

Universidade Federal do ABC

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Rafael Assenso

ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE ATIVIDADES DE ENSINO INVESTIGATIVO E
EXPERIMENTAIS DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação

Santo André – SP

2017

Rafael Assenso

ENSINO DE FÍSICA POR MEIO DE ATIVIDADES DE ENSINO INVESTIGATIVO E
EXPERIMENTAIS DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado Nacional Profissional em Ensino
de Física da Universidade Federal do
ABC, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre em Ensino
de Física

Orientador: Prof. Dr. Nelson Studart

Santo André – SP

2017

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Assenso, Rafael
ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES DE ENSINO
INVESTIGATIVO E EXPERIMENTAIS DE ASTRONOMIA NO ENSINO
MÉDIO / Rafael Assenso. — 2017.

65 fls. : il.

Orientador: Nelson Studart

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Santo André, 2017.

1. Física. 2. Ensino Investigativo. 3. Astronomia. 4. Laboratório Remoto. I.
Studart, Nelson. II. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física -
MNPEF, 2017. III. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e anuência de seu orientador.

Santo André, 15 de setembro de 20 17

Assinatura do autor: Rafael Azevedo

Assinatura do orientador: N. Stuard



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física

Avenida dos Estados, 5011 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 - Fone: (11) 4996-0017
ppg.mpef@ufabc.edu.br

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Rafael Assenso, realizada em 28 de agosto de 2017:

N. Studart

Prof.(a) Dr.(a) **Nelson Studart Filho** (Universidade Federal do ABC) – Presidente

Vera B. Henriques

Prof.(a) Dr.(a) **Vera Bohomoletz Henriques** (Universidade de São Paulo) – Membro Titular

Laura Paulucci

Prof.(a) Dr.(a) **Laura Paulucci Marinho** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Carmen Pimentel Cintra do Prado** (Universidade de São Paulo) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Marcelo Oliveira da Costa Pires** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente

Dedicatória

À Deus por iluminar meu caminho durante
todo o percurso deste mestrado

À minha esposa Aline por todo o apoio,
paciência e incentivo dedicados

Aos colegas de turma, com quem
compartilhei a jornada e os frutos colhidos

Agradecimentos

À Universidade Federal do ABC - UFABC

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

À Sociedade Brasileira de Física - SBF

Ao Orientador Prof. Dr. Nelson Studart pelo acompanhamento pontual e competente

Aos Professores do Programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Aos professores e gestores da Escola Estadual Alexandre von Humboldt pela
colaboração e pelo espaço oferecido para a realização deste trabalho

Aos estudantes Vanessa Verônica Costa Santos e Marco Antonio Santos Ismael por
sua inestimável participação na aplicação do produto

À todos que direta ou indiretamente auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Este trabalho propõe como produto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física uma atividade pedagógica voltada ao ensino de física, com abordagem investigativa, utilizando-se de laboratório remoto e relacionado à astronomia, no formato de livreto. Primeiramente descreve-se a pesquisa teórica a respeito de ensino investigativo, do uso de atividades astronômicas no ensino de física e da prática com laboratórios remotos. Num segundo momento descreve-se a elaboração da atividade proposta item por item. Os objetivos, as formas de aplicação e os resultados esperados. Em seguida relata-se detalhadamente a aplicação prática da proposta elaborada. Os resultados são analisados de acordo com os documentos produzidos pelos estudantes, pelo seu desempenho durante o desenvolvimento das atividades e a participação em uma feira internacional de pré iniciação científica. Foi possível avaliar que os estudantes se apropriaram dos conceitos físicos relativos à cor das estrelas e sua temperatura, assim como o desenvolvimento de habilidades referentes à escrita científica, apresentação oral e autonomia, evidenciando a eficiência do produto elaborado em relação aos seus objetivos didático-pedagógicos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Método Investigativo, Astronomia, Laboratório Remoto

Abstract

This work proposes as a product of the National Professional Master's Degree in Physics Teaching a pedagogical activity focused on the physics teaching, with in an investigative approach to learning, using a remote astronomy laboratory. Firstly, we describe the theoretical research about teaching by investigation, the use of astronomical activities in physics teaching and practice with remote laboratories. Secondly, the elaboration of the proposed activity item by item is described. Objectives, forms of application and expected results. In the following a description of the implementation of the proposal is detailed. The results are analyzed according to the documents produced by the students, their performance during the development of the activities and their participation in an international science junior fair. It was possible to evaluate the acquisition of the physical concepts by the students concerning to the color of the stars and their temperature, as well as the development of skills related to autonomy, scientific writing and oral presentation, Evidencing the efficiency of the elaborated product in relation to its didactic-pedagogical objectives.

Keywords: Physics teaching, Astronomy, Teaching by Investigation, Remote laboratory

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	p. 10
2 DESENVOLVIMENTO.....	p.12
2.1 Revisão da Literatura	p.12
2.1.1A pedagogia progressista e o ensino por investigação.....	p.12
2.1.2 Autonomia nas Atividades de Ensino por Investigação.....	p.14
2.1.3 Laboratórios Remotos.....	p.16
2.1.4 Astronomia no Ensino de Física.....	p.18
2.2 Metodologia.....	p. 20
2.2.1 Construção do Produto.....	p. 20
2.2.2 Descrição do Produto.....	p. 22
2.3 Resultados.....	p. 23
2.4 Discussão dos Resultados.....	p. 27
3 CONCLUSÃO.....	p. 28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p. 30
APÊNDICE – PRODUTO.....	p. 32
ANEXO I – PLANO DE PESQUISA ELABORADO PELOS ESTUDANTES.....	p. 46
ANEXO II – RELATÓRIO PRODUZIDO PELOS ESTUDANTES.....	p. 49

1 INTRODUÇÃO

O ensino de ciências se desenvolveu à luz de várias vertentes, principalmente a partir do século XIX, nos Estados Unidos e na Europa. Muitas destas vertentes, surgiram em resposta aos métodos tradicionais de ensino. Durante estes dois últimos séculos, novos conceitos e metodologias, como a experimentação, o ensino por investigação e a necessidade de relacionar o conhecimento desenvolvido com as experiências de vida do estudante acompanhado do desenvolvimento da autonomia e de uma consciência social, freqüentaram as diretrizes do ensino de ciências. Não se pode descartar também a influência das necessidades políticas e socioeconômicas na prática do ensino de ciências.

Uma das vertentes que surgiu e se manteve presente durante todo este período e que atualmente parece voltar a ter um grande destaque é a do ensino por investigação ou inquiry, entre outras denominações. Esta abordagem baseia-se na resolução por parte dos alunos de situações-problema propostas, seja pelo professor ou por eles mesmos. Traz como benefícios o desenvolvimento da autonomia, a aprendizagem do método científico, a solidariedade e a consciência social, a contextualização dos conceitos aprendidos com situações da vivência do estudante e o incentivo á prática e á carreira científica.

Entre as ferramentas que mais distinguem o ensino das disciplinas de ciências das outras disciplinas é a necessidade da utilização de práticas de experimentação. Muitos autores atribuem o atual desinteresse ou insatisfação com o ensino de física, entre outras coisas, ao pouco uso de práticas de experimentação e laboratórios didáticos na educação básica. Este pouco uso de práticas experimentais é atribuído a fatores como a defasagem na formação de professores, laboratórios sem a mínima condição de trabalho, custo elevado para se manter um laboratório, entre outros.

As principais soluções para o problema da falta de estrutura e o custo elevado de manutenção de laboratórios didáticos são a elaboração de experimentos de baixo custo com materiais alternativos, a utilização de laboratórios virtuais, que consiste, em termos gerais, em simulações computacionais de experimentos, e a utilização de

laboratórios remotos, que são laboratórios que podem ser acessados e controlados a distância, via internet.

Outro problema encontrado atualmente no ensino de física é a desmotivação do estudante. Além de considerar a física uma disciplina difícil, o que se aprende na sala de aula parece estar afastado do que acontece no cotidiano ou de temas de maior interesse do estudante. Um dos temas de maior interesse dos alunos é a Astronomia. Assim, pode-se utilizar o estudo da astronomia para ensinar conceitos de física, visto que estas disciplinas estão intimamente relacionadas.

O objetivo deste trabalho é oferecer um conjunto de atividades experimentais de astronomia, utilizando-se dos recursos descritos: laboratório remoto e uma abordagem investigativa. De início, faz-se um estudo teórico a respeito do ensino investigativo quanto à definição e evolução desta abordagem de ensino e sua relação com o desenvolvimento do ensino de ciências desde o século XIX até os dias de hoje, descrevendo as formas de identificar os níveis de autonomia dos alunos frente à realização das atividades.

Num segundo momento, faz-se um levantamento bibliográfico a respeito da definição de laboratório remoto e a comparação com alternativas de realização de atividades experimentais, além de um estudo a respeito da utilização desta ferramenta no ensino básico, os benefícios e os problemas encontrados e a aceitação por parte de professores e alunos a respeito deste recurso. Em seguida é apresentado um estudo a respeito da utilização da astronomia como motivador na aprendizagem de conceitos relacionados à física.

A partir das propostas pedagógicas apresentadas e analisadas no estudo teórico, é feito um levantamento de possíveis atividades experimentais de astronomia com a utilização de laboratório remoto, que podem ser utilizadas para o aprendizado de conceitos específicos de física. Definidos os conceitos a serem trabalhados e as atividades a serem realizadas, descreve-se os procedimentos de aplicação de cada uma delas.

Por último, faz-se a aplicação prática destas atividades junto a grupos de alunos do segundo ano do ensino médio, e em seguida verifica-se através de avaliações e entrevistas a apropriação dos conceitos objetivados na atividade por parte dos estudantes que a realizaram, bem como a compreensão do método

científico, a satisfação na realização da atividade e a evolução em habilidades relativas à prática científica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão da Literatura

2.1.1 A pedagogia progressista e o ensino por investigação

O ensino por investigação, também chamado de *teaching by inquiry*, e conhecido por nomes como resolução de problemas, aprendizagem por projetos entre outros, caracteriza uma das correntes educacionais que surgiu nos dois últimos séculos relativos ao ensino de ciências e influenciou o trabalho de vários teóricos da psicologia e da educação, como por exemplo, Piaget, Vigotski e Paulo Freire (WONG e PUGH, 2001).

Nesta perspectiva, baseada em atividades investigativas, espera-se como benefício que os alunos aprimorem sua autonomia na resolução de situações-problema, suas habilidades cognitivas, seu raciocínio e a cooperação entre si. Além disso, espera-se que compreendam e se apropriem do método científico (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

.A perspectiva do *inquiry* foi predominante na educação americana. Contou com influência das ideias progressistas do filósofo John Dewey, referente ao ensino de ciências (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). A pedagogia progressista surgiu no final do século XIX nos Estados Unidos como uma contradição à pedagogia tradicional de Herbart, segundo a qual o aluno é condicionado, até mesmo através de castigos e ameaças, a desenvolver consciência moral que o leve a se interessar pelo aprendizado.

Dewey e os adeptos da pedagogia progressista defendiam o ensino baseado na experiência, não só no laboratório, mas na vida, aliando teoria e prática, considerando as interações sociais, tendo o aluno como sujeito ativo de sua

aprendizagem. Para ele, assim como os elementos do universo interagem das mais diversas maneiras, é nas interações que o estudante vivencia as experiências que se reconstróem através da reflexão, promovendo assim a aprendizagem (DEWEY, 1980).

No final do século XIX, de acordo com Deboer (2006), a percepção por parte de cientistas europeus e norte americanos de que a ciência era diferente de outras disciplinas por oferecer práticas de lógica indutiva, constitui-se forte argumento para a introdução do uso de laboratórios no ensino de ciências. Esta corrente recebeu o apoio do filósofo positivista Herbert Spencer, segundo o qual as observações do mundo e de experiências em laboratório permitem uma compreensão da natureza que não se pode obter apenas dos livros.

De acordo com o mesmo autor, o ensino por investigação teve três fases no século XIX. Na primeira, denominada descoberta, os estudantes devem explorar o mundo natural. Na segunda, verificação, os alunos devem confirmar as teorias da ciência através do uso de laboratórios. Na terceira, o *teaching by inquiry*, os alunos deveriam buscar soluções para problemas utilizando a metodologia científica (DEBOER, 2006).

A inclusão do *teaching inquiry* na educação científica foi proposta por Dewey em 1938. Para ele, os alunos deveriam investigar a solução de um problema proposto utilizando os conceitos científicos aplicados a fenômenos naturais. Estes problemas deveriam estar de acordo com a capacidade cognitiva e o desenvolvimento intelectual de cada aluno (BARROW, 2006).

Na primeira metade do século XX, a educação científica voltou-se para a solução de problemas sociais, e o *teaching by inquiry* foi visto como uma maneira de, além de desenvolver habilidades de raciocínio, desenvolver habilidades para a solução destes problemas. No início da segunda metade do século XX, surgiu a crítica de que o estudo científico havia perdido seu rigor acadêmico por estar muito centrado no aluno e em valores sociais. Com o advento da Guerra Fria, este argumento ganhou muita força e a educação voltou ao seu rigor acadêmico com o objetivo de formar mais cientistas em nome da defesa dos Estados Unidos (BARROW, 2006).

Esta nova abordagem voltada à formação de cientistas, recebeu muitas críticas o que fez com que as ideias construtivistas ganhassem força no final da década de 1970. Surge então o conceito de concepções alternativas, que consiste nas concepções prévias que os alunos têm em relação aos fenômenos naturais. Estas concepções têm influência no aprendizado. O objetivo da educação científica passa a ser fazer com que os alunos mudem aos poucos suas concepções de modo que elas se aliem cada vez mais ao conhecimento científico.

Ainda na década de 1970, devido a preocupações com o meio ambiente e o desenvolvimento científico e tecnológico, a educação científica volta a ter um enfoque nos aspectos sociais. As atividades de ensino de ciências voltam-se à solução de problemas como a poluição e o aquecimento global, por exemplo (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Assim, o objetivo da educação científica passa a ser o entendimento de conteúdos e valores culturais e a resolução de problemas e tomada de decisões.

Entre o final dos anos 80 e os anos 90, dois documentos intitulados *Science For All Americans* e *National Science Education Standards*, reforçam esta tendência, defendendo a importância da alfabetização científica. No Brasil, apesar de constar nos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997), o ensino por investigação ainda não se encontra estabelecido. Seja pela insegurança dos professores na utilização de práticas de laboratório, gerenciamento de experimentos ou pela falta de recursos disponíveis.

2.1.2 Autonomia nas Atividades de Ensino por Investigação

Analisando a visão de vários autores em relação às atividades de ensino investigativo, de acordo com Zômpero e Laburú (2011), encontram-se pontos em comum. É consenso que a investigação deve partir de um problema proposto, seja pelo professor ou pelo próprio aluno. Este problema deve ser de interesse do estudante, deve estimulá-lo na busca da solução e deve trazer a ele novos conhecimentos. Deve ser formulada uma hipótese, deve ser elaborado um plano de pesquisa para comprová-la (ou não), interpretar os dados obtidos e comunicar o conhecimento construído com a pesquisa.

Cada uma das etapas descritas pode contar, de acordo com Carvalho (2006) citado por Zômpero e Laburú (2011), com diferentes graus de autonomia por parte dos estudantes. Autonomia esta dada pelo professor. A autora define cinco graus de autonomia, que podemos observar na tabela 1.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	-	Professor	Professor	Professor	Aluno/ Professor
Hipóteses	-	Professor/ Aluno	Professor/ Aluno	Professor/ Aluno	Aluno
Plano de trabalho	-	Professor/ Aluno	Aluno/ Professor	Aluno	Aluno
Obtenção de dados	-	Aluno/ Professor	Aluno	Aluno	Aluno
Conclusão	-	Aluno/ Professor/ Classe	Aluno/ Professor/ Classe	Aluno/ Professor/ Classe	Aluno/ Professor/ Sociedade

Tabela 1: Graus de liberdade professor/aluno na atividade de laboratório. (CARVALHO, 2006 apud ZÔMPERO & LABURÚ, 2011)

No grau I, quando apenas o professor participa da elaboração e execução das atividades, não se caracteriza como ensino investigativo. No grau II, o professor propõe o problema, mas a elaboração das hipóteses, o plano de trabalho e a obtenção de dados são feitas pelos alunos, com orientação do professor, assim como a conclusão. Porém, esta etapa deve ser apresentada e discutida com a classe, ressaltando a necessidade de o conhecimento ser divulgado. Os níveis III e IV oferecem mais liberdade aos alunos e o nível V é esperado nos trabalhos de mestrado e doutorado (CARVALHO, 2006 apud ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

A autora enfatiza neste quadro atividades de pesquisa experimentais. Porém o ensino investigativo não exige necessariamente práticas de experimentação. O que o caracteriza é a proposta de um problema e a busca de uma solução através da formulação de uma hipótese, de um planejamento de pesquisa que pode ou não incluir atividades experimentais em laboratório (ZÔMPERO & LABURÚ, 2011).

De acordo com Duschl (2009), o ensino investigativo abre as portas para uma educação que ensina não apenas o que conhecemos, mas a forma como adquirimos este conhecimento, a relação entre as evidências e as explicações, o raciocínio sobre os conceitos e não sua simples demonstração. A construção de modelos através de observações à luz de uma teoria.

2.1.3 Laboratórios Remotos

O uso de laboratórios no ensino de ciências, em especial no ensino de física, constitui uma ferramenta indispensável para a completa aprendizagem de conceitos trabalhados bibliograficamente ou expositivamente. Permite o desenvolvimento de habilidades investigativas, além de ampliar o número de abordagens de ensino que se pode utilizar (CARDOSO e TAKAHASHI, 2011).

Além destes benefícios que a experimentação pode trazer para o ensino de ciências, constitui uma ferramenta capaz de diminuir as conhecidas dificuldades apontadas pelos estudantes da educação básica referentes à aprendizagem de conceitos de física (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Porém, o uso de atividades experimentais esbarra em alguns obstáculos. Entre eles, a falta de capacitação de professores para desenvolver este tipo de abordagem, e a falta de recursos e de estrutura para fazê-lo (CARDOSO e TAKAHASHI, 2011). Para contornar este obstáculo, surgem algumas alternativas. Uma das mais conhecidas é a prática de experimentos de baixo custo, que consiste em experimentos que utilizam materiais alternativos de baixo custo para a realização de demonstrações de conceitos de física.

Uma segunda possibilidade seria a utilização de laboratórios virtuais, que disponibilizam simulações de experimentos das quais é possível obter dados e estudar fenômenos. Outra alternativa é a da utilização de laboratórios remotos. Consiste em laboratórios reais que podem ser acessados remotamente, a distância, via internet (CARDOSO e TAKAHASHI, 2011).

A vantagem do uso de laboratórios remotos é permitir o contato de um grande número de estudantes com experimentos reais e até mesmo recursos de altíssimo custo. Segundo Cardoso e Takahashi (2011, p.188):

“A utilização desses Laboratórios de Experimentação Remota, como são conhecidos, permitiria a realização cooperativa de experimentos reais com o objetivo de prover uma melhor compreensão dos fenômenos científicos e estimular um interesse maior pela carreira científica.”

Além disso, o uso de laboratórios remotos permite a integração do aluno com os modernos recursos tecnológicos, como computadores, celulares e internet. As tecnologias contemporâneas fazem o aprendizado transcender as paredes de uma sala de aula, pois permite a interação entre um número maior de estudantes (CARDOSO e TAKAHASHI, 2011), o acesso aos mais diversificados recursos e até mesmo a realização de atividades mais aprofundadas que exijam a utilização de recursos experimentais restritos aos laboratórios de grandes centros de pesquisa.

De acordo com Silva (2006, p.135), as seguintes vantagens são apresentadas por laboratórios remotos:

Maior utilização dos equipamentos do laboratório: ao estarem disponíveis os equipamentos 24 horas por dia, 365 dias ao ano seu rendimento é maior; Organização de laboratórios: não é necessário manter abertos os laboratórios a todas as horas, basta com que estejam operacionais; Organização do trabalho dos alunos: com os laboratórios remotos os alunos e professores podem organizar melhor seu tempo, de maneira similar aos horários de aulas; Aprendizagem autônoma: os laboratórios remotos fomentam o trabalho autônomo, que é fundamental no modelo atual de educação superior; Abertura a sociedade: os laboratórios remotos podem ser colocados a disposição da sociedade; Cursos não presenciais: possibilitam a organizar cursos totalmente não presenciais, evitando muitos dos problemas atuais; Inserção dos usuários em um contexto real: uma vez que elementos hardware passam a ser controlados através de um computador e comandados utilizando técnicas software/hardware passam os usuários a estarem inseridos em um contexto real de aprendizagem.

Laboratórios remotos consistem em uma importante ferramenta para cursos a distância, pois permite a prática experimental em laboratórios, tão exigida e necessária em cursos da área de ciências. Pode ser acessado por alunos de qualquer computador com internet disponível. Sua interface programável tem as funções de interpretar os comandos do usuário para executá-los no experimento e interpretar os resultados obtidos para serem transmitidos ao usuário pelo servidor (CARDOSO e TAKAHASHI, 2011).

2.1.4 Astronomia no Ensino de Física

A física é uma das áreas do conhecimento que mais influencia na sociedade. Não se pode imaginar os avanços tecnológicos aos quais se assenta o mundo atual sem os avanços da ciência relativos à física. Basta pensar nos avanços da eletrônica e das telecomunicações, dos aparelhos de diagnóstico e tratamento na medicina, dos meios de transporte entre muitos outros.

Frente a tantos temas atuais de aplicação da física, o ensino desta disciplina na educação básica conta, na maioria das instituições, com currículos e metodologias defasados. Enquanto a ciência descobre novos planetas potencialmente capazes de abrigar vida, discute a formação e a evolução do universo, buraco negro, energia escura, ainda ensina-se física por meio de memorizações de fórmulas matemáticas e de resolução de problemas físicos que, apesar de sua importância, não são a melhor maneira de atrair e satisfazer o jovem estudante (FRÓES, 2014).

Fróes (2014, p.1) propõe a seguinte reflexão: *“Final, por quanto tempo um carro movendo-se de A até B com uma dada velocidade inicial e aceleração constante conseguiria capturar a atenção de um jovem de 15 anos?”*

Assim, poderíamos incrementar o ensino de física, introduzindo temas que possam despertar o maior interesse de nossos jovens e estimulá-los, não só a se dedicarem ao estudo desta ciência, como a seguirem a carreira científica, formando-se profissionais em áreas relativas às ciências exatas, das quais nosso país carece, como por exemplo, engenheiros para sustentar a produção e o desejado crescimento econômico (FRÓES, 2014).

Em busca de temas de interesse dos alunos da educação básica, com o objetivo de incentivá-los a seguir carreira na área de ciências exatas e engenharia, pesquisadores noruegueses propuseram o projeto Rose (*Relevance in Science Education*), no qual por meio de uma colaboração internacional verificou-se os temas nos quais os estudantes mais teriam interesse. Como resultado, temas relativos à astronomia, astrofísica e cosmologia tiveram grande destaque. Por exemplo, na Inglaterra, dos dez temas mais citados pelos estudantes, quatro são relacionados aos estudos celestes (FRÓES, 2014).

Os temas mais citados na Inglaterra foram: *Qual a sensação de viver sem peso no espaço*, *Buracos negros, supernovas e outros objetos do espaço*, *Como meteoritos, cometas e asteroides podem causar catástrofes na Terra* e *A possibilidade de existir vida fora da Terra*. No Brasil, aplicado por pesquisadores da Universidade de São Paulo, o projeto Rose apresentou resultados semelhantes aos resultados europeus. Além dos quatro temas ingleses, o tema *Como caminhar orientado pelas estrelas* apresentou igual destaque.

Não é de se estranhar que a astronomia tenha tanta relevância entre os jovens. De acordo com Vasconcelos e Saraiva (2012), as descobertas astronômicas contam com grande destaque na mídia. Frequentemente vemos nos noticiários notícias sobre a descoberta de novos planetas, tempestades solares, buracos negros, ondas gravitacionais. Vários são os programas nos canais de documentários a respeito destes temas.

O ensino de astronomia é previsto nos PCN+, como um dos temas a serem trabalhados pela disciplina de física, através do eixo temático Terra e Universo. De acordo com Dias e Rita (2008), *é requisito dos PCN + o efetivo aprendizado do tema estruturador Universo, Terra e Vida, composto das seguintes unidades temáticas: Terra e Sistema Solar, O Universo e sua Origem e Compreensão Humana do Universo.*

Dessa forma, a astronomia se mostra detentora de temas de extrema relevância aos estudantes. Não pode ser ignorada como motivador para o ensino de física para o despertar do interesse pela carreira científica e por aquelas relativas às ciências exatas. Demonstra-se, a partir do exposto, que pode funcionar efetivamente para deter as crescentes aversões ao estudo de física apresentados pela maioria

dos nossos jovens, além de auxiliar no cumprimento dos objetivos previstos pelos parâmetros curriculares no Brasil.

2.2 Metodologia

2.2.1 Construção do Produto

A proposta deste trabalho é oferecer uma proposta pedagógica com características investigativas, que envolva atividades experimentais relacionadas à astronomia e utilização de laboratório remoto, com o objetivo de colaborar para o aprendizado de conteúdos da disciplina de física. Consiste na elaboração de um roteiro de atividade, com o cuidado de deixar o espaço necessário para que tanto aluno como professor desenvolvam sua autonomia no que diz respeito ao planejamento e execução da pesquisa.

Para formular a atividade, foram realizadas pesquisas na internet a respeito de atividades com características similares às descritas. Encontrou-se projetos tanto no Brasil como em outros países que propunham atividades experimentais envolvendo dados astronômicos reais. A seguir oferecemos uma breve descrição de três deles.

Hands on Universe (<http://handsonuniverse.org/projects/>): O projeto é uma colaboração internacional envolvendo vários países como Estados Unidos, Brasil, Colômbia e vários países europeus e asiáticos. Oferece serviços como formação de professores para trabalhar com atividades de astronomia em sala de aula, formação de meninas para trabalhar na área de TI aplicada à astronomia e também a possibilidade de participar de uma pesquisa de colaboração internacional para identificação e catalogação de asteroides do cinturão de asteroides localizado entre Marte e Júpiter.

Sky Server (<http://skyserver.sdss.org/dr13/en/home.aspx>): Além de permitir o acesso a vários dados astronômicos reais, oferece sugestões de vários trabalhos de pesquisa como: comparar as características das estrelas mais internas com as estrelas mais externas da galáxia; estudar e classificar pequenas galáxias; estudar

os quasares por meio de seus espectros; mapear o Universo e identificar regiões HII em outras galáxias, para citar alguns exemplos.

Telescópios na Escola (<http://telescopiosnaescola.pro.br/>): Um projeto que propõe várias atividades experimentais, além da possibilidade do próprio estudante operar remotamente um telescópio semi-profissional e obter dados para sua pesquisa. Conta com sete telescópios pertencentes a instituições de pesquisa como USP, UFRJ, INPE, CMPA, UFSC, UEPG e UFRN.

A atividade elaborada teve como inspiração as atividades sugeridas pelo projeto Telescópios na Escola, intituladas “Medição de Brilho das Estrelas: Técnicas Fotométricas” e “Cores das Estrelas”. Estas atividades propõem a observação e obtenção de imagens de estrelas através de um dos telescópios do projeto e a análise fotométrica das mesmas, para determinação do brilho, magnitude e índice de cor dos corpos celestes estudados.

A escolha destes trabalhos e de trabalhar com o projeto Telescópios na Escola se deu por se tratar de um projeto brasileiro, de fácil acesso, e que permite a operação remota de um telescópio de verdade, além de disponibilizar o acesso aos softwares necessários para a realização da pesquisa.

Na atividade proposta neste trabalho, temos o objetivo de determinar a temperatura das estrelas e relacioná-las com seu índice de cor. O roteiro proposto descreve uma pesquisa na modalidade de iniciação científica júnior. Assim, a atividade vai além da parte experimental proposta. Inclui a elaboração de um plano de pesquisa a partir de uma hipótese, um estudo teórico apurado sobre o tema, a elaboração de documentos como relatórios e diário de bordo e a divulgação dos resultados obtidos por meio da participação em feiras e congressos.

O principal objetivo pedagógico é que o estudante aprenda, durante a realização da pesquisa, os conceitos relacionados ao espectro da radiação eletromagnética, mais especificamente em relação à luz visível, e que consiga relacionar as cores com a intensidade de energia da radiação. Outros conceitos poderão ser aprendidos como aqueles de brilho e magnitude das estrelas e a relação entre a intensidade da radiação e a distância até a fonte.

Espera-se que o estudante conheça a maneira como a ciência trabalha e aprenda o que é o fazer científico, além da rotina de trabalho de um pesquisador, as

regras às quais está sujeito, como trabalhar de forma ética, defender sua pesquisa e que argumentos utilizar, e que compreenda a importância de se estudar os fenômenos astronômicos, mais especificamente as características das estrelas.

2.2.2 Descrição do Produto

A proposta foi dividida em oito etapas. Na introdução é feita uma descrição geral sobre a importância das pesquisas astronômicas para a sociedade, além do fascínio que os corpos celestes provocam nas pessoas. Em seguida faz-se uma breve descrição da atividade, convidando o leitor a realizá-la.

Na segunda etapa sugerem-se procedimentos para elaborar o planejamento da pesquisa. É apresentada a proposta de atividade, em que se deve estudar a relação entre a cor e a temperatura das estrelas. Ressalta-se a importância de um bom planejamento e da parceria do estudante com seu professor na construção do trabalho.

A terceira etapa consiste na observação remota dos objetos escolhidos. Descreve-se como agendar e utilizar um dos telescópios do projeto “Telescópios na Escola”, obtendo imagens em diferentes filtros de cor. Indica-se como baixar e utilizar o programa SAO DS9, que permite a observação e tomada dos dados.

Na quarta etapa, descreve-se como tratar as imagens obtidas no programa SAO DS9, quais os procedimentos para se obter dados relativos ao brilho aparente de cada estrela estudada, a partir da contagem de fótons realizada pelo programa, aplicando as técnicas de fotometria. Com o brilho de cada estrela determinado para cada filtro de cor, na quinta etapa mostra-se como determinar o índice de cor $B - V$, e indica como utilizar este dado para calcular a temperatura de cada estrela.

Na sexta etapa a orientação é de como estabelecer uma relação entre a cor da estrela, sua temperatura e o índice de cor $B - V$, por meio de uma imagem colorida do objeto escolhido para estudo. Ressalta-se mais uma vez que em cada etapa buscou-se orientar e incentivar o estudante a agir com autonomia, criando espaço para que o mesmo possa obter informações e estabelecer relações por conta própria.

Na etapa seguinte são feitas sugestões para que o estudante divulgue os resultados de sua pesquisa, indicando várias feiras de ciências das quais o mesmo pode participar. Sugere-se também a confecção de relatório e artigo científico para publicação em revistas de divulgação da atividade de iniciação científica júnior.

Na última parte do produto é feito um fechamento das atividades realizadas, e sugestões de onde encontrar outras atividades experimentais de astronomia para realizar outros projetos, além das expectativas de satisfação por parte do estudante que realizou esta atividade.

2.3 Resultados

Para a aplicação do produto, foram escolhidos um estudante e uma estudante da Escola Estadual Alexandre von Humboldt que cursavam o terceiro ano do ensino médio. Esta escola trabalha em período integral. Os estudantes nela permanecem das sete horas da manhã até as dezesseis horas e vinte minutos, participando de nove aulas de cinquenta minutos por dia, com uma hora e dez minutos de almoço e dois intervalos de vinte minutos, um de manhã e outro à tarde.

O estudante pretendia seguir carreira na área de computação e a estudante na área de astronomia. Assim, quando o trabalho foi oferecido, os dois aceitaram prontamente a proposta, já que além de ser um trabalho de astronomia, envolveria a manipulação de programas de computador.

O trabalho foi desenvolvido durante o ano de 2015. Iniciou-se com a elaboração do plano de pesquisa. Os alunos redigiram o texto que foi sendo aperfeiçoado de acordo com as orientações do professor. Conforme o texto se aperfeiçoava, foi possível observar que os estudantes adquiriam traços da escrita científica em sua redação. O plano de pesquisa demorou aproximadamente dois meses para ficar pronto.

Seguiu-se então a pesquisa teórica. Foi realizado um estudo bibliográfico sobre técnicas fotométricas, aglomerados estelares e evolução estelar. Estudou-se os conceitos de brilho e magnitude, absoluta e aparente, índice de cor B - V e as

relações matemáticas entre o índice de cor e os fluxos da estrela nos filtros azul (B) e visível (V) e entre mesmo índice e a temperatura da estrela. Esta fase foi realizada em dois meses também

Iniciando a parte experimental, realizou-se a atividade de observação remota, que consistiu na utilização do telescópio Argus do IAG-USP, localizado na cidade de Valinhos – SP. O telescópio foi controlado remotamente pelos estudantes sob supervisão do professor, via internet. Inserindo as coordenadas do objeto de estudo, no caso o aglomerado estelar NGC 4755, no programa de operação do telescópio, o mesmo apontou para este objeto.

Para obter as imagens, primeiro programou-se o telescópio para produzir fotografias no filtro de cor azul (B). Foram feitas imagens gravadas no formato de arquivo *fit* que eram enviadas remotamente para o computador dos estudantes. Iniciou-se com um tempo de exposição de 10s. Como a nitidez da imagem não foi a esperada, variou-se o tempo de exposição até o tempo de 40s, quando a imagem obteve a nitidez e resolução esperadas.

Repetiu-se o mesmo procedimento com o filtro de luz visível (V), obtendo-se imagens nítidas com o tempo de exposição de 40s. O telescópio operou à temperatura de -4°C .

As imagens obtidas foram trabalhadas no programa SAO DS9. Este programa permitiu contar a quantidade de fótons que sensibilizaram cada pixel da imagem de cada estrela estudada. Foram escolhidas dez estrelas do aglomerado e mais uma estrela de brilho padrão. A estrela de brilho padrão é uma estrela de brilho constante e conhecido. Para evitar efeitos da atmosfera terrestre, mediu-se a contagem fotométrica de uma região da imagem sem nenhuma estrela. O valor obtido foi subtraído da contagem de cada estrela estudada.

A última etapa do projeto consistiu na determinação de parâmetros como índice de cor e temperatura das estrelas do aglomerado NGC 4755. Com a contagem de cada estrela e o brilho da estrela padrão, obteve-se o brilho de cada estrela em cada filtro por uma simples relação de proporção direta, como indicado nas pesquisas teóricas.

Com o brilho de cada estrela obteve-se a magnitude de cada uma delas em cada filtro, o que permitiu a obtenção do índice de cor B – V. Com este índice e com

uma expressão matemática obtida através dos estudos teóricos, pode-se determinar a temperatura de cada estrela.

Na análise dos resultados, os estudantes puderam observar que estrelas com índice de cor negativo apresentaram maior valor de temperatura. Analisando juntamente com o professor o índice de cor $B - V$, que significa a diferença entre a magnitude da estrela no filtro azul e a magnitude no filtro visível, e levando em consideração que a magnitude é inversamente proporcional ao brilho, o índice de cor negativo significa maior brilho medido no filtro azul, o que significa que a maior parte da radiação emitida tem frequência mais próxima da cor azul.

Esta análise permite concluir que estrela com cor mais próxima do azul apresenta maior temperatura. Para verificar a validade desta conclusão, observou-se uma imagem colorida do aglomerado obtida na literatura. Verificou-se que das estrelas estudadas, somente uma era vermelha. As outras eram azuis ou brancas. E justamente a estrela vermelha foi a que apresentou índice de cor positivo, o que é coerente com o experimento, pois esta estrela emite mais radiação de luz vermelha que azul. Como o filtro visível permite a passagem de luz vermelha, é esperado que o brilho medido no filtro vermelho seja maior, e a magnitude menor que no azul, o que resulta em um índice de cor positivo.

Como é possível observar no relatório que se encontra no **anexo II**, todas as outras estrelas obtiveram índices negativos ou muito próximos de zero. Isso permitiu aos estudantes estabelecerem uma relação entre a cor e a temperatura das estrelas.

Após a realização das pesquisas, prosseguiu-se com a publicação dos resultados. Para isso, os estudantes foram inscritos e selecionados para participar da MOSTRATEC (Mostra Internacional de Ciências e Tecnologia) que ocorreu no mês de outubro de 2015, na cidade de Novo Hamburgo – RS. Este evento contou com a participação de estudantes de mais de 70 países das Américas, Europa e Ásia.

Para participar do evento os alunos tiveram que elaborar o relatório da pesquisa, além de um banner para as apresentações. As apresentações foram realizadas em um centro de exposições, onde os estudantes expunham seu trabalho ao público em stands, como descrito na figura 1 abaixo



Figura 1: Participação na MOSTRATEG

O relatório elaborado encontra-se no **anexo II**, assim como o plano de pesquisa utilizado na inscrição é o mesmo encontrado no anexo II. Durante a pesquisa os alunos produziram registros num diário de bordo, também conhecido como caderno de campo. Os documentos produzidos permitem observar certa maturidade dos estudantes em relação à redação científica, embora ainda exista bastante espaço para evolução. Na apresentação oral para os visitantes e os avaliadores do evento, os estudantes demonstraram grande domínio dos conhecimentos trabalhados, como os conceitos de brilho e magnitude, índice de cor e a relação entre a cor da estrela e sua temperatura.

A participação neste evento permitiu o contato e a troca de experiências com estudantes e professores de outras partes do mundo, o que agrega à experiência de vida dos estudantes um conhecimento muito maior das realidades encontradas no mundo em que vivem, além de aprender novas formas de encontrar soluções para problemas propostos.

As atividades experimentais e a análise de dados realizada pelos estudantes permitiram a compreensão da necessidade de controle das condições experimentais e também do registro preciso dos dados obtidos. Pôde-se observar.

2.4 Discussão dos Resultados

O objetivo do produto é proporcionar uma metodologia para o ensino de conceitos de física, baseada na pesquisa científica, no ensino investigativo e na utilização da astronomia. A principal proposta da atividade sugerida é que o estudante aprenda a relação entre a cor e a temperatura das estrelas. Outros objetivos mais específicos seria a compreensão do conceito de brilho e magnitude, do modo como a ciência trabalha e de como redigir documentos de registro e publicação dos resultados.

Para avaliar a validade do produto, foram analisadas a atuação dos estudantes durante a pesquisa, os documentos produzidos e a apresentação no evento que participaram.

Durante as pesquisas os estudantes apresentaram um grau de autonomia considerável. Na maior parte do trabalho tomaram as iniciativas e apresentaram soluções por conta própria. A orientação do professor é imprescindível, mas observou-se que é possível deixar um grande espaço para que o estudante desenvolva sua criatividade. Por exemplo, nas pesquisas teóricas, o professor precisou indicar as primeiras leituras e como encontrá-las, mas os estudantes, analisando o material conseguiram por conta própria encontrar os dados teóricos necessários para a pesquisa.

Na atividade de observação, os estudantes realizaram todos os procedimentos de operação do telescópio sem a intervenção do professor, apenas interagindo com o responsável pelo telescópio e de acordo com as instruções que eles mesmos pesquisaram. Na obtenção das contagens fotométricas através do programa SAO DS9, os alunos realizaram os procedimentos com independência, sem a intervenção do professor.

A intervenção do professor foi necessária no momento de analisar os dados e relacioná-los com a cor das estrelas. Apesar de conhecer os conceitos de magnitude e brilho, os estudantes se esqueceram de que eram grandezas inversamente proporcionais, o que não permitia a compreensão do índice de cor negativo para as estrelas azuis. Após debates e discussões com o professor, os estudantes conseguiram lembrar este detalhe e enfim compreender a relação entre o índice

de cor e a cor da estrela. Feito isso, conseguiram por conta própria estabelecer a relação entre a cor e a temperatura das estrelas.

Para produzir os documentos, foi necessária a orientação do professor. Tanto o plano de pesquisa quanto o relatório foram se aprimorando com o tempo. A cada versão feita, o professor observava os erros e pedia para ser refeito. Foi a parte do trabalho que mais necessitou da interferência do professor. O resultado final mostrou que os estudantes evoluíram em suas habilidades de redação. Apresentaram bem os dados obtidos durante a pesquisa, os resultados e a análise desses resultados, mas não souberam descrever no relatório os procedimentos do trabalho de forma satisfatória. Esta observação foi feita também pelos avaliadores da MOSTRATEC.

Pôde-se observar na MOSTRATEC, através das apresentações orais que os estudantes conseguiram compreender perfeitamente a relação entre a cor de uma estrela e sua temperatura, o que era objetivo principal da pesquisa. Além disso, souberam utilizar os dados obtidos durante a pesquisa para argumentar a favor do resultado obtido, demonstrando grande domínio dos conceitos físicos trabalhados e da pesquisa realizada.

3 CONCLUSÃO

O produto deste trabalho permitiu a realização de uma pesquisa de iniciação científica júnior com alunos do ensino médio, proporcionando espaço para o desenvolvimento da autonomia do estudante, e a compreensão do método científico. O principal objetivo do trabalho que era ensinar a relação entre cor e temperatura das estrelas foi cumprido de forma satisfatória.

Em termos de orientação das atividades, o produto se mostrou claro e eficiente. A característica de abrir mais espaço para que estudante e orientador desenvolvam seu trabalho e busquem de forma criativa as soluções foi bastante positiva.

A atividade permitiu também o desenvolvimento de habilidades de leitura, escrita e oralidade. Proporcionou a interação com estudantes de várias partes do

mundo, utilizando recursos disponíveis a estudantes de ensino básico, porém muitas vezes desconhecidos por parte dos professores.

Como descrito no decorrer do trabalho, é possível desenvolver várias outras abordagens investigativas astronômicas para ensinar conceitos de física. Existem muitos recursos disponíveis na internet e nos centros de pesquisa que podem ser utilizados por estudantes de ensino básico.

No caso deste trabalho, a observação remota permitiu que estudantes de uma escola básica operassem um telescópio semi profissional, coletassem dados e compreendessem o método científico, além de aprenderem conceitos de física de uma forma instigante e satisfatória, segundo relato dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 2006, 17: p. 265–278, 2006.
- CHALMERS, A.F . O que é ciência, afinal? São Paulo. Brasiliense, 2000
- CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica . In: GATICA, M Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (Ed). *Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos e propuestas*. Santiago: Universidade católica de Chile.2006
- Deboer G.E. Historical Perspectives On Inquiry Teaching In Schools. Flick L.B., Lederman N.G. (eds) *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Science & Technology Education Library, vol 25. Springer, 2006
- DEWEY, J. Experiência e Natureza : lógica : a teoria da investigação: A arte como experiência: Vida e educação: Teoria da vida moral. São Paulo: Abril Cultural, 1980.
- DIAS, C. A.; SANTA RITA, J. R. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, Limeira, n. 6, p. 55-65, 2008.
- FROES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo , v. 36, n. 3, p. 1-15, 2014
- JÚNIOR, S. S.; AMORES, E. B.; SHIDA, R. Y. Medição de Brilho das Estrelas: Técnicas Fotométricas. Projeto Telescópios na Escola. Visto em <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/fotometria.pdf>>, acesso: out. 2016.
- GREGÓRIO-HETEM, J. C.; AMORES, E. B.; SHIDA, R. Y. As Cores das Estrelas. Projeto Telescópios na Escola. Visto em <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/fotometria.pdf>>, acesso: out. 2016.
- SILVA, J. B. A Utilização Da Experimentação Remota Como Suporte Para Ambientes Colaborativos De Aprendizagem. 2006. 196f. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento da Universidade). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- VASCONCELOS, F. E. O.; SARAIVA, M. F. O.O estudo da Astronomia e a motivação para o Ensino de Física na educação básica. In: *Simpósio Nacional de*

Educação em Astronomia, 2, 2012, São Paulo. Caderno de Resumos. São Paulo: USP, 2012.

WONG, D.; PUGH, K. Learning Science: A Deweyan Perspective. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 38, n. 3, P. 317 – 336, 2001

ZANATTA, B.A. O Legado de Pestalozzi, Hebart e Dewey para as Prática Pedagógicas Escolares, Rev. Teoria e Prática da Educação, v. 15, n. 1, p. 105-112, 2012.

ZÔMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências, Rev. Ensaio. Belo Horizonte. v.13. n.03. p.67-80. 2011.

APÊNDICE – PRODUTO

RAFAEL ASSENSO

NELSON STUDART

ESTUDANDO AS ESTRELAS

A Física Através da Pesquisa Científica, da Astronomia e de
Observações Remotas

UFABC – Universidade Federal do ABC

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física



Universidade Federal do ABC

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



Autor

RAFAEL ASSENSO

Orientador

NELSON STUDART

SANTO ANDRÉ – SP

2017

© Rafael Assenso e Nelson Studart – 2017

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

APRESENTAÇÃO

Caro Aluno

Este livreto traz para você a proposta de realizar uma atividade de pesquisa astronômica experimental, como fazem os astrônomos profissionais. Você irá controlar um telescópio profissional de verdade, através da internet, e vai obter imagens de um aglomerado estelar, que lhe permitirá determinar a temperatura de estrelas. Nesta atividade você trabalhará como um pesquisador, propondo as ações e produzindo conhecimento a respeito desta área de estudo que é uma das mais importantes e fascinantes da humanidade. Você pode contar sempre com o auxílio de seu professor, mas as propostas, os procedimentos e as descobertas devem partir sempre de você, que afinal é nosso cientista nesta empreitada

Caro Professor

O ensino de física possui muitas e interessantes ferramentas para serem aplicadas. A astronomia, uma das áreas que mais desperta curiosidade e fascínio nas pessoas, principalmente em nossos jovens, pode ser utilizada como uma dessas ferramentas. Nesta atividade você terá a oportunidade de trabalhar lado a lado com seus estudantes, numa fascinante busca por conhecimentos a respeito das estrelas. Lembre sempre de deixar espaço para a criatividade e a autonomia de seus alunos. Divulgue entre seus estudantes essa proposta, para que todos possam aproveitar desta experiência cativante.

O material foi produzido sob orientação do professor Nelson Studart, como produto final do trabalho realizado no Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal do ABC, ao longo dos anos de curso. A dissertação que gerou este trabalho tem como Título "*Ensino de Física Através de Atividades de Ensino Investigativo e Experimentais de Astronomia no Ensino Básico*", em que o autor apresenta de forma direta o produto e descreve a construção e a aplicação do mesmo, além de fornecer sugestões de aplicações e fontes de informações para consulta dos alunos.

1. Introdução

É inegável o fascínio que despertam os segredos dos céus. Observar o cosmos, desde os primórdios da raça humana, tem se tornado fonte de infinito encanto. O Sol, os planetas e as mais variadas estrelas e corpos celestes são exemplos da riqueza que encontramos no cosmos. Na figura 1 apresentamos a Nebulosa de Órion e a Estrela Rigel.

Além de toda a beleza e encanto, o estudo dos fenômenos celestes tem sido de vital importância para o desenvolvimento da civilização. Do surgimento da agricultura às viagens espaciais, o conhecimento produzido pela astronomia e suas áreas de estudo tem influenciado diretamente o destino da humanidade.



Fig 1. Nebulosa de Orion (esquerda) e estrela Rigel (direita). Fonte: NASA/ESA

Dos objetos que vemos nos céus todas as noites certamente um dos que mais despertam curiosidade e encanto são as estrelas. Observam-se os mais variados tipos delas, com diferentes cores, tamanhos e brilhos.

Com o desenvolvimento dos instrumentos de observação e dos conhecimentos científicos descobrimos cada vez mais os segredos escondidos nas estrelas, como a forma com que produzem energia, como surgem e se desenvolvem e até mesmo que muitas delas possuem planetas que as orbitam, e que possivelmente abrigam formas de vida extraterrestre.

Neste trabalho propomos um estudo das características das estrelas. Para isso, utilizaremos um telescópio de maneira remota, e obteremos imagens para serem analisadas como faz um astrônomo profissional.

Você deve planejar passo a passo sua pesquisa, e no final divulgar seus resultados como faz um cientista. Para isso, conte com a orientação de seu professor. Então vamos lá, desvendar os segredos das estrelas.

2. Planejamento

Antes de iniciar a pesquisa, devemos planejá-la. Definir os objetivos, a hipótese a ser testada e a metodologia. Existem vários modelos de planos de

pesquisa que podem ser encontrados na internet. Abaixo sugerimos uma estrutura de plano com os principais itens.

1 - Introdução e justificativa – deve-se introduzir brevemente o tema a ser trabalhado, o que se pretende com a pesquisa, mencionar contexto social e histórico e defender a importância da pesquisa, mostrar o quanto é relevante e que vale a pena trabalhar nela.

2 - Problema – descrever qual a situação que gera a necessidade da pesquisa ser desenvolvida. É o que o trabalho se dispõe a resolver, solucionar. É o problema que gera as questões que serão respondidas pela pesquisa.

3 - Hipótese – é a solução proposta para o problema. É o que se deseja comprovar, o que o trabalho propõe para solucionar efetivamente o problema delimitado.

4 - Objetivos – refere-se ao que se deseja alcançar com a realização da pesquisa.

5 - Revisão bibliográfica – o pesquisador precisa localizar, revisar e definir as fontes bibliográficas de onde obterá o conhecimento teórico necessário para apoiar a pesquisa. É necessário utilizar material com reconhecida credibilidade, como artigos científicos, legislação, bibliotecas digitais, web sites de observatórios, normas técnicas, entre outros.

6 - Metodologia – é uma das principais partes de um plano de pesquisa. Aqui se deve prever o que será feito em cada etapa da pesquisa, envolvendo o estudo teórico, passando pela tomada de dados através de experimentos, questionários, pesquisa de campo entre outros, até a descrição dos materiais e recursos necessários. Deve-se incluir o cronograma para a realização de cada etapa. Recomenda-se que uma pesquisa realizada com alunos de ensino fundamental e médio preveja até um ano de trabalho. Se o trabalho necessitar de mais tempo (e provavelmente necessitará), deve ser dividido em partes que demorem até um ano. No final de uma etapa de um ano de trabalho, os resultados devem ser analisados e em continuação, elabora-se novo plano de pesquisa para mais um período de trabalho.

7 - Análise de dados – nesta sessão descreve-se a maneira que os dados obtidos irão ser analisados para que se conclua sobre a validade da hipótese e se os objetivos foram alcançados.

8 - Referências – citar as principais referências utilizadas para redigir o plano de pesquisa.

Para esta atividade, sugerimos estudar a relação entre as cores das estrelas e suas temperaturas. Nosso objetivo é determinar a relação entre o índice de cor B – V de uma estrela e sua temperatura, utilizando uma técnica chamada fotometria.

Você deve definir quais objetos vai estudar e descrevê-los em seu plano de pesquisa. Para esta atividade pode escolher um conjunto de estrelas, um aglomerado estelar, uma constelação, desde que contenha estrelas de cores diferentes.

No seu plano de pesquisa, você deve prever inicialmente uma etapa de estudos teóricos, em que aprenderá os conceitos necessários para a realização de sua pesquisa. Para o tema sugerido, pesquise sobre índice de cor, temperatura das estrelas, técnicas fotométricas, conceito de brilho e magnitude, filtros de cor e a relação entre a intensidade da luz e a distância até a fonte.

3. Observação Remota

Para ilustrar os procedimentos experimentais, vamos utilizar como exemplo o aglomerado estelar NGC 4755, conhecido popularmente como “Caixinha de Joias”. Trata-se de um aglomerado aberto, jovem, e é considerado um dos objetos mais belos do céu. Possui um conjunto de estrelas azuis e uma estrela vermelha bem no centro, como podemos observar na figura 2.



Fig. 2: aglomerado NGC 4755 (Caixinha de Joias). Fonte: NASA/ESA

Definido o objeto e antes de realizar as observações, é necessário baixar e instalar o programa SAO DS9, o que pode ser feito por meio do link <http://ds9.si.edu/site/Download.html>. Este programa permite visualizar imagens no formato fit e realizar análise fotométrica.

Após baixar e instalar o programa, é hora da observação astronômica. Para isso, você necessitará de um telescópio, capaz de obter imagens em vários filtros de luz. Existem vários centros de pesquisa ao redor do mundo que disponibilizam telescópios para observações remotas, ou seja, a distância.

No Brasil existe um projeto chamado Telescópios na Escola, que disponibiliza um conjunto de opções de telescópios. Para utilizá-los, acesse o site do projeto pelo link <http://telescopiosnaescola.pro.br/>, escolha o telescópio que deseja utilizar e siga

as instruções para agendar a sua observação. Consulte a previsão do tempo e escolha uma data onde esteja previsto céu limpo e que seu objeto esteja visível.

No dia da observação você deverá estar de posse das coordenadas do objeto celeste que escolheu. Elas devem ser obtidas através de pesquisa. Em sites de busca até mesmo como o Google é possível facilmente encontrar as coordenadas do objeto.

Você operará o telescópio a distância. Inserindo as coordenadas do objeto na página do telescópio, ele direcionará suas lentes para o objeto escolhido. Defina o tempo de exposição para a obtenção da imagem. Se o tempo for curto demais, a imagem não aparecerá nítida. Se o tempo for longo demais, a imagem poderá aparecer toda branca.

Faça uma imagem com o tempo de exposição de 30s. Baixe-a em seu computador e observe-a no SAO DS9. Se a imagem não ficou boa, Faça uma nova imagem com o tempo de exposição diferente e repita o procedimento, até que a imagem fique adequada para estudos.

Você deve obter pelo menos três imagens para o filtro azul e três para o filtro visível. Peça ao responsável pelo telescópio que te informe a temperatura de operação do mesmo.

4. Obtendo Dados

Depois de obter as imagens pelo telescópio, é hora de analisá-las utilizando o programa SAO DS9. Este programa permite obter dados fotométricos dos objetos da imagem. Você deve abrir o programa e abrir nele uma das imagens obtidas na observação. Na figura 3, um exemplo de como a imagem deve aparecer.

Em seguida, você deve escolher as estrelas a serem estudadas. É necessário encontrar na imagem uma estrela padrão. Esta estrela possui brilho constante e conhecido. Pode-se obter esta informação através de catálogos astronômicos, porém esta é uma atividade muito difícil para quem ainda não tem intimidade com esta ferramenta.

Como alternativa, peça ajuda para o seu professor e entre em contato com algum pesquisador de alguma universidade ou centro de pesquisa e peça para que ele o oriente como encontrar essas estrelas. Você pode também utilizar programas como o Stellarium, disponível em <http://www.stellarium.org/pt/> que possui informações sobre várias estrelas e permite identificar a posição delas.

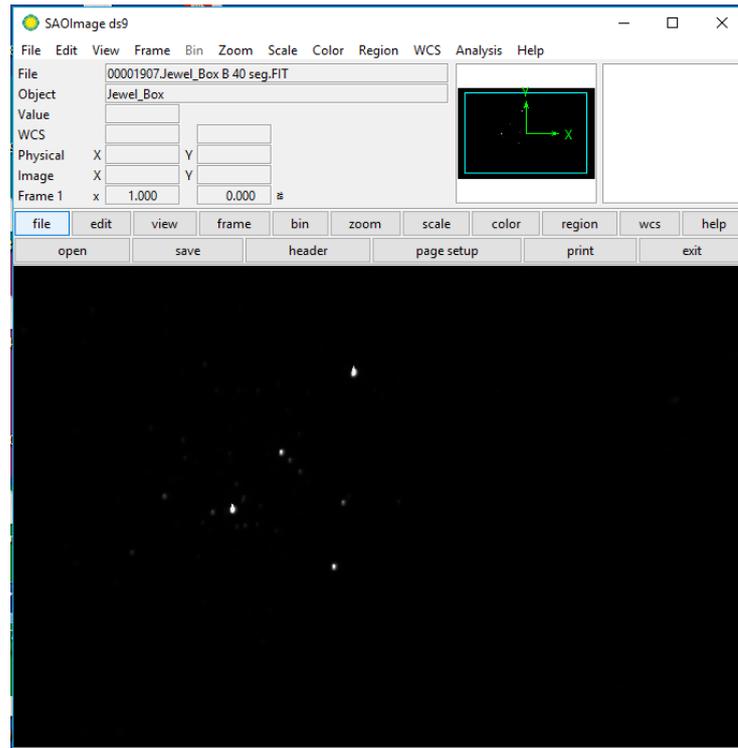


Fig. 3: estrelas no programa SAO DS9

Então, com a imagem aberta, clique no menu superior em Region, depois em Shape e selecione Box. Agora, se clicar próximo á estrela e arrastar o cursor, desenhará um quadrado ao redor dela. Clique duas vezes em cima do quadrado. No quadro que apareceu, onde estiver escrito text, dê um nome para a estrela, como mostrado na figura 4.

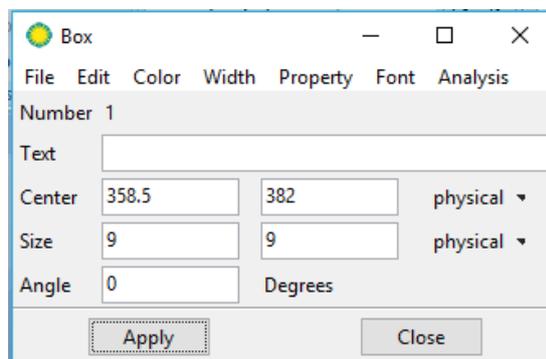


Fig. 4: Configurando quadrado ao redor da estrela

A sugestão é que se coloque um número. Em Size, coloque 9 em cada um dos campos. Isso fará com que o quadrado ao redor da estrela fique do tamanho de 9 x 9 pixels. Repita o procedimento para cada uma das estrelas a serem estudadas e para a estrela padrão, como podemos observar na figura 4.

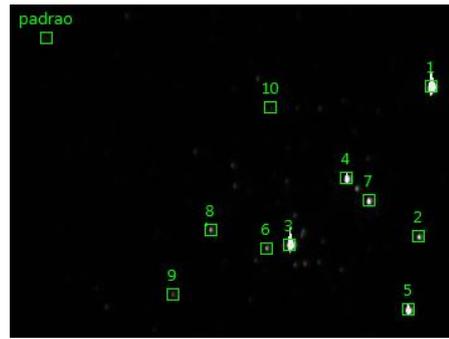


Fig. 5: Imagem com estrelas cercadas pelo quadrado verde e numeradas

Para obter a contagem de fótons de cada estrela, primeiro configure o cursor clicando em Edit no menu superior e depois selecionando Crosshair. Centralize o cursor em uma das estrelas selecionadas e dê um click. Observe o resultado na figura 6 Onde podemos observar, nos quadros negros na parte superior do programa a imagem ampliada da estrela, o que facilita o posicionamento centralizado da cruz.

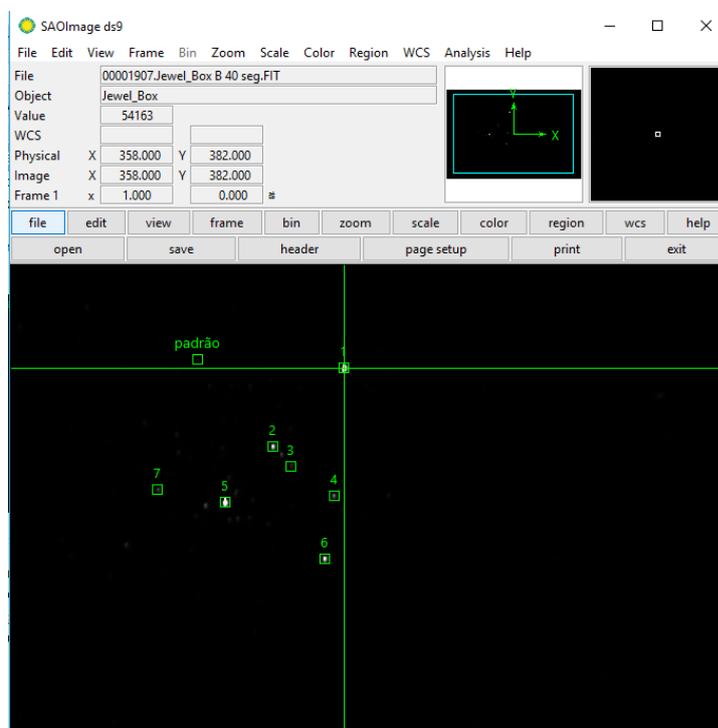


Fig. 6: cursor em cruz centralizado na estrela

Agora, clique em Analysis e depois em Pixel Table. Aparecerá uma tabela. Nesta tabela clique em size e selecione 9 x 9. A tabela terá 9 x 9 células e cada uma com um número, como podemos ver na figura 7. Cada célula representa um dos 9 x 9 pixels dentro do quadrado e o número exibido representa a contagem de fótons que sensibilizou cada pixel. Para obter a contagem de fótons de cada estrela você deve somar todos os números das 81 células da tabela.

	354	355	356	357	358	359	360	361	362
386	690	1063	2028	22515	54353	6420	4209	2401	1387
385	896	1804	4399	54778	54275	48057	12717	5821	2612
384	1268	2959	10262	54246	54302	54331	29904	12116	4522
383	1615	4671	21370	54230	54270	54245	41128	17148	6130
382	2093	6728	33842	54135	54163	54204	41537	18060	6578
381	2301	8196	38568	54201	54130	54278	36861	15819	5974
380	2316	8431	33580	54243	54293	55017	25851	11323	4654
379	2084	7247	23994	49673	47874	26419	14643	7170	3074
378	1633	4604	11440	17822	17328	12350	7527	4023	1944

Fig. 7: Tabela com contagem de fótons referente a cada pixel (números pretos e vermelhos)

Você pode utilizar o programa Excel para lhe auxiliar na soma dos valores de cada célula. Para evitar os efeitos da atmosfera, faça um quadrado de 9 x 9 em uma região da imagem onde não tem nenhuma estrela. Faça a contagem fotométrica desta região e subtraia da contagem da estrela. Repita o procedimento para cada uma das estrelas selecionadas e também para a estrela padrão.

Para obter o brilho, também conhecido como fluxo da estrela, utilize o brilho e a contagem da estrela padrão em uma proporção direta, como podemos observar na expressão abaixo.

$$\frac{F_A}{F_P} = \frac{C_A}{C_P}$$

Em que:

F_A – Fluxo da estrela alvo

F_P – Fluxo da estrela padrão

C_A – Contagem da estrela alvo

C_P – Contagem da estrela padrão

Como o fluxo da estrela padrão é conhecido, podemos obter o fluxo da estrela alvo F_A . Obtenha o fluxo de cada uma das estrelas alvo escolhidas repetindo o mesmo procedimento, para o filtro azul (F_B) e para o filtro visível (F_V).

5. Trabalhando os Dados

Existe uma relação matemática entre o índice de cor B - V de uma estrela, que é definido como a diferença entre a magnitude medida no filtro azul e a magnitude medida no filtro visível e o fluxo da estrela medido em cada filtro.

Determinado o índice de cor B - V de cada estrela, você deverá utilizar uma expressão matemática que o relacione com a temperatura da estrela.

Como nesta atividade a proposta é que você trabalhe como um pesquisador procure na literatura estas relações matemáticas. Elas não são tão difíceis de serem encontradas. Peça auxílio ao seu professor se for necessário.

6. Analisando os Resultados

Nesta experiência você obteve o índice de cor B – V de cada estrela estudada. Observe uma imagem colorida do objeto selecionado. Obtenha esta imagem através de pesquisas na internet ou solicitando á pesquisadores da área e centros de pesquisa.

Você deve comparar a temperatura obtida com a cor de cada estrela e encontrar uma relação entre elas. Compare também o sinal do índice de cor de cada estrela com a cor de cada uma delas. Tente compará-los com o que é previsto pelas expressões matemáticas.

7. Divulgando os Resultados

Para a divulgação dos resultados, você deverá elaborar um relatório da pesquisa. Neste relatório, deve conter um relato detalhado de cada etapa da pesquisa, incluindo um referencial teórico onde devem estar expressas todas as informações obtidas na pesquisa bibliográfica, como teorias citadas, fórmulas matemáticas utilizadas e toda a informação obtida que foi útil em sua pesquisa.

Faça um relato detalhado de toda a parte experimental, incluindo as principais dificuldades encontradas e como elas foram solucionadas. Relate também todo o procedimento de tomada e análise de dados, e quais conclusões os dados te permitiram chegar. Lembre de responder se sua hipótese foi comprovada ou não. Neste trabalho nos propusemos a mostrar que há uma relação entre cor e temperatura das estrelas.

Inscreva seu trabalho para participar de feiras e congressos científicos. Existem os mais variados eventos no Brasil e no mundo onde você pode divulgar seu trabalho, interagir com outros pesquisadores e até receber premiação pela pesquisa realizada.

Podemos citar como exemplo, aqui no Brasil, FEBRACE – Feira Brasileira de Ciência e Engenharia, MOSTRATEC – Mostra Internacional de Ciência e Tecnologia, FENECIT – Feira Nordestina de Ciência e Tecnologia entre muitas outras.

Você pode também escrever um artigo científico e submetê-lo para ser publicado em revistas próprias para pesquisas realizadas em escolas de ensino básico.

Na internet, é fácil encontrar modelos de relatórios e artigos científicos. Eles devem ser escritos segundo as normas ABNT – Agência Brasileira de Normas Técnicas. Estas normas também são de fácil acesso. Se tiver dificuldades na elaboração dos documentos conte com a ajuda de seu professor.

Peça sempre para que seus professores e colegas revisem seus documentos antes de publicar. Assim, você evita possíveis constrangimentos nas apresentações, além de melhorar suas habilidades de redação.

8. Considerações Finais

Neste trabalho fizemos a sugestão de uma pesquisa científica em astronomia. Você pode realizar pesquisas com outros temas astronômicos que não seja o proposto. Existem várias propostas disponíveis na internet, parcerias com centros de pesquisa nacionais e internacionais.

Para encontrar outros temas, consulte sites como Telescópios na escola (<http://telescopiosnaescola.pro.br>), Sky Server (<http://skyserver.sdss.org/dr13/en/home.aspx>), Hands on Universe (<http://handsonuniverse.org/>), Internacional Astronomical Search Collaboration (<http://iasc.hsutx.edu/>) entre muitos outros.

Lembre-se que este é um trabalho desenvolvido ao longo de meses, por isso tenha paciência, planeje bem a pesquisa e siga o plano. Conte sempre com a ajuda do seu professor orientador, mas busque as soluções para o seu trabalho com autonomia e criatividade

Esperamos que a experiência de trabalhar como um cientista tenha contribuído significativamente para sua formação, para o aprendizado dos conceitos teóricos envolvidos, para o conhecimento da importância e da seriedade do trabalho científico e que acima de tudo, tenha sido uma atividade muito prazerosa.

9. Referências

AMÔRES, Eduardo Bescansin de; SHIDA, Raquel Yumi; JÚNIOR, Sergio Scarano, Medição de Brilho das Estrelas: Técnicas Fotométricas, Telescópios na Escola. Disponível em <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/fotometria.pdf>>, acesso: 30/03/2016.

BROSIUS, Jeffrey W. How astronomers use spectra to learn about the sun and other stars. [S.l.]: National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center, 1997

CARMO, T. A. S. D., Espectroscopia de Estrelas Be nos aglomerados NGC 4755 e NGC 6530, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, 2008

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. 2. ed. São Paulo: Ed. Liv. da Física, 2004.

ANEXO I – PLANO DE PESQUISA ELABORADO PELOS ESTUDANTES

Plano de Pesquisa

Título: Determinação das Características Físicas de Estrelas Através de Análise Fotométrica em Imagens Obtidas por Observação Remota

Autores: Marco Antonio Santos Ismael e Vanessa Verônica Costa Santos
Orientador: Rafael Assenso

Tema

Evolução das características físicas das estrelas e de aglomerados estelares

Justificativa

Já que *existem mais estrelas no Universo do que grãos de areia em todas as praias da Terra*, porque não estudá-las? As estrelas são verdadeiras fontes de conhecimento que podemos aplicar em nosso cotidiano. As técnicas utilizadas para medir a temperatura destes astros podem ser utilizadas também na indústria siderúrgica, para medir a temperatura de metal fundido, o que seria impossível para termômetros, devido a alta temperatura. Ao entendermos podemos até mesmo prever possíveis acontecimentos futuros.

Vivemos ao redor de uma estrela e dependemos totalmente dela. Sabemos que as estrelas evoluem e modificam suas características e isto terá influência direta na continuidade da vida na Terra. Além do mais, as estrelas são verdadeiros reatores termonucleares. Produzem uma quantidade assustadora de energia através do hidrogênio e seus isótopos. O hidrogênio é um dos elementos mais abundantes do universo. Assim, compreendendo de que maneira as estrelas evoluem, poderemos dominar esta forma de produção de energia, o que significaria um suprimento praticamente inesgotável para a humanidade.

A astronomia é uma das áreas que mais desperta a curiosidade do ser humano, assim como dos jovens de hoje em dia. É necessário aproveitar este grande interesse para a formação de novos profissionais nesta área, o que possibilitará á humanidade se apropriar cada vez mais dos benefícios que as pesquisas astronômicas podem nos proporcionar, como os já citados em relação ao estudo da evolução estelar. Porém, o contato desses jovens com o trabalho profissional de um astrônomo é quase nulo no ensino básico, ficando restrito apenas aos grandes centros de pesquisa.

Problema

O questionamento que este trabalho visa responder é: É possível estabelecer uma relação entre a cor e a temperatura das estrelas utilizando-se de recursos disponíveis para uma escola de ensino básico

Hipótese

Utilizando-se de imagens obtidas por observação remota e de técnicas fotométricas aplicadas a um conjunto de aglomerados estelares, podemos estabelecer uma relação entre a temperatura e a cor de uma estrela, demonstrando ser possível a realização de pesquisas com técnicas profissionais em astronomia, mesmo com recursos disponíveis para uma escola de ensino básico.

Objetivos

Determinar a temperatura, índice de cor e magnitude das estrelas de aglomerados estelares; verificar se há uma relação entre a temperatura e a cor de uma estrela; Comprovar a validade da utilização de técnicas fotométricas aplicadas a imagens obtidas por observação remota, na determinação das características físicas dos aglomerados estelares; Demonstrar que é possível realizar pesquisas experimentais em astronomia utilizando-se de recursos disponíveis para uma escola de ensino básico.

Objeto

Relação entre a temperatura e a cor de uma estrela

Revisão Bibliográfica:

Aglomerados estelares são conjuntos de estrelas que se formam da mesma nuvem de gás. Assim, estas estrelas podem ser consideradas a mesma distância e com a mesma idade (CAMARGO, 2012). Existem dois tipos de aglomerados, os globulares e os abertos. Os primeiros são aglomerados mais velhos, com um enorme conjunto de estrelas. Já os aglomerados abertos são formados por jovens estrelas.

Estudar os aglomerados abertos nos permite entender os primeiros passos da evolução estelar, estudando de que maneira suas características físicas evoluem (CAMARGO, 2012). Para determinar os parâmetros físicos das estrelas de um aglomerado, podemos utilizar uma técnica chamada de fotometria (MAIA, 2012).

A fotometria é a medida da luz de um objeto (FILHO & SARAIVA, 2004). Em astronomia, fotometria consiste na análise da luz proveniente das estrelas, medindo sua intensidade através da análise de suas imagens. Através desta técnica, obtém-se a magnitude aparente e utilizando-se da distância conhecida do aglomerado, determina-se a magnitude absoluta de suas estrelas (FILHO & SARAIVA, 2015).

Com o valor da magnitude aparente em cada filtro, pode-se obter o índice de cor B – V, que permite também a determinação da temperatura da estrela. (HETEM & PEREIRA).

Metodologia

1- Estudo bibliográfico sobre fotometria, aglomerados estelares e evolução estelar: Pesquisa na literatura a respeito de técnicas fotométricas, características dos aglomerados estelares e evolução das estrelas

2- Obtenção de imagens de aglomerados estelares através de observação remota: Serão obtidas imagens de diferentes aglomerados estelares utilizando o telescópio Argus do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

3- Análise das imagens através do programa SAO DS9: Utilizando o programa SAO DS9, será feita a obtenção de dados fotométricos das estrelas pertencentes aos aglomerados estudados.

4- Análise das imagens através do programa SAO DS9: Utilizando o programa SAO DS9, será feita a obtenção de dados fotométricos das estrelas pertencentes aos aglomerados estudados. Para isso, será primeiramente realizado o tratamento dessas imagens, reduzindo possíveis interferências, pelos processos de calibração e flat field.

5- Produção de material para publicação: Elaboração do relatório e do pôster para publicação em congressos e feiras de ciências.

Cronograma

	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7
Etapa 1	x	x					
Etapa 2		x	x				
Etapa 3			x	X	x		
Etapa 4				X	x		
Etapa 5					x	x	x

Análise de dados

As observações com o telescópio Argus fornecerão imagens dos aglomerados estelares em dois filtros, azul e visível. Com a análise dessas imagens no programa SAO DS9 serão obtidos os dados fotométricos, como o número de pixels sensibilizados na imagem. Com estes dados, pode-se encontrar a magnitude de cada estrela estudada de cada aglomerado, além de sua temperatura e índice de cor.

Estes dados permitem posicionar cada estrela estudada em um diagrama HR, o que permitirá, com o auxílio de curvas isócronas, determinar a idade de cada estrela e conseqüentemente do aglomerado, utilizando-se das teorias obtidas nas pesquisas bibliográficas. Assim, poderão ser comparadas as características físicas de cada aglomerado e de que maneira elas evoluem com a sua idade.

Referências

CAMARGO, D. S., Aspectos da Evolução de Aglomerados Estelares, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física, Porto Alegre, 2012.

MAIA, F.F.S., Caracterização e Evolução Estrutural de Aglomerados Abertos da Galáxia, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de ciências Exatas, Belo Horizonte, 2012.

FILHO, K. S. O., SARAIVA, M. F. O., Astronomia & Astrofísica, 2ª edição, Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004

FILHO, K. S. O., SARAIVA, M. F. O., Fotometria, Instituto de Física, UFRGS, visto em <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/rad.htm>> acesso 02/02/2015

HETEM, G., PEREIRA, J., Observatórios Virtuais, Cap.8, Estrelas, Distâncias e Magnitudes, visto em <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/aga215/cap08.pdf>> acesso 03/02/2015

ANEXO II – RELATÓRIO PRODUZIDO PELOS ESTUDANTES

E. E. ALEXANDRE VON HUMBOLDT

ENSINO MÉDIO INTEGRAL

MARCO ANTONIO SANTOS ISMAEL

VANESSA VERÔNICA COSTA SANTOS

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS ESTRELAS DO
AGLOMERADO NGC 4755 ATRAVÉS DE ANÁLISE FOTOMÉTRICA EM IMAGENS
OBTIDAS POR OBSERVAÇÃO REMOTA

ORIENTADOR: RAFAEL ASSENSO

SÃO PAULO

2015

E E. ALEXANDRE VON HUMBOLDT

ENSINO MÉDIO INTEGRAL

MARCO ANTONIO SANTOS ISMAEL

Email: marco_makaveli@hotmail.com

Tel:(11) 71080602

VANESSA VERÔNICA COSTA SANTOS

Email: vannecosta36@outlook.com

Tel:(11) 94932-6506

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS ESTRELAS DO
AGLOMERADO NGC 4755 ATRAVÉS DE ANÁLISE FOTOMÉTRICA EM IMAGENS
OBTIDAS POR OBSERVAÇÃO REMOTA

ORIENTADOR: RAFAEL ASSENSO

Tel: (11) 966341109

Email: assenso@gmail.com

SÃO PAULO

2015

FOLHA DE ASSINATURAS

MARCO ANTONIO SANTOS ISMAEL (autor)
VANESSA VERÔNICA COSTA SANTOS (autor)

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS ESTRELAS DO
AGLOMERADO NGC 4755 ATRAVÉS DE ANÁLISE FOTOMÉTRICA EM IMAGENS
OBTIDAS POR OBSERVAÇÃO REMOTA

ESCOLA ESTADUAL ALEXANDRE VON HUMBOLDT

Marco Antonio dos Santos Ismael

Vanessa Verônica Costa Santos

Rafael Assenso
Professor Orientador

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, em primeiro lugar, e aos amigos pela paciência e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores da escola Alexandre von Humboldt pelo imenso esforço e dedicação no auxílio a realização da pesquisa e ao Observatório de Valinhos do IAG – USP, por ter nos apoiado e orientado nas observações remotas.

Lista de Figuras

Figura 1a – estrelas filtro B (azul)	21
Figura 1b – estrelas filtro visível	21
Figura 2 – Diagrama HR com isócronas teóricas e estrelas do aglomerado NGC 4755.....	23

Lista de Tabelas

Tabela 1a – brilho aparente para o filtro azul	21
Tabela 1b – brilho aparente para o filtro visível.....	21
Tabela 2 – temperatura, magnitude absoluta e índice de cor	22

Resumo

O trabalho consistiu em demonstrar a validade de técnicas fotométricas na determinação da idade de um aglomerado estelar, utilizando-se de recursos disponíveis em uma instituição de ensino básico. Para este trabalho, estudou-se as características do aglomerado estelar NGC 4755, conhecido popularmente como caixinha de jóias. Utilizou-se de observações remotas através do telescópio Argus do observatório de Valinhos do IAG – USP, para se obter imagens em dois filtros de cor diferentes, (azul e visível). Realizou-se o tratamento das imagens por um processo chamado Flat Field, que consiste na correção de algumas distorções causadas por fatores da atmosfera terrestre. Obteve-se, com a ajuda do programa SAO DS9, a contagem fotônica de um conjunto de estrelas pertencentes ao aglomerado, o que permitiu determinar o índice de cor e conseqüentemente a temperatura de cada estrela estudada. Calculando-se a magnitude absoluta, construiu-se um diagrama HR com isócronas plotadas, posicionou-se as estrelas no diagrama e determinou-se sua idade comparando sua posição com a posição das linhas isócronas.

Palavras chave: fotometria, aglomerado estelar, diagrama HR

Abstract

The work was to demonstrate the validity of photometric techniques in determining the age of a star cluster, using the resources available in a basic educational institution. For this work, we studied the characteristics of the star cluster NGC 4755, known popularly as jewelry box. It was used for remote viewing through the Argus telescope of Valinhos Observatory IAG - USP to obtain images in two different color filters (blue and visible). Performed by treatment of the images by a process called Flat Field consisting in correcting some distortions caused by the Earth's atmosphere factors. Was obtained with the help of DS9 SAO software, the photon counting for a number of stars belonging to the cluster, which allowed to determine the color index and therefore the temperature of each star studied. Calculating the absolute magnitude, has built up an HR diagram with plotted isochronous, the stars are positioned in the diagram and it was determined its age by comparing its position with the position of isochronous lines.

Keywords: photometry, star cluster , HR diagram

Sumário

1- Introdução	19
2- Referencial Teórico	20
3- Metodologia	21
4- Resultados Obtidos.....	22
5- Conclusão.....	25
6- Referências Bibliográficas	26

1 Introdução

Dentro dos inúmeros espetáculos no qual o céu pode nos proporcionar nos deparamos com aglomerados estelares. Estrelas que nascem de uma mesma nuvem de gás e que estão relativamente próximas recebem esta nomenclatura. Dentre os mais conhecidos está o NGC 4755 (Caixinha de Jóias). A caixinha de joias é um aglomerado aberto, possuindo suas estrelas consideravelmente jovens e será nosso objeto de estudo.

O estudo da evolução estelar pode ser muito útil em um futuro talvez próximo, onde a humanidade passará a explorar o universo. Seja por curiosidade ou por necessidade, já que recentemente observamos um crescente interesse da comunidade científica e da sociedade como um todo em encontrar planetas com condições de abrigar vida e até mesmo a própria vida fora da Terra. Se existir (e acredita-se que provavelmente exista) planetas com essas condições será, com certeza, próximo á alguma estrela. E as condições lá encontradas dependem diretamente da evolução das estrelas.

O crescente interesse pela área de astronomia, principalmente por parte dos jovens, se deve em grande parte pelas novas descobertas no ramo da astrofísica e da astrobiologia, tão largamente divulgados nos meios de comunicação. A realização deste projeto mostra que é possível realizar trabalhos de pesquisas nestas áreas, como também em outras áreas da astronomia, mesmo sem poder utilizar os poderosos telescópios dos grandes centros de pesquisa. Isso permite ao jovem estudante conhecer melhor o trabalho de um astrônomo profissional e faz da astronomia uma opção bem mais esclarecida para a escolha de sua futura carreira.

A pesquisa tem por objetivo geral determinar a idade do aglomerado estelar NGC 4755, conhecido como “Caixinha de Joias”, utilizando-se de observações remotas no telescópio Argus do IAG-USP, demonstrando que é possível realizar uma pesquisa na área de astrofísica, através de recursos disponíveis a maioria dos alunos de escola básica. Como objetivos específicos, tem-se a determinação do brilho, magnitude aparente, magnitude absoluta, temperatura e idade de um conjunto de estrelas pertencentes ao aglomerado NGC 4755, através de um diagrama HR contendo linhas de idade chamadas isócronas.

Para mostrar que é possível a realização de um trabalho de astrofísica com os recursos disponíveis, aplicaremos uma metodologia que se utiliza de técnicas fotométricas para determinar as características das estrelas de um aglomerado estelar, envolvendo a observação e tratamento de imagem obtidos por observação remota. As técnicas utilizadas para tratamento das imagens podem ser utilizadas em trabalhos de fotógrafos profissionais, mesmo que seu trabalho não esteja relacionado com a astronomia.

2 Referencial Teórico

Aglomerados estelares são conjuntos de estrelas que se formam da mesma nuvem de gás. Assim, estas estrelas podem ser consideradas a mesma distância e com a mesma idade (CAMARGO, 2012). Existem dois tipos de aglomerados, os globulares e os abertos. Os primeiros são aglomerados mais velhos, com um enorme conjunto de estrelas. Já os aglomerados abertos são formados por jovens estrelas. Estrelas de um mesmo aglomerado podem possuir massa e tamanhos diferentes e conseqüentemente, temperaturas distintas. Seus aspectos são diferenciados em função das diversas temperaturas superficiais encontradas, estas temperaturas definem as cores das estrelas. Assim podemos compreender por que o aglomerado NGC 4755 apresenta estrelas de cores diferentes.

Estudar os aglomerados abertos nos permite entender os primeiros passos da evolução estelar, estudando de que maneira suas características físicas evoluem (CAMARGO, 2012). Uma das vantagens de se estudar aglomerados estelares, é que podemos considerar suas estrelas á uma mesma distância, o que nos permite comparar seus brilhos e tamanhos. E, por terem se formado da mesma nuvem de gás e poeira, essas estrelas tem composição química semelhante.

Para determinar os parâmetros físicos das estrelas de um aglomerado, podemos utilizar uma técnica chamada de fotometria (MAIA, 2012). A fotometria é a medida da luz de um objeto (FILHO & SARAIVA, 2004). Em astronomia, fotometria consiste na análise da luz proveniente das estrelas, medindo sua intensidade através da análise de suas imagens. Através desta técnica, obtém-se a magnitude aparente e utilizando-se da distância conhecida do aglomerado, determina-se a magnitude absoluta de suas estrelas (FILHO & SARAIVA, 2015). Primeiro, mede-se o fluxo de cada estrela observada em dois filtros, azul e visível. Para transformar o fluxo em magnitude utiliza-se a expressão de Pogson.

$$m = -2,5 \log_{10} F + c \quad (1)$$

Onde m é a magnitude aparente, F é o fluxo da estrela medido na Terra e c é a constante que define o zero da escala.

Com o valor da magnitude aparente em cada filtro, pode-se obter o índice de cor $B - V$, através da relação

$$B - V = m_B - m_V = -2,5 \log_{10} \left(\frac{F_V}{F_B} \right) \quad (2)$$

Onde m_B e m_V são as magnitudes aparentes nos filtros azul(B) e visível(V) e F_B e F_V são os fluxos das estrelas nos filtros azul e visível, respectivamente. Este índice permite a determinação da temperatura da estrela, através da fórmula de Russel, dada por

$$T(K) = \frac{7200}{0,64 + (m_B - m_V)} \quad (3)$$

3 Metodologia

O trabalho consistiu em uma pesquisa científica experimental, realizado no período de 14/02/2015 á 21/09/2015. As fases de implementação do projeto consistiram em:

Concepção do Projeto: O projeto foi concebido através da verificação da necessidade de se praticar astronomia e astrofísica. Essa necessidade surge do grande interesse demonstrado por estudantes de escolas de nível básico. Á partir deste objetivo, e depois de consultar profissionais de centros de pesquisa em astronomia, estabeleceu-se parceria com o observatório de Valinhos da Universidade de São Paulo, que participa do projeto Telescópio na Escola. Decidiu-se desenvolver o projeto baseado em uma atividade sugerida por este projeto.

Pesquisa Bibliográfica: esta etapa do projeto consistiu em uma pesquisa teórica sobre a atividade a ser realizada. Iniciou-se com uma pesquisa sobre os aglomerados estelares. Descobriu-se a existência de dois tipos de aglomerados, os aglomerados abertos e globulares. O aglomerado NGC 4755, objeto de nosso estudo, é classificado como aglomerado aberto. Estes aglomerados são formados por estrelas muito jovens e se encontram relativamente a mesma distância. A partir dessas informações, pesquisou-se de que modo poderíamos determinar as características deste aglomerado. Utiliza-se técnicas de fotometria, que consiste na contagem de fótons que sensibilizam o filme da imagem obtida. A pesquisa bibliográfica nos levou a descrição teórica explicitada no item anterior.

Observação Remota: A atividade de observação remota consistiu na utilização a distância do telescópio Argus do IAG-USP, localizado na cidade de Valinhos – SP. O telescópio foi controlado pelos estudantes autores deste projeto, através da internet. Foram obtidas imagens do aglomerado NGC 4755 em dois filtros de luz, azul e visível. O telescópio operou a Temperatura de -4°C e o tempo de exposição para a obtenção de cada imagem foi de 40s.

Tratamento da Imagem: Após a obtenção das imagens, elas passaram por um processo chamado Flat Field, que consiste uma técnica que melhora a qualidade da imagem digital. Com esta técnica, conseguimos remover artefatos de imagens 2-D, que são provocados por variações na sensibilidade pixel-a-pixel do detector ou distorções do caminho óptico.

Análise das Imagens Pelo Programa SAO DS9: Após o tratamento das imagens, utilizou-se o programa SAO DS9 para o estudo e obtenção da contagem fotométrica de cada uma das dez estrelas estudadas no aglomerado, em cada imagem de cada filtro de cor. Esta contagem nos permite determinar o brilho aparente, tomando uma estrela padrão de brilho constante.

Determinação das Características do Aglomerado NGC 4755: A última etapa do projeto consistiu na determinação de parâmetros como índice de cor e temperatura do aglomerado Caixinha de Jóias.

4 Resultados Obtidos

Da observação remota obtivemos duas imagens, uma para o filtro azul e outra para o filtro visível. Em cada imagem, identificamos as estrelas a serem estudadas e a estrela padrão, como podemos observar abaixo.

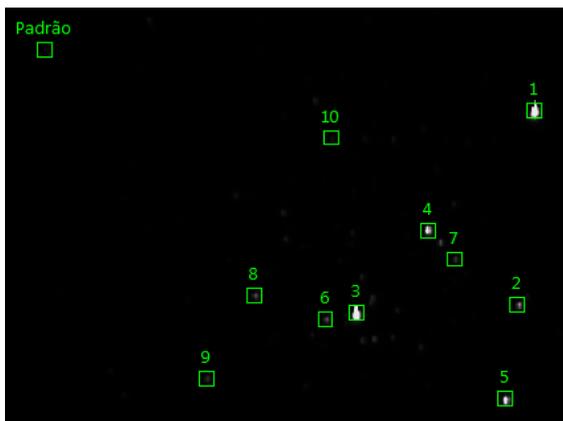


Fig (1a) – estrelas filtro B (azul)

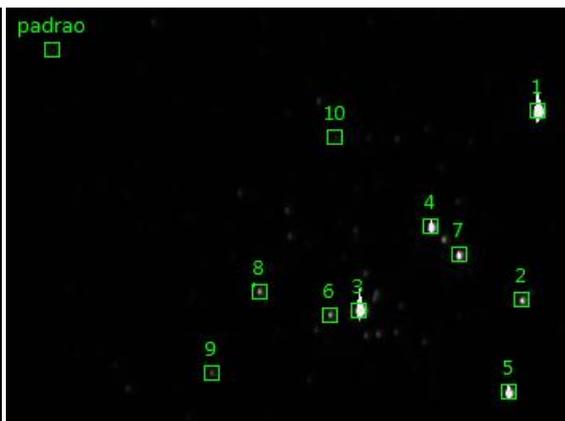


Fig (1b) – estrelas filtro V (visível)

Utilizando o programa SAO DS9, obtivemos a contagem fotométrica para as estrelas marcadas. Este processo consiste na contagem do número de fótons que sensibilizou a imagem de cada estrela. Mediu-se a contagem em uma região da imagem sem estrelas, e subtraiu-se esta contagem da contagem de cada estrela. Este processo é denominado calibragem. Utilizando o brilho conhecido da estrela padrão, e através de uma simples proporção, pudemos determinar o brilho aparente de cada estrela. Podemos observar os resultados nas tabelas a seguir.

Filtro Azul	Contagem	Calibragem	Total	Brilho Padrão	Brilho (F_B)
padrão	63386	17140	46246	5,87E-13	
1	1869509	17140	1852369	5,87E-13	2,35E-11
2	374600	17140	357460	5,87E-13	4,54E-12
3	1723677	17140	1706537	5,87E-13	2,17E-11
4	894385	17140	877245	5,87E-13	1,11E-11
5	967454	17140	950314	5,87E-13	1,21E-11
6	253004	17140	235864	5,87E-13	2,99E-12
7	160199	17140	143059	5,87E-13	1,82E-12
8	264977	17140	247837	5,87E-13	3,14E-12
9	148495	17140	131355	5,87E-13	1,67E-12
10	64005	17140	46865	5,87E-13	5,95E-13

Tabela 1a - brilho aparente para o filtro azul

Filtro Visível	contagem	calibragem	total	Brilho padrão	brilho (F_V)
Padrão	124084	34960	89124	2,29E-13	
1	2984327	34960	2949367	2,29E-13	7,59E-12
2	769236	34960	734276	2,29E-13	1,89E-12
3	2648830	34960	2613870	2,29E-13	6,73E-12
4	1646496	34960	1611536	2,29E-13	4,15E-12
5	1801523	34960	1766563	2,29E-13	4,55E-12
6	475398	34960	440438	2,29E-13	1,13E-12
7	1058908	34960	1023948	2,29E-13	2,64E-12
8	510443	34960	475483	2,29E-13	1,22E-12
9	263584	34960	228624	2,29E-13	5,88E-13
10	121161	34960	86201	2,29E-13	2,22E-13

Tabela 1b - brilho aparente para o filtro visível

Com o valor do brilho de cada estrela e utilizando a equação (2), determinamos o índice de cor $B - V$, e utilizando a expressão (3), determinamos a temperatura da estrela. Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

Estrela	Temperatura(K)	(B - V)
1	16364	-0,2
2	9730	0,1
3	16364	-0,2
4	12203	-0,05
5	12203	-0,05
6	13333	-0,1
7	3364	1,5
8	11250	0
9	14694	-0,15
10	11250	0

Tabela 2 – temperatura e índice de cor

5 Conclusão

Os resultados obtidos mostram que o método utilizado é relativamente eficiente para determinar índice de cor e temperatura de estrelas. A relação entre o índice de cor e a temperatura das estrelas é coerente com o esperado teoricamente. Além do mais, comprova que é possível a realização de pesquisas de astrofísica com os recursos disponíveis para uma escola típica de ensino básico.

Estes resultados darão alicerce para a continuação das pesquisas. Nas próximas etapas serão analisados outros aglomerados estelares abertos, utilizando-se da metodologia desenvolvida nesta etapa, para estudar como se dá a evolução dos aglomerados abertos com o passar do tempo.

6 Referências Bibliográficas

SISS, L., Uncertainties Associated with Mass and Age Determination of Pre-Main Sequence Stars, DARKNESS TO LIGHT: Origin and Evolution of Young Stellar Clusters, ASP Conference Proceedings, Vol. 243. Edited by Thierry Montmerle and Philippe André. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, ISBN: 1-58381-081-1, 2001, p.581

CARMO, T. A. S. D., Espectroscopia de Estrelas Be nos aglomerados NGC 4755 e NGC 6530, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, 2008

OLSEN, D., DOU, C., ZHANG, X., HU, L., KIM H., HILDUM, E., [Radiometric Calibration for AgCam](#); REMOTE SENS. 2010, 2, 464-477

Orellana, R. B., Corti, M. A., An Astrometric Study Of Possible Members Of CENOB1, The Possible Generator Of HI Shell GS305+04-26, REVMEXAA (Serie de Conferencias), 00, 1–2 (2012)

VALENTIM, R. A Estrutura do Campo Magnético do Meio Interestelar a partir de observações em Aglomerados Abertos, INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIENCIAS ATMOSFÉRICAS UNIVERSIDADE DE SAO PAULO