

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

EDUARDO PAGANELLI

ASTRONOMIA E ESPECTROSCOPIA: USO DE RECURSO EXPERIMENTAL
PARA O ENSINO DE FÍSICA

Jaraguá do Sul

2022

EDUARDO PAGANELLI

ASTRONOMIA E ESPECTROSCOPIA: USO DE RECURSO EXPERIMENTAL
PARA O ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Licenciatura em
Física.

Orientador: Luiz Fernando Macedo
Morescki Jr.

Jaraguá do Sul

2022

EDUARDO PAGANELLI

ASTRONOMIA E ESPECTROSCOPIA: USO DE RECURSO EXPERIMENTAL
PARA O ENSINO DE FÍSICA

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

Jaraguá do Sul, 23 de Novembro de 2022.

Prof. Luiz Fernando Macedo Morescki Jr., Dr
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Antônio Carlos Patrocínio Jr., Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Eduardo Deodoro Rodrigues, Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao final de mais essa etapa de trabalho, alguns agradecimentos são essenciais. Agradeço:

Primeiramente aos meus pais, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Luiz Fernando Macedo Morescki Jr., por toda a atenção dedicada, por acreditar que seria possível atingir as metas desenhadas para alcançar os objetivos deste trabalho, pelas correções e por toda a paciência que teve nesse período de desenvolvimento.

Aos professores da banca examinadora, Me. Antônio Carlos Patrocínio Jr. e Me. Carlos Eduardo Deodoro Rodrigues, pelas contribuições tecidas ao trabalho e que contribuíram para o meu crescimento enquanto pesquisador, professor e aprendiz.

À minha querida namorada, sou muito grato por seu apoio e amor, sem você este TCC não teria chegado ao fim. Obrigado por sua gentileza e compreensão mesmo com minha ausência em diferentes momentos.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Por fim, ao IFSC Campus Jaraguá do Sul - Centro, por todo o suporte e disponibilização de recursos e maquinários para a confecção de um protótipo funcional, além da oportunidade de estudar numa instituição de ensino público, gratuito e de QUALIDADE.

“Estamos todos conectados. Uns aos outros, biologicamente. À Terra, quimicamente. Ao resto do Universo, atomicamente.” (Neil deGrasse Tyson)

RESUMO

Imersos em uma sociedade dependente da tecnologia, vivemos momentos de grandes descobertas. Recentemente, o início das operações do Telescópio Espacial James Webb angariou uma quantidade de dados que irão desafiar cientistas pelos

próximos anos. Um desses resultados foi a descoberta de água na atmosfera de um exoplaneta, o Wasp-96b, através da espectroscopia. Para tanto, a utilização de um recurso experimental para o estudo da espectroscopia voltado para a astronomia remonta a necessidade de atividades integradoras e que possibilitam o estudo de temas contemporâneos, além de proporcionar uma relação direta entre os estudos e o cotidiano do estudante. Apesar de existir uma fragmentação nas propostas curriculares de ensino, a Astronomia traz um viés que fomenta um trabalho conjunto entre as demais propostas curriculares. Com um recurso experimental de fácil construção e com uma boa aplicação nos estudos da espectroscopia, seria possível identificar no espectro de uma estrela, alguma linha de absorção do Hidrogênio? Este trabalho tem por objetivo construir um espectroscópio para a observação de espectros de absorção das estrelas, assim como fomentar possíveis aplicações. Os resultados obtidos discutem sobre como podemos inserir a Astronomia dentro do estudo da espectroscopia, assim como possíveis aplicações deste recurso, de modo a melhor explorar o recurso proposto.

Palavras-Chave: Astronomia, Espectroscopia, Ensino Médio.

ABSTRACT

Immersed in a society dependent on technology, we live in moments of great discoveries. Recently, the start-up of the James Webb Space Telescope has gathered an amount of data that will challenge scientists for years to come. One such result was the discovery of water in the atmosphere of an exoplanet, Wasp-96b, through spectroscopy. Therefore, the use of an experimental resource for the study of spectroscopy focused on astronomy goes back to the need for integrative activities that allow the study of contemporary themes, in addition to providing a direct relationship between studies and the student's daily life. Although there is a fragmentation in the teaching curricular proposals, Astronomy brings a bias that encourages joint work among the other curricular proposals. With an experimental resource of easy construction and with a good application in spectroscopy studies, would it be possible to identify in the spectrum of a star, some line of Hydrogen absorption? This work aims to build a spectroscope for the observation of absorption spectra of stars, as well as to promote possible applications. The results obtained discuss how we can insert Astronomy into the study of spectroscopy, as well as possible applications of this resource, in order to better explore the proposed resource.

Keywords: Astronomy, Spectroscopy, High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação do Espectro Eletromagnético.....	13
---	----

Figura 2 -	Representação da emissão e absorção do espectro.....	15
Figura 3 -	Representação do Experimento de Thomas Young.....	16
Figura 4 -	Modelo renderizado.....	19
Figura 5 -	Modelo Espectroscópio adaptado com o encaixe tubular e tampas.....	19
Figura 6 -	Suporte para webcam, rede de difração e a tampa do espectroscópio.....	20
Figura 7 -	Espectroscópio impresso.....	20
Figura 8 -	Webcam desmontada.....	21
Figura 9 -	Disposição da Webcam, Rede de Difração e Lente.....	21
Figura 10 -	Tela principal do SharpCap.....	22
Figura 11 -	Interface do AutoStakkert.....	23
Figura 12 -	Frame da captura de vídeo.....	24
Figura 13 -	Espectro de luz da estrela Alpha Centauri.....	25
Figura 14 -	Tela do software Spectragryph.....	25
Figura 15 -	Gráfico gerado pelo Spectragryph.....	26
Figura 16 -	Gráfico de intensidade da estrela Alpha Centauri.....	27
Figura 17 -	Possíveis linhas de absorção do Hidrogênio da estrela Alpha Centauri.....	28
Figura 18 -	Comparativo entre o espectro obtido com o espectro do Hidrogênio.....	29
Figura 19 -	Espectro da estrela Sirius.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

EM - Ensino Médio

FMC – Física Moderna Contemporânea

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
2.1 REDE DE DIFRAÇÃO	15
2.2 EXPERIMENTAÇÃO E INTERDISCIPLINARIDADE	16
3 METODOLOGIA	18
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICE A - MANUAL DE CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO	36

1 INTRODUÇÃO

Existe um determinado fascínio pela construção do que conhecemos como ciência. Aspectos como a descoberta sobre a constituição das estrelas, suas temperaturas e densidades puderam ser definidos com o auxílio da espectroscopia, ramo da Física que estuda a luz através das suas cores componentes (FILHO e SARAIVA, 2013). O estudo da espectroscopia está inserido na FMC, sendo dificilmente abordado em sala de aula. Uma das maneiras de inserir esse conteúdo seria através do ensino da Astronomia, presente na BNCC.

O estudo da Astronomia no ensino médio pode ser facilmente aplicado em vários aspectos na matriz curricular das Ciências da Natureza. De acordo com a BNCC (BRASIL, 2018), é proposto um aprofundamento conceitual nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Para tal, podem ser abordados diversos conhecimentos para entender a vida e sua diversidade de formas e níveis para atribuir alguma importância à natureza e seus recursos, reconhecendo a previsibilidade dos fenômenos e dos limites que a ciência tem em suas explicações e do próprio conhecimento científico. Desta forma, a Astronomia detém um grande potencial interdisciplinar. De acordo com Camargo e Camargo:

A interdisciplinaridade da Astronomia se mostra em sua importância não apenas no estudo da História, Geografia, Antropologia e Física Clássica como também no estudo de tópicos recentes de Física de Fronteira como estudos em energia, Física Quântica e Partículas Elementares (CAMARGO E CAMARGO, 2011, p.2)

Com isso a Astronomia possui um caráter interdisciplinar que atende a proposta da BNCC, permitindo que o aluno tenha uma visão menos fragmentada da ciência, assim como uma determinada importância no letramento científico do estudante (SALCIDES; PRATA, 2011). Conforme o documento oficial da BNCC:

Decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem; (BRASIL, 2018)

Além disso, o uso de recursos experimentais pode despertar nos estudantes um maior interesse na ciência de maneira significativa (CAVALCANTE e BENEDETTO, 1999). Ensinando a Física através da Astronomia, com o uso de um recurso experimental, pode retornar pontos positivos no desenvolvimento do estudante.

Outro ponto está relacionado à FMC, que é pouco explorada no Ensino Médio, muitas vezes inalcançável no planejamento didático do professor. A espectroscopia, objeto de estudo deste presente trabalho, está presente entre estes conteúdos pouco abordados. Existem vários métodos para identificar algum tipo de material, desde as mais singelas até as mais refinadas tecnologicamente. Através de medidas do espectro de absorção ou emissão de radiação pela matéria (espectroscopia) é possível elaborar modelos e conhecer as estruturas atômicas que formam os materiais (LEITE; PRADO, 2012). Com isso, cada material possui uma assinatura única, através do seu espectro eletromagnético. Graças ao estudo da espectroscopia, foi possível identificar quais são as substâncias que compõem as estrelas e planetas (inclusive sua atmosfera), por exemplo. De tal maneira, uma das formas de introduzir a FMC seria através do ensino da Astronomia. Conforme Silva & Moraes (2015), dentre as propostas concretas de inserção de FMC no EM encontram-se aquelas que buscam promover a relação da Física com outras áreas do conhecimento.

Para possibilitar a inserção deste conteúdo de forma tangível para docentes e discentes, o uso de recursos experimentais atrelados ao ensino da espectroscopia e da Astronomia podem enriquecer a abordagem do conhecimento científico. Essa experimentação no ensino de Física vem justamente para relacionar os fenômenos observados com os conceitos inseridos, onde os alunos com caráter investigativo tem seus métodos de atuar sobre determinado fenômeno, o que torna a experimentação parte integrante do processo de ensino-aprendizagem em Física, em que o aluno deve ter a liberdade de expor seus conhecimentos de forma experimental ou através de registros dos fenômenos observados. (PACHECO, 1997).

Entendendo a importância das aplicações científicas e industriais da espectroscopia, tenho como objetivo a construção e desenvolvimento de um espectroscópio construído com materiais de fácil acesso, para o estudo de espectros das estrelas, como proposta para o ensino de Física Contemporânea.

Os objetivos específicos podem ser sintetizados em:

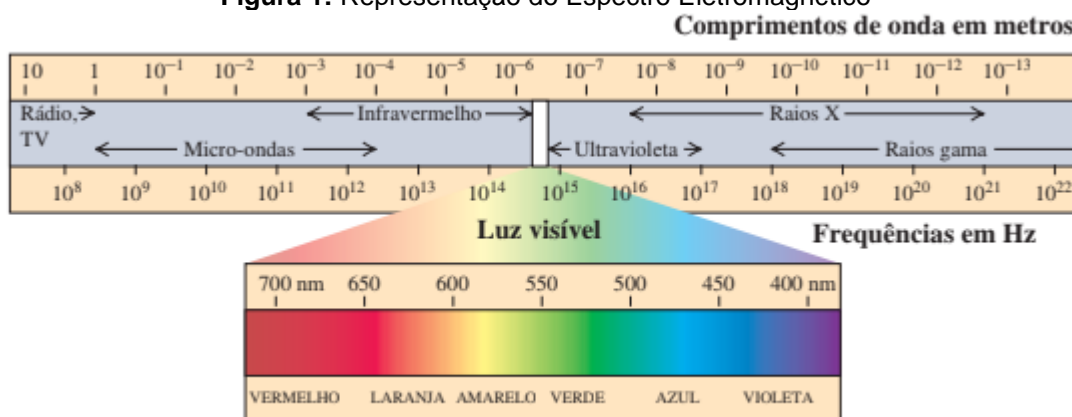
- Construir um espectroscópio didático com materiais de fácil acesso;
- Gerar gráficos de intensidades a partir da decomposição da luz pela rede de difração, com a utilização de software gratuito;
- Desenvolver um manual para construção e aplicação do experimento.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Podemos dizer que a espectroscopia é, basicamente, o estudo da luz através de experimentos com seu espectro que se preocupam com a absorção, emissão ou espalhamento da radiação eletromagnética por átomos ou moléculas (HOLLAS, 2003). Outro ponto está na análise espectral de corpos celestes, na qual é um dos mais importantes métodos para aprender sobre essas fontes, sendo que uma fração do tempo de uso dos telescópios é destinado para aquisição de dados espectrais (SCHROEDER, 1987).

A decomposição do espectro da luz foi caracterizada inicialmente por Isaac Newton em meados de 1672, com o famoso experimento utilizando um prisma, distinguindo as cores que compõem o espectro visível da luz. Por volta de 1800, o astrônomo inglês William Herschel identificou uma radiação invisível, próximo ao vermelho a qual denominou de *infravermelho*. Já em 1801, o físico alemão Johann Wilhelm Ritter e o químico inglês William Hyde Wollaston notaram no espectro da luz solar uma radiação mais energética além da faixa do violeta, a qual foi denominada ultravioleta. (SANTANA e SANTOS, 2017). A luz visível, o infravermelho e o ultravioleta pertencem ao que é conhecido como espectro de radiação eletromagnética. Este espectro é um composto por ondas eletromagnéticas diversas, variando as frequências.

Figura 1: Representação do Espectro Eletromagnético



Fonte: Young, Hugh D.(2016)

Estudos posteriores de Wollaston identificaram algumas lacunas no espectro da luz do sol, o que conduziu à descoberta da composição do Sol. De acordo com Santana e Santos (2017), o estudo destas linhas escuras foi ampliado por um

construtor de instrumentos ópticos, o alemão J. Fraunhofer. Por volta de 1814 ele já havia identificado mais de 500 linhas escuras no espectro da luz solar, chamadas posteriormente de *linhas de Fraunhofer*. Conforme Filho e Saraiva (2013), para 324 linhas, Fraunhofer deu o nome de letras maiúsculas: A, B, C ... para as linhas mais fortes e minúsculas para as mais fracas, começando com A no vermelho. Informações como densidade, temperatura e composições das estrelas são obtidas através de seus espectros.

Além disso, em meados de 1860 o químico alemão Robert Wilhelm Bunsen e o físico Gustav Robert Kirchhoff desenvolveram um espectroscópio com um prisma integrado, iniciando assim a identificação das linhas obtidas com os elementos químicos. Desta forma, as primeiras aplicações foram voltadas à observação de espectros de emissão provenientes de amostras em uma chama, que deu origem ao teste de chama (HOLLAS, 2003).

Entre os estudos realizados por Fraunhofer com o espectro solar e os de Bunsen com os elementos químicos, uma das diferenças estava no tipo em que se apresentavam essas linhas; para Fraunhofer elas eram escuras e para Bunsen, brilhantes. Conforme Filho e Saraiva (2013):

Kirchhoff queria confirmar que as linhas escuras D descobertas por Fraunhofer eram linhas de sódio. Para isso, ele passou a luz do Sol através de uma chama de sódio, esperando que as linhas do sódio preenchessem as linhas escuras do Sol. Para a sua surpresa, as linhas D ficavam mais fortes, mais escuras. Ele, então, substituiu o Sol por um sólido quente. A luz do sólido que passava pela chama apresentava as mesmas linhas escuras do Sol, na posição das linhas de sódio. Ele, então, concluiu que o Sol era um gás ou sólido quente, envolto por um gás mais frio. Essas camadas mais frias produziam as linhas escuras do Sol. (FILHO e SARAIVA, 2013, p.218)

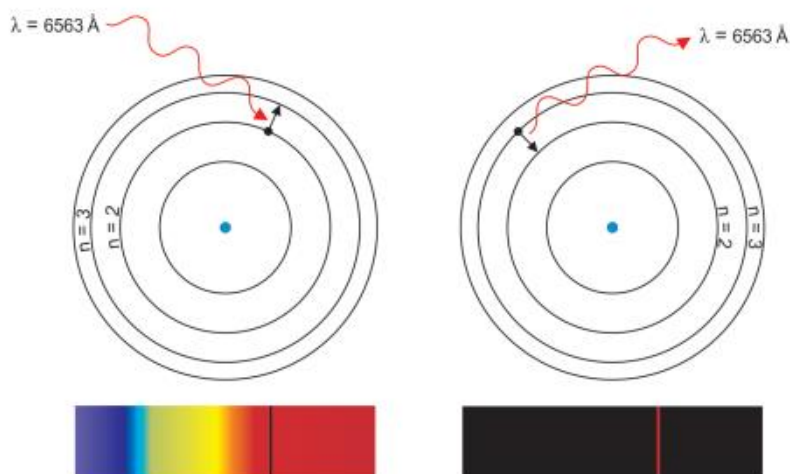
Os experimentos de Kirchhoff, Bunsen e Fraunhofer culminaram em três leis práticas da espectroscopia, determinando assim, a composição dos elementos químicos misturados. Conforme Leite & Prado (2012), como o espectro de emissão/absorção possui um padrão único, podemos utilizar os espectros de emissão/absorção de uma substância para identificar e quantificar os diferentes elementos químicos nela presentes, como se fosse uma impressão digital do elemento. Estas três leis são:

- **Espectro contínuo:** É emitido por um corpo opaco quente, que seja sólido, líquido ou gasoso. Como exemplo, temos o filamento de uma lâmpada incandescente.

- **Espectro de emissão:** Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes. O número e a posição (coloração) destas linhas depende dos elementos químicos presentes no gás. Exemplo, uma lâmpada fluorescente.
- **Espectro de absorção:** Se um espectro contínuo passar por um gás com temperatura mais baixa, o gás frio determina a presença de linhas escuras. O número e a posição destas linhas depende dos elementos químicos presentes no gás. Podemos citar como exemplo, o próprio Sol.

Conforme Filho e Saraiva (2013), quando um elétron absorve um fóton com uma determinada energia que seja suficiente para que ocorra uma mudança para um nível superior da eletrosfera, então é formada uma linha de absorção com o comprimento de onda referente ao fóton absorvido. Agora, quando o átomo emite um fóton, deslocando-se para um nível inferior, é formada uma linha de emissão com o mesmo comprimento de onda, conforme a figura 2.

Figura 2: Representação da emissão e absorção do espectro



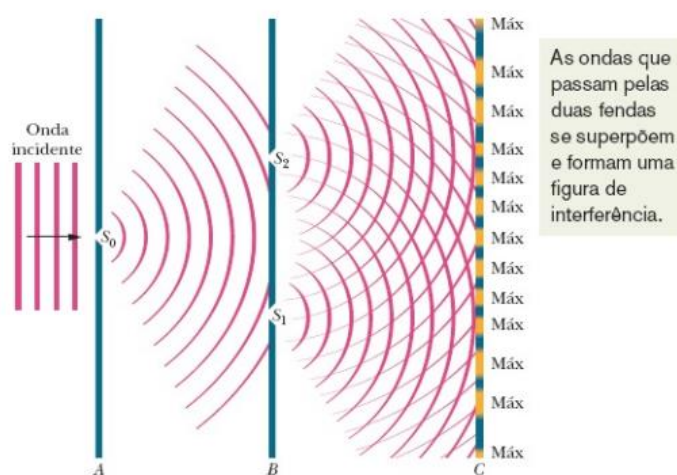
Fonte: Filho, Saraiva(2013)

Importante enfatizar que a Figura 2 não representa a escala real do modelo atômico.

2.1 REDE DE DIFRAÇÃO

Uma rede de difração provém de um material geralmente transparente, na qual ocorre a dispersão da luz. De acordo com Halliday e Resnick (2016), a rede de difração é um dos instrumentos mais utilizados para o estudo da luz e de objetos que emitem ou absorvem a luz. Este instrumento é semelhante ao experimento da fenda dupla desenvolvido por Thomas Young em 1802 (figura 3), na qual ele quis demonstrar que a luz sofre interferência, assim como qualquer tipo de onda, porém com um número de fendas superior, muitas vezes alcançando a marca de milhares de fendas ou ranhuras por milímetro.

Figura 3: Representação do Experimento de Thomas Young



Fonte: Halliday, Resnick(2016)

Quando um feixe de luz monocromática atinge essas ranhuras da rede de difração, surgem como resultado as franjas de interferência. Através destas franjas, é possível analisar para determinar o comprimento de onda da luz. Para calcular a posição angular dos máximos produzidos pela rede, utilizamos a seguinte equação:

$$d \operatorname{sen}\theta = m\lambda, \text{ para } m = 0, 1, 2, \dots$$

Conforme Halliday e Resnick (2016), a distância d é o espaçamento entre as ranhuras da rede, denominadas de espaçamento da rede. Como possui várias ranhuras por mm, podemos calcular a distância $d = W/N$, onde W é a largura e N é a quantidade de ranhuras

2.2 EXPERIMENTAÇÃO E INTERDISCIPLINARIDADE

A utilização de recursos didático-pedagógicos é de grande importância no ensino de ciências, sendo um assunto recorrente tanto em publicações acadêmicas, como em sala de aula, despertando no aluno interesse pelo assunto abordado de forma diferente das explicações tradicionais.

Este processo de ensino aprendizagem dos alunos com a experimentação é vista como um desafio pelos professores. Diante disso, é visto que uma das maiores dificuldades dos professores está na carência de materiais, carga horária de trabalho limitada e a má remuneração, que os desestimula no planejamento das aulas. Outra dificuldade está em obter conexões entre os assuntos anteriores com os recém apresentados aos discentes, ocorrendo um processo de aprendizagem fragmentado, tornando-se um problema para a compreensão dos assuntos propostos. (BINSFELD; AUTH, 2011).

A experimentação possui como objetivo verificar os assuntos já abordados, que segundo Demczuk (2007), é atrativa aos alunos já que modifica conceitos superficiais para conceitos mais sofisticados, concluindo em um estímulo maior para os alunos. Considerando que o conteúdo é compreendido a partir do ponto de vista do estudante, autores como Piaget e Vygostsky defendem a ideia de que a criança aprende por meio de estímulos do ambiente e cresce a partir de atividades com certo nível de complexidade. (SILVA et.al, 2016).

A partir da experimentação podemos obter uma interdisciplinaridade no ensino de Física, Química e Biologia, que ainda é um assunto que apresenta dificuldades no meio educacional. Com os conteúdos cada vez mais fragmentados e formando novas particularidades, se torna difícil obter uma união entre as diversas áreas, em que a interdisciplinaridade só irá acontecer a partir da organização das disciplinas tornando-as apenas uma com diversos assuntos relacionados. (MACHADO, 2006).

A interdisciplinaridade em um âmbito geral, além de proporcionar esta relação entre as disciplinas, irá contribuir para auxiliar no entendimento de fenômenos que ocorrem no cotidiano do estudante. Thiesen ainda afirma que:

O enfoque interdisciplinar aproxima o sujeito de sua realidade mais ampla, auxilia os aprendizes na compreensão das complexas redes conceituais, possibilita maior significado e sentido aos conteúdos da aprendizagem, permitindo uma formação mais consistente e responsável. (THIESEN, Juarez da Silva. 2008, p. 8).

Portanto, para que ocorra de fato a interdisciplinaridade, é necessário que exista um comprometimento por parte dos educadores, tendo uma visão ampla e integradora diante das disciplinas e que mesmo sendo formado em uma área, isto não é suficiente para este processo de ensino. Portanto, a interdisciplinaridade vem como um novo modelo educacional, contemplando experiências subjetivas. (OTTONI; CARMO, 2015).

Pensando de maneira interdisciplinar e experimental, podemos entender a importância que se possui de trazer novas didáticas para a sala de aula. Nesse contexto, o ensino de Astronomia abre as portas da interdisciplinaridade, abordando diversos conteúdos relacionados à Física, Química e Biologia, além da própria Física contemporânea, no qual a espectroscopia está inserida. O texto da Base Nacional Comum Curricular nos apresenta, na área de Ciências da Natureza, entre os seus objetivos na qual o estudante forme competências e habilidades ligadas aos conceitos das tecnologias modernas e de que forma o estudante pode reconhecer os fenômenos relacionados e, de maneira concomitante, conhecer como se desenvolveram as tecnologias atuais. (BRASIL, 2018)

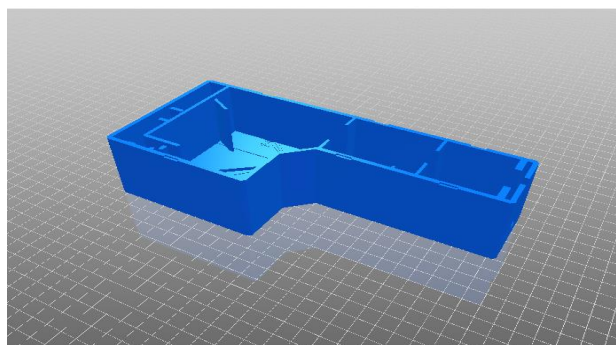
3 METODOLOGIA

A dinâmica deste projeto consistiu na construção e desenvolvimento de um espectroscópio para o estudo de estrelas. A construção do recurso experimental foi dividido em três etapas:

1. Adaptar o acoplamento para telescópio e com o uso de uma impressora 3D, imprimir a estrutura do espectroscópio;
2. Prender a webcam e a rede de difração na estrutura;
3. Acoplar ao telescópio e realizar a coleta de dados.

A primeira parte consistiu na adaptação do recurso. O modelo do espectroscópio utilizado foi desenvolvido por Tillmann Krauss e está disponível para download no site Thingiverse. A figura 4 indica o modelo de espectroscópio a ser utilizado.

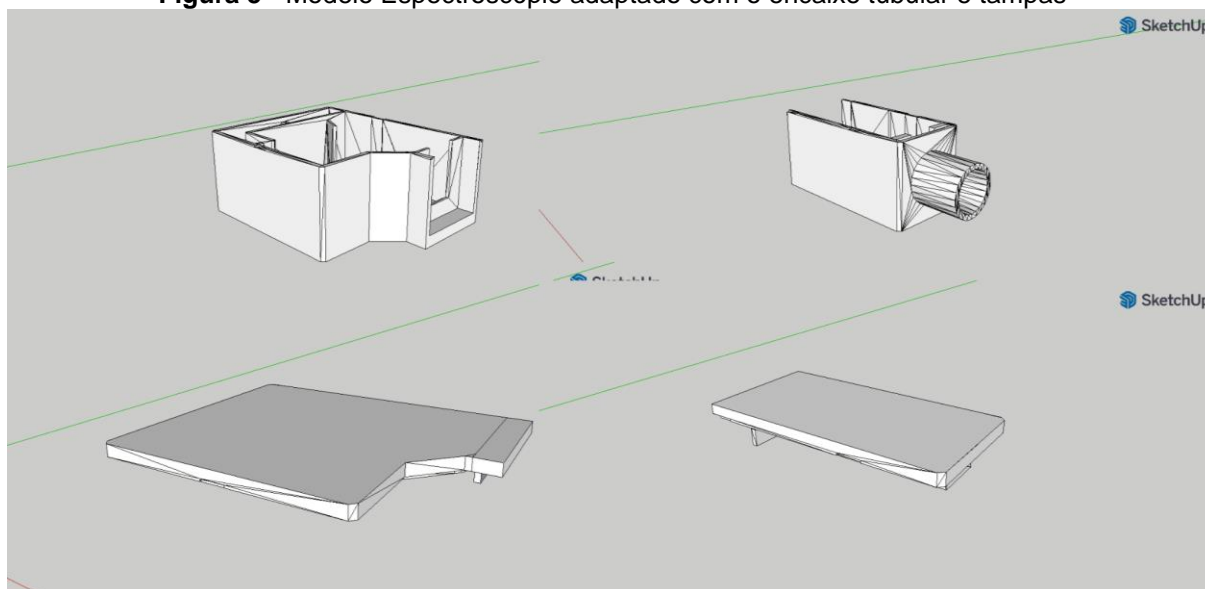
Figura 4 - Modelo renderizado



Fonte: Site Thingiverse¹

Houve a necessidade de adaptação do recurso para o telescópio. Assim, foi projetado um encaixe tubular de 1,25 polegadas de diâmetro e com aproximadamente 30mm de comprimento conforme a figura 5, com o intuito de acoplar ao telescópio. Com isso, o espectroscópio assume o papel de ocular no telescópio. Por existir uma limitação na área de impressão de 200mm x 200mm, o corpo do dispositivo de adaptação precisou ser editado e dividido em duas partes. Além do corpo, a tampa também foi editada sob a mesma justificativa.

Figura 5 - Modelo Espectroscópio adaptado com o encaixe tubular e tampas



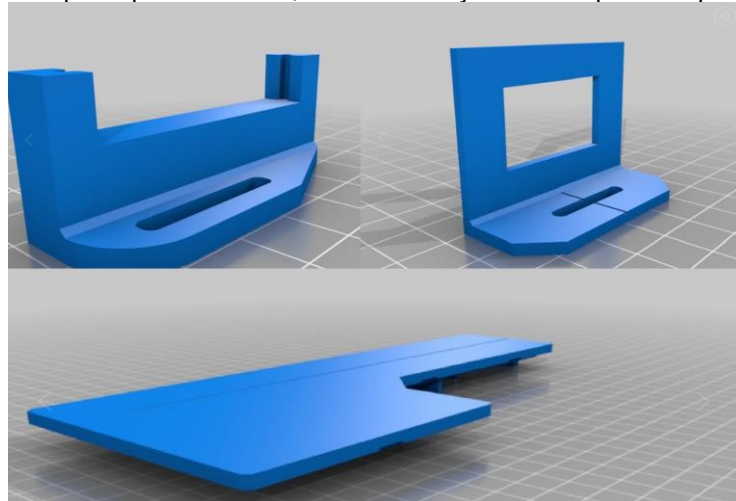
Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Com a adaptação feita, o próximo passo foi a impressão do corpo do espectroscópio e de seus componentes. Conforme o arquivo disponibilizado no site Thingiverse, além do corpo e da tampa, foram impressos também o suporte para a

¹ Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:3351995>> Acesso em: 25 junho 2022

webcam e para a rede de difração, como pode ser visto na figura 6. Para tal, o IFSC Câmpus de Jaraguá do Sul possui todo o equipamento necessário para a confecção do dispositivo.

Figura 6 - Suporte para webcam, rede de difração e a tampa do espectroscópio



Fonte: Site Thingiverse²

Com todas as peças impressas, realizou-se a junção das metades do corpo com o auxílio de uma cola instantânea e assumindo a forma da figura 7. Posteriormente, utilizou-se tinta spray na cor preta, para reduzir qualquer tipo de reflexo que as paredes internas possam causar.

Figura 7 - Espectroscópio impresso



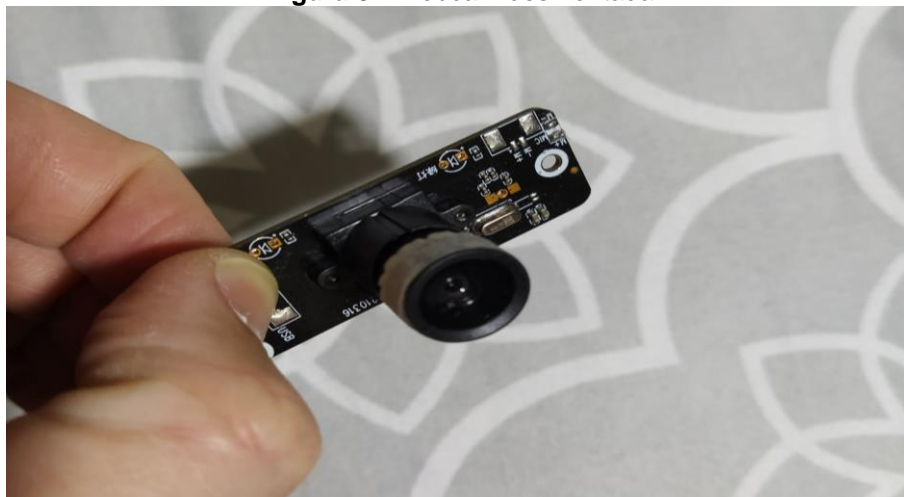
Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Para capturar as imagens, se fez uso de uma webcam com qualidade HD, na qual somente a parte eletrônica foi aproveitada, conforme a figura 8. Além disso, utilizou-se uma rede de difração de 1000 linhas/mm, disposta entre a webcam e uma

² Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:3351995>> Acesso em: 25 junho 2022

lente com 100mm de ponto focal, conforme a figura 9. Tornou-se necessário a utilização dessa lente, para contribuir com o ajuste focal no foco do conjunto webcam-telescópio.

Figura 8 - Webcam desmontada



Fonte: Elaborado pelo autor

Com todas as peças preparadas, iniciou-se o processo para montar todo o aparato experimental. A webcam foi acoplada no seu suporte, assim como a rede de difração. Para fixar os dois suportes no corpo do espectroscópio, foram utilizados dois parafusos Allen M3 x 10mm, acompanhados de duas arruelas e porcas. A lente foi encaixada na parte frontal interna, antes da rede de difração (figura 9).

Figura 9 - Disposição da Webcam, Rede de Difração e Lente

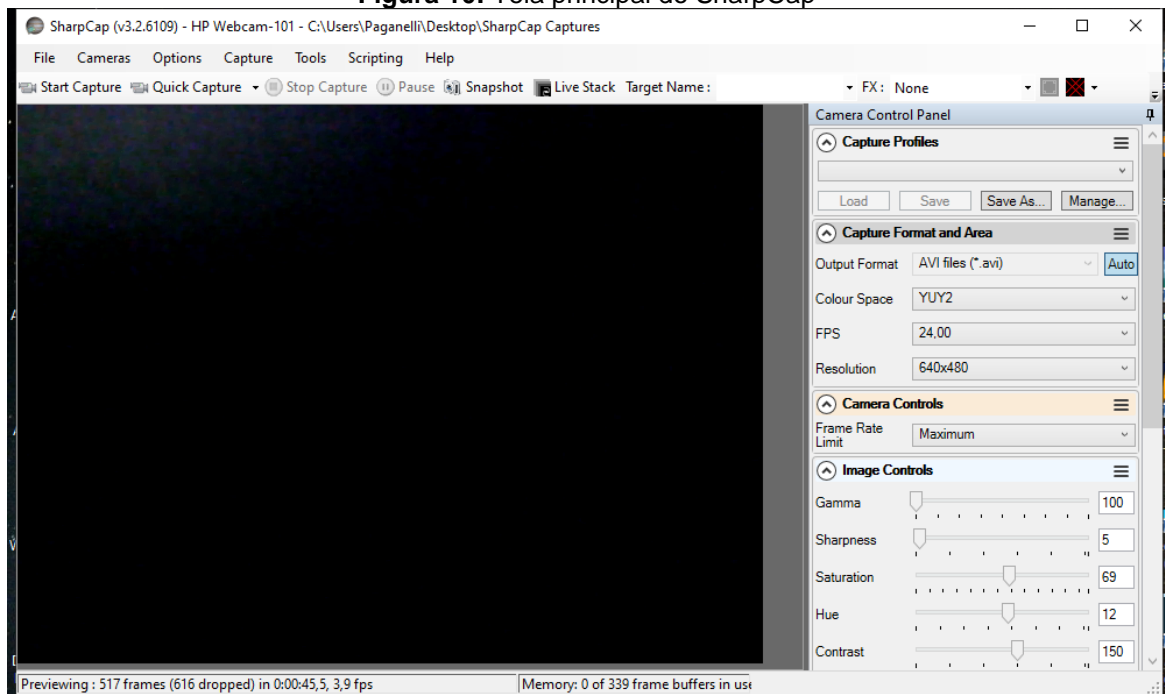


Fonte: Elaborado pelo autor

Para coletar os dados, o aparato experimental foi acoplado em um telescópio do tipo Schmidt-Cassegrain de 203mm de abertura, de tal modo que a primeira coleta de dados possa acontecer. A estrela escolhida para os testes foi a Alpha Centauri, estrela esta que pertence à constelação do Centauro. Existem outras estrelas com uma intensidade de brilho maior porém, em setembro, quando foram realizados os testes, era a estrela com o maior brilho disponível.

Como a intensidade luminosa da estrela é relativamente fraca para a captura do sensor da webcam, lançou-se mão de algumas outras técnicas utilizadas na astrofotografia. Importante ressaltar que os softwares utilizados para a aquisição e tratamento dos dados são gratuitos. Com a utilização do software SharpCap (Figura 10), foram registrados aproximadamente 900 quadros de vídeo na qual foram posteriormente empilhados³ para obter um melhor resultado. Além disso, é possível alterar algumas configurações da webcam, tais como brilho, resolução da imagem e saturação. Segundo Gorges Neto et al. (2022), os softwares utilizados para o processo de empilhamento são simples e não necessitam de conhecimento prévio.

Figura 10: Tela principal do SharpCap

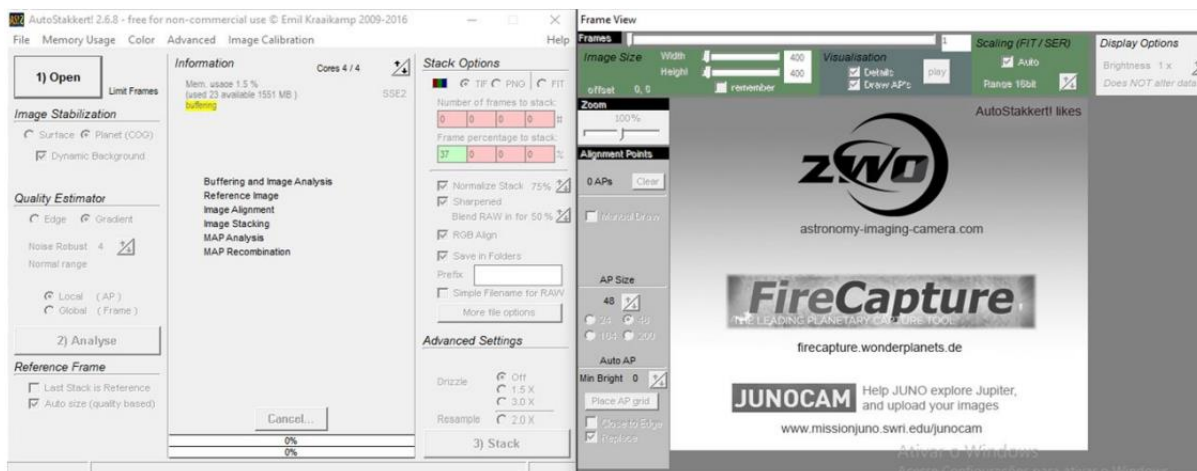


Fonte: Elaborado pelo Autor

³ Maiores informações em <https://periodicos.ufes.br/astrofotografia/article/view/36834>

Utilizando o processo de empilhamento de imagens, é possível obter um nível de detalhamento da imagem muito superior, ao invés de um único frame. Para tal processamento, o software AutoStakker (Figura 11) será empregado para desempenhar o papel de empilhar os quadros. Segundo Emil Kraaikamp (2016), desenvolvedor do AutoStakker, o software utiliza os quadros mais nítidos de um vídeo e os combina em uma única imagem, reduzindo assim a distorção atmosférica.

Figura 11: Interface do AutoStakker



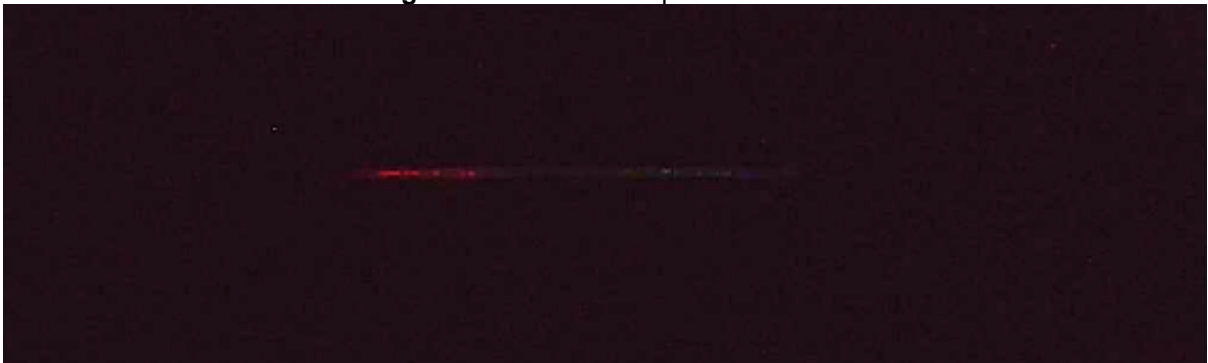
Fonte: Gorges Neto et. al (2021)

Como resultado, temos uma imagem mais nítida e, com algumas correções de brilho, saturação e intensidade de cores, podemos extrair detalhes a mais. Para tal edição, recomenda-se utilizar o Gimp, Adobe Photoshop ou Adobe Lightroom. Vale ressaltar que estes dois últimos são pagos e o primeiro é gratuito.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A proposta inicial era de utilizar o software Theremino Spectrometer para coletar e analisar os dados da estrela em questão. Porém, para registrar uma estrela existe a necessidade de possuir um sensor CMOS ou CCD muito sensível, de modo que a intensidade luminosa de uma estrela possa ser compensada. Para contornar esse desafio, optou-se pelo uso de técnicas de empilhamento de imagens através do registro de um vídeo. Na figura 12 podemos observar com dificuldade, o espectro de luz da estrela Alpha Centauri, objeto de estudo deste trabalho. Alpha Centauri é uma estrela pertencente à constelação do Centauro, além de ser a estrela mais próxima do Sol, a 4,37 anos-luz de distância e a sua magnitude (brilho) é de 0.14. Só como comparativo, quanto maior o número, menor será seu brilho.

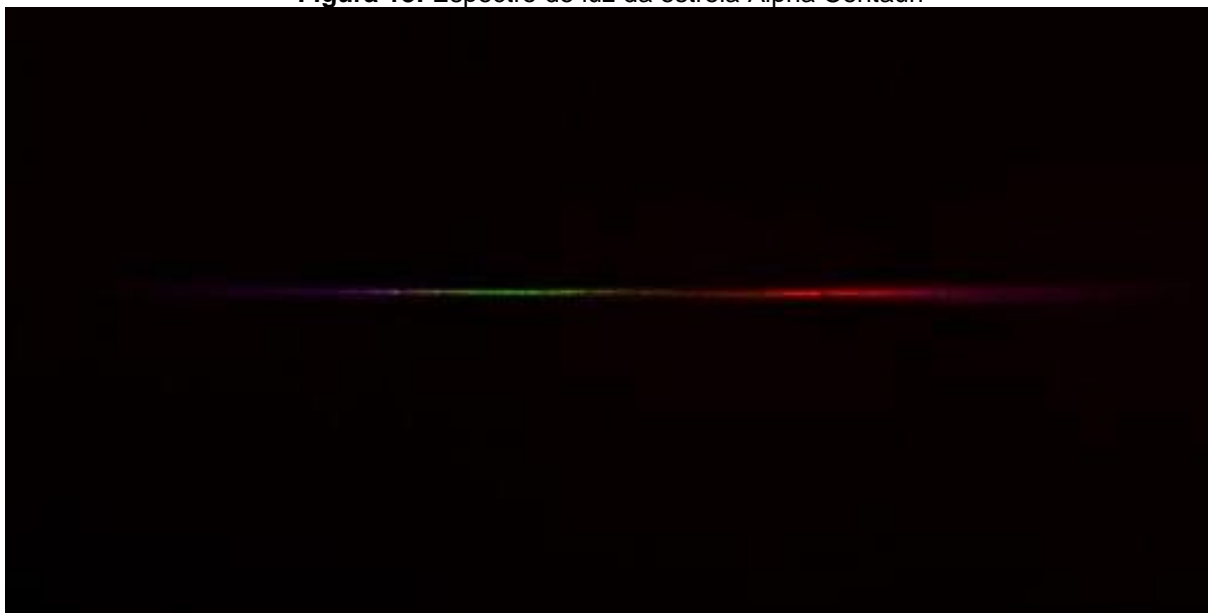
Figura 12: Frame da captura de vídeo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Devido à limitação de sensibilidade em relação à captura de luz da webcam, foi necessário a utilização do software Autostakkert para empilhar os frames (quadros) registrados pela webcam. Conforme Gorges Neto et al (2022), o Autostakkert possibilita a extração dos frames mais nítidos do vídeo e combina em uma única imagem minimizando qualquer distorção que possa ocorrer devido à atmosfera. A imagem resultante é submetida a um processamento de imagem, de modo a extrair com mais detalhes, características como por exemplo, as linhas de absorção do espectro estudado. Como resultado desse processamento, temos algumas linhas bem definidas, conforme a figura 13.

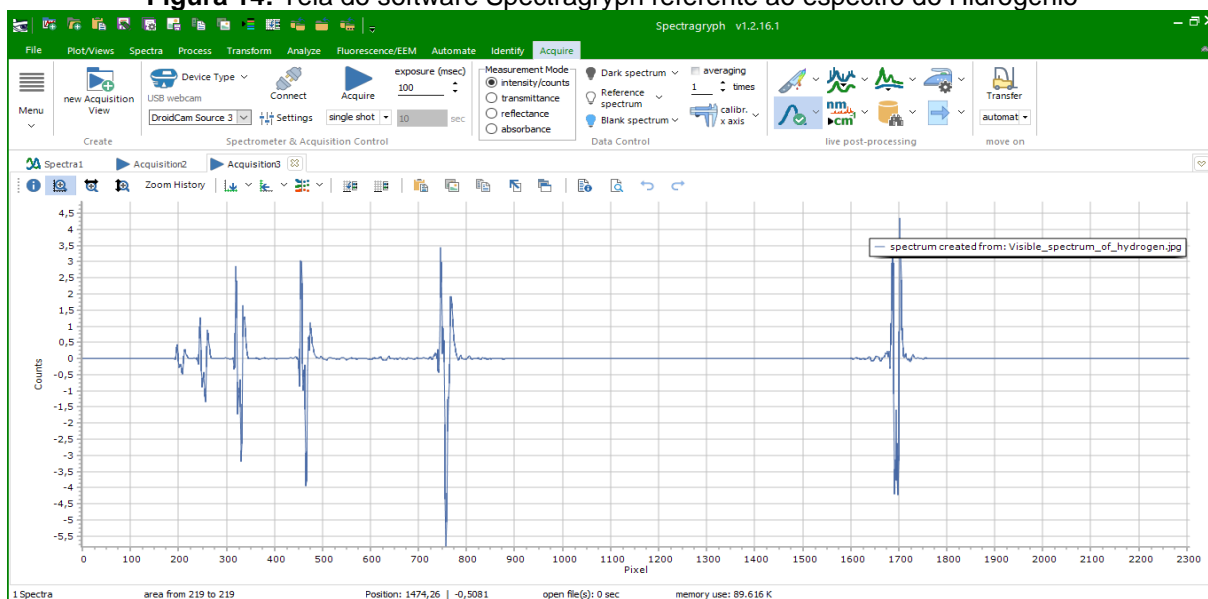
Figura 13: Espectro de luz da estrela Alpha Centauri



Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir desta imagem já é possível observar algumas linhas de absorção. Com este resultado, foi necessário o uso de outro software, de modo a interpretar os pixels e transformar em um gráfico para realizar uma comparação com as linhas de emissão ou absorção do espectro do hidrogênio. O software em questão é o Spectragryph (figura 14), desenvolvido para a análise de espectros e que possui licença livre para uso, sem a necessidade de registro.

Figura 14: Tela do software Spectragryph referente ao espectro do Hidrogênio



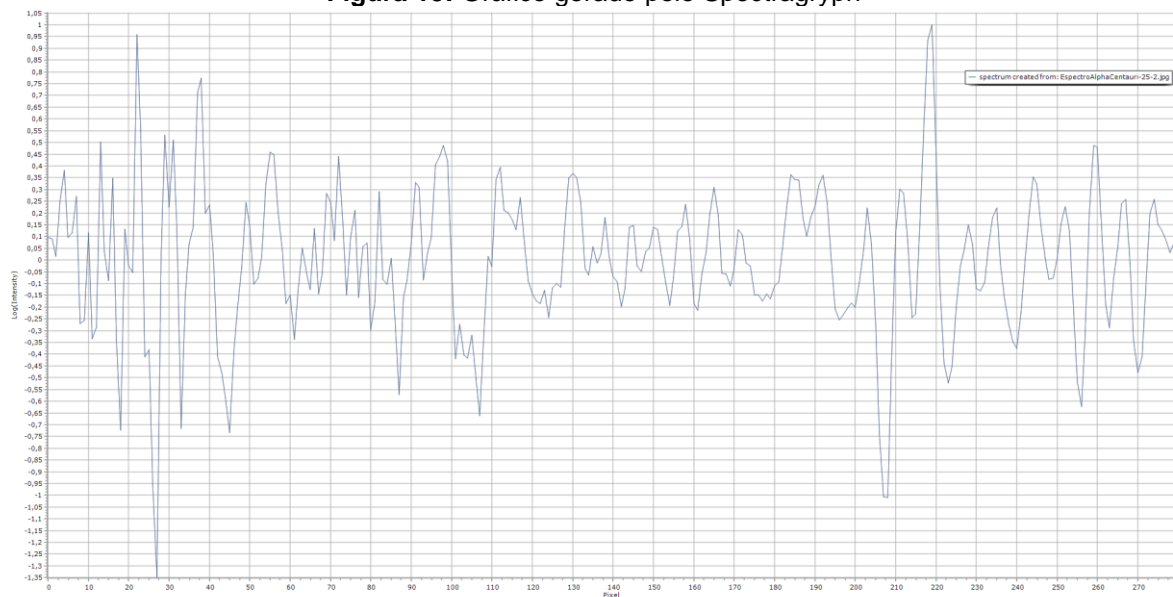
Fonte: Elaborado pelo Autor

Através do Spectragryph, é possível fazer essa interpretação referente à

intensidade dos pixels da imagem. O software dispõe de inúmeros recursos, inclusive da conexão de instrumentos próprios da espectroscopia, além da utilização de webcam para a captura de informações. Da mesma forma, é possível utilizar a imagem já processada, recurso na qual se fez necessário para a continuidade deste trabalho. Como é possível observar na figura 15, ainda existe muito ruído na imagem na qual acaba dificultando a análise como um todo.

Importando a imagem para o Spectragryph, selecionamos a região que será analisada e o software já nos informa os mínimos de intensidade. A única questão para análise é que, por avaliar os pixels, o software acaba não informando quais seriam os respectivos comprimentos de ondas identificados. Havendo o conhecimento de qual é a faixa do espectro visível (entre 750 nm/380 nm), é possível fazer um cruzamento de dados.

Figura 15: Gráfico gerado pelo Spectragryph

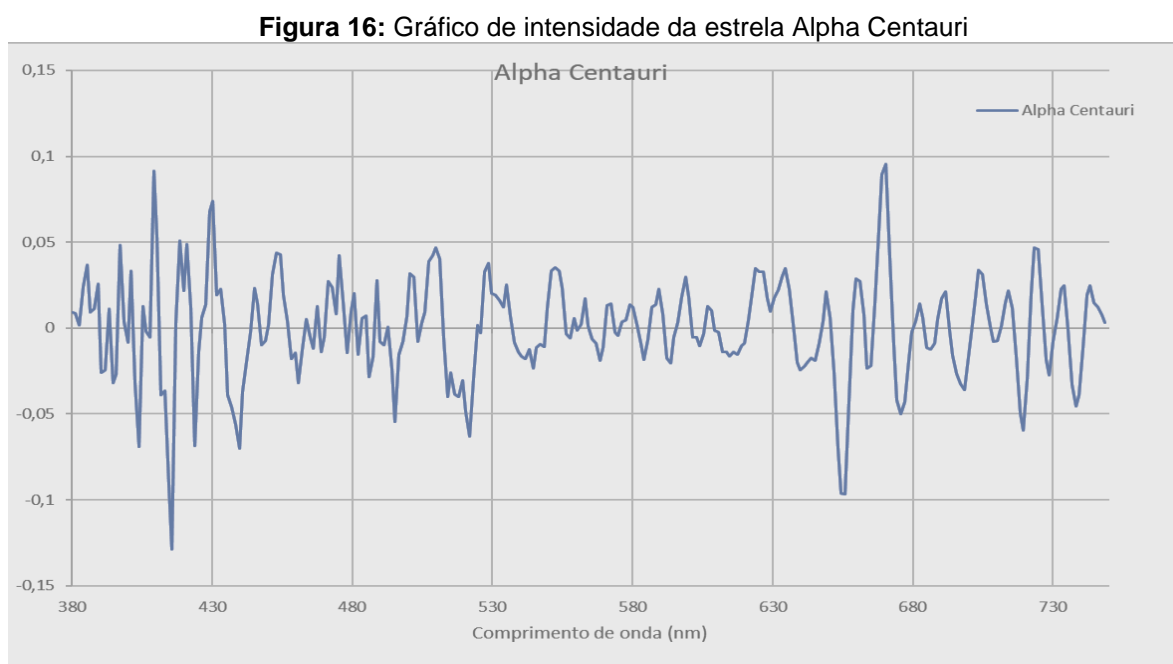


Fonte: Elaborado pelo Autor

Para contornar esse problema foi utilizado o Excel, pela sua praticidade e pelo seu manuseio ser de comum conhecimento. Importando os dados coletados pelo Spectragryph para o Excel, facilmente foram convertidos os pixels para cada comprimento de onda respectivo. A conversão é muito simples; como temos a quantidade de pixels com suas respectivas intensidades, foi aplicada a seguinte relação:

$$\text{Comprimento de onda} = \frac{\Delta\lambda}{\text{Qtde Pixels}} \cdot \text{Pixel} \quad (1)$$

Onde $\Delta\lambda$ é a diferença do comprimento de onda do espectro visível (750 nm - 380 nm = 370 nm) e a quantidade de pixels é informada pelo software. Com essa equação, é possível ter uma aproximação do comprimento de onda respectivo para cada pico de intensidade gerado pelo gráfico da figura 15. Com isso, tornou-se viável a produção de um gráfico com os novos resultados, conforme a figura 16.



Fonte: Elaborado pelo Autor

Observa-se que ainda existe muito ruído no gráfico da figura 16, mas da mesma forma é possível identificar alguns padrões. De acordo com Filho e Saraiva (2013), as principais linhas do hidrogênio são:

Quadro 1: Principais linhas do Hidrogênio

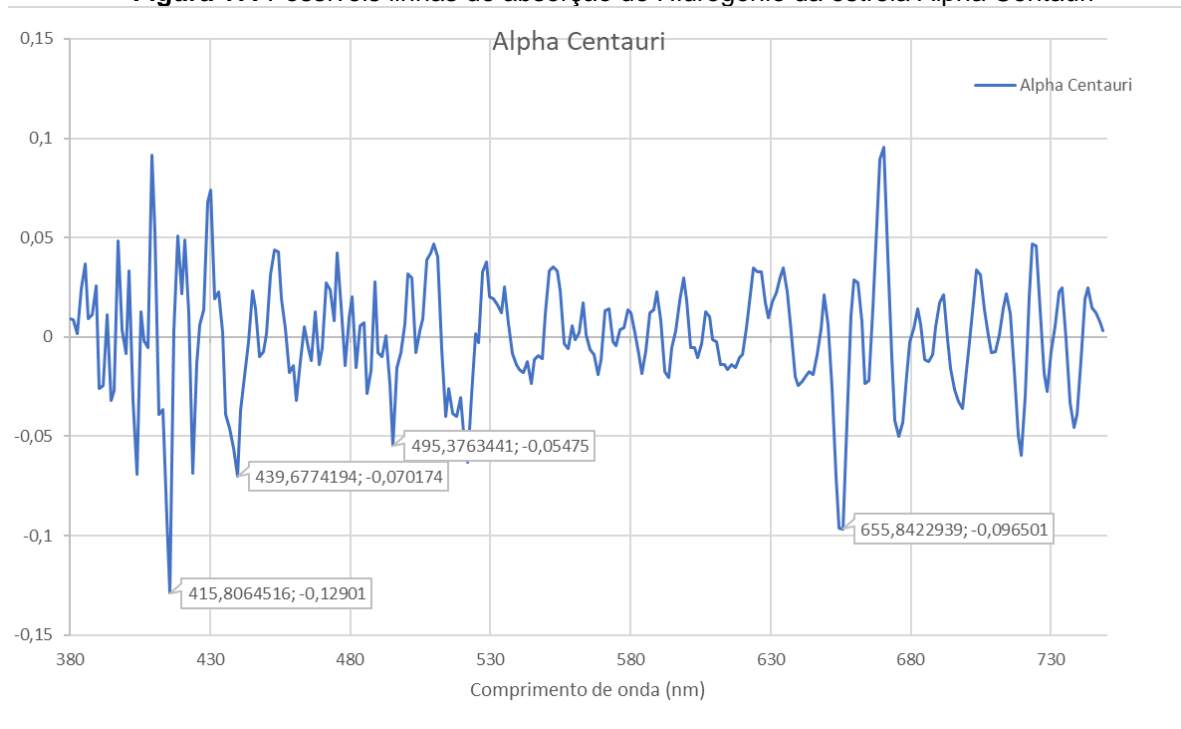
COR	NOME	λ (ANGSTROMS)	nm	n
VERMELHO	H α	6563	656,3	3
VERDE	H β	4858	485,8	4
AZUL	H γ	4340	434	5
VIOLETA	H δ	4101	410,1	6

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com os valores referentes ao hidrogênio, podemos identificar os seguintes

padrões no gráfico:

Figura 17: Possíveis linhas de absorção do Hidrogênio da estrela Alpha Centauri



Fonte: Elaborado pelo Autor

Comparando com o Quadro 1, nota-se uma leve defasagem nos comprimentos de onda. Podemos calcular assim, um erro absoluto entre o real e a aproximação experimental na coleta de dados, conforme o quadro 2:

Quadro 2: Principais linhas do Hidrogênio

COR	NOME	λ Hidrogênio	λ Obtido	ERRO ABSOLUTO
VERMELHO	H α	656,3	652,3	-0,61%
VERDE	H β	485,8	495,4	1,94%
AZUL	H γ	434	439,7	1,30%
VIOLETA	H δ	410,1	415,8	1,37%

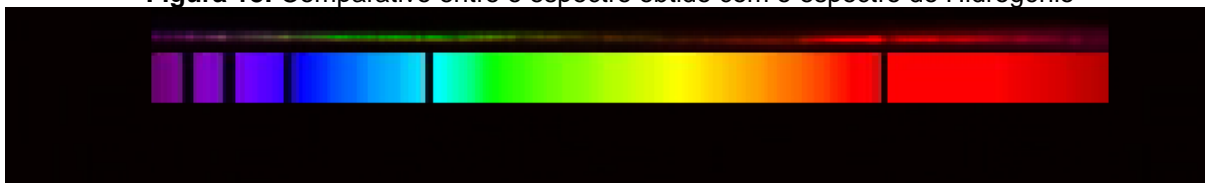
Fonte: Elaborado pelo Autor

Como é possível observar no quadro 2, foi encontrado um erro experimental na ordem de 1,94%, em específico na faixa do VERDE. Contudo, vale ressaltar que o erro pode estar associado à seleção da imagem. No instante em que é utilizado o Spectragryph, é preciso selecionar a região na qual o programa deverá interpretar os pixels. Se porventura, o início e/ou o final do espectro esteja com pouca definição,

existe a possibilidade do erro acontecer e comprometer a região de coleta de dados.

Conforme a demonstração anterior, foi possível alcançar valores próximos dos comprimentos de onda de cada linha de absorção. A figura 18 nos permite observar estas linhas, e comparar com uma imagem meramente ilustrativa, mas em escala, que permite uma visualização aproximada do espectro avaliado.

Figura 18: Comparativo entre o espectro obtido com o espectro do Hidrogênio



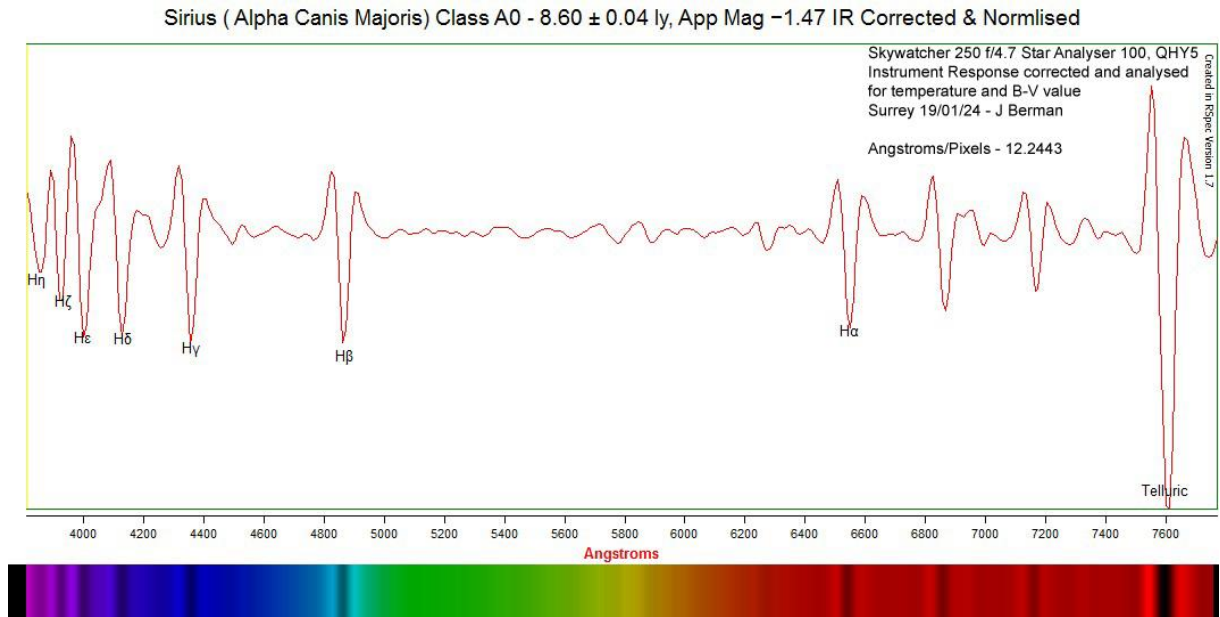
Fonte: Elaborado pelo Autor

Observamos que a linha $H\alpha$ (Vermelho) é a mais forte e visivelmente acurada das demais linhas. É possível afirmar também, que condiz com o erro experimental, na qual temos uma maior defasagem na linha $H\beta$ (Verde), com um erro de aproximadamente 1,94%.

Além disso, com poucas modificações no aparato experimental, torna-se possível o estudo do espectro da nossa estrela, o Sol. Se adicionar uma fenda simples, construída com duas lâminas (proposta inicial do modelo disponibilizado no site Thingiverse) este espectroscópio poderá ser aplicado para o estudo do espectro de diversas fontes luminosas. Outro ponto relevante está na possibilidade de visualizar o espectro de estrelas com maior intensidade de brilho, como por exemplo a estrela Sirius, localizada na constelação do Cão Maior. Esta estrela possui imagens comparativas muito boas, como por exemplo um trabalho executado em 2014 e que pode ser acompanhado no site StargazersLounge⁴. A figura 19 demonstra graficamente o trabalho executado.

Figura 19: Espectro da estrela Sirius

⁴ Disponível em <<https://stargazerslounge.com/topic/205749-final-sirius-spectrum/>>



Fonte: <http://www.stargazerslounge.com>

Apesar da pesquisa estar voltada para a espectroscopia estelar, ela possui uma diversidade de conceitos aplicados em diversas áreas do conhecimento. Além da própria FMC e com todo o advento da Mecânica Quântica, podem ser abordados temas como por exemplo a Ótica, presente na construção do telescópio, do espectroscópio e inclusive na webcam.

Outro ponto que possui uma determinada relevância está presente no fato deste projeto possibilitar a integração de outras grades curriculares, como por exemplo a Química. Como os estudos são voltados para a identificação de elementos químicos presentes na composição estelar, desenvolve-se a necessidade de uma ação interdisciplinar, associando a Química e a Física para uma melhor compreensão referente à síntese estelar, por exemplo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de recursos experimentais possibilita uma melhor aproximação dos conteúdos apresentados. Conforme Araújo e Abib (2003), a utilização de recursos experimentais no ensino de Física possui a capacidade de estimular os alunos a ter uma participação mais ativa, além de despertar a curiosidade, de modo a criar um ambiente que favoreça um melhor envolvimento com o processo de aprendizagem.

Em virtude dos fatos apresentados, a utilização de recursos experimentais voltados para o ensino da espectroscopia podem ser ampliados para a componente relacionada à Astronomia. Com a construção do espectroscópio, estudos aplicados de maneira quantitativa podem sim, contribuir no ensino de física voltado para a Astronomia. Conforme alguns dados coletados no decorrer deste trabalho (Quadro 2), podemos mencionar a proximidade alcançada com o espectro vermelho ($H\alpha$) e no espectro azul ($H\gamma$). Comparando o espectro de Hidrogênio com o espectro registrado, é possível criar pontes que conectam saberes característicos de cada grade curricular. Isso possibilita uma abordagem interdisciplinar da Astronomia com a espectroscopia. Conforme Siemsen (2019), os conteúdos de Astronomia são significativos, uma vez que estes temas despertam o interesse dos estudantes por diversos motivos como por exemplo, todo o desenvolvimento histórico, tecnológico e científico que possibilitou ao ser humano produzir todo o conhecimento referente ao Universo.

Além disso, o ensino de Astronomia possui também a habilidade de integrar a biologia, através da Astrobiologia. De acordo com Souza (2013), a Astrobiologia possibilita uma maior aproximação do homem com o próprio planeta e o Universo. Este ramo de pesquisa trabalha com uma perspectiva cósmica da vida, se baseando em três questões: sua origem, sua evolução e a manutenção da vida na Terra. Através desse olhar, podemos demonstrar que pela ótica da espectroscopia, é possível identificar marcadores essenciais para a existência de vida; a existência de vapor de água na atmosfera de um exoplaneta, por exemplo.

É importante destacar que algumas etapas do desenvolvimento das técnicas de coleta de dados foram possíveis devido ao conhecimento prévio que tive com a astrofotografia, algo que possibilitou um resultado satisfatório.

Espera-se que explorando as possibilidades de utilização existentes para este recurso, seja possível trabalhar com ênfase na Astronomia de uma forma interdisciplinar, sem que se torne um fardo para os professores. Promovendo uma

abordagem prática e demonstrando que o teórico conversa com o experimental, o professor tem ao seu alcance um recurso experimental que viabiliza a exploração e instiga a curiosidade dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S.. **Atividades experimentais no ensino de física**: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2003, v. 25, n. 2, pp. 176-194.
- BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, v. 8, p. 1-10, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- CAMARGO, B. C. B.; CAMARGO, S. **Um Diagnóstico do Ensino e Aprendizagem de Astronomia em duas escolas da Rede Pública de Ensino de Curitiba – PR**. In: Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.
- CAVALCANTE, A. M. e BENEDETTO, A. **Instrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio**: uma Nova Técnica para a Análise Quantitativa de Espectros. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 21, no. 3, setembro, 1999.
- DE SOUZA OLIVEIRA FILHO, Kepler; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. 3 edição. São Paulo, Editora Livraria da Física, 2013.
- DEMCSUK, O. M. **O uso de atividades didáticas experimentais como instrumento na melhoria do ensino de ciências: um estudo de caso**. Dissertação, Programa de Pós Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde - Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- E. Kraaikamp, Autostakkert!2 - lucky imaging stacking software, Astrophotograph (2016). Disponível em <<http://www.astrokraai.nl>> Acesso em novembro de 2022.
- GORGES NETO, L.; PAGANELLI, E.; DUMS, E. H. .; MACEDO MORESCKI JUNIOR, L. F. **Uma proposta de introdução à astrofotografia**. Cadernos de Astronomia, Vitória, v. 3, n. 1, p. 109, 2022. DOI: 10.47456/Cad.Astro.v3n1.36834. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/astrofotografia/article/view/36834>. Acesso em: 24 out. 2022.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**: Ótica e Física Moderna, Vol.4. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- HOLLAS, Michael J. Título: **Modern Spectroscopy**. 4^o Edição. England: Chichester: Wiley, 2003.
- MACHADO, N. J. **Educação: Projetos e Valores**. 6. Ed, 2006.
- PACHECO, D. **A experimentação no ensino de ciências**. Disponível em: <http://www.nebad.uerj.br/publicacoes/artigos_em_periodicos/experimentacao_no_ensino_de_ciencias.pdf> Acesso em: 19.junho.2022.

OTTONI, M. A. R; CARMO, M. A. A. **Pesquisa e Reflexão na Educação Básica In: II encontro de pesquisadores mineiros.** *Anais...* Uberlândia: CAPES-FAPEMIG, 2015, 3-683. Uberlândia, 2012.

SALCIDES, P. F.; DE ALMEIDA PRATA, L. **Proposta de uma aula interdisciplinar de Química e Astronomia:** Espectroscopia. Rio de Janeiro, 2011.

SCHROEDER, DANIELJ. **Astronomical optics**((Book)). San Diego, CA, Academic Press, Inc, 1987, 363, 1987.

SIEMSEN, G. H.. **O ensino de astronomia em uma abordagem interdisciplinar no ensino médio:** potencialidades para a promoção da alfabetização científica e tecnológica. 2019.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. **O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica:** possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 2, p. 378-406, 2015.

SILVA, B. L. et. al. **Atividades Experimentais Qualitativas para Abordar Tópicos de Hidrostática no Ensino Fundamental.** II Mostra Gaúcha de Validação de Produtos Educacionais, Passo Fundo-RS , 2016.

SOUZA, J. G. de. **Astrobiologia:** obstáculos e possibilidades, a (re) ligação com o cosmos e o ensino de ciências. 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90981/souza_jg_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

THIENSEN, J.S. **A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo de ensino-aprendizagem.** *Revista Brasileira em Educação*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 39, p. 1-11, 2008.

APÊNDICE A – MANUAL DE CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO

O objetivo principal deste aparato experimental está ancorado na captura do espectro de absorção de uma estrela presente no céu noturno.

Preço estimado para a construção do Espectroscópio: R\$120,00 (considerando a compra da webcam, rede de difração e do PLA para impressão 3D).

Materiais Utilizados:

Alguns dos materiais podem ser adaptados, como a estrutura, que pode ser feita de outros materiais (madeira, plástico ou papelão). Para o aparato experimental, foi utilizado uma impressora 3D.

Descreverei detalhadamente os materiais a serem utilizados na construção do Espectroscópio, de modo a facilitar a compreensão e possíveis adaptações no desenvolvimento.

- **Webcam HD:** será utilizado somente a parte eletrônica, para melhor acomodação dentro da estrutura do espectroscópio;
- **Lente de 100mm:** para possibilitar o ajuste focal;
- **PLA:** Material utilizado para impressão 3D (preferência para a cor preta);
- **Rede de difração:** será utilizado para “abrir” o espectro da luz visível. Recomendado a utilização de uma rede com 1000 linhas/mm;
- **Cola Instantânea:** Sua utilização será necessária para unir as partes do corpo do espectroscópio;
- **2 Parafusos Allen M3x15mm/ 4 arruelas/ 2 Porcas:** Para fixação dos suportes da webcam e da rede de difração.

Além disso, a estrutura do espectroscópio está disponível no Drive⁵ para download e edição, conforme a necessidade do usuário.

Softwares necessários:

⁵ Disponível em :

<https://drive.google.com/drive/folders/1jqqtcpJV9oVCGneaGZhX_f36FO3xeJug?usp=sharing>

Para a construção e utilização deste experimento, serão necessários os seguintes softwares:

→ **IMPRESSÃO:**

- ◆ **Ultimaker Cura** - Utilizado para “fatiar” o arquivo para impressão;
- ◆ **Pronterface** - Interface de controle da impressora 3D.

→ **CAPTURA E PROCESSAMENTO:**

- ◆ **SharpCap** - Software responsável pela gravação de vídeo;
- ◆ **AutoStakkert** - Utilizado para o empilhamento de imagens.

Todos os links para download dos softwares estarão disponibilizados no final deste manual.

→ **ANÁLISE DE RESULTADOS:**

- ◆ **Spectragryph** - Utilizado para análise e tratamento do espectro capturado.

Montagem:

Com o download da estrutura concluída, utilizaremos o software Ultimaker Cura para preparar os arquivos para impressão, de acordo com as características da impressora 3D. O repositório da USP disponibiliza um guia de boas práticas para impressão 3D, disponível em <<http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/6133>>. Quem estiver se aventurando nesta nova área, seria interessante dar uma consultada neste material.

Com a impressão concluída, é hora de unir as duas partes da estrutura principal e as duas partes da tampa. Para tal, recomenda-se lixar as regiões que serão coladas. Após lixar, utilizar a cola instantânea e unir as partes. A estrutura deve ficar com a aparência da figura 1.

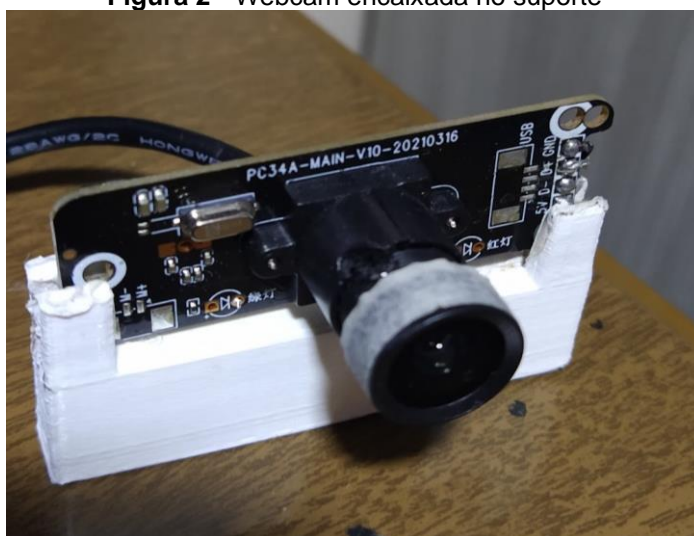
Figura 1 - Estrutura do espectroscópio montado



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Com a webcam em mãos, podemos descartar toda a parte externa dela, restando somente a parte eletrônica e o cabo USB. Desta forma, podemos acoplar a mesma no suporte impresso, conforme a figura 2.

Figura 2 - Webcam encaixada no suporte



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Feito isso, podemos utilizar o parafuso Allen M3 para fixar na estrutura, o suporte da Webcam (Figura 3).

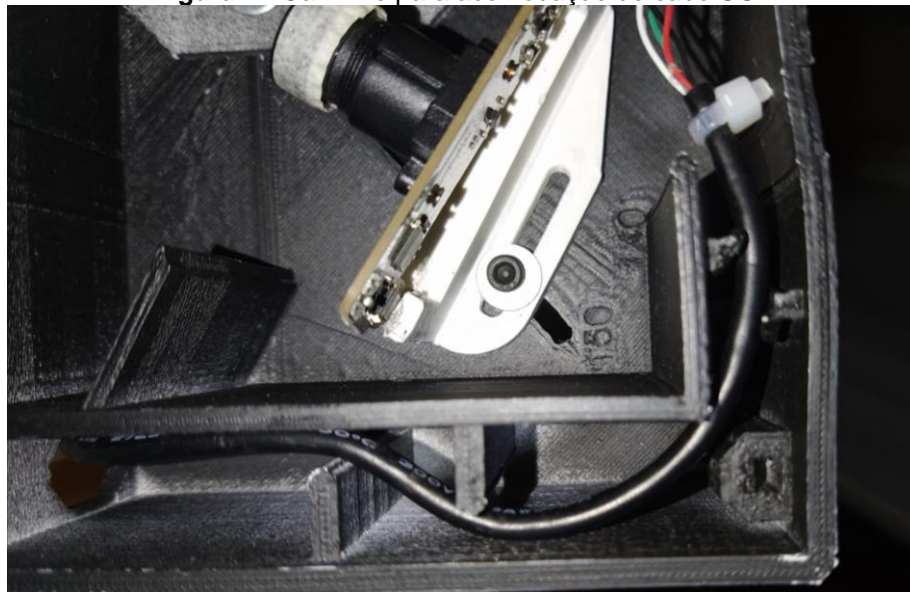
Figura 3 - Fixação do suporte na estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

O cabo USB deve passar no mesmo local conforme a figura 4.

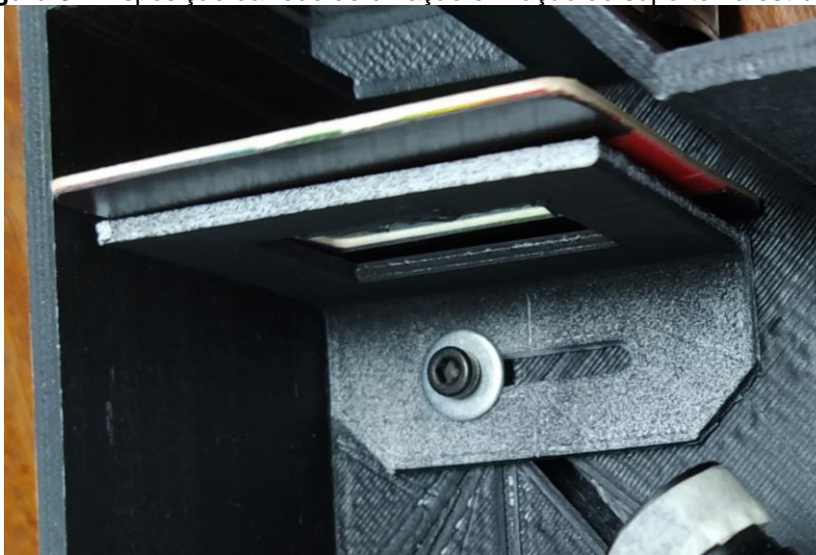
Figura 4 - Caminho para acomodação do cabo USB



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

O suporte da rede de difração não possui nenhuma forma padrão para fixar a rede. Para tal, podemos utilizar fita adesiva ou dois clips para papel. O importante é a rede estar firme no suporte, conforme a figura 5. Pode acontecer da Rede de Difração ultrapassar a altura do espectroscópio. Caso isso ocorra, podemos recortar as bordas superior e inferior até atingir o tamanho necessário.

Figura 5 - Disposição da rede de difração e fixação do suporte na estrutura

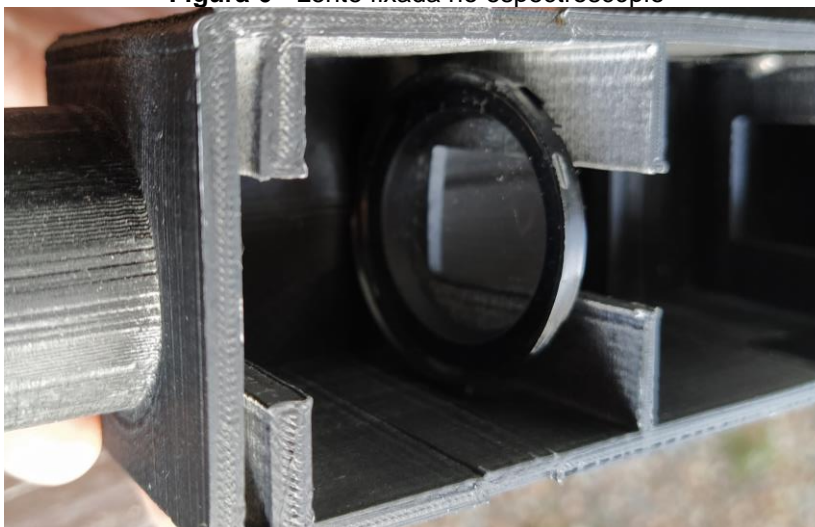


Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Com isso, podemos fixar o suporte da Rede de Difração com o parafuso Allen M3 na estrutura do Espectroscópio (Figura 5)

A lente pode ser fixada de diversas maneiras. Podemos utilizar um calço de borracha ou papel. Porém depende do diâmetro da lente, na qual não pode ultrapassar 45 mm de diâmetro. Ela deve ser fixada a uma distância de 170 mm do início do acoplamento, conforme a figura 6.

Figura 6 - Lente fixada no espectroscópio



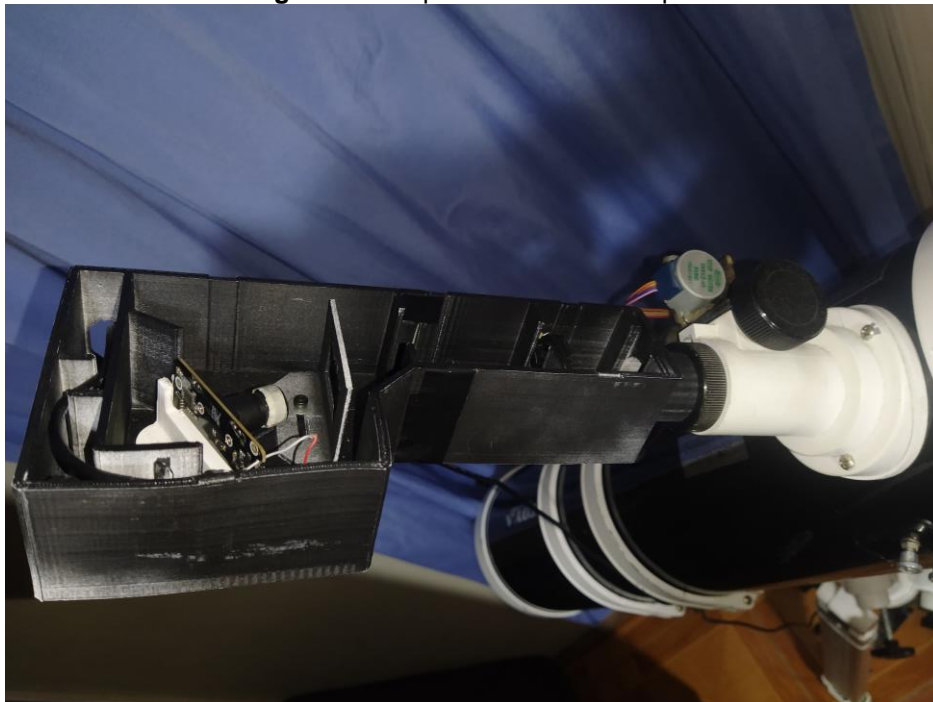
Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Agora só resta encaixar a tampa e acoplar no telescópio.

Acoplamento e captura de imagens:

Para um melhor resultado, recomendo a utilização de um telescópio com montagem equatorial, pelo fato de mover apenas um eixo para compensar a rotação da Terra. O ideal seria a utilização de um telescópio com GoTo (sistema integrado de acompanhamento, que utiliza motores elétricos para compensar a rotação do planeta). O espectroscópio foi desenhado para a utilização em telescópios que utilizam oculares de 1,25 polegadas. O acoplamento deve ser feito conforme a figura 7.

Figura 7 - Acoplamento no telescópio

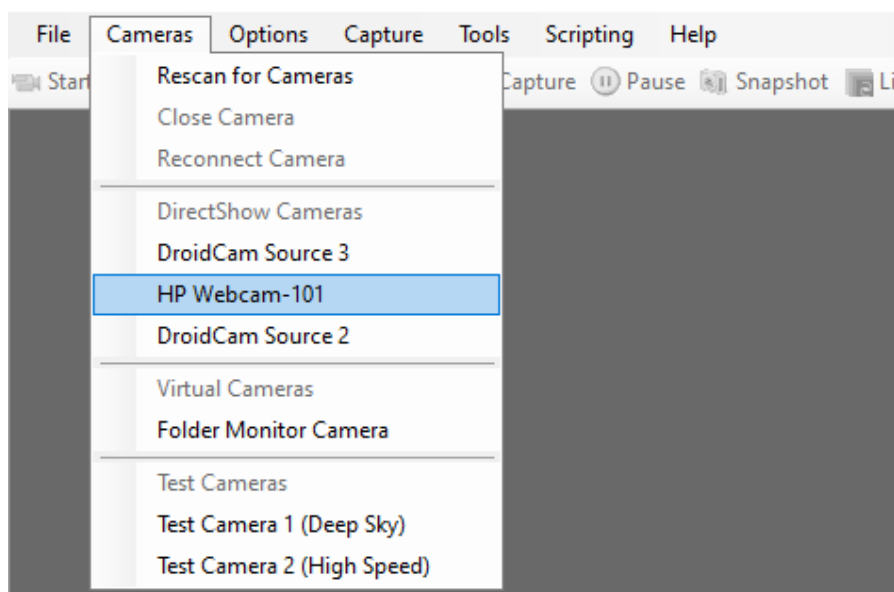


Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Além disso, é necessário ajustar o foco, através do focalizador do telescópio. Conforme for variando o focalizador, pode ser percebido o aumento de nitidez da imagem, pela tela do computador.

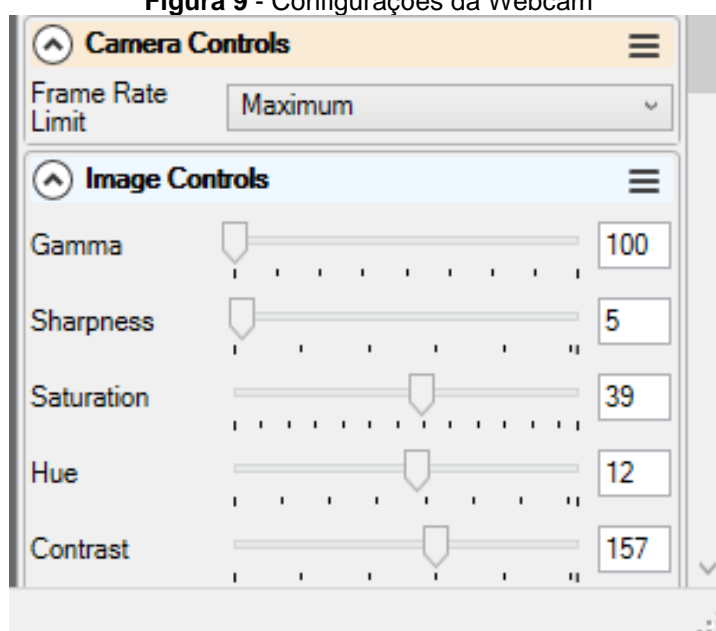
Com tudo preparado e a estrela selecionada, partimos para a utilização do software SharpCap⁶. Este software permite gravar um vídeo da estrela desejada, possibilitando os ajustes necessários para melhorar a visualização do espectro a ser estudado. Com o SharpCap aberto, selecionamos a webcam para iniciar a captura de vídeo na opção “Cameras” (Figura 8).

⁶ Disponível em : <<https://www.sharpcap.co.uk/sharpcap/downloads>>

Figura 8 - Selecionando a Webcam

Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Após a webcam ser ativada, algumas opções de configuração surgirão no canto direito da tela do programa (Figura 9), podendo estas variar de acordo com o modelo de webcam utilizado. Neste ponto, as configurações são livres, conforme a necessidade do usuário para uma melhor nitidez de captura. As principais alterações estão presentes na opção “*Image Controls*” (Figura 9) que, caso habilitado, teremos opções de configurar a exposição, saturação, gamma e brilho que possibilitam uma melhor visualização do espectro.

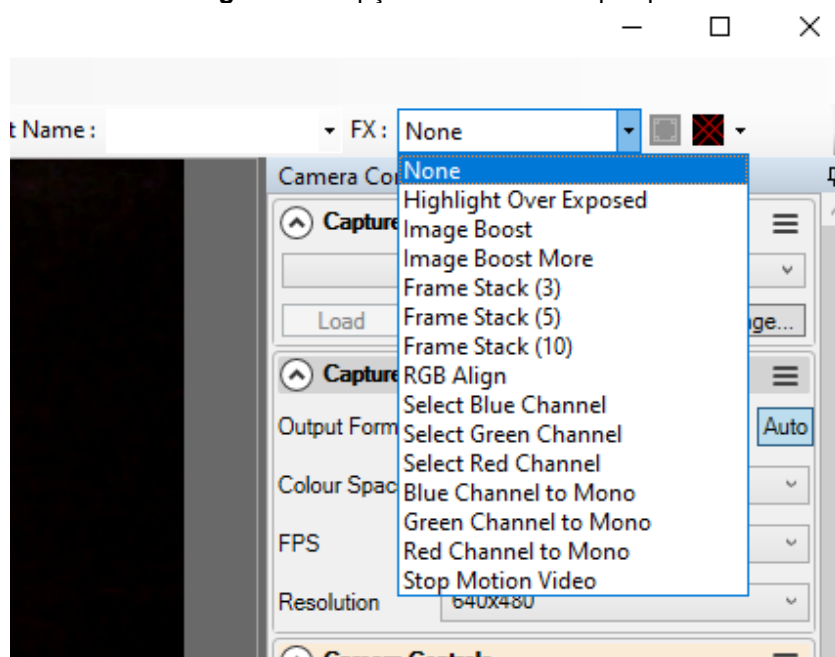
Figura 9 - Configurações da Webcam

Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Vale ressaltar que, por mais brilhante que a estrela possa aparentar, o fluxo de

fótons é relativamente baixo para o sensor da webcam. Caso não habilite essas configurações, no canto superior direito, temos a opção “FX” que apresenta algumas configurações pré-definidas. Recomenda-se selecionar “*Image Boost More*”, que traz um ganho considerável no brilho ou “*Frame Stack*”, que apresenta uma falsa perda de quadros, mas realiza um pré empilhamento das imagens, aumentando o brilho (Figura 10).

Figura 10 - Opções de FX no ShapCap



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

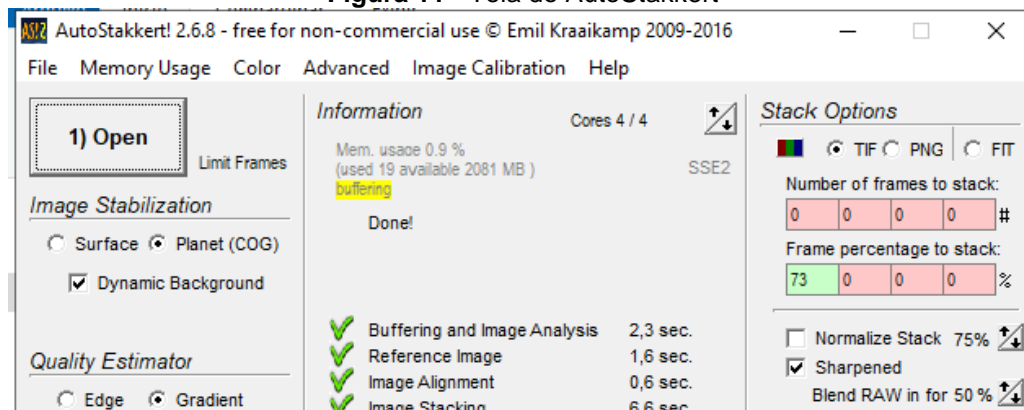
Para iniciar a gravação do vídeo, clicamos em “*Start Capture*” e determinamos a quantidade de frames desejada. Lembrando que a maioria das webcams tem como padrão 30 frames por segundo. Ou seja, a cada segundo que passa, o programa registra 30 imagens. Se o telescópio não possui um sistema de acompanhamento, o interessante seria não exagerar na quantidade de frames, tendo em vista que o objeto observado desaparecerá rapidamente do campo de visão da webcam. Para estes casos, entre 3 e 5 segundos será o suficiente. Lembrando que quanto mais frames capturados, melhor será o resultado. Conforme Gorges Neto et. al. (2022), após a gravação, o SharpCap salva o vídeo em AVI, nomeando-o com o horário da filmagem e o salva em uma pasta criada pelo próprio software com a data da gravação. Com o vídeo salvo, partiremos para a próxima etapa.

Para tal, utilizaremos o software AutoStakkert⁷, responsável pelo empilhamento

⁷ Disponível em: <<https://www.autostakkert.com/wp/download/>>

de imagens ou frames de vídeos. Para iniciar a sua utilização, precisamos importar o vídeo gravado pelo SharpCap para o AutoStakkert. Devemos fazer arrastando o vídeo para o software ou clicar em “open” e selecionar o vídeo desejado (Figura 11).

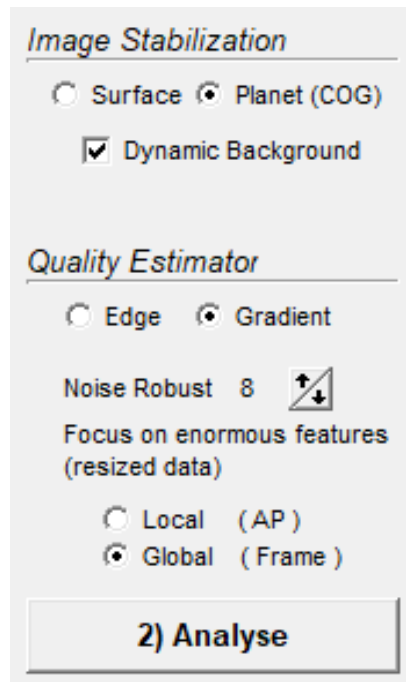
Figura 11 - Tela do AutoStakkert



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Em “*Image Stabilization*”, podemos selecionar “*Planet(COG)*” e deixar habilitado “*Dynamic Background*”. Logo abaixo, em “*Quality Estimator*” selecionamos a opção “*Gradient*”. Em “*Noise Robust*” ajustamos a quantidade de detalhes no vídeo. Caso o vídeo seja de boa qualidade, com pouquíssimos ruídos, podemos utilizar um número pequeno, como quatro, já basta para o vídeo ficar com melhor qualidade. Caso haja muito ruído, é possível utilizar um número maior. Selecionamos agora a opção “*Global (Frame)*”. Com isso, o Autostakkert irá utilizar o mesmo subconjunto de frames(quadros) para o empilhamento (Figura 12).

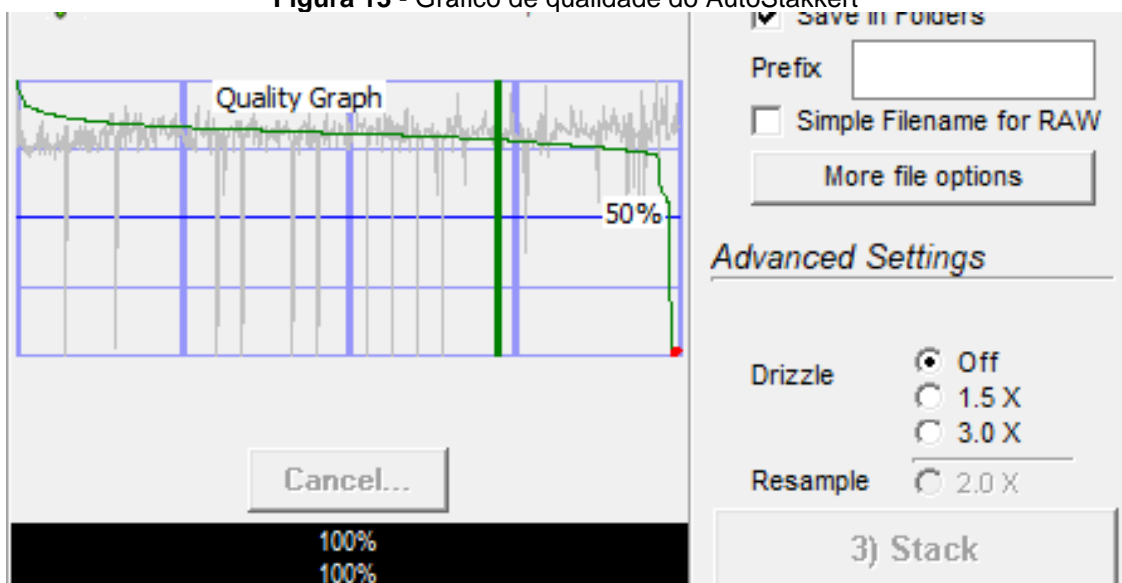
Figura 12 - Configuração AutoStakkert



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Agora clicamos em “*Analyze*” e o programa irá analisar cada frame do vídeo. Com o processo encerrado, aparecerá um gráfico de qualidade. Neste gráfico, deverá ser selecionado o ponto onde existe uma maior aproximação entre as duas linhas. (Figura 13). Desta forma, com a tecla “*CTRL*” pressionada, clicamos no gráfico para que os valores de referência sejam assumidos pelo AutoStakkert.

Figura 13 - Gráfico de qualidade do AutoStakkert

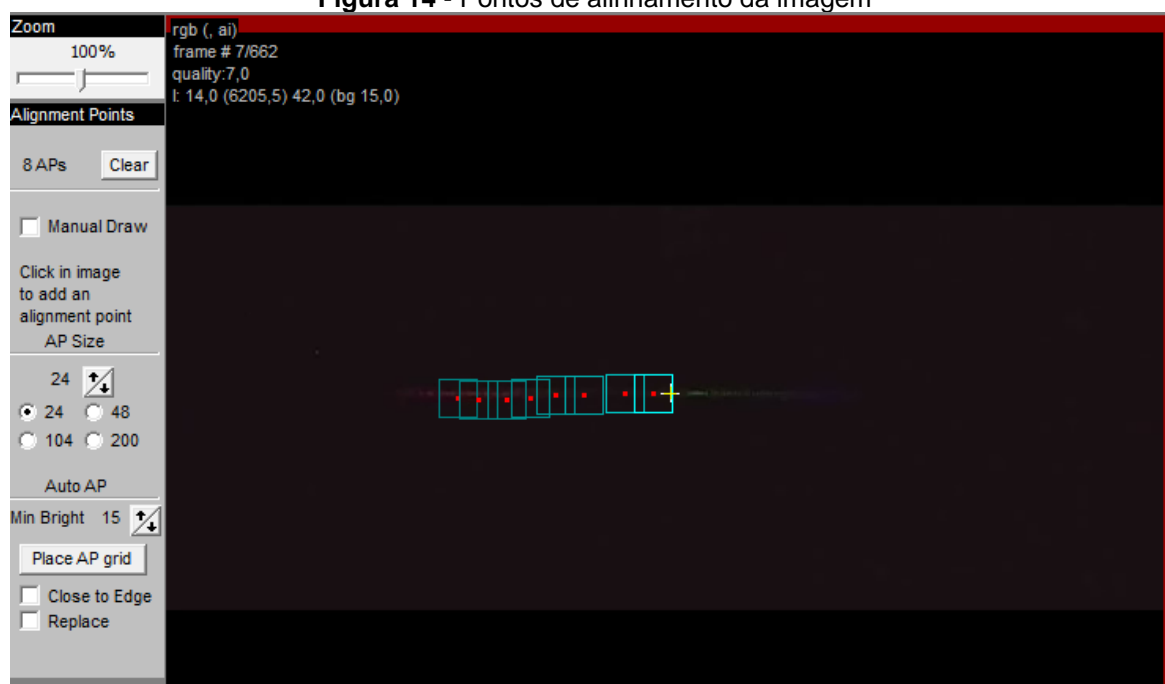


Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Com isso, podemos selecionar os pontos de alinhamento (Figura 14) e depois

clicar em “*Stack*”.

Figura 14 - Pontos de alinhamento da imagem



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Com o processo encerrado, o programa irá salvar a imagem empilhada na mesma pasta na qual o vídeo se encontra e por fim, teremos uma imagem com mais detalhes. Caso seja necessário, poderá ser utilizado algum software de edição de imagens, para melhorar a distinção de cores e o contraste da imagem. Fica a critério do usuário.

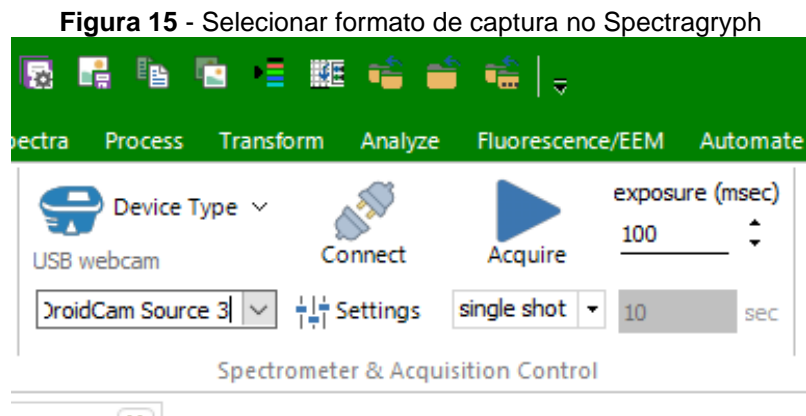
ANÁLISE DA IMAGEM PROCESSADA:

Para iniciar a análise da imagem obtida, utilizaremos o software Spectragryph⁸, disponível para download gratuitamente. Este software foi desenvolvido para possibilitar a análise de espectros, além de plotar gráficos a partir de imagens ou vídeos, sejam estes provenientes de espectroscópios, webcam ou até mesmo de imagens prontas.

Iniciando o programa, clicamos em “*Acquire*” na barra de menu superior e em seguida em “*Device Type*”. Aqui, selecionamos a forma como os dados serão captados pelo programa. Selecionamos a opção “*Webcam*” para dar continuidade na

⁸ Disponível em :<<https://www.ffmpeg2.de/spectragryph/down.html>>

importação (Figura 15).



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Para iniciar a captura, clicamos em “*Connect*” e em seguida uma segunda tela irá abrir (Figura 16). Nela clicamos em “*Load Pic*” e procuramos a imagem a ser importada.

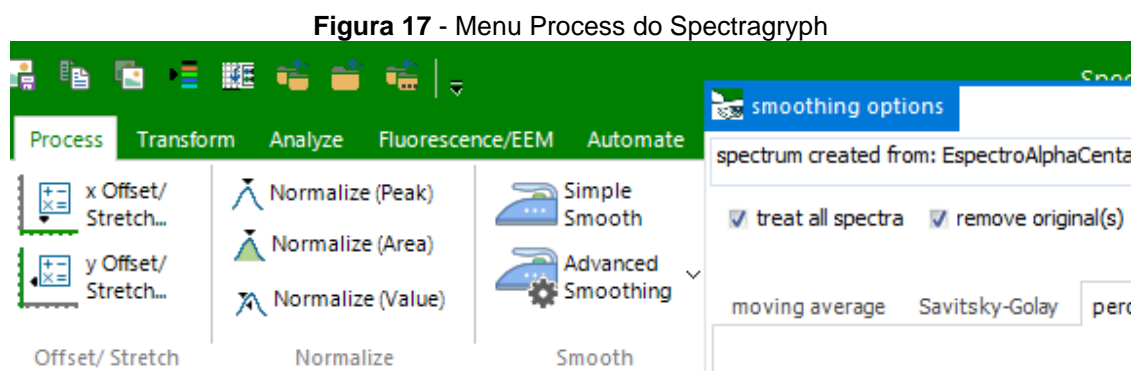


Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Selecionamos a região na qual o software deverá interpretar para gerar um gráfico para análise, conforme a figura 16. Automaticamente aparecerá o gráfico na tela de fundo.

Na sequência, teremos um gráfico bagunçado. Para suavizar as curvas, podemos clicar no menu “*Process*” e em seguida clicar em “*Advanced Smoothing*”,

conforme a figura 17.



Fonte: Elaborado pelo autor(2022)

Contudo, o eixo X do gráfico está em pixels, não demonstrando o comprimento de onda referente aos mínimos encontrados. Então cabe aplicar uma conversão. Este processo pode ser feito de diversas maneiras, inclusive através de planilhas de cálculo. Com o gráfico pronto, o software permite copiar os valores dos eixos X e Y, possibilitando a utilização em programas como o Excel, por exemplo.