

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

MAURÍCIO FADEL PENICHE

RAUL AFFONSO SCHUBERT NETO

ROMÁRIO KEITI PIZZATTO FUGITA

**SISTEMA MOTORIZADO MICROPROCESSADO DE
ACOMPANHAMENTO ASTRONÔMICO BASEADO EM MONTAGEM
EQUATORIAL ALEMÃ PARA TELESCÓPIOS DE ATÉ 10 KG.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2012

MAURÍCIO FADEL PENICHE
RAUL AFFONSO SCHUBERT NETO
ROMÁRIO KEITI PIZZATTO FUGITA

**SISTEMA MOTORIZADO MICROPROCESSADO DE
ACOMPANHAMENTO ASTRONÔMICO BASEADO EM MONTAGEM
EQUATORIAL ALEMÃ PARA TELESCÓPIOS DE ATÉ 10 KG.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Mecatronica Industrial dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica (DAELN) e Mecânica (DAMEC) - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Bertoldo Schneider Júnior.

Co-Orientador: João Carlos Guimarães

CURITIBA

2012

Maurício Fadel Peniche
Raul Affonso Schubert Neto
Romário Keiti Pizzatto Fugita

SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO ASTRONÔMICO

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Tecnólogo, do curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 05 de Dezembro de 2012.

Prof. Milton Luiz Polli, Dr.

Coordenador do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial

Prof. Décio Estevão do Nascimento, Dr.

Coordenador dos Trabalhos de Conclusão de Curso
do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do DAELN

ORIENTAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bertoldo Schneider Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Gilson Yukio Sato
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Especialista João Carlos Guimarães
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Rubens Alexandre De Faria
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Esta página, somente, não conseguirá abranger todos aqueles que nos apoiaram durante essa etapa importante de nossas vidas. A todos aqueles que participaram, mas não estão aqui citados, nossas singelas desculpas. No entanto fiquem sabendo que vocês estarão para sempre nos nossos pensamentos e carregarão nossa grande gratidão.

Agradecemos ao professor Bertoldo Schneider Júnior, inicialmente por estar nos ajudando com a ideia primordial do trabalho e de ter nos guiado rumo à elaboração do projeto do modo como ele ficou. Sua experiência e sabedoria na área foram bastante úteis e aplicáveis à elaboração deste. Somos gratos ainda por sua orientação nesse trabalho, apontando eventuais erros que passaram despercebidos.

Agradecemos também ao professor João Carlos Guimarães por sua dedicação e disponibilidade de tempo e recursos para a execução de grande parte do trabalho. Sua ajuda foi de extrema importância para que o projeto virasse realidade.

Agradecemos ao Clube de Astronomia da Universidade Tecnológica (Cautec) por disponibilizar equipamentos para os testes do protótipo e pelo apoio.

A todos os professores e colegas que dedicaram seu tempo e compartilharam seus conhecimentos conosco, nossa mais profunda gratidão.

Gostaríamos ainda de agradecer às nossas famílias, pois sem o apoio deles seria impossível chegarmos a essa etapa. Eles sempre estiveram ao nosso lado quando precisamos e nunca ninguém torceu mais pelo nosso sucesso como eles, por isso muito obrigado!

RESUMO

PENICHE, M. F.; SCHUBERT Neto, R. A.; FUGITA, R. K. P. **Sistema motorizado microprocessado de acompanhamento astronômico baseado em montagem equatorial alemã para telescópios de até 10 kg.** 2012. 37 f Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Este trabalho descreve a concepção e implementação do hardware eletrônico e mecânico de um dispositivo de acompanhamento astronômico baseado em uma montagem equatorial alemã. Um telescópio acoplado a este dispositivo pode ser controlado de modo a acompanhar um astro em seu movimento celeste relativo, de modo automático, sendo ainda possível a modificação do alvo no céu e correção de atitude do dispositivo. O trabalho abrange toda concepção teórica utilizada na formulação das partes mecânica, eletrônica, de programação e de posicionamento astronômico. Apresenta a concepção da base motorizada do telescópio, passando pela construção de sua estrutura, mostrando os métodos usados e as dificuldades encontradas. Segue pela elaboração da parte eletrônica, envolvendo os circuitos e componentes utilizados e terminando na programação, quando é vista a ideia principal e as linhas de programação mais importantes.

Palavras-chave: Acompanhamento astronômico. Montagem equatorial alemã. Construção de telescópio. Telescópio automático.

ABSTRACT

PENICHE, M. F.; SCHUBERT Neto, R. A.; FUGITA, R. K. P. **Microprocessed Motorized Astronomic Tracking System based on German Equatorial Mount for Telescopes up to 10 kg.** 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

This work describes the conception and implementation of a mechanic and electronic hardware of a astronomic tracking device based on German equatorial mount. An attached telescope in this dipositive can be controlled to track a star on its relative celestial movement, automatically, being even possible the alternation of target at the sky and the device's behavior correction. It covers every theoretical concept in the formulation of mechanic, electronic, programming and astronomical positioning. It shows the conception of a motorized telescope mount, going through the construction of its structure, showing the used methods and difficulties found. It goes to the elaboration of electronic part, involving circuits and components used and it finishes at the programming, where the main concept and the most important programming lines are seen.

Keywords: Astronomical Monitoring. German equatorial mount. Telescope building. Automatic telescope.

Lista de Figuras

Figura 1 - Diferença de 1° (aproximadamente 4 minutos) entre o dia sideral e dia solar.	15
Figura 2 - Sistema de coordenadas equatorial celeste	17
Figura 3 - Componentes da Estrutura	23
Figura 4 - Visão em corte das Caixas	24
Figura 5 - Reduções Mecânicas	25
Figura 6 - Rolamentos em O	27
Figura 7 - Diagrama das placas eletrônicas do projeto.	27
Figura 8 - Característica do micro passo, cujo objetivo é manter o torque constante e aumentar a resolução do motor.	28
Figura 9 - Foto do módulo de interface do usuário.	29
Figura 10 - Fluxograma que resume o funcionamento do código de programação do projeto.	30
Figura 11 - Laser para marcar a trajetória	31
Figura 12 - Imagem com o protótipo ligado (4s).....	33
Figura 13 - Imagem com o protótipo desligado (4s).....	33
Figura 14 - Imagem com o protótipo ligado (8s).....	34
Figura 15 - Imagem com o protótipo desligado (8s).....	34
Figura 16 - Imagem com o protótipo ligado (15s).....	35
Figura 17 - Imagem com o protótipo desligado (15s).....	35
Figura 18 - Imagem com o protótipo ligado (20s).....	36
Figura 19 - Imagem com o protótipo desligado (20s).....	36

Lista de Siglas

CAD	Computer Aided Design (Desenho por Auxílio de Computador)
CI	Circuito Integrado
CNC	Controle Numérico Computadorizado
LCD	Liquid Crystal Display (Visor de Cristal Líquido)
PCB	Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impresso)
PIC	Programmable Interface Controller (Controle de Interface Programável)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
1.2	PROBLEMA	11
1.3	JUSTIFICATIVA	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	ASTRONOMIA.....	14
2.1.1	Montagem Equatorial Alemã	14
2.1.2	Movimento de Rotação Terrestre	14
2.1.3	Sistema de Coordenadas Esférico.....	15
2.2	ELETRÔNICA.....	17
2.2.1	Motor de Passo	17
2.2.2	Micro Passo	18
2.2.3	Microcontrolador PIC.....	18
2.3	MECÂNICA	19
2.3.1	Eixos	19
2.3.2	Redução por sistema de engrenagens	19
2.4	PROGRAMAÇÃO.....	20
3	DESENVOLVIMENTO.....	21
3.1	CONCEPÇÃO DO PROTÓTIPO	21
3.2	MECÂNICA	21
3.2.1	Estrutura	22
3.2.2	Redução	25
3.2.3	Embreagem.....	26
3.2.4	Rolamentos	26
3.3	ELETRÔNICA	27
3.3.1	Unidade de controle.....	27
3.3.2	Acionamento dos motores	28
3.3.3	Interface com o usuário	29
3.4	PROGRAMAÇÃO	29
4	RESULTADOS	31
5	CONCLUSÃO.....	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A palavra telescópio foi introduzida com a forma italiana *telescopio* na linguagem internacional científica, por Galileu Galilei, em 1611. Giambattista della Porta e Johannes Kepler usaram o latim científico *telescopium* em 1613 (CUNHA, 1986). O objetivo do telescópio é basicamente auxiliar a enxergar objetos a grande distância. O telescópio astronômico tem a peculiaridade de seu objeto de estudo ser pouco luminoso. Deste modo, é desejável a um telescópio astronômico que ele tenha maior abertura possível para aumentar a resolução dos objetos vistos.

A história do telescópio tem início no século XVII quando um fabricante holandês de lentes, Hans Lippershey (1570-1619), fabricou um telescópio refrator pela primeira vez. Segundo Faria (1987), um telescópio é “qualquer instrumento que permite enxergar melhor objetos que se encontram afastados.”

Em 1609, Galileo Galilei (1569-1642) soube desse instrumento, construiu seu próprio telescópio e o apontou para o céu sendo, portanto, o primeiro homem a utiliza-lo para fins astronômicos. Pela necessidade de enxergar cada vez com mais aumento, ele construiu vários outros telescópios mais potentes, sendo que o mais potente aumentava em até 30 vezes. Galileo fez uma série de observações da Lua, descobrindo que ela tem montanhas, e também, em janeiro de 1610, descobriu os satélites de Júpiter (OLIVEIRA, 2004).

Como a Terra tem movimento de rotação, se tomarmos a mesma como referencia, podemos dizer que os astros giram em torno dele a uma velocidade aproximada de 361° por dia. Para compensar esse movimento, torna-se necessário a utilização de técnicas de acompanhamento.

Com a necessidade de fazer o acompanhamento dos astros, Joseph Fraunhofer desenvolveu a montagem equatorial alemã, em 1824, a qual possibilita esse acompanhamento com um movimento em apenas um eixo. A partir dos anos 90, essa montagem destacou-se através da introdução do controle computadorizado, sendo dominante a partir de então (PRIVET, 2002).

A montagem equatorial baseia-se em um movimento de dois eixos ortogonais para localizar um objeto, sendo que um desses eixos deve ser posicionado paralelamente ao eixo polar terrestre. Sua principal vantagem em relação às demais montagens é poder fazer a compensação de movimento de rotação da Terra usando o movimento sincronizado de apenas um eixo, além de manter as configurações do campo visual.

O uso desse equipamento é primordial para o estudo aprofundado da astronomia no cenário educacional e científico, sendo que pequenos telescópios podem gerar grandes contribuições para esta ciência. No entanto, esta área não é muito difundida educacionalmente devido aos elevados custos da aquisição desse tipo de equipamento.

Apesar de já existirem sistemas que realizam tal controle, no Brasil não há empresas que os produza, e mesmo no mundo são poucas que oferecem. Os equipamentos utilizados para fazer tal acompanhamento são geralmente importados, o que agrega ao valor do produto impostos sobre a importação e os custos do transporte, elevando o seu valor em até 60% do valor original. O desenvolvimento de um sistema nacional pode reduzir os custos, trazendo benefícios para aqueles que já praticam a astronomia e também novas pessoas que desejam entrar nessa área.

1.1 OBJETIVOS

Para execução deste projeto foram listados vários objetivos a serem cumpridos até a sua conclusão.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de acompanhamento astronômico automático baseado em uma montagem equatorial alemã.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Dominar a mecânica do movimento celeste relativo.
- Construir um sistema de movimentação baseado em motores de passo;
- Construir um sistema de redução capaz de conseguir a velocidade de 15,04 graus/hora;
- Montar um driver de micro passo, utilizando microcontroladores, para permitir o acionamento dos motores;
- Montar uma interface homem-máquina para melhor interação com o usuário;
- Construir um acoplamento capaz de suportar o tubo do telescópio.

- Construir uma estrutura mecânica capaz de suportar um telescópio de até 10 kg (peso aproximado do tubo para um espelho de 200mm) de modo a possibilitar o uso de grandes e diversos telescópios em observações com acompanhamento da esfera celeste;
- Implementar testes de precisão de exatidão do sistema;
- Elaborar um relatório listando as atividades e projetos envolvidos na montagem do protótipo.

1.2 PROBLEMA

Pequenos telescópios com diversos graus de automação podem ser utilizados por várias instituições como instrumentos de baixo custo para aquisições de dados de alta qualidade, possibilitando assim que astrônomos de universidades e faculdades pratiquem a pesquisa (ADELMAN, 1992). No entanto não existem fabricantes de porte desse tipo de telescópio no Brasil, e um equipamento deste deve ser importado com custo de importação e transporte que ultrapassam 60% de seu valor (OLIVEIRA FILHO, 2004).

O telescópio é composto de três partes principais, o sistema ótico (fabricado no Brasil), o tripé ou outra estrutura de fixação no solo, e o sistema de acompanhamento (este não é desenvolvido nacionalmente). Esta falta de fabricante nacional deve-se ao fato de ser difícil construir este sistema, pois o mesmo requer uma mecânica fina e robusta além de uma eletrônica de qualidade.

Devido ao movimento de rotação da Terra, há movimento relativo dos astros no céu e ao utilizar-se o telescópio, este movimento se torna mais aparente, pois o campo de visão é geralmente de poucos graus ou até frações de grau. O céu tem uma velocidade aparente aproximada de $15''/s$. Para se ter uma ideia desta velocidade, para um campo de observação típico de 1° (a Lua tem aproximadamente $0,5^\circ$) uma estrela qualquer atravessa o campo central em 4 minutos, no caso de registro astronômico é necessária exposição fotográfica de muitos segundos, na qual o campo não deve se movimentar, então esse movimento deve ser compensado. Por isso, é necessário compensar este movimento de forma manual ou automática (motorizada), controlando os eixos da montagem. Já no caso da astrofotografia é necessária a utilização de uma montagem motorizada, de preferência equatorial, para permitir

longas exposições, além de ser necessária uma estrutura rígida e robusta (OLIVEIRA FILHO, 2004).

A montagem é o sistema de apoio ao telescópio que contém o tripé (ou sistema de fixação) e eixos de rotação que permitem orientar o telescópio com um ou vários graus de liberdade.

Neste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema que atenda as necessidades astronômicas, desde a robustez para evitar vibrações, até uma motorização precisa para o acompanhamento dos astros. Tais sistemas já existem, eles são produzidos e desenvolvidos por poucas empresas em todo o mundo, principalmente nos Estados Unidos. No entanto a taxa cambial, transporte e encargos de importação tornam o custo deste sistema elevado.

Por isso, propôs-se o desenvolvimento um sistema de acompanhamento motorizado capaz de sanar as necessidades tanto da observação, quanto da astrofotografia, com custo reduzido e possibilitando uma maior difusão na pesquisa e atividades amadoras em âmbito nacional.

1.3 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de um sistema de acompanhamento motorizado capaz de compensar o movimento de rotação da Terra, de forma precisa e robusta o suficiente para evitar vibrações, possui diversas vantagens. A principal delas é a redução do custo deste equipamento, favorecendo assim a sua aquisição por instituições de ensino, grupos de pesquisa amadora ou mesmo particulares, ampliando suas contribuições para a astronomia.

No âmbito acadêmico, o desenvolvimento deste sistema agrega conhecimentos às áreas de projeto mecânico e eletrônico, desde a sua concepção, simulação computacional, desenvolvimento prático destas partes e integração das mesmas. De modo particular, este sistema agrega conhecimentos de modelagem tridimensional de estruturas mecânicas e suas análises e otimizações, simulação de circuitos eletrônicos e sua confecção em circuitos impressos, programação em linguagem C para micro controlador, modelagem matemática para o sistema de controle e automação, interface homem máquina através de um display LCD (*Liquid Crystal Display*) e um teclado matricial.

Mas a principal motivação para o desenvolvimento deste sistema é criar uma alternativa economicamente viável ao sistema importado, de maneira a incentivar a aquisição dos mesmos por uma maior parcela dos interessados, aumentando assim a sua contribuição no registro e pesquisa astronômica. Além disso, o sistema pode ser utilizado por pessoas interessadas no entretenimento, que corresponde a uma grande parcela dos usuários de telescópio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento deste projeto foi necessário o domínio de diversos conteúdos sobre os seguintes elementos.

2.1 Astronomia

Para a realização deste projeto foi necessário estudar alguns tópicos na área astronômica, como montagem equatorial alemã, velocidade sideral, sistema de coordenadas esféricas, etc.

2.1.1 Montagem Equatorial Alemã

Uma montagem equatorial baseia-se no movimento de dois eixos (ascensão reta e declinação) alinhados com o pólo celeste para localizar um objeto celeste. Por movimentar apenas seu eixo de ascensão reta, ela pode compensar o movimento relativo dos astros (FARIA, 1987).

A montagem equatorial alemã foi criada por Joseph Fraunhofer em 1824, possibilitando que um objeto seja acompanhado utilizando-se apenas o movimento de um eixo. Ela foi largamente utilizada no século 20 devido à introdução do controle computadorizado em montagens astronômicas. É muito utilizada por astrofotógrafos amadores devido à sua capacidade de efetuar fotos com longas exposições, onde o acompanhamento preciso é necessário (PRIVETT, 2002).

2.1.2 Movimento de Rotação Terrestre

Para um sistema de acompanhamento de telescópio é imprescindível levar em consideração o movimento de rotação da Terra. O movimento de rotação da esfera celeste tem sentido aparente de leste para oeste. Sendo assim os astros também acompanham este movimento. Este movimento deve ser compensado pela montagem, sendo melhor resolvido ao se utilizar uma montagem equatorial (FARIA, 1987).

O tempo relacionado ao período de rotação terrestre é chamado tempo sideral. De forma simplificada este tempo possui uma correspondência em graus, sendo que em 24h a

Terra da uma volta ao redor do seu eixo (360°), em uma hora esse movimento representa $15,04^\circ/\text{hora}$ (BIRNEY, 1991).

O dia sideral é o tempo entre duas passagens seguidas do ponto Vernal pelo meridiano local, e dura 23 horas, 56 minutos e 4 segundos (solares). Já o dia solar é o tempo entre duas passagens seguidas do Sol pelo meridiano local, e dura 24h (solares). Essa diferença está relacionada com o movimento de translação da Terra em torno do Sol, que é de aproximadamente 1° (ou 4 minutos) por dia (OLIVEIRA FILHO, 2004). A Figura 1 abaixo mostra essa diferença de 1° :

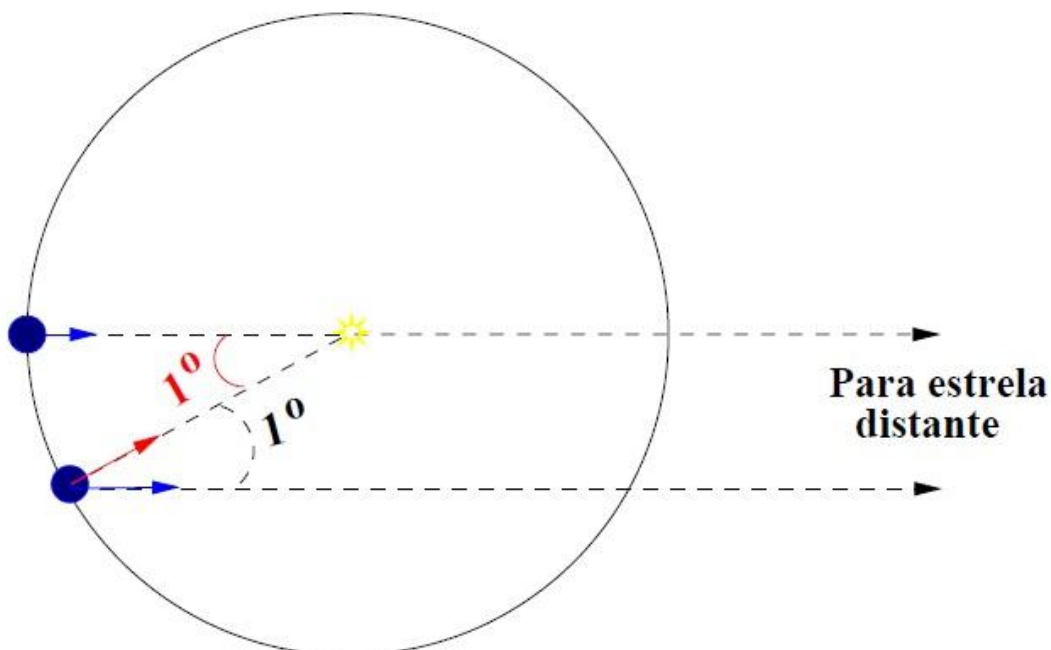


Figura 1 - Diferença de 1° (aproximadamente 4 minutos) entre o dia sideral e dia solar.

Fonte: Oliveira Filho (2004)

2.1.3 Sistema de Coordenadas Esférico

Ao se observar o céu temos a impressão de estarmos dentro de uma esfera, a esfera celeste. Com o passar do tempo nota-se que essa esfera gira no sentido leste para oeste sobre um eixo coincidente com o prolongamento dos eixos polares terrestre, esses pontos são chamados pólos celestes.

Para localizar os objetos nessa esfera, os gregos atribuíram alguns pontos e linhas a ela e que hoje podem ser definidos como:

- Horizonte: é plano perpendicular ao gradiente gravitacional do ponto de vista e secante a este.
- Zênite: Ponto acima do observador e perpendicular a esfera celeste
- Nadir: Ponto oposto ao Zênite.
- Semi-Círculo Vertical: É um semicírculo máximo que contém a vertical do local, estes tem início no zênite e vão até o Nadir.
- Polos Celestes: É a projeção dos polos (sul e norte) geográficos na esfera celeste.
- Meridiano: É o imaginário escrito na esfera celeste que passa pelos polos celestes, este inclui o zênite e o nadir.

Para se definir um ponto nessa esfera são empregados sistemas de coordenada, que utilizam ângulos (pois a distância é irrelevante neste caso). Os dois sistemas de coordenadas mais utilizados em meios astronômicos são o sistema altazimutal e o sistema equatorial celeste (OLIVEIRA FILHO, 2004).

O sistema altazimutal utiliza as unidades Azimute (A) e Altura (h), e o horizonte celeste como plano fundamental. O azimute é definido como o ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário, com origem no norte e término no semi-círculo vertical do objeto, variando de 0° a 360° . A altura é o ângulo medido sobre o semi-círculo vertical do astro e o horizonte e varia de -90° a 90° , sendo que de -90° a 0° o objeto está abaixo do horizonte. No entanto este sistema depende do local e instante da observação, não sendo característico do astro.

O outro sistema empregado para localizar objetos no céu é o Sistema Equatorial Celeste, que utiliza a Ascensão reta (α ou AR) e a Declinação (δ). A ascensão reta é o ângulo medido sobre o equador celeste, com origem no meridiano que passa pelo ponto Áries ou ponto vernal, e varia de $0h$ a $24h$ (ou 0° e 360°). Já a declinação é medida sobre o meridiano do astro, entre o Equador e a centro do astro, ela varia de -90° a $+90^\circ$.

O sistema equatorial é fixo, isto é, a grade de meridianos e paralelos (como longitude e latitude) é fixa na esfera celeste, fazendo com que uma estrela tenha coordenadas fixas neste sistema. Astros errantes (planetas por exemplo) tem coordenadas variáveis. O sistema de coordenadas equatorial celeste estão demonstradas na Figura 2.

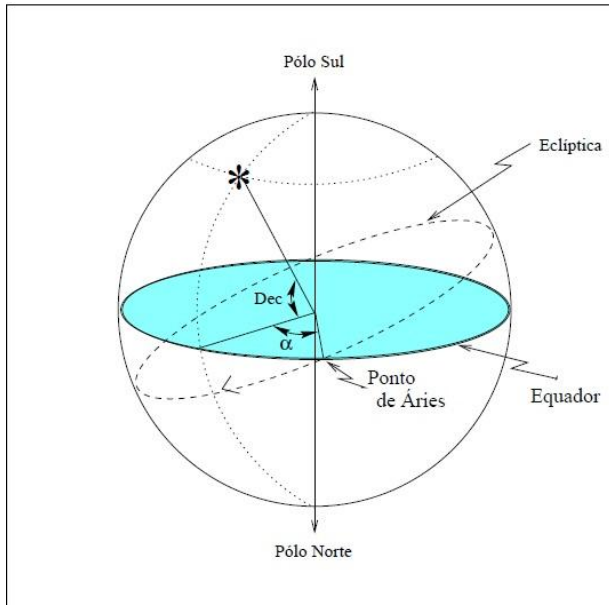


Figura 2 - Sistema de coordenadas equatorial celeste

Fonte: Oliveira Filho (2004)

2.2 Eletrônica

O conhecimento de alguns elementos da área eletrônica, como micro controlador, motor de passo e micro passo, foi necessário para realização deste projeto.

2.2.1 Motor de Passo

Os motores de passo são amplamente empregados em casos de necessidade de maior precisão nos quais a velocidade de rotação não é muito elevada. Segundo Lima (1994), eles são dispositivos que transformam pulsos de entrada em incrementos precisos de posição angular.

Motores de passo apresentam elevada precisão e resolução. A velocidade angular do motor depende da frequência com que os pulsos de entrada se alteram e da resolução do motor.

O funcionamento de um motor de passo é baseado no uso de pólos eletro-magnéticos, de acordo com o sentido da corrente de suas bobinas, o que leva o eixo a rotacionar (FITZGERALD et al, 2006).

Na aplicação do projeto, no qual a precisão é um dos pontos chave, optou-se pelo motor de passo e foi implementado o micro passo para se obter uma resolução ainda maior. Optou-se por funcionamento de cada motor independentemente, sendo um dos dois motores

responsável por variar a declinação e o outro por variar a ascensão reta. Uma vez estabelecida a independência dos motores, a elaboração da rotina de acompanhamento envolveu somente o motor responsável pela ascensão reta, simplificando assim a programação.

2.2.2 Micro Passo

No projeto a precisão é garantida pelo motor de passo com *driver* para micro passo. O uso do micro passo permite o uso de passos intermediários (até 8 micro passos) entre um passo e outro. A idéia, de acordo com a revista Saber Eletrônica (fev/2009), é que a corrente chegue às duas bobinas em formato senoidal e cossenoidal, um para cada bobina e ambas com o mesmo período. O circuito disponível na revista divide um passo em 8 micro passos, o que resulta em 1600 micro passos por volta do motor (originalmente de $1,8^\circ$ por passo). Isso ocorre tanto para a senóide quanto para a cossenóide. A composição das duas ondas aplicadas nas bobinas se mantém a mesma durante o ciclo, o que induz um torque constante do motor. Isso é possível graças ao sistema que divide a corrente com formato senoidal em uma combinação de sinais digitais com níveis de corrente diferentes.

A vantagem do uso de micro passos é a mudança do sistema para um movimento mais próximo do contínuo que é um dos problemas que se encontra no acompanhamento de corpos celestes, cujo deslocamento é contínuo.

2.2.3 Microcontrolador PIC

O PIC (*Programmable Interface Controller*) é um dos microcontroladores mais comumente utilizados hoje em dia, devido à sua praticidade e flexibilidade de programação. Com ele é possível que o código fonte de programação seja implementado com linguagens desde linguagens de máquina, como *Assembly*, até linguagens de nível mais elevado, como C.

Segundo Silv Jr. 2003, o desenvolvimento de microcontroladores como o PIC possibilitaram o desenvolvimento das áreas de mecatrônica e automação.

Outro fator importante que justifica o uso do PIC é a possibilidade de uso das 4 portas de comunicação que permitem a interface entre o sistema e o usuário. Através das portas é possível utilizar teclados matriciais e displays LCDs que viabilizam essa interface. Além

disso, apesar de toda a capacidade do PIC, o fato de o grupo já ter tido trabalhado com esse microcontrolador influenciou também sua escolha.

2.3 Mecânica

No desenvolvimento deste projeto, foram necessários os conhecimentos de alguns elementos de máquina e conceitos mecânicos, dentre eles, eixos, engrenagens helicoidais, redução por roda de atrito.

2.3.1 Eixos

Os eixos têm a função de suportar as engrenagens utilizadas no sistema de redução. “Eixos são elementos de construção mecânica, que se destinam a suportar outros elementos de construção (polias, engrenagens, rolamentos, rodas de atrito), com a finalidade de transmitir movimento” (MELKONIAN, 2000).

2.3.2 Redução por sistema de engrenagens

Somente a utilização da redução comprada juntamente com o motor não foi suficiente para conseguir a redução desejada. Portanto além do sistema já citado, foi necessária a utilização de engrenagens helicoidais, que atuam diretamente na movimentação das rodas de atrito, a qual movimenta o telescópio.

“Denomina-se engrenagem a peça de formato cilíndrico (engrenagem cilíndrica), cônico (engrenagem cônica) ou reto (cremalheira), dotada de dentadura externa ou interna, cuja finalidade é transmitir movimento sem deslizamento e potência, multiplicando os esforços” (MELKONIAN, 2000).

Para que a redução funcione, foi necessário que o conjunto de engrenagens atuasse como um redutor de velocidade: “A transmissão será redutora de velocidade quando o pinhão acionar a coroa”, sendo o pinhão definido como a engrenagem com menor diâmetro e por consequência menor número de dentes, e a coroa como a que possui maior diâmetro e maior número de dentes (MELKONIAN, 2000).

2.4 Programação

Segundo Sá (2005), a linguagem C possui uma variedade de comandos o que permite uma maior flexibilidade e exige mais capacidade do programador.

A opção da linguagem foi influenciada pelo micro controlador escolhido, o PIC, que aceita tanto linguagem C quanto Assembly. Mas como este possui instruções dedicadas a linguagem de alto nível, como o C, foi preferida a utilização da mesma.

A sintaxe da linguagem C é sucinta e não limita os meios de se atingir um resultado. A liberdade de C, por tornar o programa totalmente dependente do programador, demanda maior embasamento lógico, mas ao mesmo tempo o código se torna mais simples.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 CONCEPÇÃO DO PROTÓTIPO

O projeto foi encerrado como o desenvolvimento de um protótipo, portanto inicialmente o foco da equipe foi o estudo relativo à aplicação e necessidades que um sistema de acompanhamento astronômico exige. Essa etapa inicial envolveu o desenvolvimento de esquemáticos de circuitos eletrônicos e exemplos de rotinas de programação aplicáveis no controle do sistema, além da elaboração do modelo em CAD (*Computer Aided Design*), montagem do modelo dos circuitos eletrônicos em software e simulações dos acionamentos em placas de testes.

Assim que concluídos os testes, começamos a elaboração de um software em linguagem C para enviar os pulsos para os motores de passo e trocar dados com a interface com o usuário para ler informações do teclado matricial e ao mesmo tempo enviar mensagens ao LCD. Também confeccionamos a placa PCB (*Printed Circuit Board*). Paralelamente, foram fabricadas as peças responsáveis pela transmissão do movimento dos motores e pelo sistema de redução de velocidade que permitiu o acompanhamento desejado de 15,04°/hora.

Após a conclusão dessas atividades, o programa em linguagem C foi implementado no microcontrolador PIC e o circuito eletrônico com os drivers de acionamento dos micropassos foi instalado no sistema mecânico de redução da rotação dos motores.

Com todas as áreas integradas, seguiu-se um período de simulações e testes em laboratório. As informações obtidas foram analisadas e as devidas correções e adaptações efetuadas. Em seguida testes de campo foram realizados a fim de comparar os resultados obtidos em laboratório com os obtidos em campo.

3.2 MECÂNICA

Foi possível projetar e construir a estrutura mecânica do projeto baseado nas disciplinas do curso, como mecânica geral, na qual foi obtido conhecimento em engrenagens e sistemas de redução; materiais para mecatrônica, que auxiliou na escolha de materiais mais adequados ao projeto; desenho eletromecânico e projeto auxiliado por computador contribuíram para a concepção do protótipo, modelagem tridimensional e elaboração de desenhos utilizados na fabricação; processos de fabricação e manufatura integrada deram

suporte a estratégia de fabricação, escolhas de máquinas e programação de CNC (*Controle Numérico Computadorizado*).

Inicialmente foi realizada a modelagem tridimensional, atendendo as especificações de robustez, funcionalidade e mobilidade, além de considerar a escolha de materiais, tolerâncias e fornecedores de todos os componentes. Com o modelo em mãos, foram gerados os desenhos das peças. Para as que não foram produzidas pela equipe, como rolamentos e parafusos, buscaram-se fornecedores.

A etapa seguinte foi a usinagem, utilizando os laboratórios da instituição, laboratório de fundamentos de usinagem, laboratório de mini-fábrica - máquinas convencionais e laboratório de usinagem abrasiva e não-convencional, além da parceria com a empresa Allta Villa Industria Metalúrgica LTDA, o protótipo pode ser construído, utilizando tornos e fresadoras, convencionais e CNC. Finalizando pela retífica de peças que exigiam maior precisão e montagem do conjunto.

Basicamente, a mecânica do projeto está subdividida em três partes distintas: a estrutura, responsável por acomodar todos os componentes; a redução, realizada de três formas, para garantir uma melhor resolução e precisão; e a embreagem estrutura móvel que evita danos e possibilita movimentação manual sem a utilização dos motores.

3.2.1 Estrutura

A estrutura mecânica foi elaborada com chapas de alumínio de $\frac{1}{2}$ pol (12,7mm). O emprego deste material deve-se ao fato dela ser leve, de fácil usinabilidade e principalmente por sua resistência a corrosão, não sendo necessário acabamento de pintura posterior. A escolha dessa dimensão foi devido à facilidade na montagem da estrutura, pois é possível realizar a montagem com parafusos com machos feitos nas próprias peças, além de deixá-la robusta.

A estética não foi levada em consideração e sim a funcionalidade de fabricação, já que se trata de um protótipo. A estrutura é composta basicamente de duas caixas, que suportam todos os componentes, nelas estão fixados o eixo ascensão reta e declinação. A figura 3 mostra o esquema da montagem.

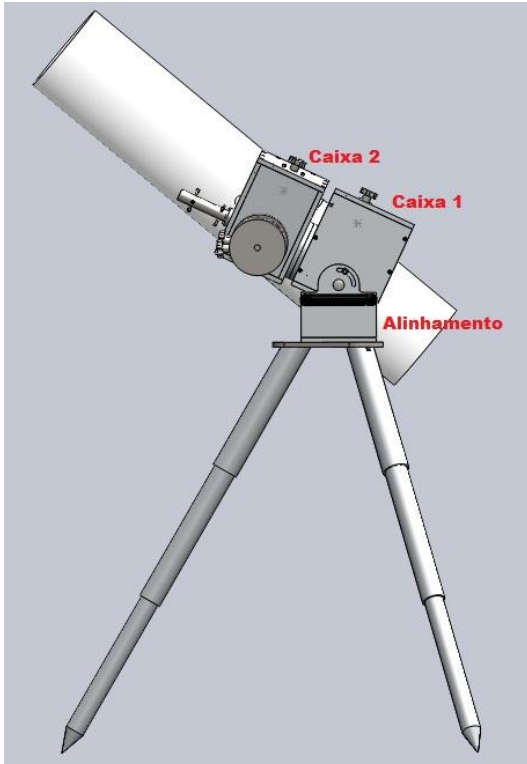


Figura 3 - Componentes da Estrutura

Fonte: Autoria Própria

A caixa 1 está ligada à estrutura de alinhamento por dois pinos e dois parafusos de aperto. Ela possibilitando o alinhamento concentrico do eixo de ascensão reta com o polo celeste, variando de 0 a 90° em relação ao horizonte, este valor varia conforme a latitude do local em que é feita a observação, no caso de Curitiba é aproximada de 25° 26' em relação ao horizonte.

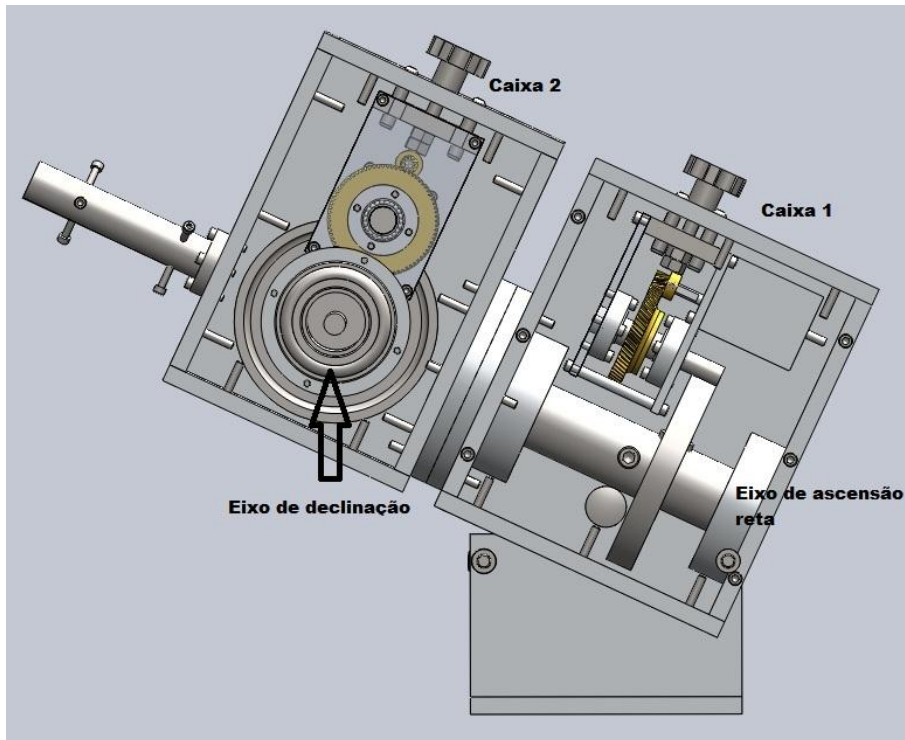


Figura 4 - Visão em corte das Caixas

Fonte: Autoria Própria

Já a figura 4 mostra um corte na montagem, detalhando a fixação do eixo de ascensão reta com a caixa dois. Já o eixo de declinação possui em uma de suas extremidades uma estrutura conhecida como *dovetail* ou calda de andorinha, padrão em muitos telescópios para a fixação dos mesmos nas montagens visível na figura 5.

3.2.2 Redução

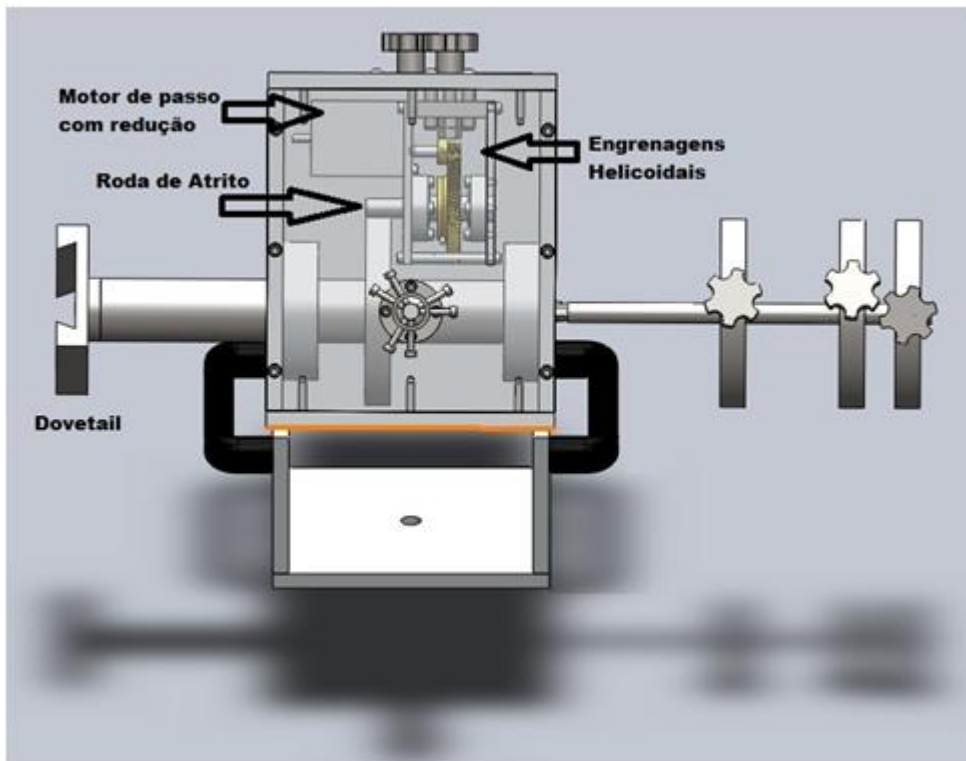


Figura 5 - Reduções Mecânicas

Fonte: Autoria Própria

Pelo sistema requerer alta resolução, buscou-se identificar seu valor ideal através de dados de montagens já comercializadas, conversas com o orientador e autoridades no assunto de montagens astronômicas. O valor mínimo para a resolução do projeto era de $0^{\circ} 0' 0.5''$ de arco. Com o intuito de melhorar essa precisão o valor escolhido foi de $0^{\circ} 0' 0.36''$ de arco.

Este número foi atingido utilizando três formas de redução distintas. A primeira foi uma redução por parafuso e coroa sem fim, comprada juntamente com o motor de passo, que possui redução de 1:30, ou seja a cada 30 giros do motor, o seu eixo de redução gira apenas uma vez. A segunda redução utiliza um par de engrenagens helicoidais, sendo o pinhão com dez dentes e a coroa com 75 dentes, que fornece a redução de 1:7.5 . A fabricação dessas engrenagens foi realizada na instituição (UTFPR), utilizando uma fresadora horizontal, para o pinhão, e uma fresadora Renânia, especial para geração de engrenagens, para a coroa.

A última redução utiliza uma roda de atrito em que o eixo motor possui diâmetro de 15 mm e o disco motriz 150 mm, este par fornece redução de 1:10. Esta redução foi feita utilizando um torno convencional e depois retificada. A redução total é de :

A resolução total leva em conta o acionamento e construção do motor. Neste protótipo foi utilizado um motor de passo com 200 passos por volta ou 1.8° por passo e o acionamento através de micro passo, divide o passo em 8 partes. Sendo a resolução total:

Outro dado relevante para a montagem é a velocidade angular no giro do motor:

$$1 \text{ volta por dia sideral} = 3.600.000 \text{ passos} / 23\text{h } 56\text{min} \quad 41,78 \text{ passos/segundo} \sim 0.02393 \text{ segundos entre cada passo}$$

Ou seja, 41,7 correções por segundo.

3.2.3 Embreagem

Para a movimentação rápida do telescópio, sem a utilização dos motores, e para evitar eventuais danos e desgaste nas reduções por esforços aplicados pelo usuário de forma equivocada, foi utilizado no projeto um sistema de embreagem.

Com três pinos guia e furos alargados, toda estrutura possui mobilidade em relação aos eixos fixos de declinação e ascensão reta. Uma mola pressiona o pinhão da roda de atrito ao disco de atrito e um manípulo, que quando girado, aumenta ou reduz/elimina o contato, permitindo movimentar toda a estrutura manualmente sem o uso dos motores.

3.2.4 Rolamentos

Foram utilizados dois tipos de rolamento no protótipo, escolhidos para minimizar o erro nos eixos. No eixo da roda de atrito menor, que fixa a coroa, foram utilizados dois rolamentos simples de uma fileira de esferas, pois seus eventuais erros são corrigidos na embreagem.

Já nos eixos principais, que fornecem uma propriedade interessante ao projeto, pois montados em O (mostrado na figura 6) proporcionam rigidez e suportam momentos de inclinação no eixo.

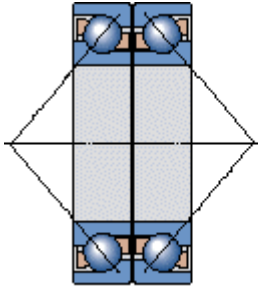


Figura 6 - Rolamentos em O

Fonte: Site SKF

3.3 ELETRÔNICA

Os acionamentos e comandos presentes no projeto são de caráter eletrônico, sendo que seus componentes podem ser divididos de acordo com as funções de: unidade de controle, acionamento dos motores e interface com o usuário. Com o objetivo de tornar o sistema mais prático, alguns elementos do sistema foram implementados em placas separadas para facilitar o manuseio, enquanto que em outros casos isso foi feito para reduzir a tração nos cabos. A Figura 7 mostra um diagrama em blocos que mostra a configuração do sistema de controle da montagem.

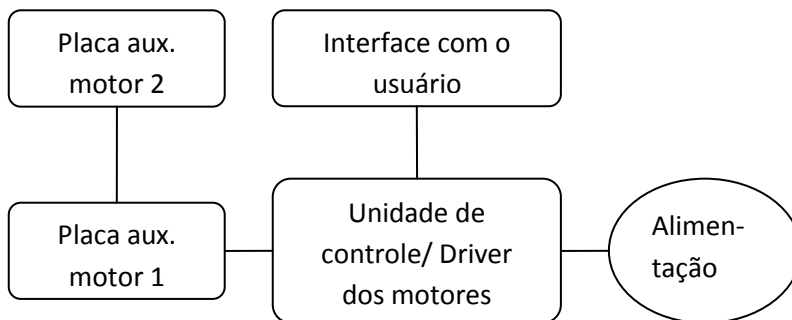


Figura 7 - Diagrama das placas eletrônicas do projeto.

Fonte: Autoria Própria

3.3.1 Unidade de controle

Como unidade do controle que integra o acionamento dos motores e a interface com o usuário, foi utilizado o microcontrolador PIC 18F4620, o qual possui uma disponibilidade de memória (64kb) e pode ser programado em C. Além disso, outro motivo que levou ao uso do PIC 18F4620 foi a experiência anterior que a equipe já tinha com ele.

3.3.2 Acionamento dos motores

O projeto requer precisão muito elevada e para isso foi necessário utilizar motores de passo. Para o acionamento dos motores foi empregado o micro passo, que é a divisão dos passos de um motor de passo em mais níveis mantendo o torque constante em cada micro passo. Isso suaviza a rotação do eixo do motor reduzindo ruído e permitindo uma qualidade melhor para a captura das fotos de longa exposição.

A divisão em micro passos é resultado da alimentação dos motores de passo com sinal analógico de corrente elétrica, o que resulta em uma manipulação das bobinas com o intuito de manter o torque constante. A manipulação segue a seguinte ordem de sinais analógicos.

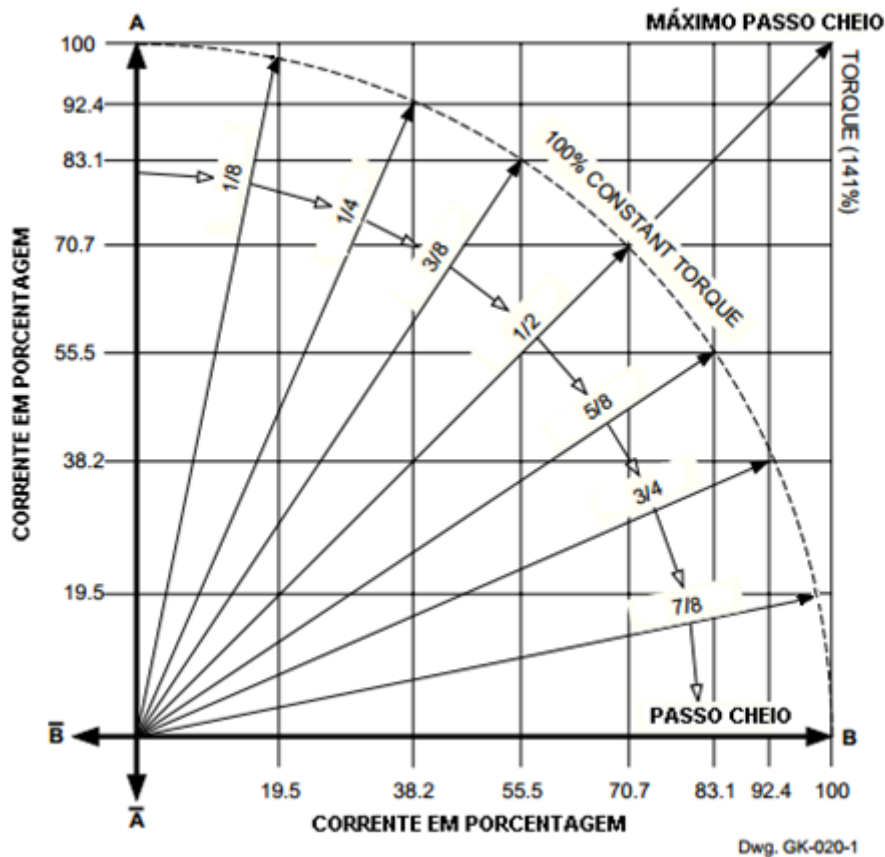


Figura 8 - Característica do micro passo, cujo objetivo é manter o torque constante e aumentar a resolução do motor.

Fonte: Saber Eletrônica (2009, p. 52-53)

Por exemplo, se é mandado uma corrente de 92.4% para a bobina A e uma corrente de 38.2% para a bobina B, é dado um torque equivalente a $\frac{1}{4}$ de passo, conforme ilustrado na figura 8.

O CI (Circuito Integrado) responsável pelo micro passo é o A3955 da Allegro. Ele converte o sinal digital que o microcontrolador envia em sinal analógico para alimentação dos motores.

3.3.3 Interface com o usuário

Como o projeto é um produto com interação com o usuário, no qual ele pode acionar e desacionar o acompanhamento, mudar a velocidade de movimentação e movimentar a montagem no modo manual, foi necessária a implementação de uma interface. Na interface, composta de um teclado matricial de 16 dígitos e um LCD de duas linhas com 16 caracteres em cada linha, o usuário pode, alterar a velocidade do motor no modo manual, acionar os motores no modo manual e acionar também o acompanhamento. A Figura 9 mostra o módulo de interface com o usuário, o qual se conecta à unidade de controle através de conector DB15.



Figura 9 - Foto do módulo de interface do usuário.

Fonte: Autoria Própria

3.4 PROGRAMAÇÃO

O programa do microcontrolador foi implementado em linguagem C. O maior motivo da escolha da linguagem C foi a facilidade de programação por se tratar de uma linguagem de

alto nível. Como o projeto utiliza-se de um sistema de controle via interface com o usuário, foi necessário implementar rotinas de espera em que o programa aguarda a confirmação do usuário e rotinas de acionamento que entram em atuação assim que o usuário pressiona os botões.

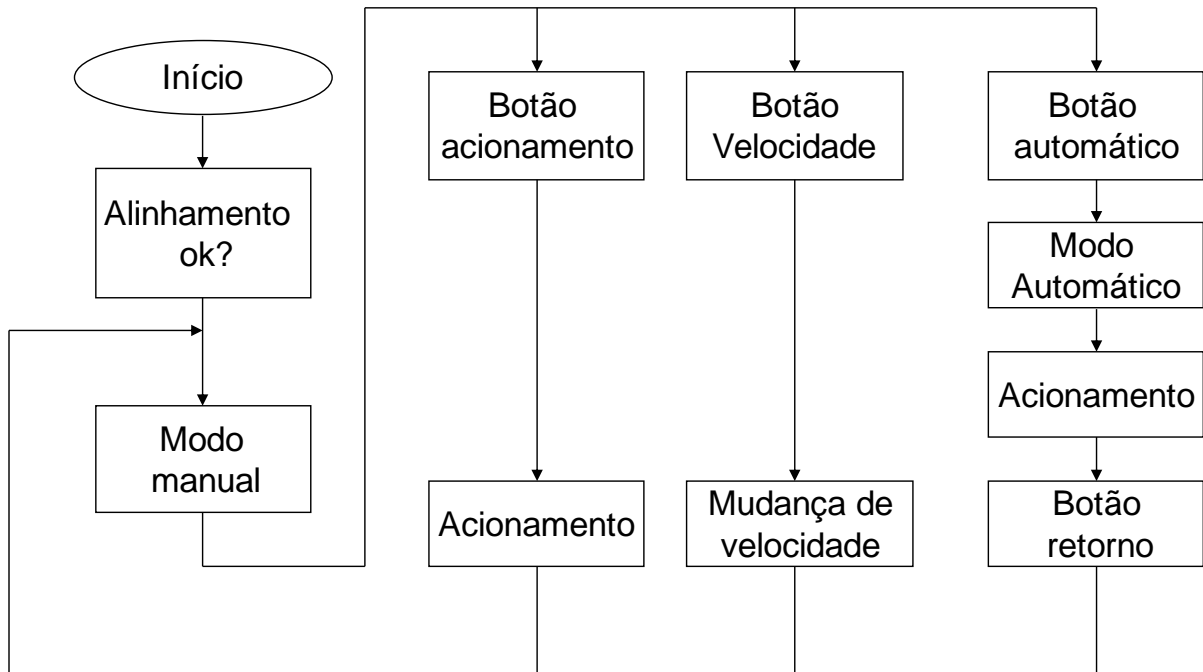


Figura 10 - Fluxograma que resume o funcionamento do código de programação do projeto.

Fonte: Autoria Própria

Tanto no modo manual quanto no modo automático (acompanhamento) há o acionamento dos motores. O modo manual aciona o motor por um número determinado de micropassos para mover a montagem de acordo com a velocidade que o usuário escolher. No modo automático, a velocidade é controlada para se sincronizar com o movimento da Terra, ocasionando assim o acompanhamento, de modo que a cada micropasso é verificado se o usuário deseja continuar com o acompanhamento. Isso tem como objetivo evitar micropassos com velocidades diferentes, o que aconteceria se a verificação fosse realizada uma vez a cada conjunto de micropassos.

O sistema foi implementado em malha aberta, em que não há realimentação da resposta do movimento realizado pelo sistema. Isso possibilita a utilização da embreagem para conservar a integridade dos componentes mecânicos. A embreagem é responsável pelo contato necessário para a transmissão do torque do motor, e, se a embreagem não estiver realizando o contato, o motor gira uma quantidade de micropassos pré-determinados mas esse movimento não é transmitido ao eixo.

4 RESULTADOS

Após o término do protótipo foram realizados testes para verificar o seu funcionamento. Inicialmente foi necessário realizar o setup da estrutura. Para isso foi necessário posicionar o eixo de ascensão reta para o norte e a inclinação foi igualada à latitude no local de observação.

Para esse processo foi utilizado um laser que marca sua trajetória, posicionado concentricamente, e através de uma câmera localizada no *dovetail* é possível fotografar exatamente o local em que a montagem esta apontando. Usando o padrão de estrela, comparado com softwares especializados (Stelarium), pode-se alinhar este eixo com o pólo celeste, no caso de Curitiba (local em que foram realizados os testes), o polo Sul celeste. Com mais alguns pequenos ajustes foi feito o alinhamento do telescópio.

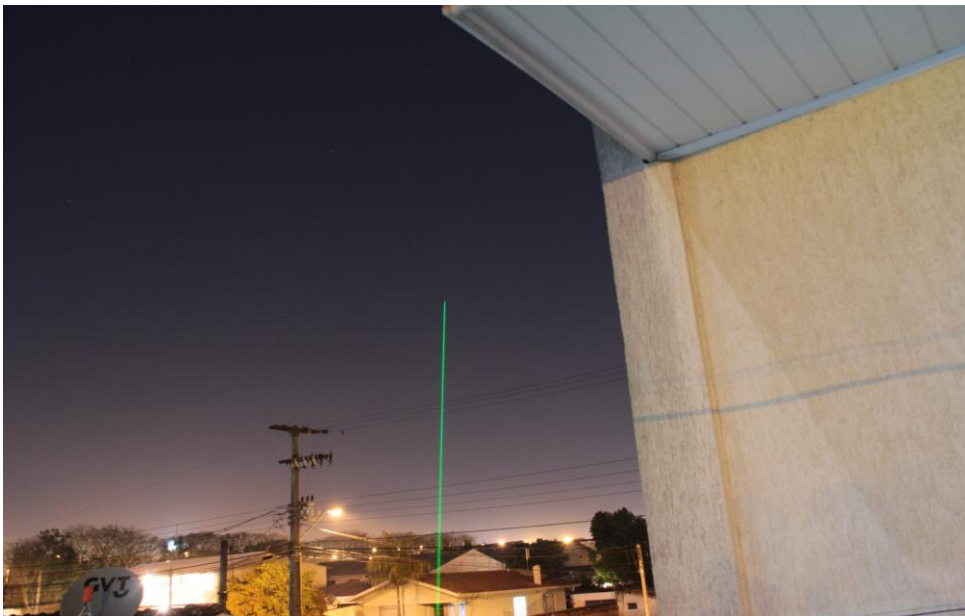


Figura 11 - Laser para marcar a trajetória

Fonte: Autoria Própria

Em realizados os testes foi possível constatar a diferença que há quando o protótipo está ligado, e quando ele está desligado. O primeiro teste foi realizado com o equipamento ligado e foi utilizado um tempo de captura de quatro segundos. A imagem obtida nesse primeiro momento está demonstrada na Figura 11.

Porém, só seria possível demonstrar o funcionamento do protótipo se houvesse uma outra imagem que pudesse ser usada para realizar uma comparação, no mesmo intervalo de tempo. Para isso foi feita mais uma captura, com um tempo de quatro segundos, só que com o equipamento desligado. Essa imagem está demonstrada na Figura 12.

Usando somente esses dois resultados, já é possível perceber a diferença. Quando o protótipo se encontra desligado, o movimento celeste faz com que apareçam rastros na imagem, visto que o equipamento não está compensando essa movimentação. No entanto, quando ligado, os rastros já não aparecem no tempo de 4 segundos.

A seguir foi realizada uma série de testes em intervalos de tempos diferentes para analisar o comportamento do protótipo no decorrer do tempo. Foi feito um aumento gradativo, começando em oito segundos (representados na Figura 13 e na Figura 14), indo para quinze segundos (representados na Figura 15 e na Figura 16), e o último teste realizado no tempo de vinte segundos (representados na Figura 17 e na Figura 18)

Foi percebido no último teste que mesmo com o protótipo ligado apareceram rastros, mesmo sendo menor se comparado com o equipamento desligado. Após algum estudo sobre as possíveis causas que levaram a esse erro, dentre elas o alinhamento impreciso do protótipo, deslizamento entre as partes mecânicas (roda de atrito), velocidade diferente da ideal.

Para que o acompanhamento seja perfeito, a montagem inicial não pode ter erro, e devido ao local que foi montado e aos equipamentos de suporte disponíveis, o alinhamento não saiu perfeito. Porém mesmo assim foi possível notar o funcionamento do protótipo em tempos menores, demonstrando o sucesso parcial do equipamento em campo.

As figuras com os resultados do teste sofreram inversão de cores e modificações no histograma para melhor visualização, nelas estão comparados imagens utilizando o sistema de acompanhamento ligado e desligado, quando este está ligado observa-se as estrelas pontuais ou como um pequeno traço causado pelos prováveis erros relatados acima, já quando o protótipo está desligado esse traços são maiores que quando ligado, e mostram o movimento que das estrelas no mesmo periodo de tempo .

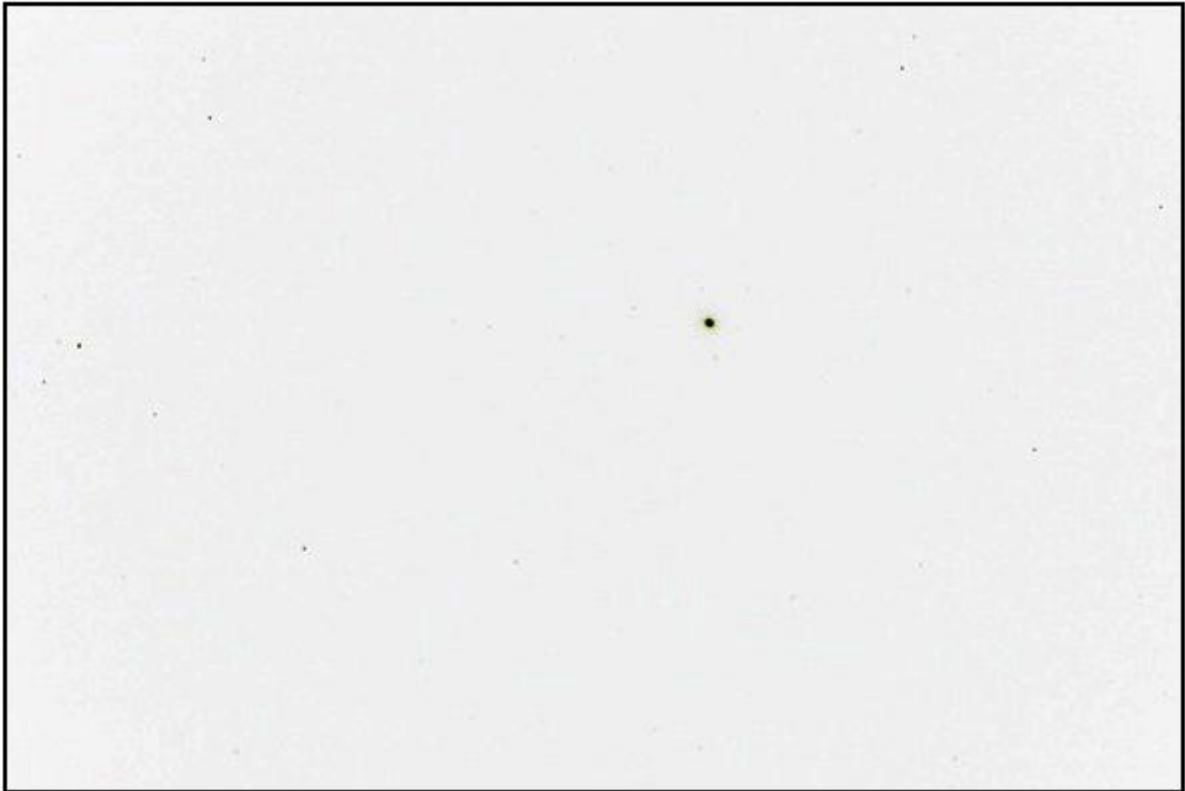


Figura 12 - Imagem com o protótipo ligado (4s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 13 - Imagem com o protótipo desligado (4s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 14 - Imagem com o protótipo ligado (8s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 15 - Imagem com o protótipo desligado (8s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 16 - Imagem com o protótipo ligado (15s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 17 - Imagem com o protótipo desligado (15s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 18 - Imagem com o protótipo ligado (20s)

Fonte: Autoria Própria



Figura 19 - Imagem com o protótipo desligado (20s)

Fonte: Autoria Própria

5 CONCLUSÃO

Após um longo período de desenvolvimento o protótipo apresentou um resultado satisfatório no cumprimento dos seus objetivos, pois provou que os conceitos e métodos utilizados estão corretos, dentre eles, a mecânica do movimento celeste foi dominada, o sistema de movimentação por motores de passo mostrou-se uma alternativa viável para se atingir a velocidade de acompanhamento, a interface homem maquina foi construída de forma intuitiva e de fácil manuseio e testes mostraram que o projeto suporta o peso dos equipamentos estipulados para diversos tipos de telescópios. Apesar disso, no momento do teste, foi encontrado nos resultados um erro no acompanhamento que poderá ser diminuído posteriormente. Após analisado todos os fatores que poderiam ter ocasionado isso, chegamos à conclusão que esse erro foi derivado de um mau alinhamento durante o setup inicial. Devido ao prazo de conclusão do trabalho e às condições climáticas, não foi possível realizar outro teste de campo para averiguar nossa hipótese a respeito do erro.

O desenvolvimento desse protótipo se mostrou como uma alternativa para montagens de telescópio. Além de proporcionar em todos os níveis educacionais a possibilidade de observar e estudar astronomia, ainda colabora no desenvolvimento da tecnologia de montagem equatorial no Brasil, mostrando ser um estudo pioneiro nessa área. O desenvolvimento do protótipo contou com o apoio do Clube de Astronomia da Universidade Tecnológica (CAUTEC).

Ainda há vários aprimoramentos que podem ser aplicados ao projeto. Entre outros, levantamos a utilização de sensores posicionais que podem ser usados como realimentação do sistema, deixando ele mais precisa; a elaboração de um sistema para localização de astros através de suas posições armazenadas em um banco de dados com comunicação ao telescópio.

REFERÊNCIAS

- ADELMAN C. J. ; ADELMAN, S. J. ; DUKES Jr, R.J. **Automated Telescope for Photometry and Imaging**. 1º Ed. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 1992 .
- BIRNEY, D. S. **Observational astronomy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- CUNHA, A.G. **Dicionário Etimológico Nova Fronteira da Língua Portuguesa**. 2a Edição. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1986.
- SAER ELETRÔNICA. Controle de Drive de Micropasso com Torque Constante. **Saber Eletrônica**, Saber, v. 44, n. 433, p 52-53 , Fevereiro 2009.
- FARIA, R. P. (Org.) **Fundamentos de astronomia**. 3. ed. Campinas: Papirus, 1987.
- FITZGERALD, A. E., KINGSLEY Jr, C. ,UMANS, S. D. **Máquinas elétricas**. Porto Alegre: Bookman,2006.
- LIMA, C. R. E. **Um controlador de múltiplos motores de passo por nível de corrente**. Curitiba, PR: CEFET-PR, 1994. xvii, 196 f. Dissertação (mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Curitiba, 1994 .
- MELKONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 3ª Edição. São Paulo: Érica, 2000.
- OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. **Astronomia e Astrofísica**. 2º Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- PRIVETT, G. The Sky-Watcher EQ6 Mount. *Sky & Telescope*, Cambridge, v. 104, n. 4, p 45-48, Outubro 2002.
- SÁ, M. C. **Programação C para Microcontroladores 8051**. 1º Ed. São Paulo: Érica, 2005
- SILVA Jr., V. P. **Aplicações Práticas do Microcontrolador 8051**. 11º Ed. São Paulo: Érica,2003.
- SKF Brasil. **Rolamentos para pareamento universal**. Disponível em:
http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=pt&newlink=1_3_3
 Acessado em 19 de Junho de 2012