

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências- Campus de Guaratinguetá

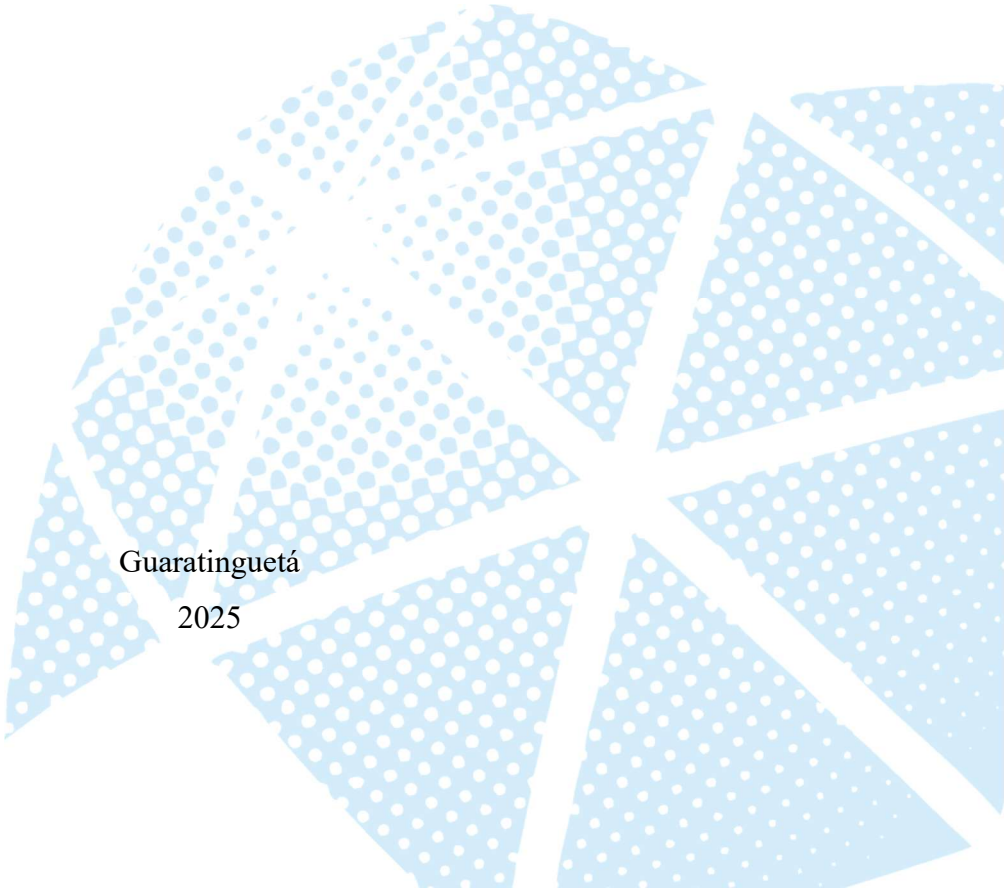
ALINE DA SILVA ALENCAR

ESTUDOS DOS SISTEMAS EM REDES DE METEOROS:

gmn - global meteor network

Guaratinguetá

2025



ALINE DA SILVA ALENCAR

ESTUDOS DOS SISTEMAS EM REDES DE METEOROS :

gmn - global meteor network

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, para obtenção do título de Bacharel em Bacharelado em Física.

Área de Concentração: Astrofísica

Orientadora: Profª Dra. Daniela Cardozo Mourão

Guaratinguetá

2025

A368e	Alencar, Aline da Silva Estudos dos sistemas em redes de meteoros : GMN - global meteor network / Aline da Silva Alencar. - Guaratinguetá, 2025. 60 f : il. Bibliografia: f. 41-44 Trabalho de Graduação em Física (Bacharelado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2025. Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Daniela Cardozo Mourão 1. Meteoros. 2. Observatórios astronômicos 3. Raspberry Pi (Computador). I. Título. CDU 523.681
-------	--

Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

ALINE DA SILVA ALENCAR

ESTUDOS DOS SISTEMAS EM REDES DE METEOROS :
GMN - Global Meteor Network

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado(a) à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, para obtenção do título de Bacharel em Bacharelado em Física.

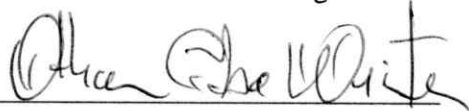
Área de Concentração: Astrofísica

Data de defesa: 12/11/2025

BANCA EXAMINADORA



Profª Dra. Daniela Cardozo Mourão
UNESP – Faculdade de Engenharia e Ciências – Campus de Guaratinguetá



Profº Dr. Othon Cabo Winter
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá



Profº Dr. Rafael Sfair de Oliveira
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha orientadora, Prof^ª. Dra. Daniela Cardozo Mourão pelos ensinamentos e, principalmente, pelo apoio incondicional ao longo dos meses em que trabalhamos juntas.

Agradeço aos meus amigos, especialmente Rayssa Fernanda Paiva Dias pelas palavras de conforto, incentivo e por acreditar em mim ao longo da graduação e, principalmente, ao longo da vida. Meus dois gatos, Tutti e Joe pelos últimos 10 anos de companheirismo, especialmente durante a graduação, em especial quando dormiam em suas caminhas sobre minha escrivaninha enquanto eu estudava, espero que vocês continuem comigo para mais uma aventura.

Aos membros da Global Meteor Network pela colaboração e por compartilhar de seu conhecimento, as elucidações proporcionadas enriqueceram os resultados apresentados no presente estudo, em especial aos srs. Denis Vida, Jocimar Justino de Souza, Alfredo Dal’Ava Júnior e Marcelo Zurita.

E por fim, agradeço a todos aqueles que fazem parte de cursinhos pré-vestibulares comunitários, em especial ao MacVest, e a quem se mobiliza em prol do acesso a educação de qualidade.

“O destino costuma estar ao virar da esquina.[...] Mas o que não faz é visitas ao domicílio. É preciso ir atrás dele.”
(Zafon, 2019, p. 234,)

RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido objetivando obter um guia prático de todos os procedimentos necessários para obtenção, calibração, operacionalização e manutenção de uma estação da Global Meteor Network de forma que possa ser utilizado para escolas, ciência cidadã e comunidade científica. Foi realizada a montagem do equipamento com retirada do filtro de infravermelho da placa sensora e lente, a configuração do IP e da imagem da câmera utilizando o software CMS, a instalação do RMS foi feita utilizando os ambientes Anaconda e GitHub em computador com sistema operacional Linux Mint versão UMA, a estação foi calibrada com o SkyFit demonstrado passo a passo até a obtenção de uma astrometria, na qual obteve-se resíduo médio angular de 0,24 px e 0,61 arcmin. Com o software BinViewer foi demonstrado como visualizar e converter os arquivos .fits para formatos como gif, png e bmp e, ainda, visualizar possíveis capturas de meteoros bólido contidas em extensão .bin, além de como atualizar o RMS conforme modificações são feitas pela rede global de meteoros. Exceto pelos componentes da câmera, que são mais difíceis de se obter visto que a maior parte é preciso comprar em sites de importação e, portanto, carece de equipamentos que possam ser comprados diretamente no Brasil, o RMS se mostrou um software completo, de fácil instalação e usabilidade, sendo um potencial meio de amplificar o patrulhamento do céu, bastando particularizar os equipamentos e configurações utilizados para os disponíveis em território nacional.

Palavras-Chave: meteoro; estação; observação.

ABSTRACT

This study was developed with an objective in mind, obtaining a practical guide to all the procedures necessary to provide practical operation and maintenance of a Global Meteor Network station so that it can be used for schools, citizen science, and the scientific community. The equipment was assembled, which involved removing the infrared filter from the sensor board and lens, camera IP and image settings was performed using the CMS software, and the RMS installation was done using the Anaconda and GitHub environments on a computer running Linux Mint UMA operating system. The station was calibrated with SkyFit, demonstrating step by step until obtaining astrometry, in which an average angular residual of 0.24 px and 0.61 arcmin was obtained. With the BinViewer software, it was demonstrated how to view and convert .fits files to formats such as gif, png, and bmp, and also view possible captures of bolide meteors contained in .bin extension, in addition to how to update the RMS as modifications are made by the global meteor network. Except for the camera components, which are more difficult to obtain since most of them need to be purchased from import sites and, therefore, there is a lack of equipment that can be purchased directly in Brazil, the RMS has proven to be a complete software, easy to install and use, being a potential means of amplifying sky patrolling, simply by adapting the equipment set up and configurations used for those available in national territory.

Keywords: meteor; station; observation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ilustração das Coordenadas Equatoriais e Coordenadas Horizontais	15
Figura 2	Placa Sensora Desmontada da Lente e Suporte para Remoção dos Filtros de Infravermelho	17
Figura 3	Componentes para Montagem da Câmera	18
Figura 4	Conjunto da Câmera com a Caixa de Proteção	19
Figura 5	Câmera Instalada	19
Figura 6	Captura de Tela do CMS para Adicionar a Zona	20
Figura 7	Captura de Tela do CMS Módulo para Adicionar a Câmera IP.	20
Figura 8	Captura de Tela do CMS - Configuração de Interface da Câmera	21
Figura 9	Captura de tela do CMS - Configuração da Imagem Transmitida pela Câmera	22
Figura 10	Parâmetros para Configuração da Imagem Capturada pela Câmera	22
Figura 11	Tela do VLC para Acessar a Imagem da Câmera	26
Figura 12	Tela Inicial Para Inserir Dados de Apontamento da Estação	27
Figura 13	Tela do SkyFit Aberta	28
Figura 14	Estrelas Selecionadas com Seus Respectivos Pares	29
Figura 15	Print da Tela do Terminal em que o SkyFit Foi Executado, Onde Pode Ser Verificado o RMSD do Platepar Finalizado.	30
Figura 16	Janela do SkyFit com a Astrometria Finalizada	31
Figura 17	Tela Inicial Apresentada pelo Software BinViewer	32
Figura 18	Janela Apresentada pelo Software BinViewer para Seleção do Diretório .	33
Figura 19	Visualização das Capturas Através do Bin Viewer	34
Figura 20	Tela do FileZilla para Configurar a Conexão ao Servidor	35
Figura 21	Acesso ao Servidor Configurado, do Lado Direito Temos os Arquivos da Estação BR0017 Salvos no Servidor.	36
Figura 22	Parâmetros da Fotometria Obtidos Após Finalização do Platepar	36
Figura 23	Resíduos Fotométricos da Calibração	37
Figura 24	Astrometria Reportada como Incorreta, Onde o RMS Não Reconhece o Pareamento das Estrelas do Catálogo com a Imagem do Céu.	37
Figura 25	<i>Stack</i> das Capturas Realizadas no Dia 24/10/2025 Pela Estação BR0017. .	38
Figura 26	Efeito Causado pela Luz de um Poste na Imagem Capturada na Estação .	39
Figura 27	Avião Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 09/12/2022 23:20 UTC	53
Figura 28	Meteoro capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 10/12/2022 02:49 UTC	53
Figura 29	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 25/12/2022 06:58 UTC	54

Figura 30	Meteoro e Lua Capturados pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 10/09/2025 07:09 UTC	54
Figura 31	Satélite Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 23/10/2025 22:38 UTC	55
Figura 32	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 23/10/2025 23:03 UTC	55
Figura 33	Meteoros Capturados pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 23/10/2025 23:16 UTC	56
Figura 34	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 01:22 UTC	56
Figura 35	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:04 UTC	57
Figura 36	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:13 UTC	57
Figura 37	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:20 UTC	58
Figura 38	Meteoro e Satélite Capturados pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:52 UTC	58
Figura 39	Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 23:26 UTC	59
Figura 40	<i>Stack</i> das Capturas Realizadas no Dia 29/09/2025 pela Estação BR0017 .	59
Figura 41	<i>Stack</i> das Capturas Realizadas no Dia 15/09/2025 pela Estação BR0017 .	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GMN	Global Meteor Network
PoE	Power Over Ethernet Injector
RMS	Raspberry Pi Meteor Station
CMS	Central Monitoring System
RMSD	Root Mean Square Deviation
FPS	Frame per Second
FOV	Field of View
UTC	Tempo Universal Coordenado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	DESENVOLVIMENTO	14
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.1	Astronomia Observacional	14
2.1.2	Meteoros	15
2.1.3	Global Meteor Network- GMN	15
2.1.3.1	O Software RMS	16
2.1.3.2	O Software CMN Bin Viewer	16
2.1.4	Software Git	16
2.1.5	Software Anaconda	17
2.2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	17
2.2.1	Montagem da Câmera	17
2.3	CONFIGURAÇÃO	19
2.3.1	Configuração do IP e Imagem da Câmera	19
2.3.2	Obtenção e Instalação do RMS	23
2.3.3	Configurações da Estação	24
2.3.3.1	Editando o arquivo .config	24
2.3.3.2	Configurações finais	25
2.3.4	Calibrando a Estação: Astrometria	25
2.3.5	Manutenção e Atualização da Estação	30
2.3.6	Visualização das Capturas Feitas pela Estação	31
2.3.6.1	Arquivos Extensão .fits	32
2.3.6.2	Arquivos com Extensão .bin	34
2.3.6.3	Dados disponibilizados no site da GMN	34
2.3.7	Acesso ao Servidor da GMN	35
2.3.8	Resultados e discussões	35
3	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41
	GLOSSÁRIO	45
	ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA RETIRADA DO FILTRO INFRA- VEMELHO (NETWORK, 2024)	46

	APÊNDICE A – INSTALANDO OS PROGRAMAS ANACONDA E GIT NO LINUX MINT:	49
A.1	Instalação do Anaconda	49
A.2	Instalação do Git	49
	APÊNDICE B – INSTALAÇÃO DO RMS	50
	APÊNDICE C – INSTALAÇÃO DO BIN VIEWER	51
	APÊNDICE D – CRIAÇÃO DA CHAVE SSH PÚBLICA E INSTALA- ÇÃO DO FILEZILLA	52
D.1	Criando a Chave SSH	52
D.2	Instalando o FileZilla	52
	APÊNDICE E – CAPTURAS OBTIDAS PELA ESTAÇÃO BR0017 . .	53

1 INTRODUÇÃO

A humanidade demonstra fascínio em observar o céu desde seus primórdios. As estrelas, por exemplo, eram utilizadas para orientar expedições e determinar a passagem do tempo, enquanto que as conhecidas "estrelas cadentes" foram, e ainda são, associadas à crença de que podem realizar desejos. Segundo Itokazu (2009, p. 42) "a astronomia surgiu como uma ciência voltada a atividades práticas", é objeto de estudo desde a antiguidade, como egípcios, sumérios, chineses e índios equatorianos que já possuíam conhecimento acerca de cálculos, orientação espacial, predizendo fenômenos celestes, período de plantio, entre outros (Horvath, 2008), como uma das ciências mais antigas do mundo (Filho; Saraiva, 2004), guiou e, até hoje, guia a humanidade através do tempo e espaço, ao determinar estações do ano e a passagem dos dias utilizando a posição dos astros no céu e o advento do relógio de sol (Souza, 2019), assim como em navegações marítima e aeronáutica, em que instrumentos foram desenvolvidos ao longo dos séculos, destacando-se o astrolábio que foi aprimorado para o sextante, sendo amplamente utilizado em embarcações (Filho; Bukzem, 2023), conhecida como navegação celestial. A astronomia possui sistemas de coordenadas próprio, denominada de coordenadas astronômicas (Ling, 2013), como as coordenadas equatoriais que utiliza declinação e a ascensão reta (Green, 1985), em seguida temos as coordenadas horizontais, onde utiliza-se a altura e o azimute (Cacao, 2012), importante ressaltar que esta última não varia com o passar do tempo (Smart; Green, 1977).

Na astronomia observacional, com o avanço dos estudos astronômicos ao longo dos séculos, descobrimos que as chamadas 'estrelas cadentes' são, na verdade, meteoros (Nobre et al., 2021), atraídos pela gravidade da Terra, fragmentos de corpos celestes, chamados de meteoroides, entram na atmosfera e, ao colidirem com as partículas do ar atmosférico, sofrendo ablação, produzem um rastro luminoso no céu, dando origem ao fenômeno conhecido como meteoro (Clemente; Silva; Salles, 2009). Meteoritos são estilhaços de corpos sólidos do sistema solar que sofrem o referido fenômeno, se chocam com a superfície do nosso planeta e sobrevivem ao impacto, podendo ser encontrados (Oliveira, 2020). Estudar meteoritos nos permite conhecer sobre a origem do universo, a formação do sistema solar e seus objetos, pois segundo Oliveira (2020, p. 8) "meteoritos são os objetos mais antigos que alguém pode tocar, sendo alguns tão antigos quanto o próprio Sistema Solar, que tem cerca de 4,6 bilhões de anos". Embora observar o céu a olho nu seja cativante, investigar meteoros se tornou um assunto de interesse científico, portanto utilizar de tecnologia e desenvolver equipamentos e softwares que proporcionem maior sofisticação e precisão (Francisco, 2019), que além de capturar a imagem dos meteoros, proporcionam análises mais detalhadas, como determinar sua magnitude, velocidade e trajetória, informações que auxiliam, inclusive, na busca por meteoritos. Monitorar meteoros requer uma rede de câmeras bem distribuída, com imagens capturadas e armazenadas através de um software (Vida et al., 2016), temos como exemplo a BRAMON - *Brazilian Meteor Observation Network*,

a UKMON - *UK Meteor Network*, a CEMeNt - *Central European video Meteor Network*, no presente estudo abordaremos o RMS da *Global Meteor Network*, um programa escrito em python de código livre, fácil instalação e manutenção, essas estações utilizam *hardware* de baixo custo que, em conjunto com o *software* que é *open source*, a tornam acessível e propiciam a capilaridade e padronização de equipamentos necessária para uma rede de monitoramento de meteoros sólida e abrangente (Vida et al., 2021), visto que a diversidade de sensores e softwares pode causar baixa qualidade em um banco de dados composto (Kornoš et al., 2012) e para obter informações precisas das órbitas e radiâncias de meteoros (Moorhead; Clements; Vida, 2021), é necessário combinar observações de várias estações diferentes (Gural, 2012). O hemisfério sul, atualmente, tem menor cobertura de rede de monitoramento do céu em relação ao hemisfério norte (Costa; Andrade, 2024), segundo Zurita et al. (2020, p. 4) entre os anos de 2000 e 2020, dos seis meteoritos brasileiros, apenas dois meteoros foram gravados, como atualmente há maior concentração de estações nas regiões sudeste e sul (Roggemans et al., 2024), se torna importante fortalecer e amplificar o patrulhamento do céu em território nacional.

2 DESENVOLVIMENTO

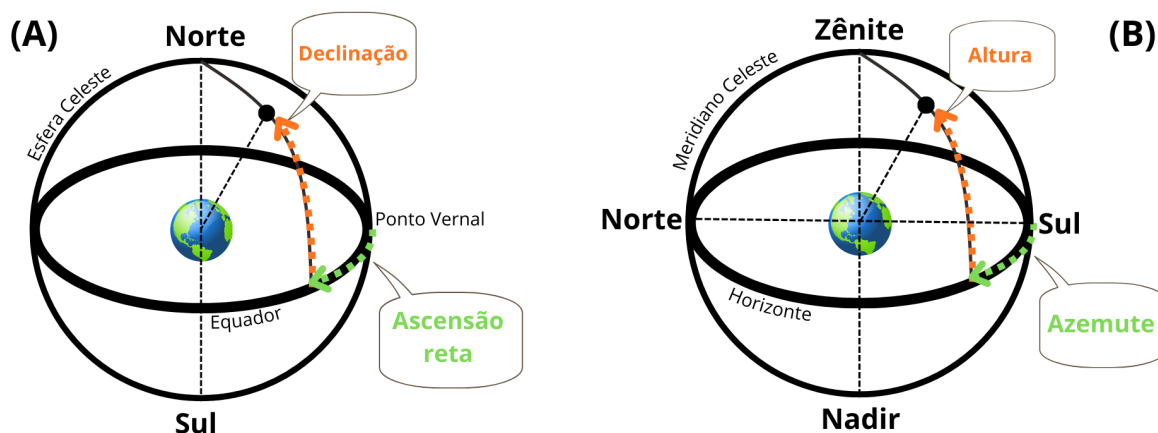
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Astronomia Observacional

A astronomia observacional foi a primeira vertente a surgir, sendo a mais antiga e acessível, ela consiste em coletar informações através da observação do céu, seja a olho nu, seja com equipamentos como telescópios e câmeras, além de analisar os dados obtidos produzindo conhecimento acerca dos corpos e fenômenos celestes. Com o avanço das civilizações e a necessidade por aprofundar o que se sabia sobre o cosmos, instrumentos foram confeccionados, inicialmente rudimentares, que foram aprimorados conforme a tecnologia e descobertas ao longo do séculos, pode-se destacar o astrolábio, que segundo Dias (2009, p. 84), foi concebido por Ptolomeu (séc. II D.C.), que deu origem ao sextante, amplamente utilizado nas navegações marítimas (Caetano; Moreira, 2023) e utilizado na navegação astronômica. Já no século XVII, Galileu Galilei modifica uma luneta e olha através dela para o céu, o que revoluciona a observação celeste(Freitas; Sousa, 2024). Atualmente, a tecnologia nos permitiu criar telescópios de variados tipos e tamanhos, radiotelescópios e câmeras que são utilizados tanto para astronomia profissional, quanto a cidadã que por sua vez está diretamente ligada à observação do céu e coleta de dados, sendo uma importante aliada para a produção científica astronômica(Langhi; Nardi, 2009). Com o estudo dos astros, sistemas de coordenadas astronômicas foram criados(Ling, 2013), as mais conhecidas são as coordenadas equatoriais, exemplificadas na Figura 1 item (A), na qual a declinação é medida em graus da distância do objeto ao equador projetado na esfera celestial, e a ascensão reta é medida em horas, minutos e segundos, medindo a distancia angular do objeto ao ponto vernal(Green, 1985), o ponto vernal é a origem desse sistema e é definido como a posição do Sol no Equinócio de Março(Tarsia, 1999), as coordenadas equatoriais variam com o tempo devido à precessão dos equinócios(Smart; Green, 1977).

Enquanto que nas coordenadas horizontais, ilustrada na Figura 1 item (B) utiliza-se a altura, definida pelo ângulo vertical que o corpo celeste faz com o horizonte, variando de 0 a 90° e o azimute, que é a medição do ângulo horizontal partindo do norte até o ponto onde está o astro e varia de 0° a 360°(Cacao, 2012), ressalta-se que as coordenadas horizontais não variam com o passar do tempo, uma vez medidas, permanecerão a mesma(Smart; Green, 1977).

Figura 1 – Ilustração das Coordenadas Equatoriais e Coordenadas Horizontais



Fonte: elaborado pela autora.

2.1.2 Meteoros

Quando estilhaços de corpos celestes maiores, chamados de meteoroides, entram na atmosfera terrestre e atritam com as partículas do ar atmosférico em um processo de ablação, produzem um rastro luminoso no céu, eles sofrem o fenômeno meteoro (Clemente; Silva; Salles, 2009), comumente conhecido como estrela cadente. Quando sobrevivam a queda e chegam ao solo são chamados de meteoritos, estes objetos são considerados os mais antigos que podemos tocar (Oliveira, 2020). Para colher informações sobre meteoros, como radiancia, órbita, velocidade e magnitude é necessário capturar imagens de vários pontos de observação de um mesmo meteoro, patrulhar o céu e obter dados sobre esse objetos, uma rede de observadores com boa cobertura e de forma contínua se faz necessária (Cicco, 2017), o que torna as câmeras a melhor opção, com a configuração correta e distribuição pelo solo terrestre, os dados obtidos em uma única noite podem ser volumosos, o que auxilia na investigação dos fenômenos e corpos celestes (Costa; Andrade, 2024). Estudar meteoros permite que meteoritos sejam detectados, bastando ao menos duas estações, distantes 20km uma da outra no mínimo, captando o mesmo meteoro para determinarmos a órbita, a trajetória e o possível local de impacto do meteorito (Betzler, 2015) que são muito valiosos cientificamente, ao monitorar massivamente o céu, permite detectar mais facilmente meteoros e, se encontramos meteoritos, investigar a formação e evolução do sistema solar (Neves, 1980), conhecer mais sobre o universo que nos rodeia, desde analisar a composição química dos corpos celestes (Oliveira, 2020) e, portanto do sistema solar (Urey, 1966), além de estudar de dinâmica orbital (Betzler, 2015) sendo possível inclusive estimar risco de impactos (Chapman, 2008).

2.1.3 Global Meteor Network- GMN

Conforme a página da Global Meteor Network (NETWORK, 2018), tudo se iniciou com a Croatian Meteor Network, final dos anos 2000, que usava hardware caro e software pago, além de

serem complexos de se operar. Com o passar do tempo e novos colaboradores adicionados a rede, o grupo então se dedicou a desenvolver um software que fosse de acesso livre, posteriormente, em 2015, chamado de RMS, em 2017 descobriu-se que câmeras de vigilância, que são de baixo custo, tinham capacidade para capturar imagem de meteoros com boa qualidade, para operar a estação e monitorar o céu. O conjunto de computador, câmera de vigilância e RMS se tornou uma estação de observação, que surgiu em 2017 com o nome Global Meteor Network. Com as câmeras analógicas sendo substituídas pelas digitais, a melhor opção encontrada foi montar uma câmera a partir dos componentes separados, isso junto ao software de código livre resultou em uma estação de baixo orçamento, boa qualidade de imagens e de fácil difusão. Atualmente, a GMN possui estações espalhadas pelo globo terrestre, realiza video conferências anualmente, seus códigos e projetos estão disponíveis no GitHub. Há uma página da wiki com vasto repertório de instruções, vídeos e um fórum online onde pode-se contactar usuários e desenvolvedores.

2.1.3.1 O Software RMS

Foi desenvolvido pela Global Meteor Network, em python e open source. Deve ser instalado em Raspiberry Pi ou computador com sistema operacional Linux, deve ter o arquivo config editado de acordo com os dados da estação, fica responsável por operar a câmera, iniciar e cessar o processo de capturas, processar as imagens, verificar astrometria, além de gerenciar o espaço no disco, salvar e deletar arquivos e fazer upload das imagens feitas na noite para o servidor da rede global. O software salva as imagens capturadas em blocos de 264 frames em arquivos de extensão **.fits** e, quando detecta meteoros do tipo bólido, usa extensão **.bin** para as capturas, composto de vários módulos, como o SkyFit utilizado para calibrar a estação (Vida et al., 2016). Otimizações e atualizações são constantemente liberadas através da plataforma GitHub pela GMN.

2.1.3.2 O Software CMN Bin Viewer

Foi desenvolvido em agosto de 2014 para suprir as demandas da Global Meteor Network, programa em python de livre acesso, utilizado para visualizar capturas feitas pelas estações da GMN, permite reproduzir os arquivos fits frame a frame, como vídeo curto entre outras funções. É possível converter as capturas para arquivos jpg, bmp e criar gifs, está disponível no GitHub da GMN(Vida et al., 2014).

2.1.4 Software Git

O software Git permite gerenciar diretórios e projetos salvos, seu histórico, é um sistema de Controle de Versão. Com ele, cada usuário pode manter uma cópia completa do repositório e registros de alterações, deve ser executado com linhas de comando no terminal linux e permite mesclar, atualizar e editar diretórios que estão on-line no GitHub com os arquivos locais. É um software de código livre e pode ser instalado tanto em windows quanto em linux, facilita o

trabalho de desenvolvedores visto que permite criar ramificações de um projeto sem alterar a original e as alterações feitas podem ser integralizadas ao diretório definitivo posteriormente. (Chacon; Straub, 2025).

2.1.5 Software Anaconda

O Anaconda é um ambiente de distribuição gratuita, de código aberto, de linguagens em Python e R, com enfoque em ciências de dados, aprendizado de máquina e computação científica. Composto por gerenciador de pacotes, interface gráfica e várias aplicativos como Jupyter Notebooks e Spyder. Ele é eficiente e prático pois instala bibliotecas e pacotes automaticamente e gerencia dependências e conflitos, permite configurar ambientes específicos para rodar determinadas aplicações já com o ecossistema preparado (ANACONDA INC., 2023).

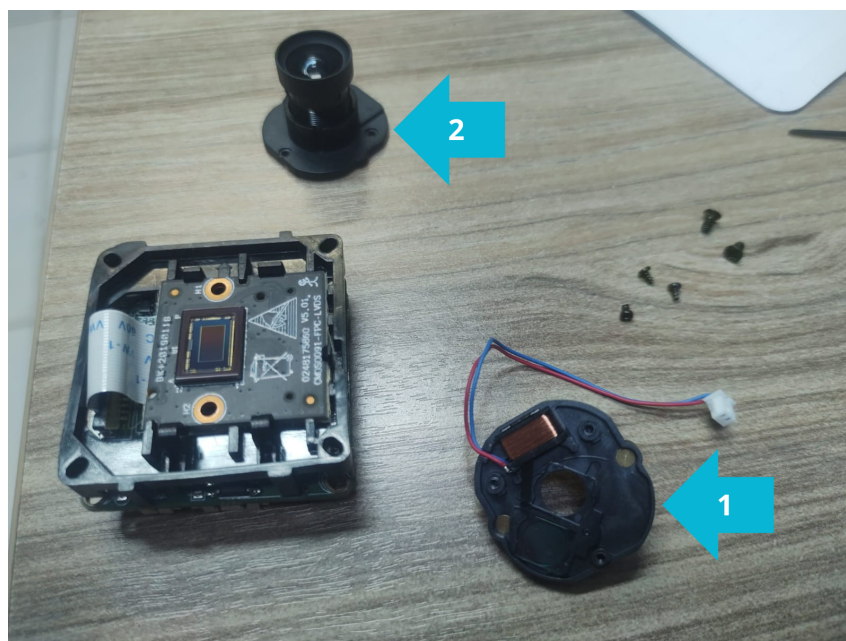
2.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

2.2.1 Montagem da Câmera

A câmera é composta por uma placa sensora para câmeras de vigilância IP, modelo Sony IMX291 com lente de 6mm e cabo de conexão do tipo 48v PoE.

Foi preciso desmontar a câmera e retirar os filtros de infravermelho, conforme orientação da GMN presente no Anexo A (NETWORK, 2024), um estava fixado imediatamente acima do sensor (indicado pelo número 1) da placa e outro no suporte da lente (indicado pelo número 2) Figura 2.

Figura 2 – Placa Sensora Desmontada da Lente e Suporte para Remoção dos Filtros de Infravermelho



Fonte: elaborado pela autora.

Os filtros foram retirados empurrando com delicadeza o cabo da chave de fenda de dentro para fora contra o filtro fixado no suporte, de forma que foi descolando e saiu sem quebrar. Após remover os filtros, a câmera foi montada novamente e uma caixa de proteção para uso externo modelo *Round Box* Interno/Externo Branca – RML Stilus foi utilizada para o conjunto, para garantir que intempéries não atinjam o interior da estação, na Figura 3 podemos ver os componentes separadamente.

Figura 3 – Componentes para Montagem da Câmera



Fonte: elaborado pela autora.

O suporte foi preso na parede do lado de fora do prédio próximo ao parapeito de uma janela, virado para noroeste, utilizou-se parafusos para fixação, parafusadeira, fita isolante para vedar possíveis entradas de água na caixa de proteção, a placa sensora foi fixada dentro da carcaça, conforme a imagem Figura 4.

Um cabo de ethernet e uma fonte de 12v foram conectados ao cabo PoE para ligar a câmera e coloca-la on-line, as conexões dos cabos foram protegidas com fita isolante para evitar danos da chuva e demais efeitos do ambiente externo, a câmera devidamente montada e instalada pode ser vista na Figura 5.

Figura 4 – Conjunto da Câmera com a Caixa de Proteção



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 5 – Câmera Instalada



Fonte: elaborado pela autora.

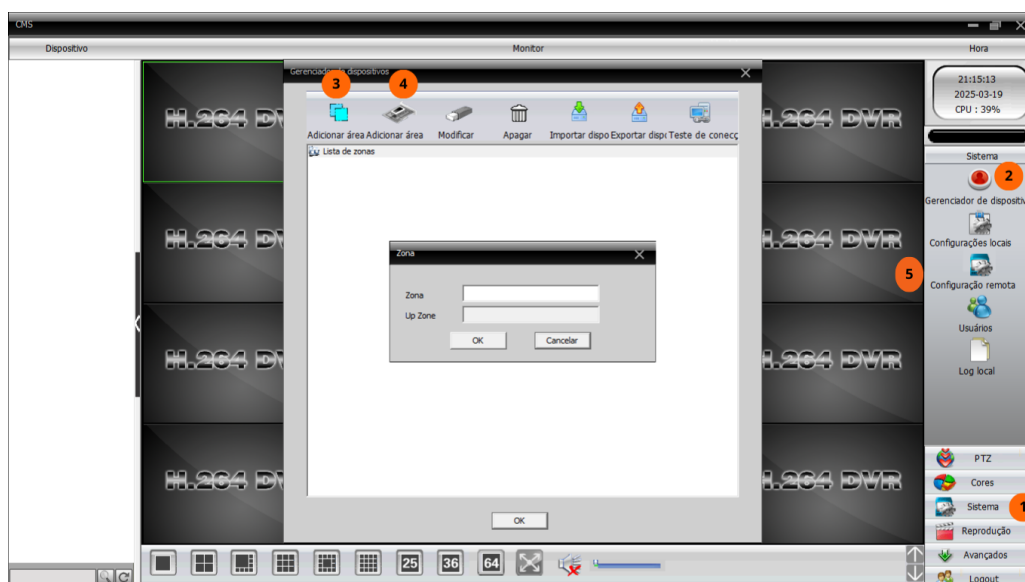
2.3 CONFIGURAÇÃO

2.3.1 Configuração do IP e Imagem da Câmera

Em um computador com sistema operacional Windows foi baixado o programa CMS para gerenciar dispositivos de imagem e video, ao conectar a câmera via cabo ethernet ao computador e, em seguida, o painel de controle do sistema operacional foi acessado, entrando em configuração de conexão local foi selecionada a conexão com a estação e o IP do computador foi definido

para a mesma faixa de IP da câmera, deixando de preencher o gateway. Para acessar a câmera, executou-se o CMS e então clicou-se no botão "Sistema", número 1, seguido de "Gerenciador de dispositivo", número 2, e "Adicionar área", número 3, conforme mostrado na Figura 6.

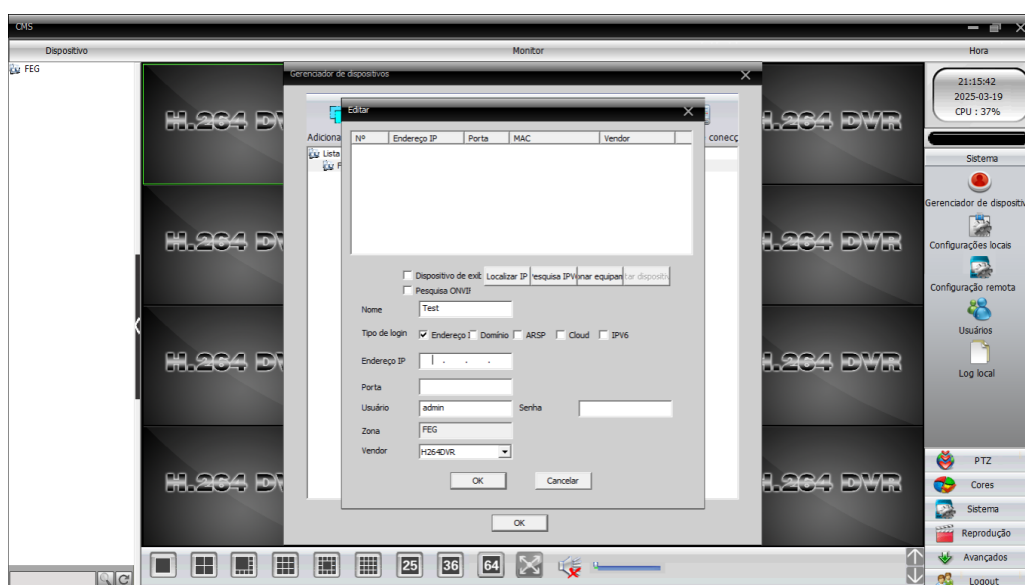
Figura 6 – Captura de Tela do CMS para Adicionar a Zona



Fonte: elaborado pela autora.

Após adicionar a zona, foi conectado a câmera, clicando no segundo ícone "adicionar área", indicado pelo número 4 na Figura 6 e os dados da câmera inseridos, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Captura de Tela do CMS Módulo para Adicionar a Câmera IP.

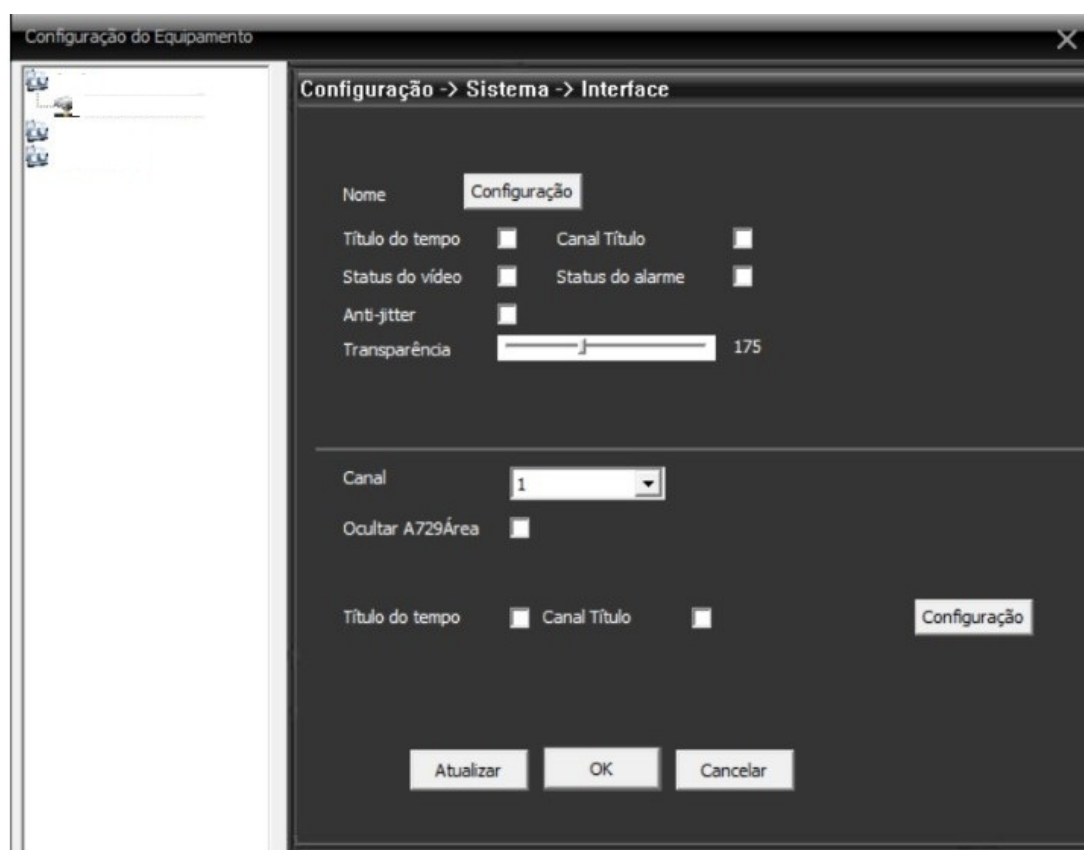


Fonte: elaborado pela autora.

Para configurar a imagem deve-se clicar em "sistema" e depois em "configuração remota" (número 5) Figura 6 e selecionar a câmera para que seja possível configurar a imagem e, em seguida, em *encode* para que seja possível trocar o IP da câmera para o desejado, após a troca, o CMS deixa de reconhecer a câmera e se faz necessário voltar à configuração de conexão local no Windows, dessa vez o computador terá seu IP modificado para faixa do novo IP da câmera e novamente será adicionada a câmera ao CMS.

Feito esse procedimento, no item "configuração", deve-se selecionar o fuso horário local, a compressão de vídeo utilizada será H.264, a resolução 720P e a qualidade nível 6 (melhor possível), o parâmetro de subtransmissão de vídeo deve ser mantido desabilitado para garantir a melhor condição possível. No menu interface retirou-se da imagem a data, horário e nome do canal de transmissão da câmera, conforme figura Figura 8, depois garantir a melhor imagem capturada possível, em "Câmera" os fatores foram atualizados conforme mostrado na figura Figura 9.

Figura 8 – Captura de Tela do CMS - Configuração de Interface da Câmera



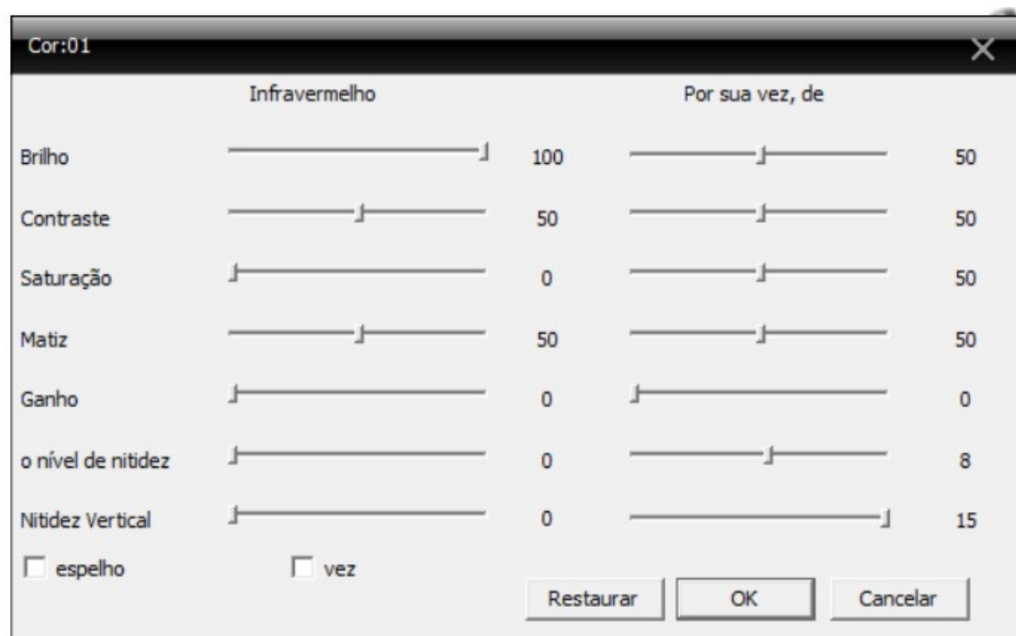
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 9 – Captura de tela do CMS - Configuração da Imagem Transmitida pela Câmera



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 10 – Parâmetros para Configuração da Imagem Capturada pela Câmera



Fonte: elaborado pela autora.

Foram configurados os parâmetros de imagem, após conectar a câmera ao CMS e clicar com o botão direito sobre a imagem em exibição, seleciona-se a opção "cor" e os parâmetros devem ser configurados de forma que as estrelas fiquem mais visíveis e a imagem nítida. Figura 10.

2.3.2 Obtenção e Instalação do RMS

Para instalar o RMS foi utilizado um computador com sistema operacional Linux Mint versão UMA, acessando o terminal linux foi instalado o ambiente Anaconda, e então foi criado um ambiente conda para o RMS, seguido da instalação das seguintes bibliotecas:

- Numpy;
- Scipy;
- Gitpython;
- Cython;
- Matplotlib;
- Paramiko;
- Numba;
- Pyqt;
- Pyqtgraph;
- Pillow;
- Pygobject;
- Panda;
- Opencv
- Imageio;
- Ephem;
- Astropy;
- Rawpy;
- Imreg_dft;
- Astrometry;
- Gstreamer;
- GObject-introspection;
- Gst-libav;
- Gst-plugins-base;

- Gst-plugins-good;
- Gst-plugins-bad;
- Gst-plugins-ugly.

Essas bibliotecas irão subsidiar todos os processos como as capturas da imagem da câmera, processamento e análises das imagens e dados, cálculos numéricos e astronômicos, plotagem de gráficos e demais operações computacionais necessárias para o RMS. Com o ambiente *conda* pronto, foi instalado o *Git* via terminal para que fosse possível fazer o clone do diretório do *GitHub* da GMN que contém o código do RMS, após baixar os arquivos, foi feita a instalação por meio do pacote *pip* (Vida et al., 2021) todos os códigos e passo a passo de instalação podem ser vistos no Apêndice A, que trata a instalação do Anaconda e GitHub e no Apêndice B para instalação do RMS.

2.3.3 Configurações da Estação

Utilizando o *Google Earth* para encontrar a localização da câmera, posicionou-se o marcador sobre a localização da câmera no mapa, uma janela *pop up* apresenta as informações de latitude e longitude do local onde o marcador foi colocado e a elevação aferida no canto inferior direito da tela do computador. Então, foi preciso entrar em contato com o desenvolvedor da GMN, via e-mail, para comunicar a implantação de uma nova estação na rede e para que um código de identificação (*Station ID*) fosse concedido.

2.3.3.1 Editando o arquivo **.config**

Um diretório de nome *source* foi criado com a instalação do RMS, ao acessá-lo encontramos a pasta RMS e, dentro, uma miscelânea de arquivos e pastas, para configurar a estação foi aberto o arquivo *.config* e, preenchidos os itens *Station ID*, *GPS location* e em *Capture* foi preenchido o link RTSP da câmera.

O RMS faz gestão de espaço ocupado no disco, por padrão ele deixa apenas 20 pastas no *captured files*, para que o sistema não exclua arquivos de capturas, foram modificados os seguintes parâmetros para zero, o que desabilita a limpeza de itens antigos:

- *arch_dirs_to_keep*: 0
- *capt_dirs_to_keep*: 0
- *frame_days_to_keep*: 0
- *video_days_to_keep*: 0
- *times_days_to_keep*: 0

Terminadas e salvas as alterações do arquivo config, o terminal linux foi aberto e foram executados os seguintes comandos para que a câmera mudasse para o modo noturno:

```
cd source
cd RMS
python -m Utils.CameraControl save settings
python -m Utils.CameraControl SwitchMode init
python -m Utils.CameraControl SwitchMode night
```

Com essas edições feitas no arquivo e salvas, a configuração inicial da estação foi finalizada, sendo possível fazer capturas a noite.

2.3.3.2 Configurações finais

Foi instalado o AnyDesk no computador da estação para possibilitar acesso remoto aos arquivos captados, bem como para iniciar o processo de captura e demais procedimentos necessários.

Para verificar a imagem da câmera e configuração, foi utilizado o terminal linux no diretório RMS dentro do source para executar o seguinte comando:

```
python -m Utils.ShowLiveStream
```

O que permitiu ver a imagem da câmera pelo RMS em tempo real, confirmando a instalação correta.

Utilizando o VLC, programa reproduzidor de mídias, conectou-se à câmera utilizando o menu "Mídia" e depois "Abrir Fluxo de Rede" onde uma janela como a Figura 11, preenchido o rtp da estação foi possível visualizar a imagem, foi aberto a caixa de proteção da câmera para ajustar seu foco, girando a lente gradativamente, de forma que as estrelas ficassem o mais definidas possível, eliminando bordas borradas e se parecendo com pontos circulares brilhantes. Feito o ajuste, a caixa de proteção foi fechada novamente.

Para iniciar o processo de captura da estação GMN, foi acessado via terminal o diretório RMS presente no **source** e então executado o seguinte comando:

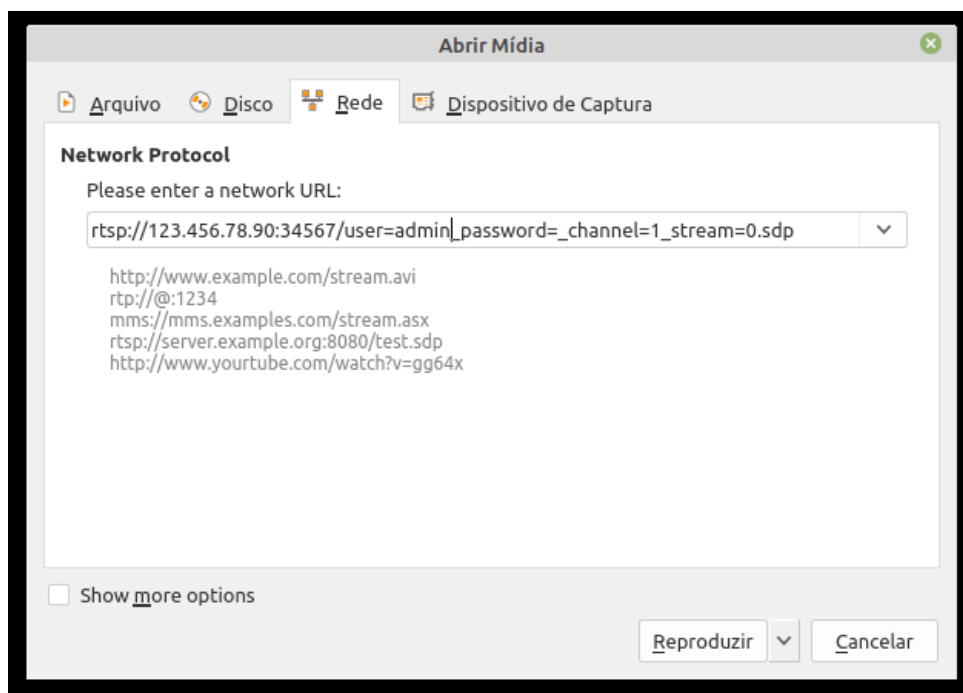
```
python -m RMS.StartCapture
```

Ao iniciar o RMS irá criar uma pasta e nomeá-la com o ID da estação para salvar as capturas, ao amanhecer o RMS sobe todos os arquivos de capturas para o servidor da GMN, cria um vídeo curto com o período de observação da noite em formato mp4, verifica a astrometria e solicita reiniciar o computador. Este processo é repetido todas as noites.

2.3.4 Calibrando a Estação: Astrometria

Para identificar a altitude e o azimute da estação foi comparado o céu das capturas com o programa *Stellarium*, identificando estrelas e constelações, então pegou-se as coordenadas no centro do campo de observação da câmera. Depois foram separadas algumas capturas com céu

Figura 11 – Tela do VLC para Acessar a Imagem da Câmera



Fonte: elaborado pela autora.

estrelado e sem nuvens em um diretório, junto do arquivo **.config**, então utilizando o terminal linux deve-se navegar até a pasta **source** do RMS e iniciar o Skyfit digitando o seguinte comando:

- `python -m Utils.SkyFit2`
- na mesma linha do comando acima, digite o caminho do diretório que contém a máscara feita anteriormente;
- por fim, ainda na mesma linha dos comandos citados, adicione `-config`.
- os comandos devem estar escritos da seguinte forma:

```
python -m Utils.SkyFit2 /caminho/do/arquivo -- config.
```

Ao executar essa linha de comando no terminal, uma janela apresentará a pergunta se há um arquivo **platapar** pré-existente, para fazer um novo clicou-se em "cancelar". Em seguida uma janela *Pointing information* apareceu, nela foram inseridos o azimuth, a altitude, a rotação e o tipo de lente usada na câmera e, então pressionou-se "Ok", como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Tela Inicial Para Inserir Dados de Apontamento da Estação

Pointing information [X]

Please enter FOV centre (degrees),
Azimuth +E of due N
Rotation from vertical

Azimuth

Altitude

Rotation

Template lenses:

☐ No distortion (default)

☐ Generic 4mm (720p)

☒ Generic 6mm (720p)

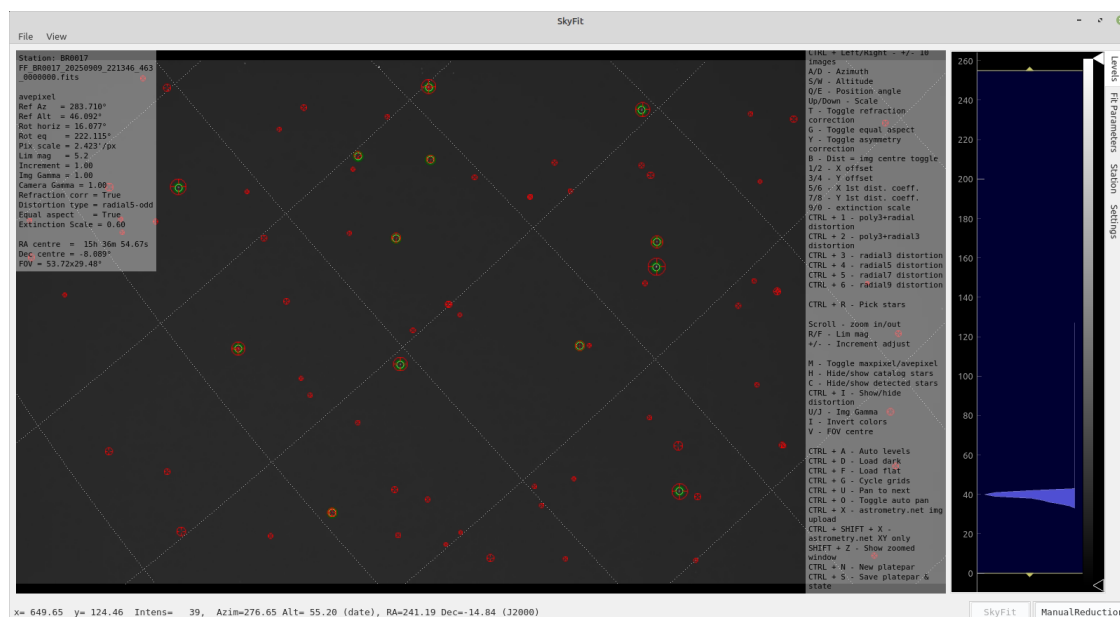
Fonte: elaborado pela autora.

A seguir, o SkyFit iniciou como a tela mostrada na figura Figura 13, utilizando as teclas de seta do teclado foi possível navegar pelas imagens do diretório, a imagem que continha o maior número de estrelas e que estas estavam dispersas todo plano foi selecionada. Para encontrar a posição correta das estrelas do catálogo sobreposto à captura escolhida, seguiu-se os seguintes passos:

- Com as teclas **ctrl +A** o brilho da imagem foi ajustado automaticamente, na lateral direita foi possível ajustar o de forma manual para melhorar a visualização das estrelas, arrastando com o mouse as barras laterais até achar o melhor nível;
- Para mudar a posição das estrelas do mapa foram utilizadas as teclas **S,W,D,A** procurando o melhor ajuste, foi utilizado a tecla **menos** para diminuir o incremento das coordenadas conforme o mapa era movido, permitindo movimentos mais sutis;
- Encontrada a posição correta, de forma que havia correspondência entre as estrelas da imagem e as do catálogo de estrelas, foi dado início ao pareamento de estrelas.

Ao fim deste passo, é possível começar a calibrar a câmera. No canto direito da tela haverá uma janela com as funções de cada uma das teclas que podem ser utilizadas. Selecione estrelas

Figura 13 – Tela do SkyFit Aberta



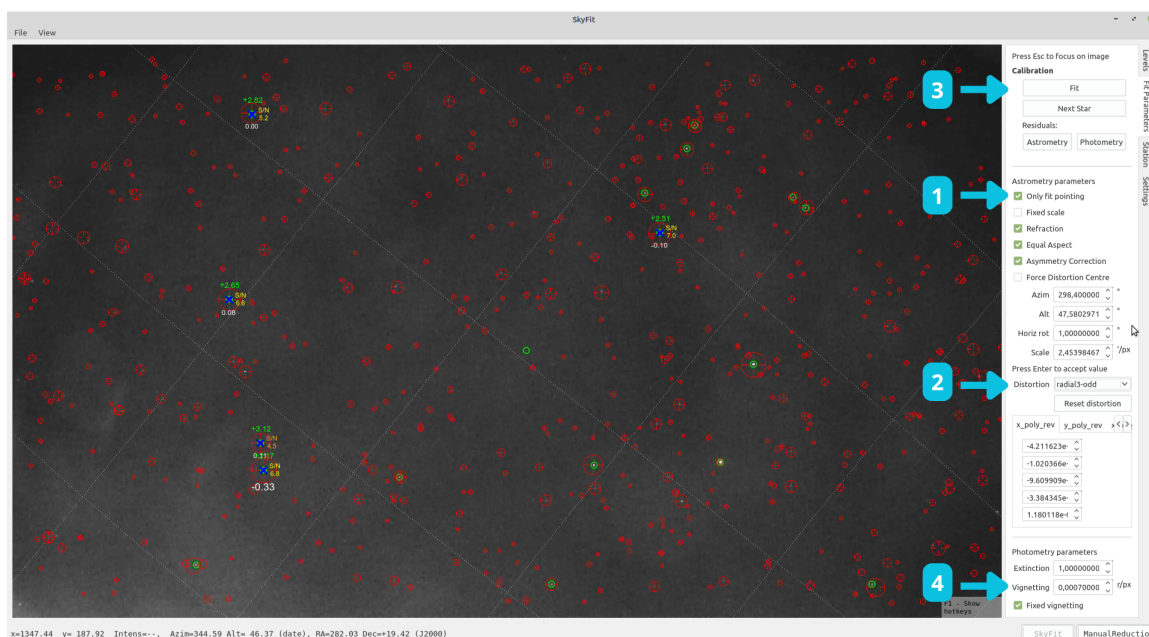
Fonte: elaborado pela autora.

que tenham seu par próximo (círculo em vermelho), procure pelas mais brilhantes e nítidas, para selecionar as estrelas:

- Com zoom na imagem utilizando o *scroll* do mouse foi possível selecionar estrelas menores ou que estavam muito próximas umas das outras;
- Então, com um clique na estrela desejada e um "x" azul aparecerá na sua correspondente próxima (círculo vermelho), nos casos a estrela que o programa mostrou em azul não era a correta, foi possível selecionar manualmente clicando em outra;
- Pressionando-se **enter** o par escolhido foi gravado;
- O anel amarelo de seleção que aparece no cursor pôde ter seu tamanho alterado pressionando **ctrl** + **scroll**, este ajuste permitiu selecionar estrelas menores e com maior precisão;
- Depois de parear 5 estrelas, foi utilizado o recurso *only fit pointing*, que é encontrado na aba *fit*, para que o SkyFit faça o alinhamento mais adequado das estrelas da imagem com o mapa estelar, como ilustrado no item número 1 da Figura 14;

Em seguida, desmarcou-se a opção *only fit pointing* e mais seguiu-se com o processo de pareamento de estrelas. Conforme o processo de pareamento de estrelas evoluiu, a aba lateral direita *fit* foi acessada para que os métodos de correção de distorção de imagem fossem aplicados e o programa ajustasse a imagem, assim as estrelas passam a coincidirem de forma mais precisa com o mapa, foi necessário parear mais estrelas, ou deletar algumas após fazer esse passo,

Figura 14 – Estrelas Selecionadas com Seus Respectivos Pares



Fonte: elaborado pela autora.

conforme a necessidade observada. Para desfazer o pareamento de estrelas foi utilizado o botão esquerdo do mouse sobre elas. A seguir temos a descrição do procedimento realizado:

- Após parear cerca de 10 estrelas, aplicamos o primeiro método de correção, clicando em *distorcion mode* e selecionando o método *radial3-odd* primeiro, conforme consta no item 2 da Figura 14;
- E então pressionando *Fit*, identificado no item 3 da Figura 14;
- Foi feito o pareamento de mais 15 estrelas que após a aplicação da correção, passaram a coincidir com o mapa estelar;
- Com mais estrelas pareadas, foi feito o *Fit* com o método de correção *radial5-odd*, sem mudar o método de correção, apenas clicando em *Fit*;
- Pressionando no botão *astrometry* foi possível visualizar uma janela com dados como a distribuição de erros, buscamos um gráfico que tenha pontos próximos a zero e bem distribuídos, como será mostrado na sessão de resultados, quando os pontos no gráfico mostravam erros grandes verificou-se os pares que tinham o maior erro, facilmente identificado pelo traço pontilhado amarelo que surge quando se aplica a correção, o que indica pareamento incorreto;
- Por fim, para diminuir a margem de erro do platepar, foi aplicado o método *radial7-odd*;

- O coeficiente *vignetting*, visualizado no item 4 da Figura 14 foi mantido em 0.007, específico para lentes de 6mm conforme orientação em comunicação pessoal com desenvolvedores do RMS e GMN;
- Pareou-se também algumas estrelas que não foram detectadas pelo SkyFit, ou seja, estrelas sem a marcação de círculo verde para atingir uma quantidade maior de estrelas pareadas;
- A aba do terminal que estava executando o SkyFit foi consultada a fim de se verificar o RMSD, ou seja, o desvio quadrático médio, como podemos ver na Figura 15 o valor obtido foi de 0.24 px o 0,61 arcmin;

Figura 15 – Print da Tela do Terminal em que o SkyFit Foi Executado, Onde Pode Ser Verificado o RMSD do **Platepar** Finalizado.

No.	Img X,	Img Y,	RA cat (deg),	Dec cat (deg),	Cat X,	Cat Y,	RA img (deg),	Dec img (deg),	Err amin,	Err px,	Direction,	FWHM,	Mag,	-2.5*I _{SP} ,	Mag err,	SNR,	Saturated
1	498.198113	236.078616	257.594789	-15.724212	497.96	235.98	257.599293	-15.714691	0.63	0.26	-156.8	2.42	+2.77	-6.26	-0.03	5.4	False
2	432.910000	463.470000	249.289826	-10.566909	432.97	463.54	249.289678	-10.570786	0.23	0.09	+51.3	2.45	+2.56	-6.17	-0.24	4.9	False
3	645.640000	484.760000	255.264719	-4.223204	645.86	484.74	255.257454	-4.228524	0.54	0.22	-5.6	2.51	+4.27	-4.87	+0.11	1.6	False
4	622.420000	132.420000	264.396356	-15.398978	622.28	132.38	264.399425	-15.393960	0.35	0.15	-163.1	2.58	+3.50	-4.85	-0.72	1.5	False
5	811.410000	143.700000	269.756579	-9.774404	811.32	143.88	269.762062	-9.774548	0.32	0.13	+136.3	2.76	+3.08	-6.05	+0.08	4.6	False
6	982.270000	467.280000	265.867834	+4.568441	982.21	467.26	265.869103	+4.570963	0.17	0.06	-159.2	2.91	+2.44	-6.74	+0.24	8.3	False
7	1845.070000	337.340000	271.365010	+2.492242	1844.95	337.57	271.374904	+2.488812	0.63	0.26	+117.4	2.83	+3.99	-5.14	+0.20	2.0	False
8	899.550000	530.690000	261.628680	+4.140408	899.46	530.52	261.626829	+4.148596	0.50	0.20	-118.4	3.74	+3.82	-5.42	+0.28	2.6	False
9	397.370000	27.470000	260.502385	-24.999701	396.93	27.50	260.517447	-24.987617	1.09	0.44	+175.9	2.45	+3.26	-5.35	-0.32	2.4	False
10	442.140000	646.750000	244.580976	-4.692222	442.37	646.80	244.574937	-4.700131	0.60	0.24	+13.0	2.76	+2.98	-5.92	+0.07	3.9	False
11	440.210000	680.580000	243.580689	-3.695357	440.48	680.57	243.576986	-3.702187	0.68	0.27	-3.1	2.70	+2.02	-6.09	-0.08	7.8	False
12	1069.330000	645.300000	263.734488	+12.550413	1069.50	645.19	263.726139	+12.557037	0.50	0.20	-33.3	2.99	+2.11	-6.63	-0.00	7.6	False
13	152.690000	406.740000	241.359255	-19.805615	152.64	406.78	241.362353	-19.805313	0.18	0.07	+146.5	2.47	+2.56	-6.03	-0.13	4.4	False
14	91.550000	369.980000	240.083230	-22.622135	91.44	369.88	240.084580	-22.616241	0.36	0.15	-138.4	2.85	+2.30	-6.79	+0.44	8.5	False
15	38.310000	306.630000	239.712871	-26.114297	38.14	306.70	239.722190	-26.111723	0.53	0.19	+156.1	3.36	+2.87	-5.58	-0.13	3.0	False
16	158.320000	195.040000	247.351781	-26.432266	158.66	195.26	247.345172	-26.449059	1.07	0.41	+32.4	3.92	+1.07	-8.15	+0.45	25.6	False
17	159.810000	139.440000	248.970562	-28.216180	159.77	139.52	248.974091	-28.217947	0.21	0.09	+115.2	4.31	+2.80	-6.05	+0.10	4.6	False
18	136.740000	239.980000	245.297057	-25.509255	136.69	239.98	245.290495	-25.501545	0.11	0.05	-171.3	3.02	+2.92	-5.96	+0.14	4.2	False
19	1023.220000	173.660000	275.323582	-2.983830	1023.17	174.06	275.336382	-2.914014	0.98	0.40	+96.9	2.43	+2.99	-5.87	-0.07	4.0	False
20	154.346455	269.047244	245.159040	-24.169465	154.46	268.87	245.149989	-24.166722	0.52	0.21	-58.0	2.60	+4.12	-4.51	-0.13	2.1	False
21	185.545455	265.121212	246.396294	-23.447342	185.45	264.79	246.390700	-23.433964	0.86	0.34	-105.7	2.11	+4.91	-3.80	-0.09	1.1	False
22	311.039604	373.009901	247.784524	-16.612999	311.07	373.08	247.785484	-16.616193	0.20	0.08	+68.3	2.57	+4.05	-5.01	-0.15	3.3	False
23	339.319149	312.191489	250.393109	-17.742178	339.26	312.02	250.390095	-17.735389	0.44	0.18	-108.2	2.94	+4.57	-4.18	-0.20	1.6	False
24	265.217301	353.840508	246.755882	-18.456409	265.12	353.77	246.757336	-18.451587	0.30	0.12	-142.6	2.47	+4.20	-4.60	-0.08	2.3	False
25	229.601967	334.852459	246.025531	-20.037651	229.55	334.66	246.025072	-20.027679	0.60	0.24	-124.1	2.90	+4.21	-4.46	-0.17	2.1	False
26	1164.277778	458.388889	271.836992	+9.564411	1164.43	458.25	271.828512	+9.564250	0.50	0.20	-41.7	2.82	+3.71	-3.89	-1.17	1.3	False
27	971.753968	414.952381	266.972998	+2.786748	971.80	415.07	266.974708	+2.782094	0.39	0.12	+67.0	3.03	+3.75	-5.25	+0.04	4.2	False
28	1031.180556	365.347222	270.161322	+2.931502	1031.24	365.68	270.168634	+2.919934	0.82	0.34	+80.1	2.79	+3.93	-4.64	-0.36	2.5	False
29	1699.400000	331.333333	270.438470	+1.304955	1699.66	331.52	270.435802	+1.291953	0.80	0.32	+36.6	2.86	+4.43	-2.94	-1.59	0.5	False
30	921.439024	246.121951	270.121980	-3.690599	921.38	246.46	270.123514	-3.698854	0.85	0.34	+99.8	2.76	+4.51	-4.03	-0.48	1.4	False
31	456.234375	98.140625	260.253541	-21.114382	455.80	98.21	260.269330	-21.104349	1.07	0.44	+170.6	2.25	+4.29	-4.52	-0.19	2.2	False
32	1097.500000	317.79313	281.793586	-4.747990	1097.46	34.95	281.789717	-4.741366	0.46	0.19	-103.4	2.30	+3.89	-4.16	-0.76	1.6	False
33	54.760000	490.760000	235.486374	-19.679589	55.08	490.86	235.476964	-19.691380	0.88	0.34	+18.0	2.87	+4.05	-3.49	-0.97	0.9	False
34	97.123288	609.726027	233.882046	-14.789480	97.06	609.84	233.887131	-14.791533	0.32	0.13	+120.6	2.41	+3.63	-4.66	-0.18	2.4	False
35	273.540984	573.524590	241.091776	-11.373438	273.73	573.54	241.086145	-11.378899	0.47	0.19	+4.9	2.15	+4.85	-4.46	+0.56	2.0	False
36	747.872340	362.659574	261.657174	-5.086907	748.05	362.83	261.656543	-5.096977	0.61	0.25	+44.1	2.85	+4.41	-4.18	-0.49	1.6	False
37	747.217301	261.217391	264.461228	-9.118924	747.22	261.09	264.457470	-9.115372	0.31	0.13	-87.5	2.63	+4.53	-3.40	-1.15	0.8	False
38	591.954545	245.818182	260.207249	-12.846805	591.87	245.81	260.209781	-12.844488	0.21	0.09	-177.9	2.48	+4.30	-4.11	-0.68	1.5	False
39	682.059701	161.402985	265.353111	-12.875700	681.91	161.31	265.355036	-12.869015	0.42	0.18	-148.7	2.17	+4.21	-4.57	-0.30	2.3	False
40	929.558824	57.352941	275.915263	-8.934097	929.41	57.59	275.926414	-8.936726	0.68	0.28	+121.9	1.98	+4.40	-3.83	-0.72	1.2	False
41	836.178082	522.698630	259.943929	+2.139708	836.43	522.68	259.935668	+2.133507	0.62	0.26	-4.9	2.92	+4.52	-4.66	+0.19	2.5	False
42	584.233333	476.066667	253.648497	-6.154132	584.29	475.69	253.636610	-6.144460	0.92	0.38	-81.5	3.08	+4.91	-3.69	-0.42	1.0	False
43	437.841270	556.222222	246.931076	-7.599026	438.04	556.14	246.922228	-7.602007	0.56	0.22	-21.5	2.54	+4.26	-4.50	-0.16	2.1	False
44	425.972973	541.270270	246.958021	-8.371894	426.94	541.38	246.953602	-8.374180	0.26	0.11	+106.7	2.28	+4.62	-3.92	-0.37	1.2	False
45	147.279070	507.976744	238.457137	-16.728338	147.43	507.99	238.452075	-16.732643	0.39	0.15	+4.1	2.82	+3.84	-4.88	-0.73	1.4	False
46	282.800000	540.066667	239.547267	-14.279472	282.43	540.11	239.546178	-14.270965	0.98	0.38	+174.1	2.25	+4.74	-2.94	-1.02	0.5	False
47	185.642857	390.102041	242.998836	-19.460892	185.60	389.89	242.995134	-19.452924	0.52	0.21	-102.5	2.51	+4.28	-4.98	+0.49	3.2	False
48	146.080460	385.955747	241.701695	-20.669356	146.89	385.16	241.692225	-20.658599	0.84	0.34	-88.6	2.69	+3.92	-4.85	+0.04	2.9	False
49	145.630769	379.230769	241.851678	-20.869080	145.78	379.16	241.844470	-20.870956	0.42	0.16	-24.4	2.46	+4.09	-4.53	-0.10	2.2	False

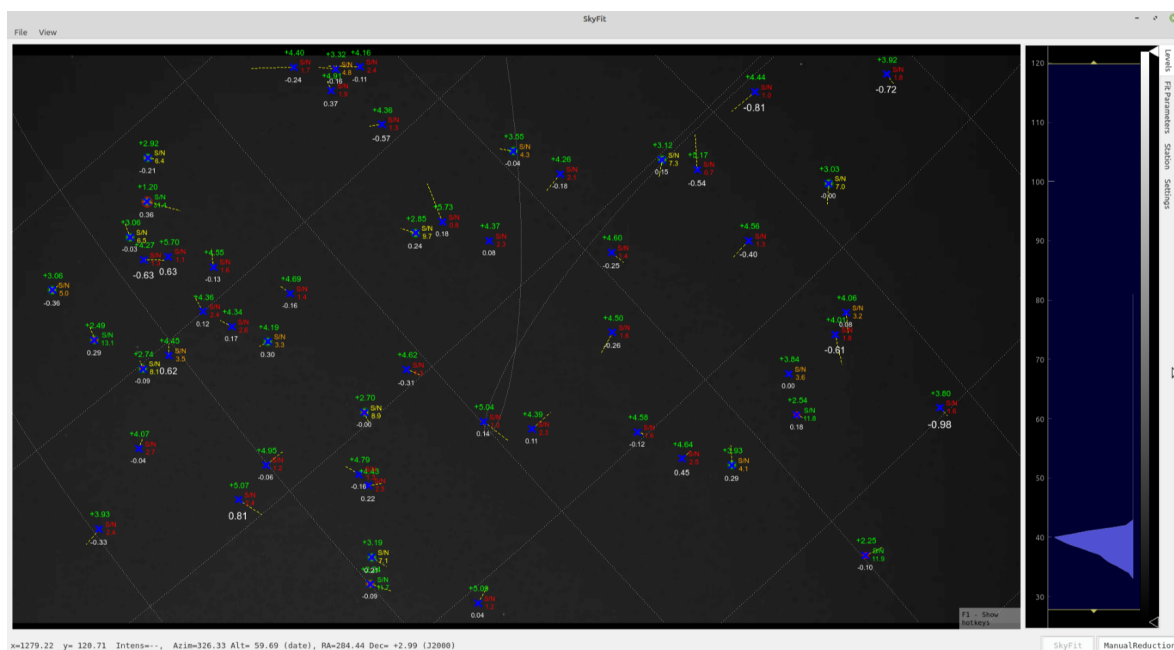
Fonte: elaborado pela autora.

- A figura Figura 16 mostra o SkyFit pronto, no menu superior esquerdo em *file* foi salvo o *platepar* e o estado atual clicando em "*save platepar and state*";
- após salvar os arquivos, deve-se fechar o SkyFit e colar os arquivos **skyFitMR_latest.state** e **platepar_cmn2010.cal** na pasta do RMS.

2.3.5 Manutenção e Atualização da Estação

Foi feito back up dos arquivos **.config** e *platepar* para garantir que as configurações não fossem perdidas. Conforme atualizações foram lançadas pela GMN ao longo da produção do presente estudo, foi preciso atualizar o RMS utilizando os comandos *git stash* e, em seguida, *git*

Figura 16 – Janela do SkyFit com a Astrometria Finalizada



Fonte: elaborado pela autora.

pull no diretório **RMS**, localizado dentro da pasta **source**. Ao fazer esse procedimento, o arquivo **.config** foi substituído por um genérico, sem as informações da estação, então foi necessário substituí-lo pelo backup, nas situações em que houve alterações e novidades no RMS a GMN comunicou em seu forum on-nline¹, quando o layout do **.config** foi modificado atualizou-se de forma manual o arquivo utilizado na estação. Sempre que a câmera mudou de localização ou seu apontamento foi alterado, foi preciso encontrar as novas coordenadas de apontamento da câmera, fazer nova astrometria e substituir o platepar que estava em uso.

2.3.6 Visualização das Capturas Feitas pela Estação

No diretório **RMS_data** é possível encontrar imagens das capturas feitas pela estação, utilizando o software *Bin Viewer* podemos abrir os arquivos **fits**, convertê-los para uma imagem com extensão *jpeg* ou *bmp* que é o formato de arquivo utilizado, por exemplo, para se fazer a máscara do RMS, caso seja necessário retirar objetos do cenário onde a câmera está, que podem confundir o RMS fazendo com que ocorram falsos positivos, além de impossibilitar a detecção de estrelas e interferir nas capturas realizadas (Vida et al., 2016). Outra funcionalidades do *Bin Viewer* é a possibilidade de confecção de *gifs*, podendo escolher quais frames serão incluídos e o fps desejado. A instalação do software foi feita conforme Apêndice C.

¹ <https://globalmeteonetwork.groups.io/g/main>

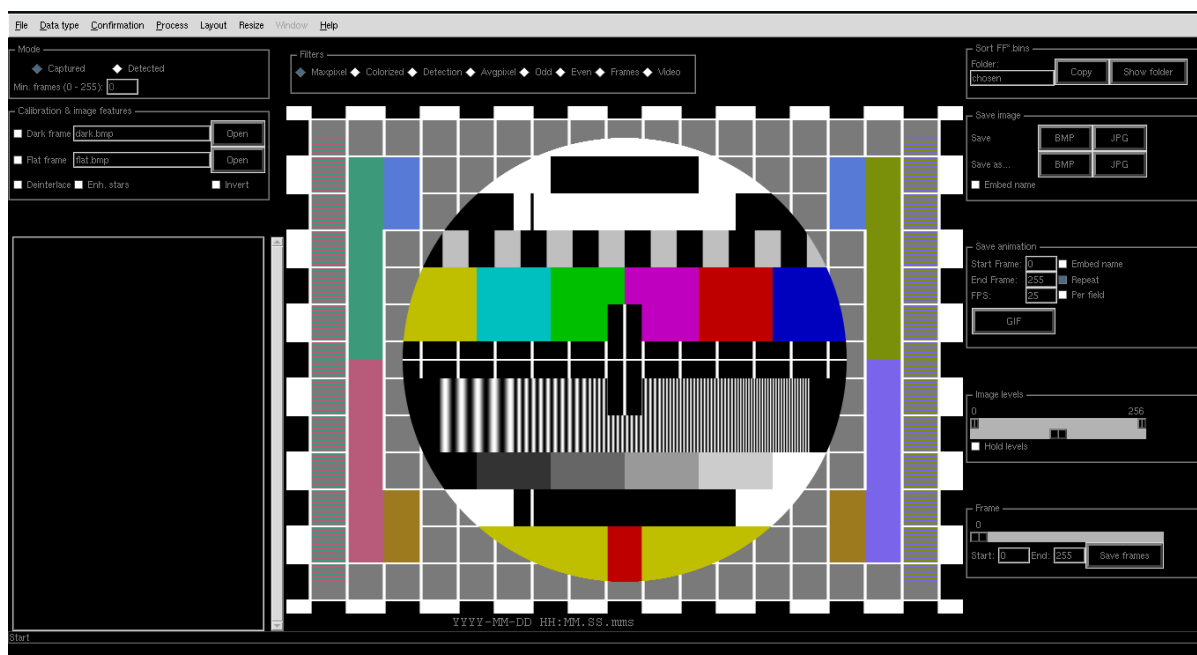
2.3.6.1 Arquivos Extensão .fits

No aplicativo terminal do linux, no computador, deve-se navegar até a pasta que contém o programa *Bin Viewer* e ativar o ambiente conda, para então executar o seguinte comando para acessar o oftware:

```
python CMN_binViewer.py
```

Uma tela como a mostrada na figura Figura 17 deverá aparecer.

Figura 17 – Tela Inicial Apresentada pelo Software BinViewer

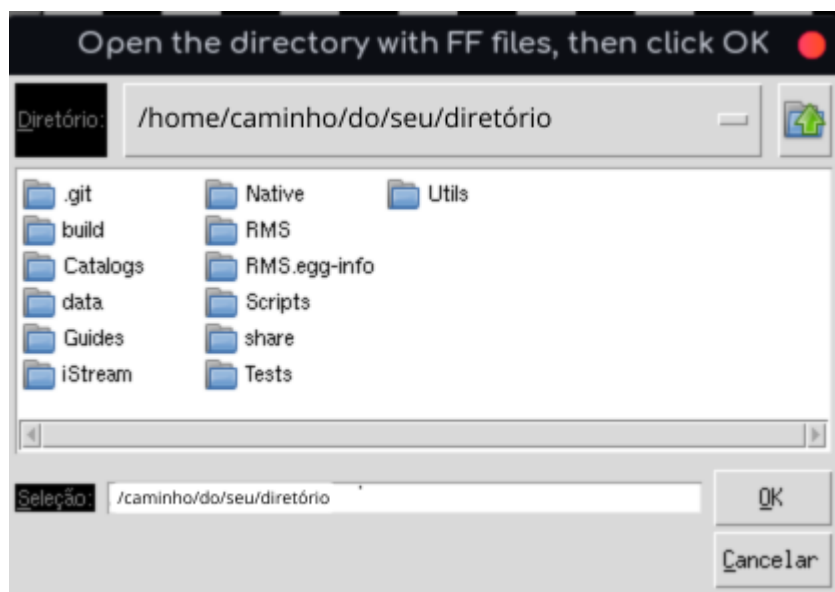


Fonte: elaborado pela autora.

Para visualizar as imagens capturadas pela estação RMS, é necessário selecionar no menu superior, em *Data Type*, a opção RMS. Em seguida, o diretório que contém as capturas foi acessado:

- Clicando na opção *File* e depois em *Open FF* folder*;
- Uma janela como a figura Figura 18 aparecerá, então deve-se navegar até a pasta desejada pela interface gráfica;
- Ou, pode-se colar o caminho da pasta desejada onde se lê *Seleção*;

Figura 18 – Janela Apresentada pelo Software BinViewer para Seleção do Diretório

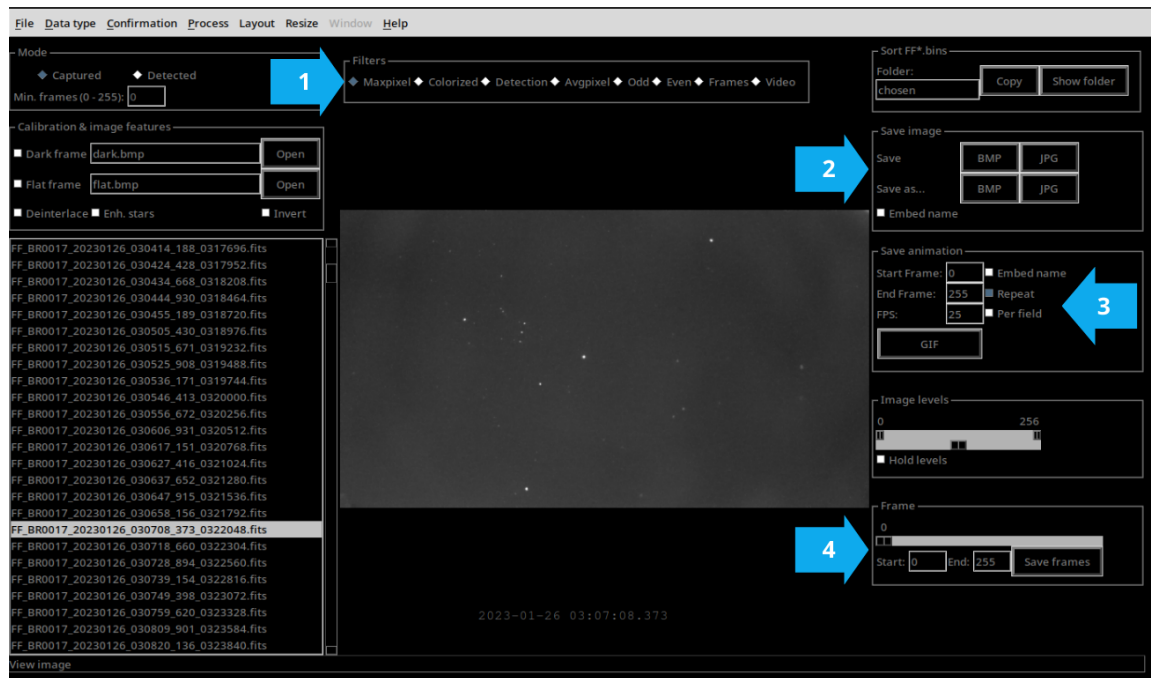


Fonte: elaborado pela autora.

Após abrir a pasta com as capturas a serem visualizadas, o *Bin Viewer* exibe uma janela como a mostrada na Figura 19, com as seguintes funcionalidades:

- Na parte superior central, item 1 da Figura 19 há filtros que permitem escolher como o arquivo .fits será exibido, sendo possível que o programa reproduza os frames contidos na captura em uma animação quando selecionado video, podendo ser invertidas as cores ou navegar por frames contidos na captura;
- Para converter a imagem de extensão 'fits' para 'png' ou 'bmp', foi selecionada a captura desejada e, então clicou-se no botão referente ao formato escolhido, como mostrado no item 2 da Figura 19, ao clicar, uma janela irá aparecer com opção de diretório e nome do arquivo a ser convertido;
- Para confeccionar um arquivo em formato 'gif', basta configurar no item 3 da Figura 19 quais frames serão utilizados e qual o fps desejado, ao clicar no botão 'gif', o *Bin Viewer* fará o gif e salvará o arquivo na pasta que está sendo acessada;
- No item 4 da Figura 19 pode-se navegar pelos frames contidos no .fits escolhido, e também controlar quais serão exibidos quando o filtro (item 1) 'video' ou 'frame' for selecionado. Figura 19, no canto superior direito.

Figura 19 – Visualização das Capturas Através do Bin Viewer



Fonte: elaborado pela autora.

2.3.6.2 Arquivos com Extensão **.bin**

Quando a estação RMS detecta possíveis meteoros do tipo *fireballs*, ela salva essas capturas em formato **.bin** que puderam ser vistos acessando com o terminal linux a pasta **source** do RMS e, em seguida, executando o seguinte comando:

```
python -m Utils.FRbinViewer /home/RMS/_data/
CapturedFiles/diretorio_desejado
```

Feito isso, o programa reproduzirá todos os arquivos **.bin** do diretório escolhido como um video curto, sendo possível passar pelos frames pressionando a tecla espaço e as setas do teclado.

2.3.6.3 Dados disponibilizados no site da GMN

A rede global de meteoros disponibiliza as capturas e informações da última noite de operação de todas as estações ativas no site:

<https://globalmeteornetwork.org/weblog/>

Os dados coletados e processados pela rede são divulgados no endereço:

<https://globalmeteornetwork.org/data/>

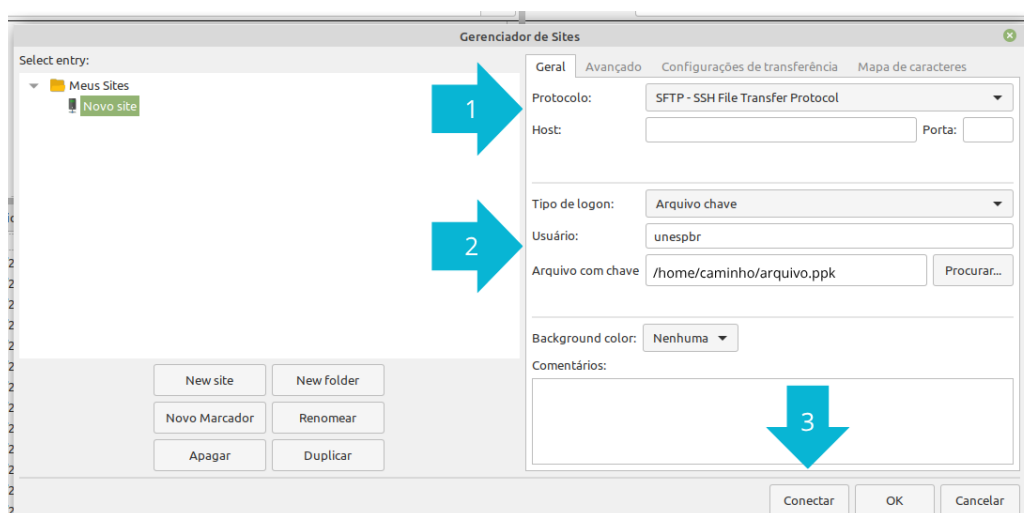
Onde podem ser consultados e baixados os dados já pareados das estações, plotagens das radiâncias, órbitas, magnitudes e massas, com atualização a cada 06 horas (Vida et al., 2021).

2.3.7 Acesso ao Servidor da GMN

Em comunicação pessoal com o desenvolvedor da GMN foi obtido acesso aos arquivos que as estações sobem ao final da noite, no servidor da GMN sob o usuário unespbr a estação BR0017 é a primeira habilitada, conforme novas câmeras sejam adicionadas a rede da Unesp, elas serão vinculadas ao mesmo usuário e diretório. Para acessar o servidor foi necessário criar uma chave pública SSH, o procedimento pode ser consultado no Apêndice D, seção D.1, feito o procedimento, a chave criada foi encaminhada para o desenvolvedor que permitiu o acesso ao servidor.

Para acessar os arquivos que a estação fez upload foi preciso instalar o programa *FileZilla*, o procedimento de instalação pode ser consultado no Apêndice D, seção D.1. Com o FileZilla aberto, no menu superior esquerdo "Arquivo" foi acessada a aba "Gerenciador de site" e a janela para conectar ao servidor. Os dados de host e usuário foram preenchidos, item 1, conforme orientações recebidas via e-mail e o arquivo com a chave SSH foi adicionado, item 2, em seguida bastou clicar em "conectar", item 3, da Figura 20.

Figura 20 – Tela do FileZilla para Configurar a Conexão ao Servidor



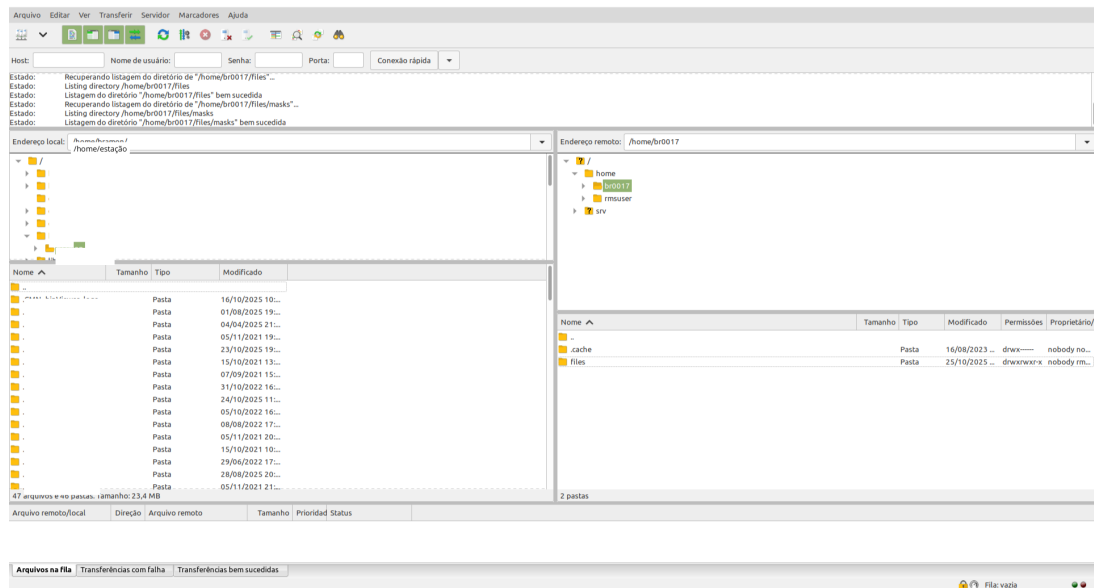
Fonte: elaborado pela autora.

Feito esse procedimento, o acesso ao servidor está configurado e é possível navegar pelos diretórios da estação vinculada ao usuário, como mostrado na Figura 21.

2.3.8 Resultados e discussões

O resíduo médio angular e de ajuste da imagem obtidos pelo SkyFit foi de 0,24 px e 0,61 arcmin e mostram que a astrometria está precisa o suficiente para que as informações obtidas pela estação sejam de boa qualidade (Vida et al., 2021), na Figura 22 podemos ver que os pontos estão dispersos de forma aleatória ao longo do eixo x e próximos de zero, o que demonstra baixa presença de erros sistemáticos. A fotometria é obtida com a soma da intensidade dos pixels das estrelas presentes nos frames das capturas, corrigida subtraindo o fundo do céu e ruídos, e, por

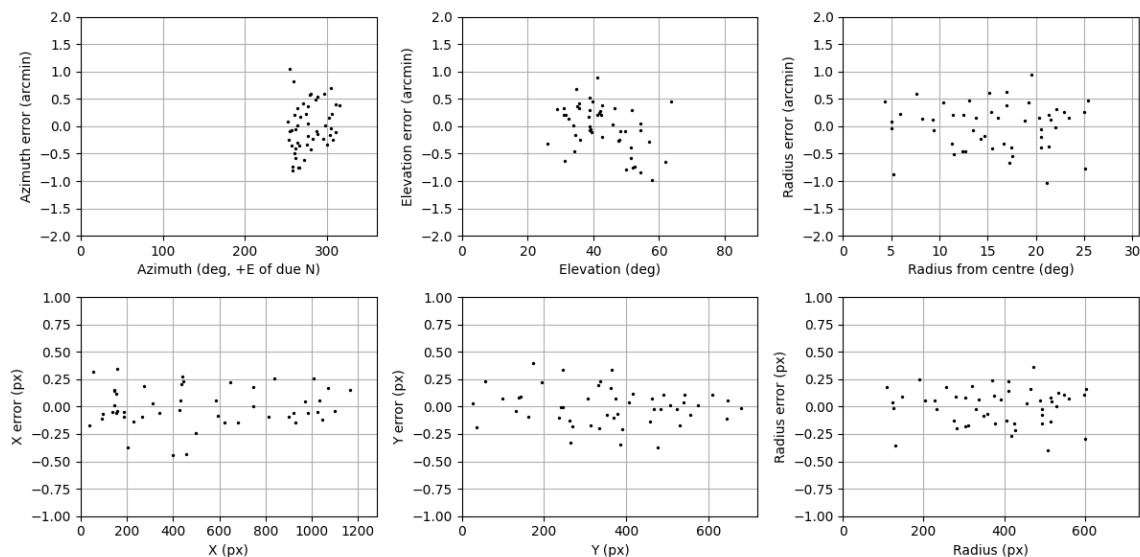
Figura 21 – Acesso ao Servidor Configurado, do Lado Direito Temos os Arquivos da Estação BR0017 Salvos no Servidor.



Fonte: elaborado pela autora.

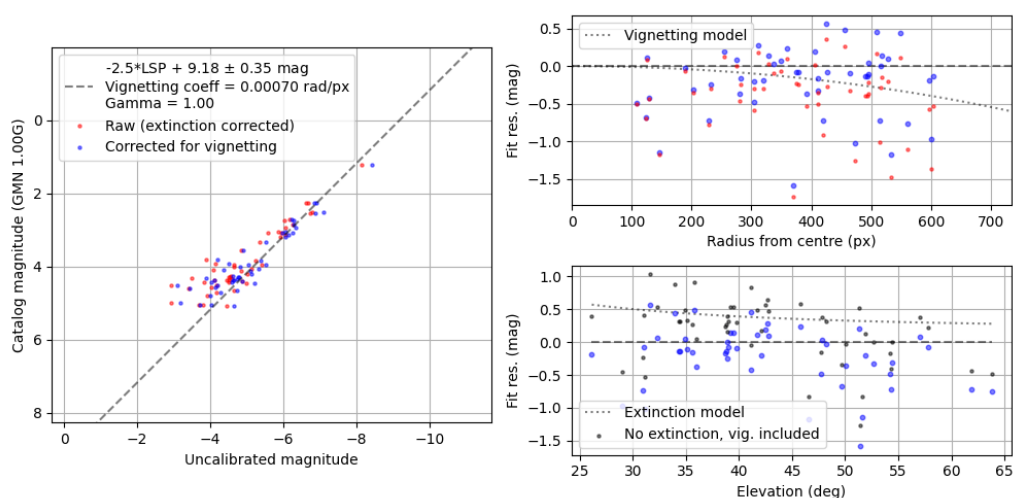
fim fornece os parâmetros que serão utilizados para se obter as magnitudes e posição no céu dos meteoros observados (Betzler, 2015) pode ser consultada na Figura 23, com várias estações capturando o mesmo meteoro é possível traçar a trajetória do mesmo (Gural, 2012).

Figura 22 – Parâmetros da Fotometria Obtidos Após Finalização do Platepar



Fonte: elaborado pela autora.

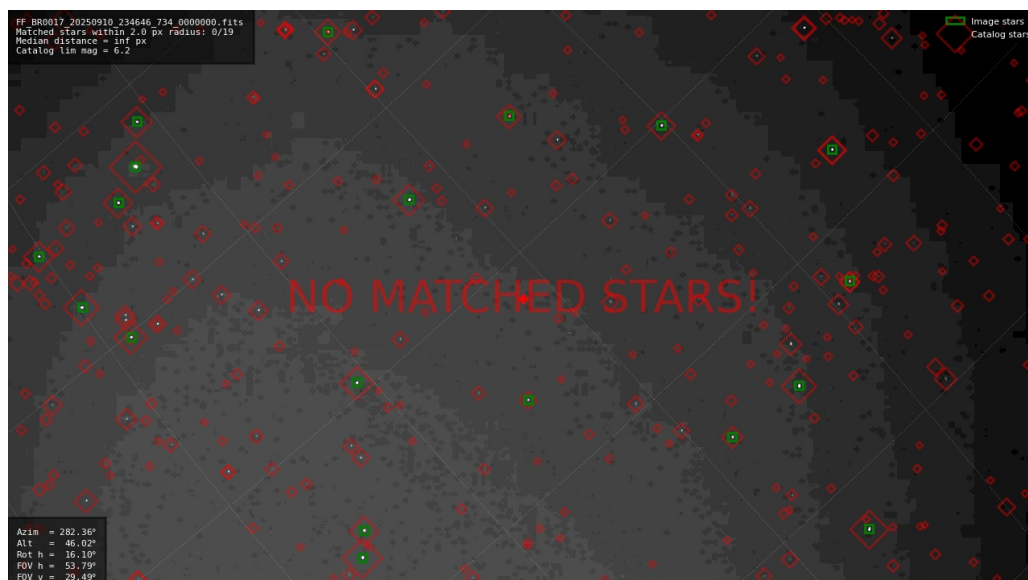
Figura 23 – Resíduos Fotométricos da Calibração



Fonte: elaborado pela autora.

Configurar a imagem da câmera pelo CMS não se mostrou eficiente, visto que as capturas ficaram escuras, o que resultou em menos de 20 estrelas detectadas pelo RMS, foi preciso mudar a câmera para modo noturno via terminal para que a sensibilidade aumentasse e houvesse detecção de mais estrelas. Sem a detecção de mais de 20 estrelas o RMS não processa as capturas e não verifica astrometria (Vida et al., 2021), como podemos ver na Figura 24.

Figura 24 – Astrometria Reportada como Incorreta, Onde o RMS Não Reconhece o Pareamento das Estrelas do Catálogo com a Imagem do Céu.



Fonte: elaborado pela autora.

Ao final da noite, o RMS plota um compilado de todas as capturas feitas em uma imagem, como ilustrado na Figura 25, onde temos os meteoros, mas também pode haver insetos, aviões e demais ocorrências que o software identifique como possível meteoro, ainda no Apêndice E algumas capturas da estação podem ser consultadas. As pastas do RMS são nomeadas

automaticamente com id da estação seguido pela data de criação, o que facilita encontrar os arquivos, as capturas tem o horário em UTC acrescentado ao id da estação e data. Todas as estações são configuradas e utilizam em seus dados os horários em Tempo Universal Coordenado (UTC), dessa forma os fusos horários locais não interferem no entendimento e análise dos dados.

Figura 25 – *Stack* das Capturas Realizadas no Dia 24/10/2025 Pela Estação BR0017.



Fonte: elaborado pela autora.

Todos os dados e capturas são enviados para o servidor da GMN e seus dados disponibilizados no site² da mesma ao final da noite de forma automática contanto que a astrometria e a configuração da imagem estejam adequadas. No Apêndice D, podem ser vistas capturas realizadas pela estação BR0017 durante o desenvolvimento deste estudo.

O RMS precisa de um ajuste cuidadoso na imagem, seus parâmetros de configuração devem ser exatamente o indicado pelos desenvolvedores da GMN para garantir que as capturas sejam precisas e de boa qualidade, então deve-se configurar a câmera para que as capturas não fiquem muito escuras, o que resulta no RMS não detectando estrelas ou, ainda, imagens muito claras que causam muito ruído e uma contagem de estrelas exacerbada em conjunto com falsos positivos. Com a detecção de estrelas acontecendo de forma errônea, a astrometria será reportada como sendo de má qualidade e incorreta, mesmo que o platepar esteja com baixo RMSD e mais de 50 estrelas pareadas, o RMS produzirá falsos positivos nos casos de imagens muito claras, ou não fará detecções, nos casos de imagens escuras. Portanto, utilizar o script do RMS **RMS_SetCameraParams.sh**, executado no terminal linux com o IP da câmera na mesma linha, da forma:

```
bash Scripts/RMS_SetCameraParams.sh 123.456.78.90
```

² <https://globalmeteonetwork.org/weblog>

Apesar de menos amigável ao usuário em comparação com CMS, garante que os parâmetros de brilho, contraste, saturação, ganho e nitidez serão configurados da forma correta e o modo noturno habilitado.

Houve dificuldade em encontrar o local mais adequado para instalar a câmera, visto que há muitos postes de iluminação espalhados pelo campus, inclusive em gramados e locais onde não há estacionamento ou são utilizados como caminho.

Figura 26 – Efeito Causado pela Luz de um Poste na Imagem Capturada na Estação



Fonte: elaborado pela autora.

A câmera estava em um prédio no laboratório na mesma sala em que o computador da estação RMS, o que facilitava a configuração e ajustes de posicionamento, porém um novo poste foi colocado no campo de observação, o que resultou em um feixe de luz nas capturas impossibilitando que a câmera continuasse no mesmo local, como pode ser visto na Figura 26, portanto foi feita sua transferência para outro prédio, sendo apontada para o local com menor iluminação possível.

Durante o desenvolvimento do presente estudo a caixa de proteção da câmera quebrou e foram encontrados apenas dois vendedores, sendo que a primeira compra realizada on-line não foi enviada, o que resultou na procura pelo segundo fornecedor, sendo possível recolocar a câmera, o que resultou em nova calibração e astrometria. Assim como a placa sensora que queimou e precisou ser substituída, num primeiro momento não foi encontrada nos sites de compras importadas, foi necessário esperar reposição da mesma pelos vendedores.

3 CONCLUSÃO

O RMS se mostrou um programa completo, com várias funcionalidades e de instalação descomplicada, não sendo exigido conhecimento aprofundado em programação para sua utilização, com potencial para ser amplamente utilizado visto que pode ser instalado em computadores com configuração austera e em sistema operacional linux, utilizar um *Raspberry Pi* não permitiria que os dados obtidos fossem armazenados de forma automática na estação, visto que o dispositivo possui pouco espaço de armazenamento e o RMS apagaria as capturas a cada nova noite. Contudo, a configuração adequada da imagem não é facilmente percebida pelo olhar de um iniciante, e como o conjunto da placa sensora, lentes e cabo são somente encontrados em sites de importação e a carcaça da câmera é escassa nos sites de compras on-line nacionais, se faz necessário encontrar equipamentos de mais fácil acesso, cuja obtenção seja acessível e que atendam aos requisitos para a GMN. A comunicação e auxílio de pesquisadores e desenvolvedores que participam da GMN se mostrou extremamente relevante e presente durante a implantação da estação BR0017, o que facilita na consolidação e expansão da rede.

Portanto para que possamos difundir a instalação de estações RMS em solo brasileiro e para que a produção de dados e estudos sobre meteoros no Brasil seja fortalecida e amplificada com a possibilidade de participação de mais colaboradores, como escolas, astrônomos amadores, interessados da ciência cidadã e comunidade científica e acadêmica é necessário particularizar os equipamentos e, dependendo do hardware disponível, a configuração do software, bem como a produção de material instrucional em português para se adequar à realidade do território brasileiro. O presente estudo foi realizado conforme resolução UNESP N° 138, de 22 de novembro de 2023, que institui carga horária de atividade extensionista na disciplina do Trabalho de Conclusão de Curso para Bacharelado em Física, foram desenvolvidas atividades junto ao projeto Caçadores de Asteróides - Cosmo Tupi, com alunos de ensino médio e graduação. Este material foi pensado para ser facilmente convertido em divulgação, com indicação minuciosa de como instalar e manter uma estação da GMN, para que alunos de ensino médio e a comunidade científica cidadã possa utilizar como manual instrucional prático.

REFERÊNCIAS

- ANACONDA INC. **Installing Anaconda on macOS/Linux**. 2023. Seção: macOS/Linux installation. Disponível em: <https://www.anaconda.com/docs/getting-started/anaconda/install#macos-linux-installation>. Acesso em: 10 out. 2025.
- BETZLER, A. S. **Aplicações da Mecânica não Extensiva na Astrofísica de Pequenos Corpos do Sistema Solar**. 2015. Dissertação (Doutorado em Engenharia Industrial) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/23363/1/tese_betzler.pdf. Acesso em: 30 ago. 2025.
- CACAO, E. J. C. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo Pesquero), **Sistemas de Coordenadas Astronômicas: Coordenadas horizontales**. Ancón: [s.n.], 2012. Disponível em: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21505/3/T-63193.pdf>. Acesso em: 12 de ago. 2025.
- CAETANO, T. C.; MOREIRA, C. C. Uma proposta de atividade prática para o ensino de astronomia: Determinação de latitude local com um sexante produzido em uma impressora 3d. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Paulo, n. 36, p. 62–81, 2023. Disponível em: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/672/564>. Acesso em: 07 set. 2025.
- CHACON, S.; STRAUB, B. **Pro Git: Everything you need to know about git**. Second edition. Apress, 2025. Disponível sob licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0. Disponível em: <https://git-scm.com/book/en/v2>. Acesso em: 10 out. 2025.
- CHAPMAN, C. R. Meteoroids, meteors, and the near-earth object impact hazard. **Earth, Moon, and Planets**, Springer, Netherlands, v. 102, n. 1, p. 417–424, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11038-007-9219-6>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- CICCO, M. A. B. d. Dissertação(Mestrado em Astronomia), **Implantação de rede de observação de meteoros para o levantamento de suas propriedades dinâmicas e físicas visando à identificação de seus riantes e corpos parentais**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2017. Disponível em: <http://sistede.on.br:8080/handle/tede/37>. Acesso em: 30 ago. 2025.
- CLEMENTE, A. P. B.; SILVA, G. R.; SALLES, L. C. **Meteoros: Suas Propriedades Químicas e Físicas e Indicações Sobre as Suas Origens e Sobre a Origem do Sistema Solar**. 2009. Tese (Monografia) — Universidade São Paulo, São Carlos, 2009. Instituto de Química de São Carlos - Programa de Educação Tutorial - PET. Disponível em: <https://pet.iqsc.usp.br/files/Monografia-meteoros.pdf>.
- COSTA, M. A. G. d.; ANDRADE, T. B. d. A importância das redes de monitoramento de meteoros. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, São Paulo, v. 47, 2024.
- DIAS, J. F. S. **A construção da identidade na infância no contexto multicultural português: estudo dum caso**. 2009. Tese (Doutoramento em Ciencia da Educación) — Universidad Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 2009. Disponível em: <https://minerva.usc.gal/entities/publication/04946af4-c267-49a1-86da-28c8c0f0f322>. Acesso em: 25 out. 2025.

- FILHO, J. A. G. B.; BUKZEM, S. C. Navegação celestial em tempos de tecnologia gps: Celestial navigati in times of gps technology. **Revista Brasileira de Aviação Civil Ciências Aeronáuticas**, Florianópolis, v. 3, n. 3, p. 204–237, 2023. Disponível em: <https://rbac.cia.emnuvens.com.br/revista/article/view/161>. Acesso em: 13 set. 2025.
- FILHO, K. d. S. O.; SARAIVA, M. d. F. O. **Astronomia & Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- FRANCISCO, A. B. A importância da compreensão empírica dos fenômenos atmosféricos. **Colloquium Exactarum. ISSN: 2178-8332**, v. 11, n. 1, p. 71–78, 2019. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2290>. Acesso em: 08 set. 2025.
- FREITAS, G. B. de; SOUSA, J. L. B. de. A herança de galileu na construção de uma luneta de inox. **Revista História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 30, p. 38–49, 2024. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/66532>. Acesso em: 25 out. 2025.
- GREEN, R. M. **Spherical astronomy**. Orlando: Cambridge University Press, 1985.
- GUIDES, G. **Install Git**. 2023. Disponível em: <https://github.com/git-guides/install-git>. Acesso em: 15 set. 2025.
- GURAL, P. S. A new method of meteor trajectory determination applied to multiple unsynchronized video cameras. **Meteoritics Planetary Science**, Wiley Online Library, Hoboken, v. 47, n. 9, p. 1405–1418, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1945-5100.2012.01402.x>. Acesso em: 14 set. 2025.
- HORVATH, J. E. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.
- ITOKAZU, A. G. 1609: da astronomia tradicional ao nascimento da astrofísica. **Ciência e Cultura**, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, São Paulo, v. 61, n. 4, p. 42–45, 2009. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252009000400014&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 12 ago. 2025.
- KORNOŠ, L. et al. Database of meteoroid orbits from several european video networks. In: **Proceedings of the International Meteor Conference**. La Palma: [s.n.], 2012. p. 20–23. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1945-5100.2012.01402.x>. Acesso em: 14 set. 2025.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, p. 4402–4412, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/jPYT5PRkLsy5TJQfM8pDWKB/?lang=pt>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- LING, J. F. **Coordenadas astronómicas. Medida do tempo**. [S.l.]: Universidade de Santiago de Compostela, 2013. Material Didático.
- MOORHEAD, A. V.; CLEMENTS, T.; VIDA, D. Meteor shower radiant dispersions in global meteor network data. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Oxford University Press, London, v. 508, n. 1, p. 326–339, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/mnras/article/508/1/326/6368869>. Acesso em: 27 jul. 2025.

NETWORK, G. M. **How the Global Meteor Network came to be**. 2018. Disponível em: <https://globalmeteornetwork.org/blog/2018/12/28/how-the-global-meteor-network-came-to-be>. Acesso em: 10 out. 2025.

NETWORK, G. M. **Build the Camera Itself**. 2024. Disponível em: https://globalmeteornetwork.org/wiki/index.php?title=Build_the_camera_itself. Acesso em: 07 out. 2025.

NEVES, M. E. S. **Os meteoritos e a formação do sistema solar**. 1980. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Astronomia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1980. Observatório do Valongo. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/20707>. Acesso em: 30 ago. 2025.

NOBRE, A. G. et al. História e desenvolvimento da ciência meteorítica. **Terræ Didactica**, Campinas, v. 17, p. 1–12, 2021. Publicação contínua, e021041. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8667026>. Acesso em: 14 set. 2025.

OLIVEIRA, H. M. **Meteoritos: Introdução à meteorítica e uma visão geral dos meteoritos brasileiros**. [S.l.]: Clube de Autores, 2020.

ROGGEMANS, P. et al. Global meteor network report 2023. **eMeteorNews**, Mechelen, v. 9, n. 2, p. 56–89, 2024. Disponível em: <https://www.emeteornews.net/2024/02/06/global-meteor-network-report-2023/>. Acesso em: 31 ago. 2025.

ROSINHA, R. B. **WSPE: um ambiente de programação peer-to-peer para a computação em grade**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Instituto de Informática. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/11307>. Acesso em: 31 ago. 2025.

SMART, W. M.; GREEN, R. M. **Textbook on spherical astronomy**. [S.l.]: Cambridge University Press, 1977.

SOUZA, M. R. d. **Geometria esférica eo relógio de sol**. 2019. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Ciências Exatas e da Terra, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/8c7b4e3a-e6f9-45a1-9773-92f3b92e2ddb/content>. Acesso em: 13 set. 2025.

TARSIA, R. D. O movimento de precessão da terra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 507, 1999. Disponível em: https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_507.pdf. Acesso em: 12 ago. 2025.

UREY, H. C. Chemical evidence relative to the origin of the solar system. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Oxford University Press, London, v. 131, n. 2, p. 199–223, 1966. Disponível em: <https://academic.oup.com/mnras/article/131/2/199/2604184>.

VIDA, D. et al. Cmn_adapt and cmn_binviewer software. In: **Proceedings of the International Meteor Conference**. Girona: [s.n.], 2014. p. 18–21. Disponível em: <https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/2014pim4.conf...59V>. Acesso em: 27 jul. 2025.

VIDA, D. et al. The global meteor network- methodology and first results. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, Oxford University Press, London, v. 506, n. 4, p. 5046–5074, 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/mnras/article/506/4/5046/6347233>. Acesso em: 13 set. 2025.

VIDA, D. et al. Open-source meteor detection software for low-cost single-board computers. In: **Proceedings of the International Meteor Conference**. Egmond: [s.n.], 2016. Disponível em: https://globalmeteornetwork.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/11/Vida_IMC2016_proceedings_final.pdf. Acesso em: 27 jul. 2025.

WARR, H.; HANGSINGS, P. Open source digital library software: A literature review. In: **Proceedings of the National Seminar on Preservation and Conservation of Information Resources in Knowledge Society: Issues, Challenges and Trends**. Canchipur: [s.n.], 2009. p. 238–258.

ZAFON, C. R. **A Sombra do Vento**. São Paulo: Suma de Letras, 2019.

ZURITA, M. et al. A bright fireball over the state of rio grande do sul. **eMeteorNews**, Mechelen, v. 5, n. 4, p. 278–281, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/31932>. Acesso em: 30 ago. 2025.

GLOSSÁRIO

Captura: imagem feita pela câmera e salva pelo RMS durante o período de observação do céu.

Estação: conjunto da câmera com o computador onde o RMS foi instalado.

Biblioteca: conjunto de códigos que subsidiam a execução de um programa ou script (Warr; Hangsings, 2009);

Stack: imagem originada do compilado de vários frames;

Ambiente: infraestrutura computacional pré-programada que facilita a execução e desenvolvimento de softwares (Rosinha, 2007);

Platepar: arquivo oriundo do pareamento das estrelas, contendo os respectivos pares ordenados, ao finalizar o procedimento no SkyFit;

**ANEXO A – INSTRUÇÕES PARA RETIRADA DO FILTRO INFRAVEMELHO
(NETWORK, 2024)**

Build the camera itself

Most people think this section is the most fun. Here, you put all the pieces together. If you find something that is not particularly clear, let us know in the forums.

Contents

[Prepare the lens](#)

[Attach the lens to the camera](#)

[Prepare the camera housing](#)

[Attach the camera](#)

[Install the camera in the housing](#)

[Install cooling fans in housing of the Raspberry Pi 4](#)

Prepare the lens

There are two types of lens holders - a holder with a single filter and a holder with an electronic filter drawer.

a. Remove the protective covers from the sensor and the lens.

IMPORTANT: Be careful not to touch the sensor after you remove the cover.

The cameras come with an IR Block filter in the lens holder, but we do not use this filter.

b. If you have a lens with a single filter like the one shown in the first image, unscrew the lens from the holder.

c. With a screwdriver, carefully push the filter out of the lens holder, as shown in the image on the right.



single filter: punch out the filter

NOTE: If you push from the front, the filter may come out intact. If it shatters, make sure to remove all the shards.

Some lenses have an electronic day/night filter drawer and a small cable that plugs into the camera board. Two types of filter holders are shown here.

WARNING: DO NOT try to directly punch out the filter. This action may jam the mechanism or leave shards of glass inside.

d. If your holder is the type with a rectangular sliding drawer, remove the screw on the end and remove the drawer. Then remove the while filter glass entirely.

e. If your holder has a single drawer, remove the three small screws on the top and take off the cover.

f. Remove the clear filter.

You can leave the reddish daylight filter.

g. Reassemble the filter holder, but do not connect the power cable to the camera.

h. Turn the lens holder over to see two plastic nubbins on the underside of the lens holder.

Use wire cutters to snip off the nubbins.

NOTE: You must make the base completely flat.

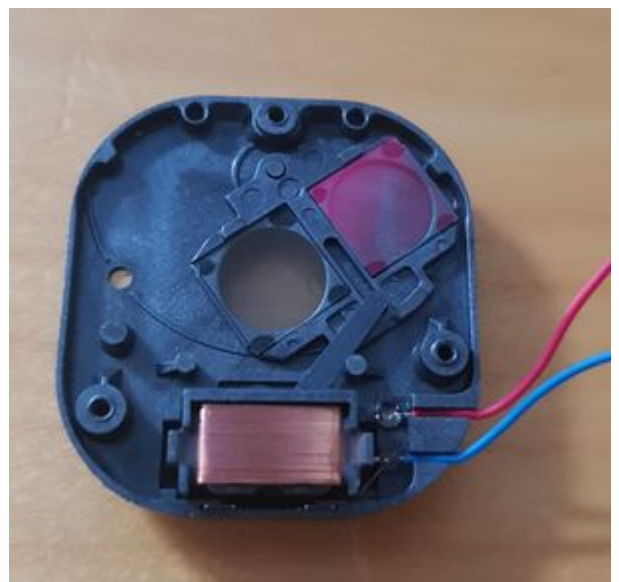
i. Screw the lens back into the lens holder.



Two sorts of lens holder with day/night filters



Sliding type: Remove the filter entirely



Rotating type: Remove just the clear filter

Attach the lens to the camera

APÊNDICE A – INSTALANDO OS PROGRAMAS ANACONDA E GIT NO LINUX MINT:

A.1 INSTALAÇÃO DO ANACONDA

No terminal linux foi executado o seguinte comando (ANACONDA INC., 2023):

```
curl -O https://repo.anaconda.com/archive/Anaconda3-2025.06-0-Linux-  
x86_64.sh  
bash ~/Anaconda3-2025.06-0-Linux-x86_64.sh
```

Após a instalação, o terminal foi fechado para finalizar o processo. em uma nova janela foi executado:

```
source <local/de/download/do/anaconda>/bin/activate conda init --all  
conda init --all
```

A.2 INSTALAÇÃO DO GIT

Para instalar o Git, foi preciso abrir uma janela no terminal linux na qual os seguintes comandos foram executados (GUIDES, 2023):

```
sudo apt-get install git-all
```

E aguardar finalização do processo, assim foi possível usar os comandos do Git.

APÊNDICE B – INSTALAÇÃO DO RMS

Em uma janela do terminal linux, após instalação do Anaconda conforme apêndice 1, foram executados os seguintes comandos para instalar as bibliotecas necessárias e criar o ambiente para o RMS (Vida et al., 2021).

```
conda create -y -n rms -c conda-forge python==3.11.6
conda activate rms
conda install -y -c conda-forge numpy<2.0 scipy gitpython cython
    matplotlib paramiko
conda install -y -c conda-forge numba
conda install -y -c conda-forge pyqt==5.15.10
conda install -y -c conda-forge Pillow pyqtgraph==0.12.3
conda install -y -c conda-forge ephem
conda install -y -c conda-forge imageio pandas
conda install -y -c conda-forge pygobject
conda install -y -c conda-forge opencv
conda install -y -c conda-forge astropy astropy
pip install rawpy<0.22
pip install git+https://github.com/matejak/imreg\_dft@master#egg=
    imreg\_dft>2.0.0
pip install astrometry
conda install -y -c conda-forge gstreamer==1.22.3
conda install -y -c conda-forge gobject-introspection
conda install -y -c conda-forge gst-libav
conda install -y -c conda-forge gst-plugins-bad gst-plugins-base gst-
    plugins-good gst-plugins-ugly
conda install -y -c conda-forge gstreamer==1.22.3
conda install -y -c conda-forge gobject-introspection
conda install -y -c conda-forge gst-libav
conda install -y -c conda-forge gst-plugins-bad gst-plugins-base gst-
    plugins-good gst-plugins-ugly
```

Feito isso, para baixar o RMS foi utilizado na janela do terminal linux:

```
git clone https://github.com/CroatianMeteorNetwork/RMS.git
```

Após download, com o terminal linux foram utilizados os seguintes códigos para instalar o RMS:

```
cd RMS
pip install
```

APÊNDICE C – INSTALAÇÃO DO BIN VIEWER

Para instalar o software bin viewer foi criado um ambiente conda, para isso em uma janela do terminal linux foram executados os seguinte comandos (Vida et al., 2014):

```
conda create --name binviewer python=3
git clone https://github.com/CroatianMeteorNetwork/cmn_binviewer.git
conda activate binviewer
pip install -r cmn_binviewer/requirements.txt
conda activate binviewer
cd cmn_binviewer
conda activate binviewer
python CMN_binViewer.py
```

Sempre que utilizado o Bin Viewer, será necessário seguir os seguintes passos:

1. Abrir uma janela do terminal linux e navegar até a pasta do Bin Viewer com:

```
cd cmn_binviewer
```

2. E, em seguida ativar o ambiente do Bin Viewer:

```
conda activate binviewer
```

3. finalmente, abrir o programa com:

```
python CMN_binViewer.py
```

APÊNDICE D – CRIAÇÃO DA CHAVE SSH PÚBLICA E INSTALAÇÃO DO FILEZILLA

D.1 CRIANDO A CHAVE SSH

Em uma janela do terminal linux foi executado o seguinte comando para instalar o PuTTY, utilizado para criar a chave SSH:

```
sudo apt install putty-gen
```

Terminada a instalação, a janela do terminal foi fechada para salvar o procedimento. Para criar a chave pública SSH, em uma nova janela do terminal foi utilizado:

```
puttygen -t rsa -b 4096 -o .ssh/id_rsa.ppk
```

Com a chave criada, foi localizado o arquivo **id_rsa.ppk**, no diretório **.ssh** do computador. Ao abrir o documento, temos a chave pública da estação, indicada pelo item "Public-Lines", toda a sequência de caracteres foi copiada e enviada por e-mail para a GMN.

Importante ressaltar que a sequência de caracteres abaixo do item "Private-Lines" não deve ser enviado, pois é a chave SSH privada da estação e não pode ser compartilhada.

D.2 INSTALANDO O FILEZILLA

No terminal Linux foi executado:

```
sudo apt install filezilla
```

Terminada a instalação, a janela foi fechada.

Em nova janela do terminal para abrir o FileZilla foi digitado "filezilla" e pressionado enter.

APÊNDICE E – CAPTURAS OBTIDAS PELA ESTAÇÃO BR0017

Figura 27 – Avião Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 09/12/2022 23:20 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 28 – Meteoro capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 10/12/2022 02:49 UTC



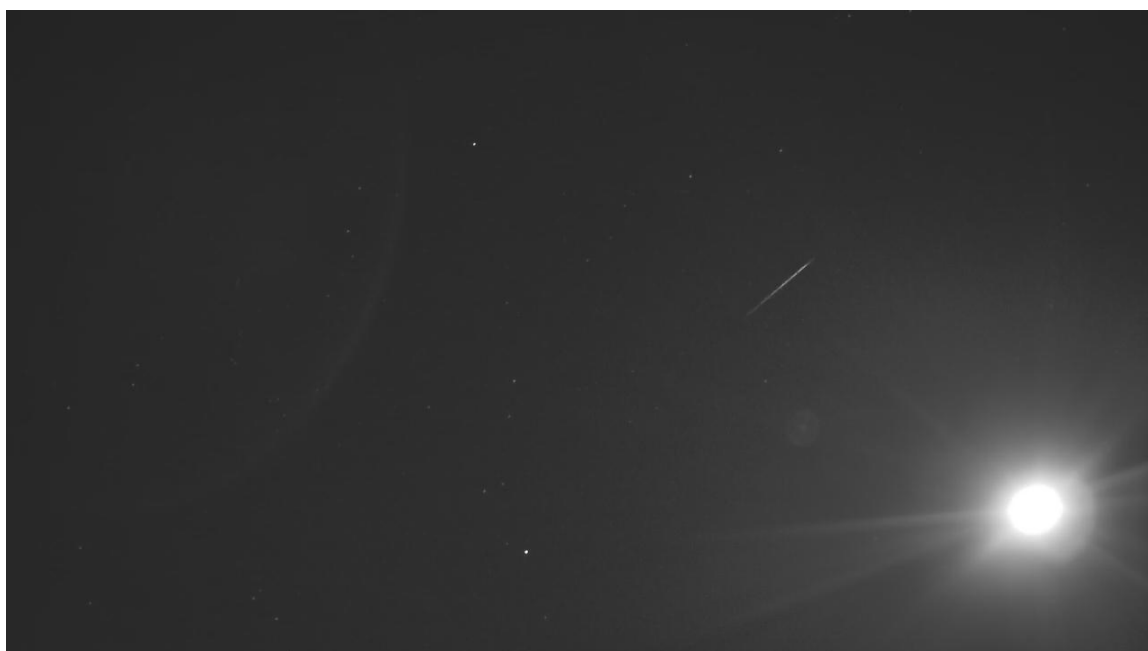
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 29 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 25/12/2022 06:58 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 30 – Meteoro e Lua Capturados pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 10/09/2025 07:09 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 31 – Satélite Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 23/10/2025 22:38 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 32 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 23/10/2025 23:03 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 33 – Meteoros Capturados pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 23/10/2025 23:16 UTC



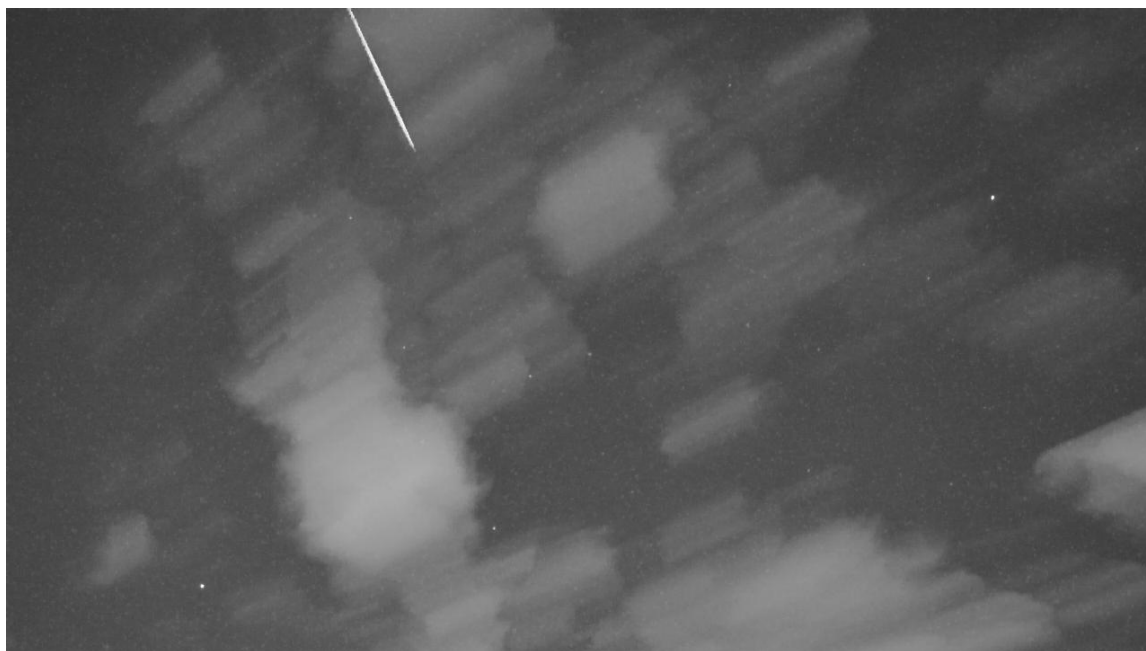
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 34 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 01:22 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 35 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:04 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 36 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:13 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 37 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:20 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 38 – Meteoro e Satélite Capturados pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 06:52 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 39 – Meteoro Capturado pela Estação BR0017 - Guaratinguetá - 24/10/2025 23:26 UTC



Fonte: elaborado pela autora.

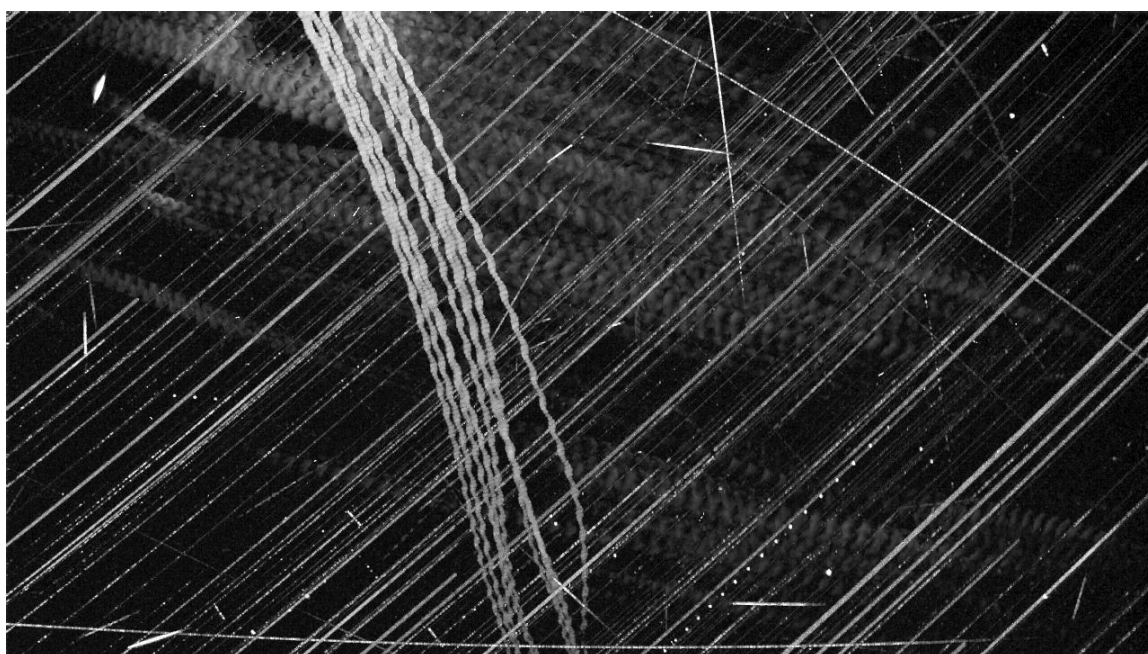
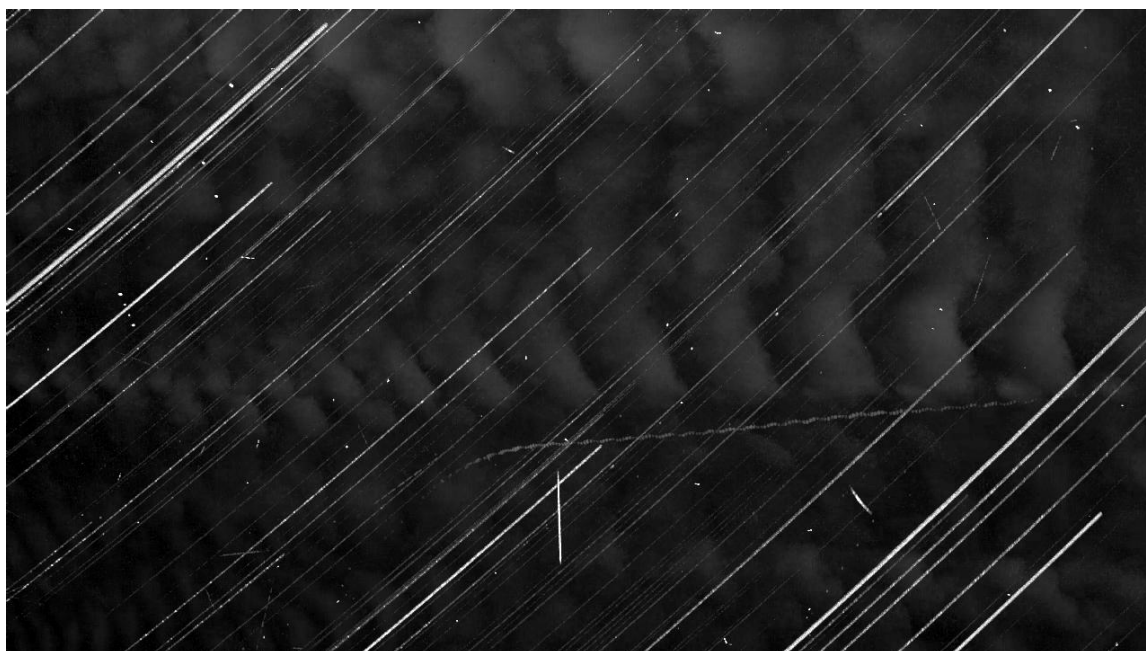


Figura 40 – *Stack* das Capturas Realizadas no Dia 29/09/2025 pela Estação BR0017

Figura 41 – *Stack* das Capturas Realizadas no Dia 15/09/2025 pela Estação BR0017



Fonte: elaborado pela autora.