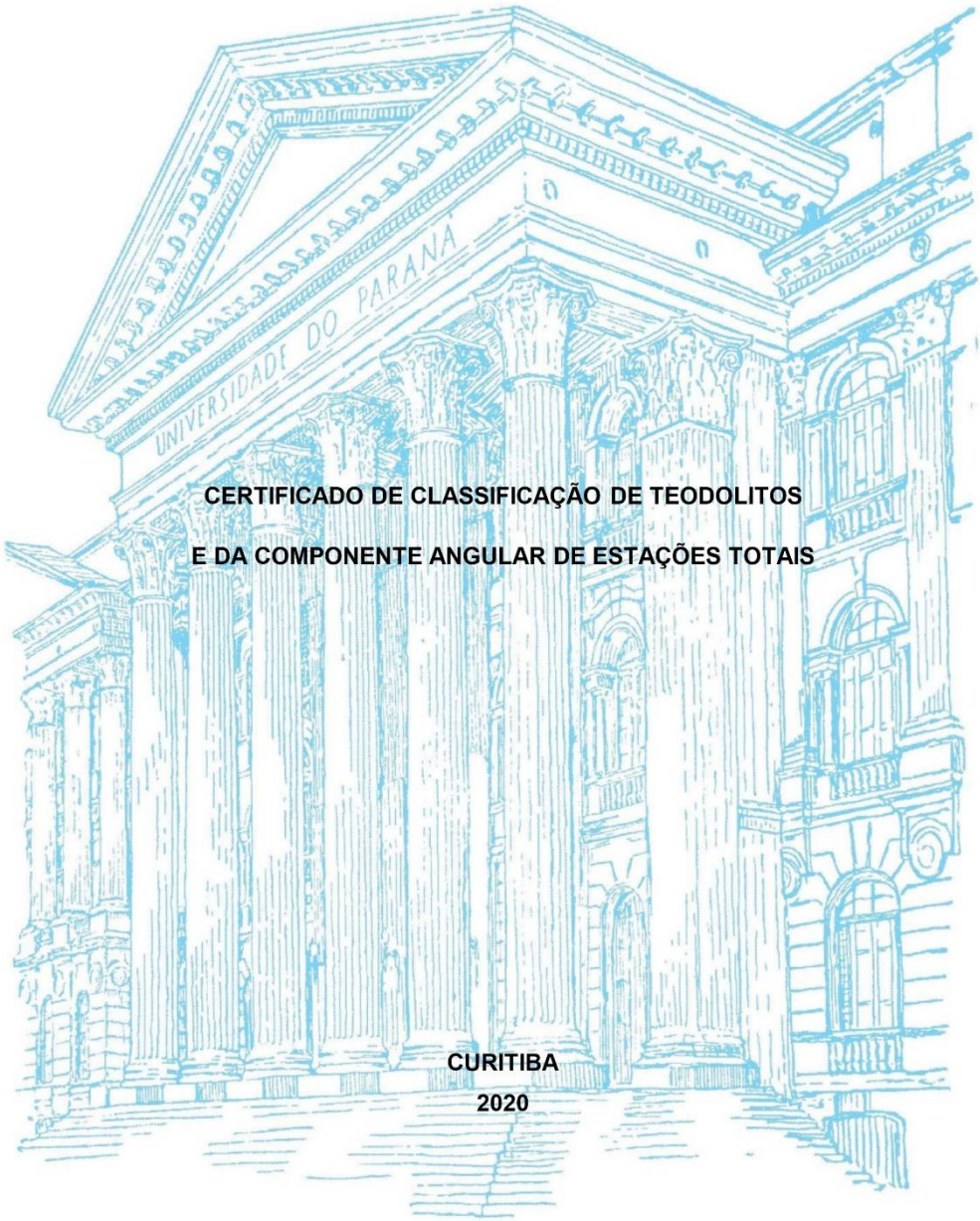
LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA



CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONENTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: TEODOLITO THEO 020

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO EM LABORATÓRIO

LOCAL: LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA - LAIG

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados à componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13.133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

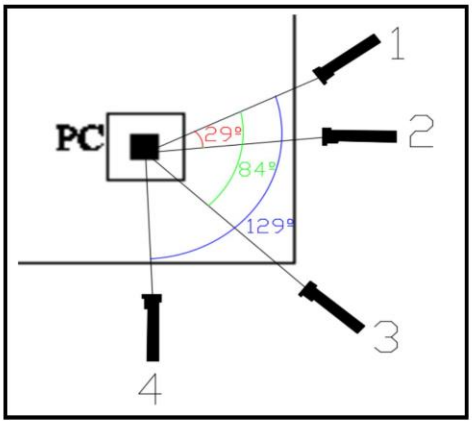
3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
08/12/2020
Horário de início
10h 45min
Horário de término
11h 16min
Temperatura
18º C
Operador
Pedro Faggion
Desvio padrão obtido
13.62"

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

6- Resultado da Classificação

O teodolito THEO 020, número de registro 225852, foi classificado segundo a recomendação da NBR 13.133/1994, na classe: Baixa precisão.

Curitiba – PR, 08/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

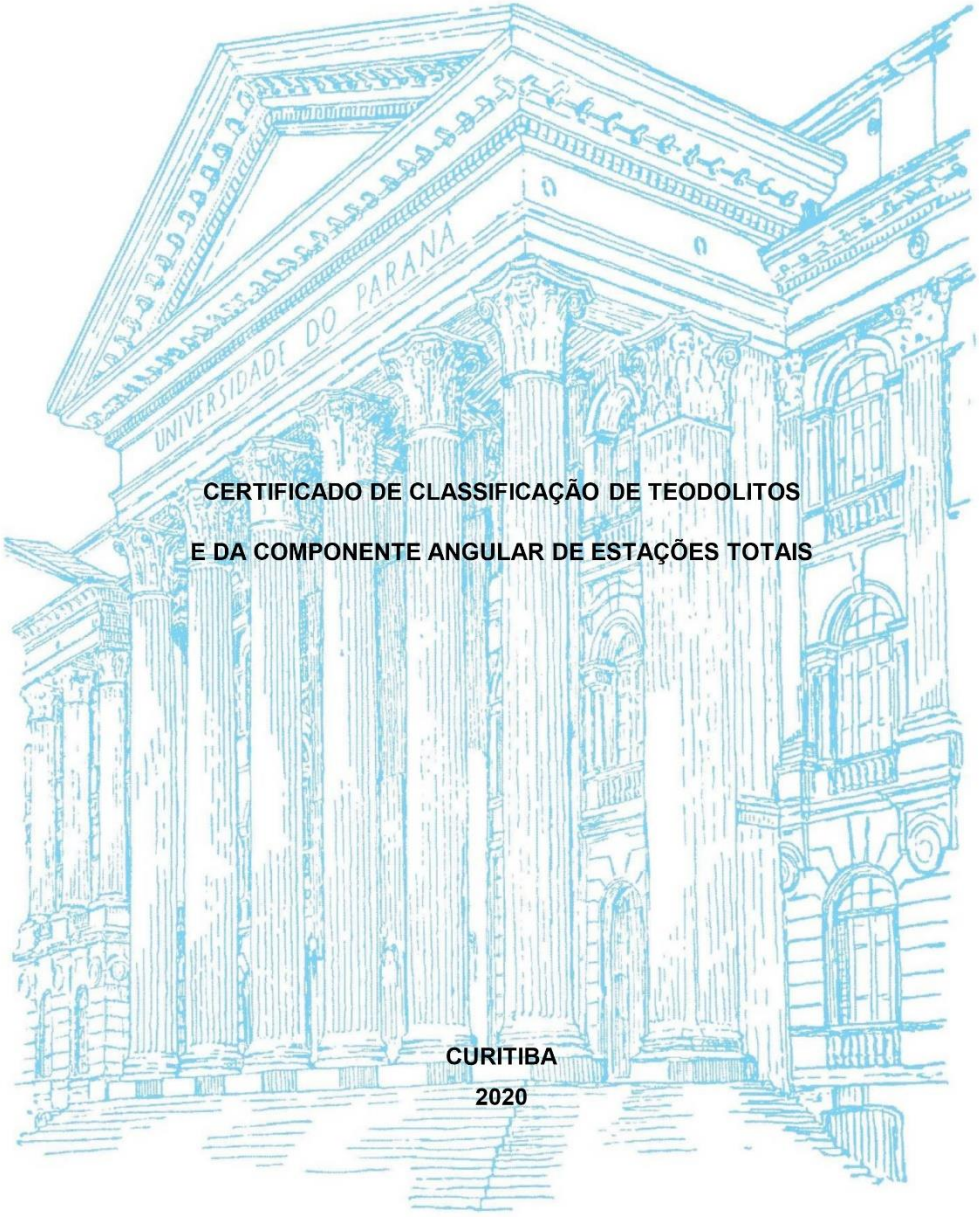
LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA



CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONENTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: ESTAÇÃO TOTAL *TOPCON* 3007-W

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO DA COMPONENTE ANGULAR HORIZONTAL

LOCAL: LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA - LAIG

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados a componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13.133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

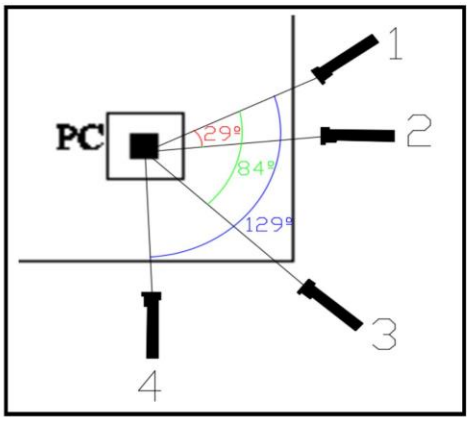
3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
09/12/2020
Horário de início
10h 36min
Horário de término
11h 30min
Temperatura
18º C
Operador
Josevando de Sousa
Desvio padrão obtido
6.35”

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

6- Resultado da Classificação

A estação total *TOPCON* 3007-W, número de registro xxxxxxxx, foi classificada segundo a recomendação da NBR 13.133/1994, na classe: Média precisão.

Curitiba – PR, 09/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONENTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: ESTAÇÃO TOTAL *LEICA* TS15

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO EM LABORATÓRIO

LOCAL: LABORATÓRIO DE AFERIÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA - LAIG

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados à componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13.133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

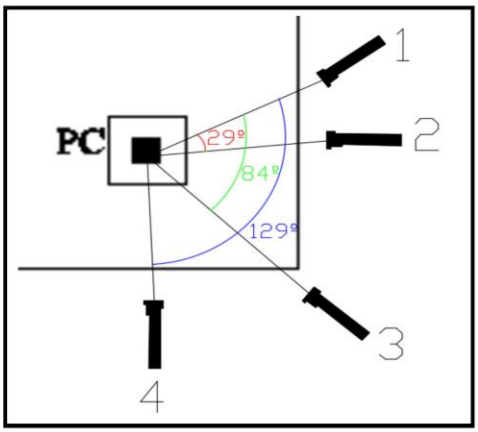
3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
08/12/2020
Horário de início
13h 30min
Horário de término
14h 04min
Temperatura
18º C
Operador
Josevando de Sousa
Desvio padrão obtido
1.16”

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

6- Resultado da Classificação

A estação total *Leica* TS15, número de registro xxxxxxxx, foi classificada segundo a recomendação da NBR 13.133/1994, na classe: Alta precisão.

Curitiba – PR, 08/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

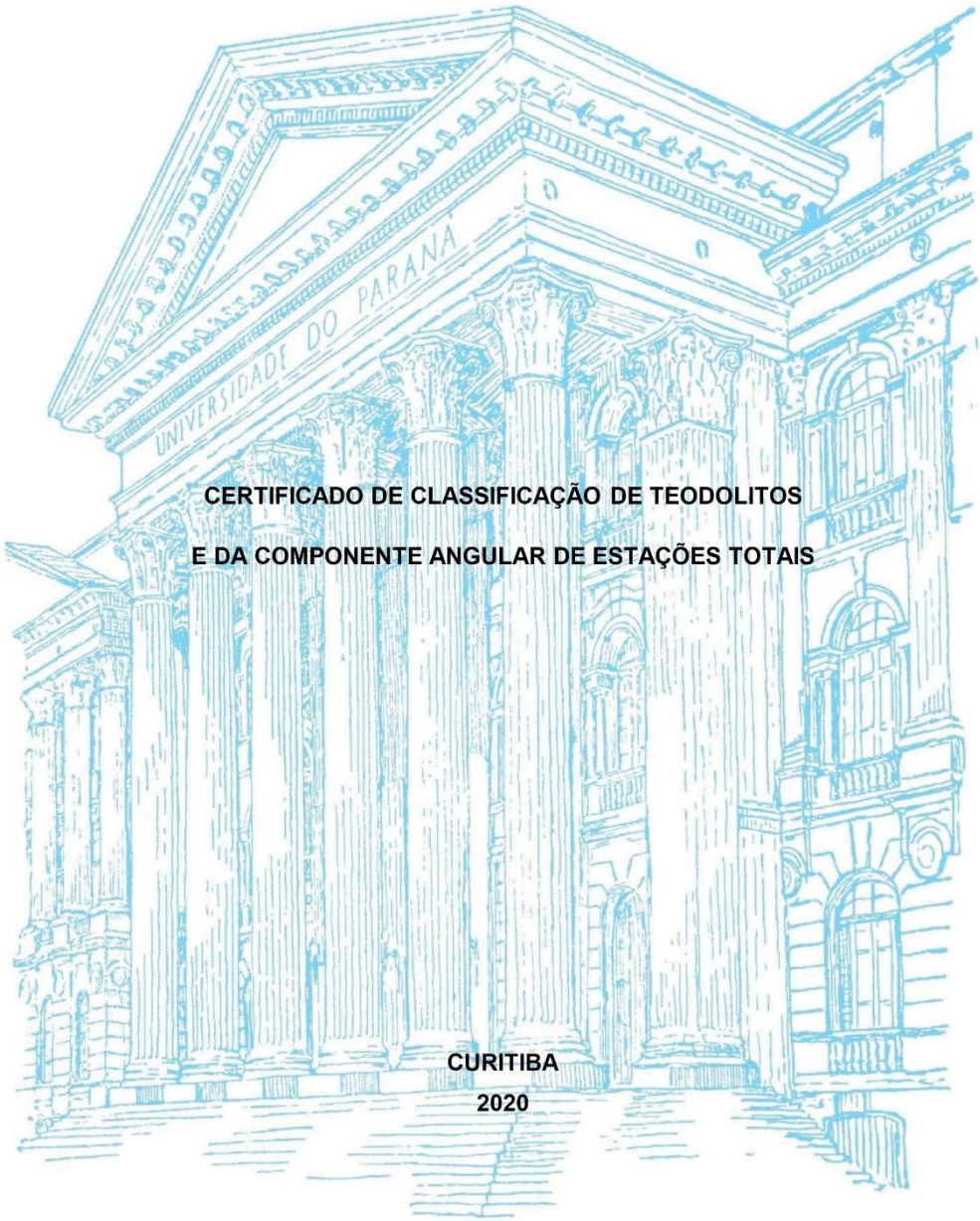
LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS

LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA



CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE TEODOLITOS E DA COMPONENTE ANGULAR DE ESTAÇÕES TOTAIS

CURITIBA

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

CERTIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO

INSTRUMENTO: TEODOLITO *LEICA* T100

SOLICITANTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROCEDIMENTO: CLASSIFICAÇÃO EM CAMPO

LOCAL: CAMPO EM FRENTE O LABORATORIO DE GEODÉSIA ESPACIAL E HIDROGAFIA - LAGEH

1- Antes de iniciar o processo de classificação do instrumento, realizou-se a Verificação, a Retificação da Verticalidade do Eixo Principal, do Erro de Índice Vertical e do Erro de Índice Horizontal.

2- Com relação à classificação, apresentam-se os resultados relacionados à componente angular horizontal do instrumento, conforme indicado pela NBR 13.133/1994. Padrão(ões) utilizado(s):

Classes	Desvio padrão (precisão angular)
1 – precisão baixa	≤ ± 30”
2 – precisão média	≤ ± 07”
3 – precisão alta	≤ ± 02”

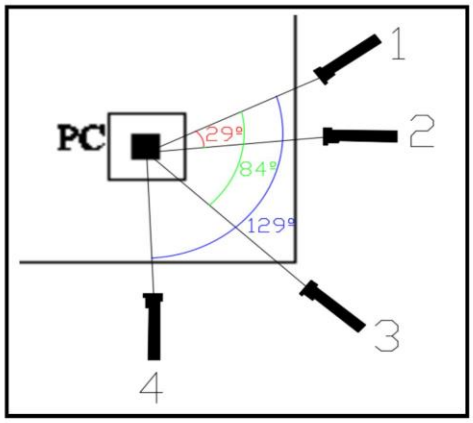
3- Os resultados desta classificação, apresentados na Tabela Registro de Classificação, aplicam-se somente ao instrumento acima descrito. Não pode ser aplicado a equipamentos com as mesmas características.

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

4- Representação dos colimadores e da base utilizada para fixar o equipamento durante o procedimento de Classificação.



5- Registro de Classificação

Data
08/12/2020
Horário de início
14h 20min
Horário de término
14h 56min
Temperatura
27º C
Operador
Alex Medina
Desvio padrão obtido
3.15”

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO GEODÉSICA

6- Resultado da Classificação

O teodolito *Leica* T100, número de registro 726356, foi classificado em campo, segundo a recomendação da NBR 13.133/1994, na classe: Média precisão.

Curitiba – PR, 08/12/2020

RESPONSÁVEL PELA CLASSIFICAÇÃO

RESPONSÁVEL TÉCNICO
CREA-PR xxxxx/D

REPRODUÇÕES DESTE DOCUMENTO SÓ TEM VALIDADE SE FOREM INTEGRAIS

LAIG – Centro Politécnico da UFPR – Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990 – Curitiba – PR – Brasil
Fone/Fax: +55 41 33613153 – e.mail: cpgcg@ufpr.br

APÊNDICE 3 – CÓDIGO MATLAB PARA CLASSIFICAÇÃO

```
clc
clear
%%
%Variáveis de entrada
%numero de observações
no=4;
n1=4;
%PD
%serie 1
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPD(1,1)=0;  mPD(1,1)=0; sPD(1,1)=0;
% gPD(1,2)=12; mPD(1,2)=28;sPD(1,2)=14;
% gPD(1,3)=44; mPD(1,3)=48;sPD(1,3)=24;
% gPD(1,4)=96; mPD(1,4)=52;sPD(1,4)=34;
%serie 2
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPD(2,1)=359;mPD(2,1)=59;sPD(2,1)=8;
% gPD(2,2)=12; mPD(2,2)=29;sPD(2,2)=30;
% gPD(2,3)=44; mPD(2,3)=48;sPD(2,3)=47;
% gPD(2,4)=96; mPD(2,4)=53;sPD(2,4)=48;

%serie 3
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPD(3,1)=359;mPD(3,1)=59;sPD(3,1)=30;
% gPD(3,2)=12; mPD(3,2)=30;sPD(3,2)=15;
% gPD(3,3)=44; mPD(3,3)=46;sPD(3,3)=27;
% gPD(3,4)=96; mPD(3,4)=53;sPD(3,4)=7;

%serie 4
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPD(4,1)=359;mPD(4,1)=59;sPD(4,1)=33;
% gPD(4,2)=12; mPD(4,2)=30;sPD(4,2)=44;
% gPD(4,3)=44; mPD(4,3)=47;sPD(4,3)=56;
% gPD(4,4)=96; mPD(4,4)=53;sPD(4,4)=3;
```

```
%PI
%serie 1
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPI(1,1)=179; mPI(1,1)=58;sPI(1,1)=25;
% gPI(1,2)=192; mPI(1,2)=28;sPI(1,2)=36;
% gPI(1,3)=224; mPI(1,3)=48;sPI(1,3)=54;
% gPI(1,4)=276; mPI(1,4)=53;sPI(1,4)=41;
%serie 2
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPI(2,1)=179; mPI(2,1)=59;sPI(2,1)=37;
% gPI(2,2)=192; mPI(2,2)=28;sPI(2,2)=44;
% gPI(2,3)=224; mPI(2,3)=47;sPI(2,3)=34;
% gPI(2,4)=276; mPI(2,4)=53;sPI(2,4)=33;

%serie 3
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPI(3,1)=179; mPI(3,1)=59;sPI(3,1)=31;
% gPI(3,2)=192; mPI(3,2)=30;sPI(3,2)=26;
% gPI(3,3)=224; mPI(3,3)=47;sPI(3,3)=14;
% gPI(3,4)=276; mPI(3,4)=53;sPI(3,4)=40;

%serie 4
%Grau       %Minuto     %Segundo
% gPI(4,1)=180; mPI(4,1)=1; sPI(4,1)=1;
% gPI(4,2)=192; mPI(4,2)=30;sPI(4,2)=51;
% gPI(4,3)=224; mPI(4,3)=49;sPI(4,3)=25;
% gPI(4,4)=276; mPI(4,4)=53;sPI(4,4)=48;

fileID = fopen('angulost100lab.txt','r'); %mudar aqui o nome do arquivo
rPD= fscanf(fileID,'%f %f %f', [6 16]);
fclose(fileID);
for i=1:4
   gPD(1,i)=rPD(1,i);
```

```
    gPD(2,i)=rPD(1,i+4);
    gPD(3,i)=rPD(1,i+4*2);
    gPD(4,i)=rPD(1,i+4*3);

    mPD(1,i)=rPD(2,i);
    mPD(2,i)=rPD(2,i+4);
    mPD(3,i)=rPD(2,i+4*2);
    mPD(4,i)=rPD(2,i+4*3);

    sPD(1,i)=rPD(3,i);
    sPD(2,i)=rPD(3,i+4);
    sPD(3,i)=rPD(3,i+4*2);
    sPD(4,i)=rPD(3,i+4*3);

    gPI(1,i)=rPD(4,i);
    gPI(2,i)=rPD(4,i+4);
    gPI(3,i)=rPD(4,i+4*2);
    gPI(4,i)=rPD(4,i+4*3);

    mPI(1,i)=rPD(5,i);
    mPI(2,i)=rPD(5,i+4);
    mPI(3,i)=rPD(5,i+4*2);
    mPI(4,i)=rPD(5,i+4*3);

    sPI(1,i)=rPD(6,i);
    sPI(2,i)=rPD(6,i+4);
    sPI(3,i)=rPD(6,i+4*2);
    sPI(4,i)=rPD(6,i+4*3);
end

%%
%Soma do angulo total
PD=gPD+(mPD/60)+(sPD/3600);
PI=gPI+(mPI/60)+(sPI/3600);
```

```
%%
%Formula
for j=1:4
   for i=1:4
      if gPD(i,1)>gPD(i,4)
         if PD(i,j)>PI(i,j)
            formula(i,j)=(PD(i,j)+PI(i,j)-180)/2;
         else
            formula(i,j)=(PD(i,j)+PI(i,j)+180)/2;
         end
      else
         if PD(i,j)<PI(i,j)
            formula(i,j)=(PD(i,j)+PI(i,j)-180)/2;
         else
            formula(i,j)=(PD(i,j)+PI(i,j)+180)/2;
         end
      end
   end
end

%%
%Angulos entre Pilares (AEP)
for j=2:4
   for i=1:4
      AEP(i,j-1)=formula(i,j)-formula(i,1);
   end
end
disp('Angulos entre Pilares:')
disp(AEP)
%%
% Media
for i=1:3
   media(i)=mean(AEP(:,i));
```

```
end
%%
%Media em graus (MEG(0,','))
for i=1:3
  MEG(i,1)=fix(media(i));
  aux=(media(i)-MEG(i,1))*60;
  MEG(i,2)=fix(aux);
  MEG(i,3)=(aux-MEG(i,2))*60;
end
disp('Transformação de Média em graus:')
disp(MEG)
%%
for i=1:4
  for j=1:3
     d(i,j)=(media(j)-AEP(i,j))*3600;
     d2(i,j)=d(i,j)^2;
  end
  sd(i)=sum(d(i,:));
  sd2(i)=sd(i)^2;
end

for i=1:4
  for j=1:3
     v(i,j)=d(i,j)-(sd(i)/no);
     v2(i,j)=v(i,j)^2;
  end
end

Sd2=sum(sd2);
dd=sum(sum(d2));
w=dd-(Sd2/no);

if w<0
   m=(((w*(-1))/((n1-1)*(no-1))))^(1/2);
```

```
else
   m=((w/((n1-1)*(no-1))))^(1/2);
end

% Definição da precisão do instrumento
if m<=2
   CI = 'Alta precisão';
else
   if m>2&&m<7
      CI = 'Média precisão';
   else
      CI = 'Baixa precisão';
   end
end
d
d2
sd
v
v2
sd2
Sd2
dd
w
m
%%
%desenho dos angulos
% hold on
% for i=1:3
%    x = 1;                    % X coordinate of arrow start
%    y = 2;                    % Y coordinate of arrow start
%    theta = degtorad(MEG(i,1));    % Angle of arrow, from x-axis
%    L = 2+i/2;                    % Length of arrow
%    xEnd = x+L*cos(theta);        % X coordinate of arrow end
%    yEnd = y+L*sin(theta);        % Y coordinate of arrow end
```

```
%     points = linspace(0, theta);    % 100 points from 0 to theta
%     xCurve = x+(L/2).*cos(points);  % X coordinates of curve
%     yCurve = y+(L/2).*sin(points);  % Y coordinates of curve
%     plot(x+[-L L], [y y], '--k');   % Plot dashed line
%     hold on;                        % Add subsequent plots to the current axes
%     axis([x+[-L L] y+[-L L]]);      % Set axis limits
%     axis equal;                     % Make tick increments of each axis equal
%     arrow([x y], [xEnd yEnd]);      % Plot arrow
%     plot(xCurve, yCurve, '-k');     % Plot curve
%     plot(x, y, 'o', 'MarkerEdgeColor', 'k', 'MarkerFaceColor', 'w');  % Plot point
% end
% hold off

%%
%reportando
prompt = 'Informe o INSTRUMENTO: ';
instrumento = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe o SOLICITANTE: ';
solicitante = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe o PROCEDIMENTO: ';
procedimento = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe a DATA: ';
data = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe o LOCAL: ';
local = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe as CONDICOES AMBIENTAIS: ';
CA = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe o OPERADOR: ';
operador = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe a hora de inicio: ';
inicio = input(prompt,'s');
prompt = 'Informe a hora de termino: ';
termino = input(prompt,'s');
```

```
import mlreportgen.dom.*
rpt = Document('RELATORIOt100lab','docx','MODELOt100lab'); %mudar o nome do modelo do relatorio

while ~strcmp(rpt.CurrentHoleId,'#end#') %acrescentar variável
  switch rpt.CurrentHoleId
      case 'instrumento'
          append(rpt,instrumento);
      case 'solicitante'
          append(rpt,solicitante);
      case 'procedimento'
          append(rpt,procedimento);
     case 'data'
          append(rpt,data);
     case 'local'
          append(rpt,local);
     case 'CA'
          append(rpt,CA);
     case 'CI'
          append(rpt,CI);
     case 'operador'
           append(rpt,operador);
     case 'inicio'
          append(rpt,inicio);
     case 'termino'
          append(rpt,termino);
     case 'm'
          append(rpt,round(m,2));
   end
   moveToNextHole(rpt);
end
      close(rpt);

open('RELATORIOt100lab.docx'); %mudar nome para abrir
```