



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM FÍSICA

BRENDA ALVES DA SILVA

**IMAGEM DE CAMPO ULTRA-PROFUNDO OBTIDA PELO TELESCÓPIO
ESPACIAL JAMES WEBB COMO FERRAMENTA DE ENSINO DE FÍSICA**

Recife
2025

Imagem de Campo Ultra-Profundo Obtida pelo Telescópio Espacial James Webb como Ferramenta de Ensino de Física

Brenda Alves da Silva

Aprovada em 08 de abril de 2025.

Orientador

Prof. Dr. André Luiz Alves Lima

Comissão Examinadora

Prof. Dr. André Luiz Alves Lima - DF - UFPE

Profa. Dra. Azadeh Mohammadi - DF - UFPE

Profa. Dra. Lídia Carvalho Gomes - DF - UFPE

Visto e autorização para impressão

Prof. Dr. Alexandre Ricalde Rodrigues
Coordenador do Curso de Graduação em Física Licenciatura

Imagem de campo ultra-profundo obtida pelo Telescópio Espacial James Webb como ferramenta de ensino de Física ¹

Ultra-deep field image obtained by the James Webb Space Telescope as a tool for teaching physics

Brenda Alves da Silva²

Orientação: Prof. Dr. André Luiz Alves Lima³

Resumo

Com o avanço tecnológico e as crescentes necessidades de respostas sobre origem e evolução do universo, estão sendo criados, com grande vigor, novos instrumentos de observação astronômica para obtermos informações significativas.

O Telescópio Espacial James Webb (JWST) tem como fundamento observar os primórdios do universo através da faixa do infravermelho. Por possuir um espelho primário imenso, Webb capta mais luz, sendo capaz de obter imagens de grande excelência.

Este trabalho tem como objetivo, a partir da primeira imagem de campo ultra-profundo capturada pelo Webb, construir conceitos da Astronomia, desde as galáxias, expansão do universo, passando por contextos históricos e o funcionamento do telescópio, finalizando na análise da imagem com a bagagem de conhecimentos que foram obtidos durante a apresentação. Além disso, estimulando o desenvolvimento das habilidades compostas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Palavras-chaves: JWST; Ultra-profundo; Educação; NASA; Tecnologia.

Abstract

With the technological advance and the growing need for answers about the origin and evolution of the universe, new astronomical observation instruments are being created with great vigor to obtain significant information.

The James Webb Space Telescope (JWST) is based on observing the beginnings of the universe through the infrared band. By having an immense primary mirror, Webb captures more light, being able to obtain images of great excellence.

This work aims, from the first ultra-deep field image captured by Webb, to build concepts of Astronomy, from galaxies, expansion of the universe, through historical contexts

¹Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), cuja banca de defesa foi composta pelas seguintes membras: Profa. Dra. Azadeh Mohammadi; Profa. Dra. Lídia Carvalho Gomes, na seguinte data: 08 de abril de 2025.

²Graduanda em Licenciatura em Física na UFPE

³Professor do departamento de Física da UFPE

and the operation of the telescope, finishing the analysis of the image with the baggage of knowledge that was obtained during the presentation. In addition, stimulating the development of skills composed in the Common National Curriculum Base (BNCC).

Keywords: JWST; Ultra-deep; Education, NASA; Technology.

1 Introdução

A astronomia é considerada uma das ciências mais antigas da humanidade, tendo se originado da observação sistemática do céu e da necessidade de compreender e organizar fenômenos naturais para fins práticos, como a orientação espacial, a navegação marítima e a elaboração de calendários [1].

Com o desenvolvimento progressivo da ciência e da tecnologia, instrumentos dedicados à observação astronômica foram sendo construídas, alcançando seu apogeu no século XX, com sua base nos observatórios espaciais. Esses equipamentos orbitais possibilitam a observação do universo em diferentes faixas do espectro eletromagnético, superando as limitações impostas pela atmosfera terrestre e visão humana.

O primeiro desses observatórios espaciais bem sucedidos foi o Orbital Astronomical Observatory 2 (OAO 2), lançado em dezembro de 1968 pela NASA, conhecido como Stargazer. Ele foi pioneiro na captação de dados em ultravioleta.

Em 1978, foi lançado o International Ultraviolet Explorer (IUE), que foi um satélite astronômico que resultou de uma colaboração entre NASA, ESA e Reino Unido, ampliando significativamente a exploração do espectro ultravioleta [2].

Outro marco importante foi o lançamento do Hubble Space Telescope, em 1990, capaz de observar em luz visível, ultravioleta e parte do infravermelho próximo. O Hubble permanece como um dos telescópios mais produtivos da história, proporcionando grandes contribuições e continua em operação após mais de três décadas e meia[3].

Em 1991, o Compton Gamma Ray Observatory foi um satélite e sendo lançado com objetivo de observar os raios gama, sendo uma radiação de alta energia. O CGRO obteve dados de grande relevância para a astrobiologia [4].

Em 1999, foi a vez do Chandra X-ray Observatory, especializado na observação de objetos de alta energia através raios X. Sendo o observatório mais poderoso do mundo em detectar raios-X, segundo a NASA[5].

Em 2003, o Spitzer Space Telescope [6] iniciou suas observações no infravermelho, voltadas principalmente à formação estelar, exoplanetas e galáxias distantes [7].

Em 2008, o Fermi Gamma-ray Space Telescope foi lançado com o objetivo de estudar fenômenos como as explosões de raios gama, buracos negros e pulsares [8].

Em 2009, o Kepler Space Telescope foi a primeira missão da NASA a procura de planetas [9], e, foi enviado ao espaço para detectar exoplanetas por meio da técnica dos trânsitos, revolucionando o campo da astrobiologia [10].

Em parceria com a NASA, a ESA (Agência Espacial Europeia) e a CSA (Agência Espacial Canadense), o Telescópio Espacial James Webb foi lançado em dezembro de 2021 com o objetivo de captar imagens principalmente na faixa do infravermelho, o que possibilita a observação de corpos celestes extremamente distantes e antigos. Por causa do seu espelho gigante, dobrável, e à alta tecnologia utilizada, o JWST representa um instrumento de grande importância e elevado custo.

Este trabalho tem como finalidade abordar em sala de aula a história dos telescópios espaciais, conceitos da Física abordados no plano de ensino do segundo ano do Ensino Médio. Além disso, busca-se desenvolver habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) a partir da análise da primeira imagem de campo ultra-profundo obtida pelo James Webb, promovendo uma aprendizagem significativa e contextualizada.

2 Galáxias

As galáxias são aglomerados formados por gases, bilhões de estrelas, poeira cósmica e buracos negros. O que as mantém conectadas fisicamente é a atração mútua exercida pela força gravitacional. A galáxia na qual habitamos foi denominada por “Via Láctea”, enquanto para os tupi guarani, se chama “Caminho da Anta” que em tupi pronuncia Tapi’i’Rapé. Em 1926 Edwin Hubble criou o Diagrama de Hubble (Hubble tuning fork diagram) [11], por acreditar que seria uma maneira de observar a evolução das galáxias. Hubble desenvolveu o esquema de classificação de acordo com a morfologia. O diagrama tem os principais tipos de galáxias: elípticas, espirais, espirais barradas e irregulares.

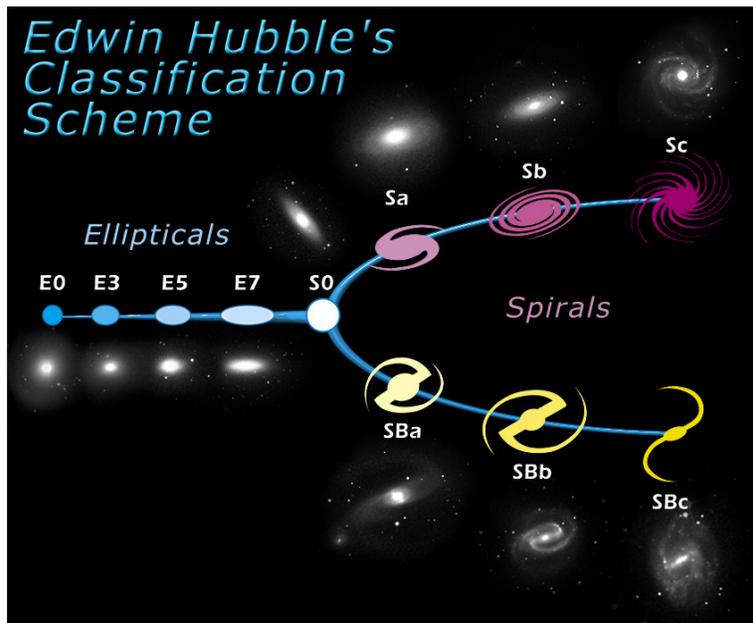


Figura 1: Diagrama de Edwin Hubble de Classificação das Galáxias

2.1 Galáxias Elípticas

Imagine que você tem em suas mãos uma liga de latão, que eram utilizadas para organizar cédulas de dinheiro. Sem exercer uma força sobre ela, o seu formato é de uma circunferência, mas você decide puxar em dois pontos, percebendo que a liga assume formato próximo de uma elipse. O exemplo da liga foi uma tentativa de explorar sua imaginação e criatividade. As galáxias elípticas apesar de serem objetos em três dimensões, é possível fazer a analogia com a liga de latão. As galáxias elípticas têm esse formato por causa das velocidades das estrelas que as compõem e o movimento orbital das estrelas ocorre de forma aleatória. Há pouco gás e poeira neste tipo se comparado às outras galáxias. É composta por um maior número de estrelas mais antigas, resultando em uma coloração amarela-vermelha e pouca atividade de formação estelar. É perceptível que, estas galáxias têm uma intensidade de brilho maior no centro, por haver uma concentração de massa considerável. As galáxias elípticas foram classificadas de acordo com suas excentricidades: E0, E3, E5 e E7. "E" de elliptical e os números a partir da excentricidade.

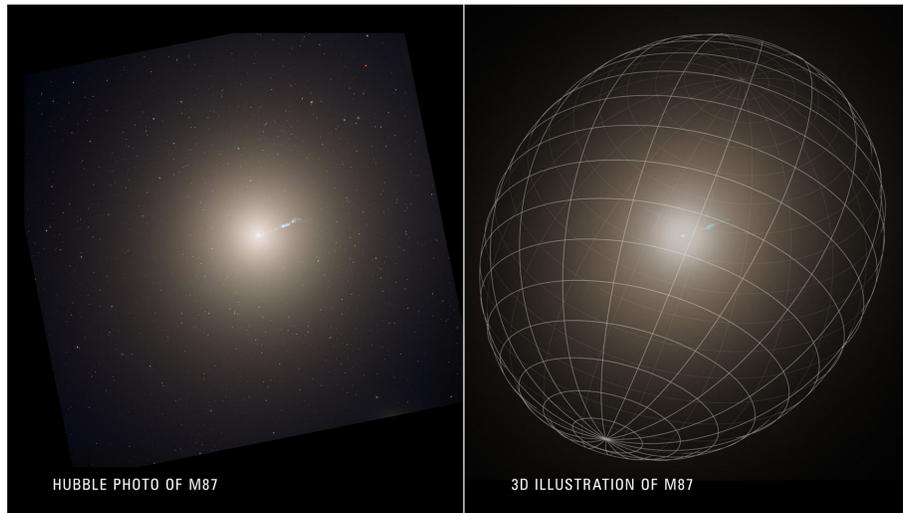


Figura 2: Galáxia M87. Créditos: NASA, ESA, STScI, UC Berkeley.

A figura (2) demonstra, na esquerda a imagem da galáxia elíptica Messier 87 capturada pelo telescópio espacial Edwin Hubble e a direita, a ilustração em três dimensões. M87 foi descoberta em 1871 por Charles Joseph Messier(1730-1817) [12], está localizada na constelação de Virgem a distância de 54 milhões de anos-luz e com 9,6 de magnitude aparente. Ela é composta por buraco negro supermassivo e trilhões de estrelas.

2.2 Galáxias Espirais

As galáxias espirais são compostas por estrelas organizadas em um disco em rotação, em formato espiralado quando observado. No núcleo, concentra-se uma maior quantidade de estrelas antigas. Enquanto nos braços, há uma predominância de estrelas mais jovens.

Essas galáxias são classificadas com a letra "S", de spiral, e possuem subdivisões a, b e c, de acordo com a dominância do bojo, que está localizado no centro da galáxia. O bojo abriga muitas estrelas e permite obter informações sobre sua estrutura, composição, idade, entre outros aspectos.

Galáxias Espirais Barradas

Galáxias espirais barradas têm o centro em formato de barra, braços originados nas extremidades da barra. Hubble as classificou como Sb e subclassificou em: a, b e c, sendo de acordo com quão os braços são abertos.A via láctea ou caminho da anta (3), é um exemplo de galáxia espiral [13].

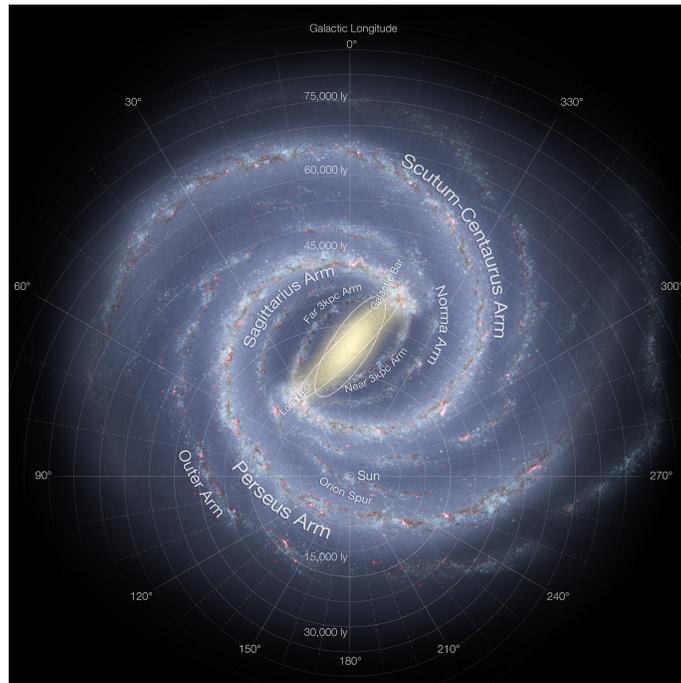


Figura 3: Visão gráfica da via láctea e nossa localização. Créditos: NASA-JPL, CALTECH, ESO, Robert L. Hurt(2017).

2.3 Galáxias Irregulares

As galáxias irregulares não possuem uma morfologia bem definida, sendo não classificáveis como elípticas ou espirais. Sua estrutura não é regular e o comportamento estelar é caótico, desordenado [14]. Veja a figura (4).

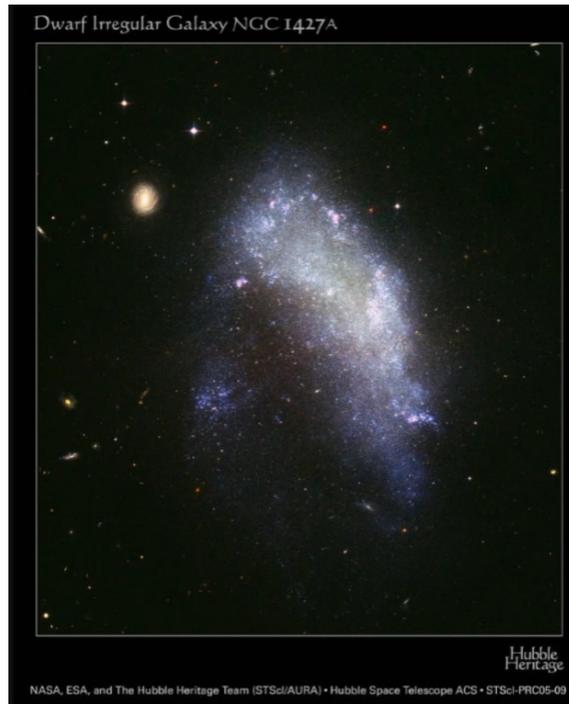


Figura 4: galáxia irregular NGC 1427A. Créditos: NASA, ESA e The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

2.4 Expansão do Universo

Entre o final do século XIX e início do século XX, Henrietta Swan Leavitt(1868-1921) foi contratada por Edward Pickering para trabalhar de maneira voluntária no Harvard College Observatory em Cambridge localizado em Massachussets, que atualmente faz parte de Harvard Smithsonian Center of Astrophysics.

Por a sociedade ser patriarcal, misógina e machista, as mulheres eram impedidas de realizarem uso dos telescópios na época. A astrônoma trabalhava como mulher "computador", com as funções de calcular e catalogar o brilho das estrelas que estavam nas chapas de fotografias emitidas pelo observatório. Enquanto ela comparava chapas, percebeu que havia uma variação de brilho.

Leavitt estudou as variáveis cefeidas que são estrelas grandes pulsantes com brilho que varia durante um período de tempo. Seu estudo tinha como foco as variáveis localizadas na nuvem de Magalhães.



Figura 5: Henrietta Swan Leavitt. Créditos: Jornal da USP.

Em 1908, Henrietta Swan Leavitt publicou os resultados de seus estudos nos *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*, nos quais observou que as estrelas variáveis apresentavam um comportamento distinto do que se conhecia até então. Especificamente, ela identificou um padrão: as estrelas mais brilhantes oscilavam com períodos maiores.

Em 1912, com base em seu extenso catálogo de observações, Henrietta confirmou que a luminosidade das estrelas variáveis do tipo cefeida é proporcional ao período de variação do seu brilho. Essa relação, hoje conhecida como Lei de Leavitt ou relação período-luminosidade, revolucionou a cosmologia observacional.

A partir dessa descoberta, tornou-se possível estimar com maior precisão a distância de galáxias, uma vez que as cefeidas passaram a ser utilizadas como velas padrão na determinação de distâncias astronômicas.

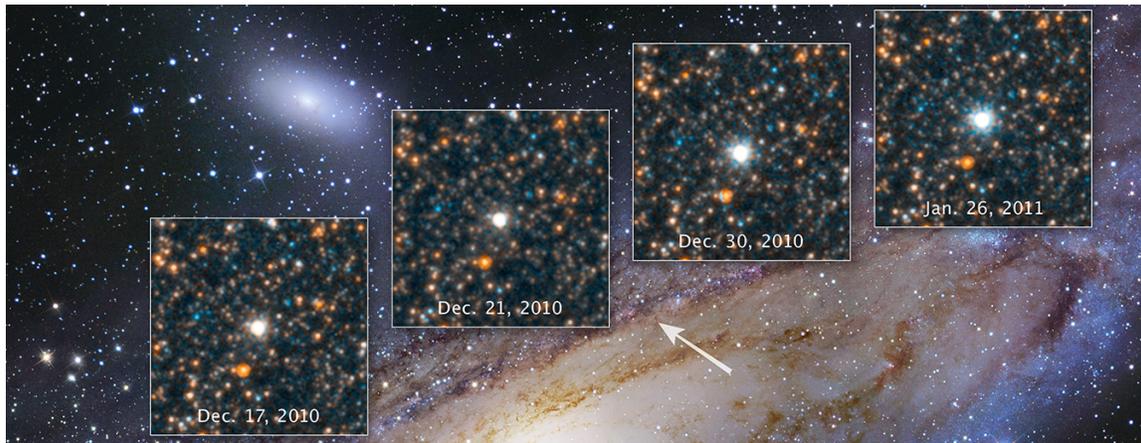


Figura 6: M31 Estrela Variável Cefeida V1. Créditos: NASA, ESA, Projeto Hubble Heritage/STSci, AURA(2025).

Em 15 de janeiro de 2025, a data em que a imagem (6) obtida pelo Telescópio Espacial Hubble foi divulgada. É possível perceber que a estrela V1 tem a intensidade luminosa intensificada de acordo com que as imagens são obtidas[15].

Edwin Powell Hubble(1889-1953) antes de seguir na carreira de astrônomo, se alistou na infantaria, foi para a guerra na França e voltou para os Estados Unidos em 1919. Assim que regressou, ele estava pronto para trabalhar em suas observações no telescópio mais eficiente que existia na época, o Hooker.



Figura 7: Edwin Hubble. Créditos: European Space Agency.

No condado de Los Angeles, na Califórnia (EUA), estão localizados três importantes instrumentos ópticos que marcaram a história da cosmologia observacional: os telescópios Hooker, o Solar de Neve de 60 pés e a Torre Solar de 150 pés.

O telescópio Hooker está situado no topo da montanha onde se localiza o Observatório do Monte Wilson. Finalizado em 1917, o instrumento possui um espelho com 100 polegadas de diâmetro (aproximadamente 2,5 metros). Devido ao seu porte, foi considerado o maior telescópio do mundo até o ano de 1949.



Figura 8: Fotografia do Telescópio Hooker. Créditos: Wikipedia.

Hubble acreditava que as nebulosas, conhecidas na época como "nuvens de gás e poeira", poderiam ser, na realidade, outras galáxias situadas além da Via Láctea. Em 1923, ao realizar observações com o telescópio Hooker, Edwin identificou uma estrela com brilho incomum na chamada "nebulosa de Andrômeda". Ao analisar chapas fotográficas anteriores, obtidas por outros astrônomos, Hubble concluiu que se tratava de uma estrela variável do tipo cefeida. A partir dessa identificação, ele percebeu que seria possível calcular a distância até aquele objeto astronômico.

Utilizando a relação período-luminosidade das cefeidas, descoberta por Henrietta Leavitt [16], Hubble conseguiu estimar a distância da nebulosa, demonstrando que se tratava, de fato, de uma galáxia distinta da Via Láctea. Posteriormente, Hubble comparou essas distâncias através dos deslocamentos para o vermelho (redshift) observados por Milton Hu-

mason e Vestu Slipher.

Em 1924, Edwin Hubble demonstrou que a nebulosa espiral de Andrômeda encontra-se fora da Via Láctea, provando, assim, que nossa galáxia não é a única no universo. Essa constatação marcou uma mudança fundamental na compreensão da estrutura do cosmos. Vale destacar que as estrelas cefeidas são utilizadas como velas padrão na determinação de distâncias até galáxias relativamente próximas, incluindo Andrômeda, com base na relação período-luminosidade descoberta por Henrietta Leavitt.

Em 1929, Hubble observou que diversas galáxias apresentavam um afastamento em relação à Via Láctea, sendo proporcional à sua distância. Essa observação levou à formulação da lei de Hubble, expressa na equação (1).

$$v = H_0 \cdot d \quad (1)$$

Na equação (1), v é a velocidade de recessão das galáxias, H_0 o parâmetro de Hubble e d a distância da galáxia em relação à Via Láctea. Com isso, Edwin provou que o universo está em expansão.

2.5 Efeito Doppler

O efeito Doppler foi descoberto e descrito por Christian Andreas Doppler(1803-1883). "O efeito Doppler descreve as mudanças na frequência de qualquer tipo de som ou onda de luz produzida por uma fonte em movimento em relação a um observador"[17]. O Efeito Doppler para ondas eletromagnéticas:

$$f = f_0 \sqrt{\frac{1-b}{1+b}} \quad \text{se } f < f_0 \quad (\text{afastamento da fonte luminosa}) \quad (2)$$

$$f = f_0 \sqrt{\frac{1+b}{1-b}} \quad \text{se } f > f_0 \quad (\text{aproximação da fonte luminosa}) \quad (3)$$

f é a frequência recebida pelo observador, f_0 é a frequência emitida pela fonte, v é a velocidade relativa da fonte em relação ao observador, c é a velocidade da luz, b é a razão de v e c .

Desvio Para o Vermelho e o Desvio Para o Azul

Sabemos que, a velocidade da luz é a mesma para qualquer observador. Além disso, temos outra informação, que há uma distância entre as galáxias. Como a velocidade da luz é fixa, quando o espaço entre as galáxias se expandem, a luz que viaja de uma galáxia para a outra, se expande junto.

O comprimento de onda se expande para o vermelho, logo, ocorre o desvio para para o vermelho (redshift). Enquanto o desvio para o azul (blueshift) é o oposto do redshift, o comprimento de onda se desloca para o azul, "comprimindo" com a aproximação das galáxias. No redshift (4) e blueshift (5), são utilizados os comprimentos de onda.

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1+b}{1-b}} \quad \text{se } \lambda > \lambda_0, \quad \text{afastamento da fonte (Redshift)} \quad (4)$$

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{\frac{1-b}{1+b}} \quad \text{se } \lambda < \lambda_0, \quad \text{aproximação da fonte (Blueshift)} \quad (5)$$

λ é o comprimento de onda recebido pelo observador, λ_0 é o comprimento de onda emitido pela fonte, v é a velocidade relativa da fonte em relação ao observador, c é a velocidade da luz, b é a razão de v e c .

O Efeito Doppler também pode ser visto através de espectros eletromagnéticos obtidos por estrelas que são analisadas e observadas, como acontece na figura (9). E assim, sendo possível classificá-las [17].

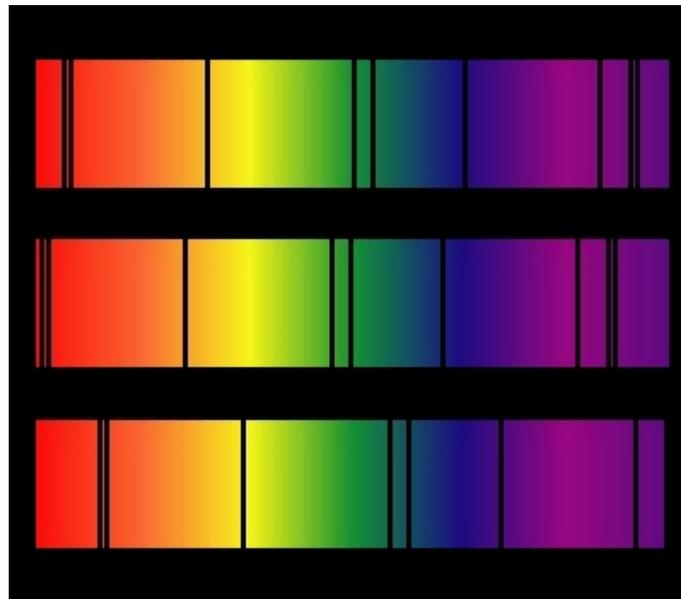


Figura 9: Espectro com o desvio da linha do meio para o vermelho e o desvio da linha inferior para o azul. Créditos: MIT.

Classificação Estelar

Annie Jump Cannon (1863–1941) classificou milhares de estrelas e descobriu duas estrelas binárias, cinco novas e diversas estrelas variáveis, além de desenvolver o Esquema de Classificação Espectral de Harvard, que organiza as estrelas com base em suas características espectrais.

Cannon simplificou e reordenou o sistema alfabético anterior, tornando-o mais funcional e amplamente aceito. Além de ser uma astrônoma brilhante, Annie também lutava pelos direitos das mulheres: foi sufragista e integrante do National Woman's Party (NWP), partido fundado em 1916 pela ativista Alice Stokes Paul (1885–1977) com o objetivo de defender o sufrágio feminino e a Emenda dos Direitos Iguais.

Astrônomas extraordinárias realizaram contribuições inestimáveis para a história da astronomia observacional, muitas vezes sem sequer utilizar um telescópio, apenas comparando chapas fotográficas obtidas por homens durante as observações. Essas mulheres, conhecidas como "computadoras", realizaram a maior parte do trabalho científico, mas durante muito tempo não receberam o devido reconhecimento por suas descobertas, que revolucionaram o campo da astronomia.



Figura 10: Annie Cannon e Henrietta Leavitt. Créditos: Wikipedia (1913).

3 O telescópio Espacial James Webb

Desde a década de 80 foi sendo feita a discussão para um telescópio que fosse complemento do Hubble. O projeto do JWST se iniciou em 1996, com nome de Next Generation Space Telescope (NGST) por ser sucessor do Telescópio Espacial Hubble. Seis anos depois, em 2002, houve a renomeação para o Telescópio Espacial James Webb (JWST) como forma de homenagear o segundo administrador da NASA, que realizou colaborações significativas entre os anos de 1961 e 1968.

Críticos da área afirmam que o James Webb esteve envolvido em políticas discriminatórias, como "Lavender Scare", que tinha como foco perseguição de pessoas LGBTQIAPN+ no governo dos Estados Unidos. "Pela segunda vez, a NASA decidiu não renomear seu carro-chefe James Webb Space Telescope (JWST)"[18] por historiador alegar não haver evidências.



Figura 11: James Webb. Créditos: Wikipedia

3.1 Descrição e Funcionamento do JWST

O Telescópio Espacial James Webb (JWST) busca estudar os primórdios do universo, composição, estrutura e desenvolvimento. Webb utiliza radiação infravermelha para acessar

lugares jamais vistos e capturar imagens de corpos distantes.

Foi lançado através do foguete Ariane 5, na zona de lançamento ELA-3 em Kourou, Guiana Francesa, no dia 25 de dezembro de 2021. Enquanto percorria sua trajetória até o destino, Webb foi resfriado para se manter frio e não haver interferência de outras fontes do infravermelho.



Figura 12: Foguete Ariane 5. Créditos: NASA/Chris Gunn(2021).

Localização do JWST

Existem cinco pontos de Lagrange, os três primeiros pontos foram descobertos por Leonhard Euler(1707-1783) e uma década depois, Joseph Louis Lagrange(1736-1813) descobriu os dois restantes. Estes pontos estão localizados no em torno das órbitas de planetas. Acontece a interação gravitacional entre planeta, Sol e espaçonave, criando um "equilíbrio"entre os três corpos[19].

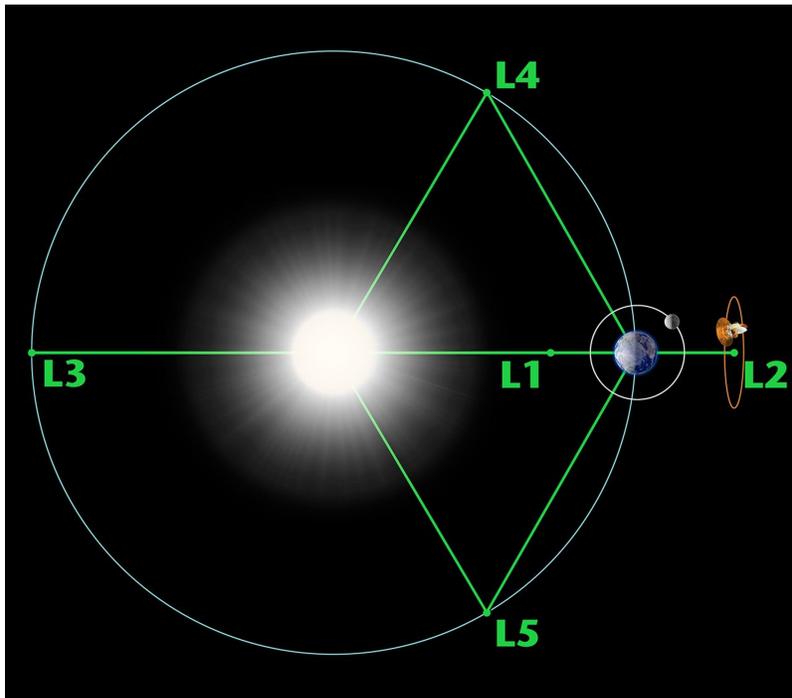


Figura 13: Diagrama dos pontos de Lagrange. Créditos: NASA

Em 24 de janeiro de 2022, aconteceu a chegada do JWST na órbita do sol, que está 1,5 milhão de quilômetros do planeta terra ou especificamente, no segundo ponto de Lagrange(L2) [20].

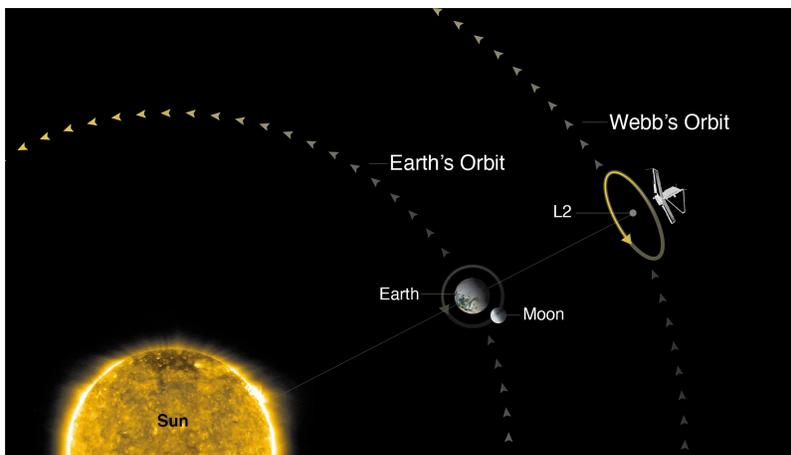


Figura 14: Órbita do Webb. Créditos: NASA, ESA, CSA, STScI (2016)

O Telescópio Espacial James Webb (14) encontra-se no segundo ponto de Lagrange (L2), uma região situada na sombra da Terra, o que reduz significativamente sua exposição direta à luz solar.

Como o Webb está localizado em uma região de difícil acesso para manutenção e é composto por materiais altamente sensíveis a temperaturas elevadas, ele precisa manter-se em uma temperatura extremamente baixa e estável, a fim de garantir imagens sem interferências de outras fontes de infravermelho, funcionamento adequado de seus instrumentos e evitar danos aos equipamentos.

3.2 Instrumentos do JWST

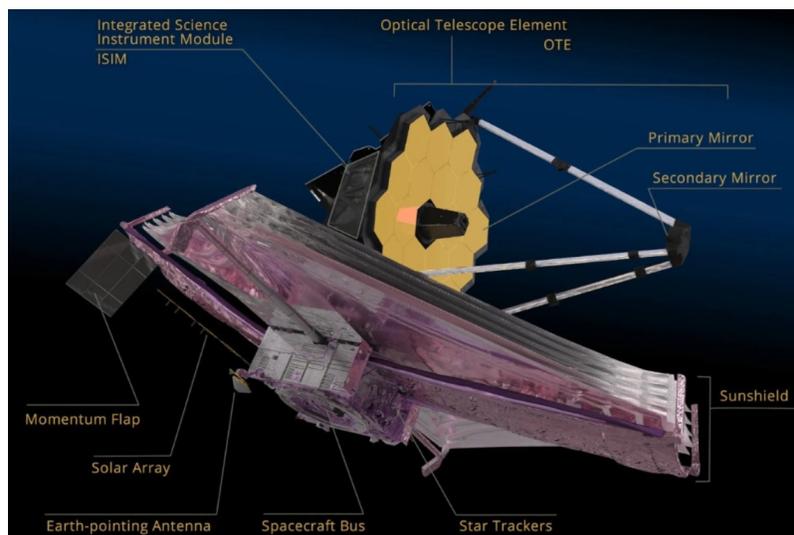


Figura 15: Elementos Chave do JWST. Créditos: NASA.

O JSWT tem os seguintes elementos chave [21]:

Optical Telescope Element (OTE): É composto por espelhos que captam a luz emitida no espaço, enviando para o ISIM e o backplane suporta os seguintes espelhos.

- Espelho primário hexagonal: Com 6,5 metros de diâmetro para capturar luz de objetos distantes. Em formato hexagonal para não haver lacunas, os 18 segmentos têm 1,32 metros de diâmetro e parecem uma "colmeia". Necessitou ser dobrável para ficar dentro do foguete e ser transportado. Os segmentos são alinhados para atuar como espelho côncavo principal que capta a luz para ser focada no segundo espelho. Os segmentos foram feitos de berílio, por ser um elemento que desenvolve um material leve e forte.

- Espelho secundário: é redondo e convexo. Reflete a luz para o espelho terciário.
- Espelho terciário: côncavo e retangular. Reflete para o espelho de direção fino e plano.
- Espelho de direção fino e plano. "Envia" a luz captada para os demais instrumentos.

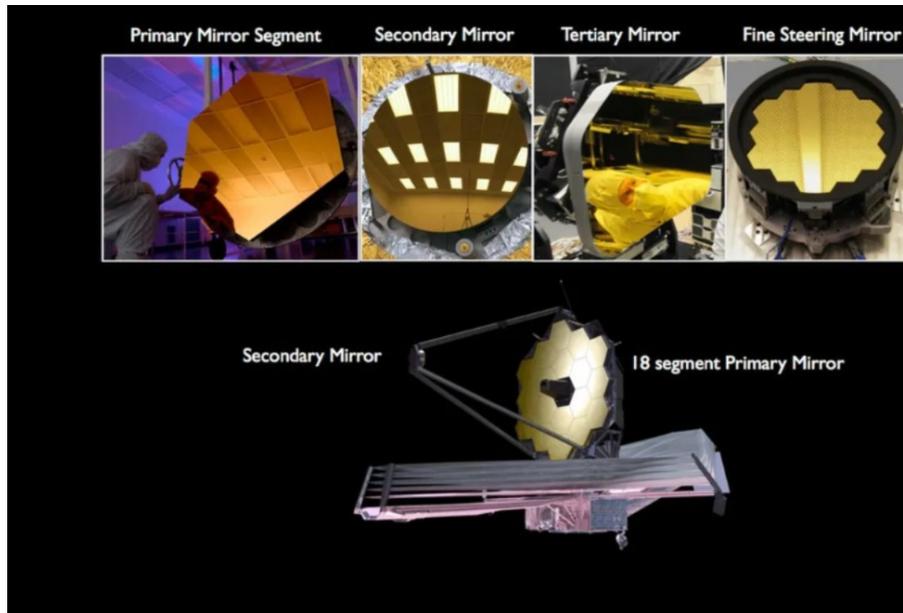


Figura 16: Espelhos do JWST. Créditos: NASA

Integrated Science Instrument Module (ISIM) [22]:

- Câmera de infravermelho próximo , ou NIRCam - fornecida pela Universidade do Arizona
- Espectrógrafo de infravermelho próximo , ou NIRSpec - fornecido pela ESA, com componentes fornecidos pela NASA/GSFC.
- Instrumento de infravermelho médio , ou MIRI - fornecido pelo Consórcio Europeu com a Agência Espacial Europeia (ESA) e pelo Laboratório de Propulsão a Jato da NASA (JPL)
- Sensor de orientação fina/gerador de imagens de infravermelho próximo e espectrógrafo sem fenda ou FGS/NIRISS - fornecido pela Agência Espacial Canadense.

Sunshield: Protege o telescópio de temperatura elevadas. É separado entre spacecraft bus e anti-suns(O TE/ISIM).

Spacecraft Bus: É composto por seis subsistemas que operam a espaçonave.

Momentum Flap: Atua como se fosse um flap de compensação. Apenas ajustável em solo.

Earth-Pointing Antenna: Envia os dados obtidos para cientistas na Terra, além disso, recebe comandos da NASA's Deep Space Network.

Solar Array: Converte a luz solar em eletricidade para abastecer e manter o observatório.

Star Trackers: São uma espécie de telescópios que guiam o Webb através de padrões de estrelas.

3.3 Webb vs Hubble

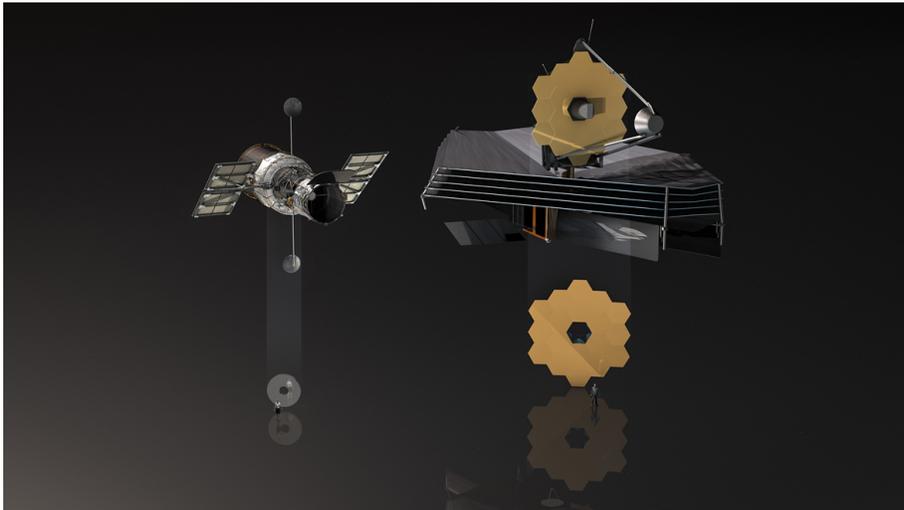


Figura 17: Comparativo entre os espelhos do Hubble e Webb. Créditos: Agência Espacial Europeia [ESA],/M. Kornmesser

O Telescópio Espacial Hubble está em operação há 35 anos e continua realizando grandes contribuições para a astronomia. HST capta imagens principalmente na luz visível, ultravioleta e no infravermelho próximo.

Enquanto o Telescópio Espacial James Webb é projetado para obter imagens no infravermelho próximo e médio, permitindo observar objetos mais distantes e antigos no universo.

	Telescópio Espacial Hubble	Telescópio Espacial James Webb
Tamanho do telescópio	Do tamanho de um ônibus escolar	Do tamanho de uma quadra de tênis devido ao seu grande para-sol
Tamanho do espelho	Um único espelho de 2,4 m de largura	18 segmentos de espelho hexagonal, para uma largura total de 6,5 m
Luz observada	Luz ultravioleta, visível e infravermelha próxima	Luz infravermelha próxima e média
Localização	Órbita baixa da Terra, a uma altitude de 547 km	A 1,5 milhões de km de distância da Terra (num ponto no espaço conhecido como Lagrange 2)
Manutenção	Devido à sua localização, o Hubble pode ser reparado e atualizado enquanto está em órbita. Os astronautas corrigiram o espelho do Hubble em 1993 usando o Canadarm , o braço robótico do Canadá no ônibus espacial americano.	O Webb está muito longe da Terra para ser consertado, e é por isso que passou por testes sem precedentes antes do lançamento.
Missão vitalícia	O Hubble foi lançado em 1990 e permanecerá operacional enquanto seus instrumentos estiverem funcionando.	Webb foi lançado em 2021. A vida útil mínima esperada do Webb é de 5 anos, mas pode ultrapassar 10 anos. Isso dependerá da duração do seu propulsor (necessário para manter o Webb estável em órbita).

Figura 18: Comparativo do telescópio Hubble e Webb. Créditos: CSA

A imagem (18) retrata uma tabela comparativa entre os dois telescópios espaciais, Hubble e Webb [23].

Nota-se que, em comparação com o James Webb, Hubble é menor, possuindo um espelho de diâmetro inferior, quase três vezes menor que o de Webb. Por estar em órbita baixa, mais próximo da Terra, o Hubble pode ser submetido a manutenções e não possui um prazo de operação limitado.

Enquanto o Webb tem espelho primário de dimensões maiores, seu tamanho é de aproximadamente o tamanho de uma quadra de tênis. Seu espelho primário é composto por 18 segmentos hexagonais que formam uma estrutura semelhante a uma "colmeia". Como está localizado no segundo ponto de Lagrange (L2), não é possível realizar reparos físicos, e sua vida útil depende principalmente do seu propulsor, estimando-se cerca de dez anos de durabilidade.

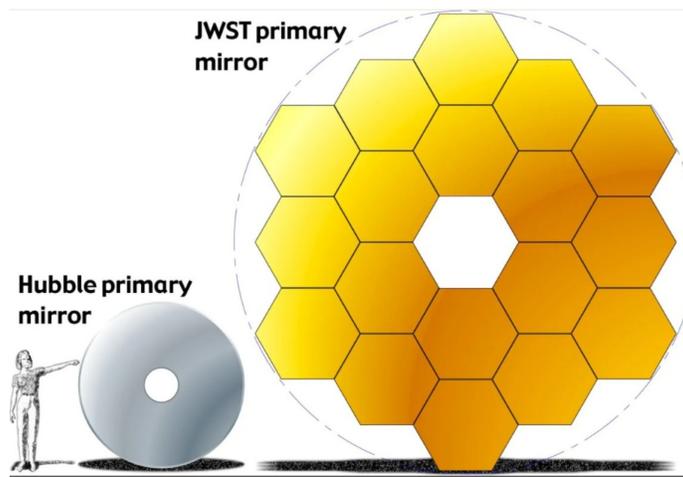


Figura 19: Espelho primário do JWST comparado ao espelho primário do Hubble. Créditos: NASA.

Como o espelho primário do James Webb é significativamente maior, o espelho é capaz de captar uma quantidade muito maior de luz do que o espelho primário do Hubble [24].

Apesar do Hubble observar em uma faixa mais ampla do espectro eletromagnético, incluindo ultravioleta, visível e infravermelho próximo e ter grande durabilidade, o James Webb é capaz de observar objetos mais distantes no universo, permitindo uma investigação mais profunda. Dessa forma, Hubble e Webb são instrumentos complementares na missão de compreender os primórdios e a evolução do universo como está retratado nas imagens (19) e (20) .

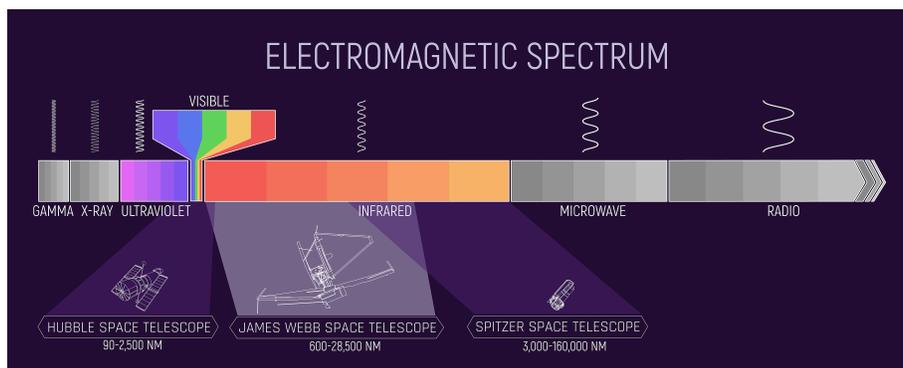


Figura 20: Faixa do espectro eletromagnético que os telescópios espaciais Hubble, Webb e Spitzer capturam. Créditos: NASA, J. Olmsted (STScI)

4 Análise de uma imagem de campo ultra-profundo do JWST

O conceito de imagem de campo ultra-profundo (ultra deep field image) surgiu com as observações realizadas pelo Telescópio Espacial Hubble (HST) que foi lançado em 1990. Quatro anos depois, o diretor do Instituto de Ciência do Telescópio Espacial em Baltimore, Robert William, juntamente com sua equipe, decidiu apontar o Hubble para um local escuro, que não houvesse interferência luminosa, para assim, capturar imagens de galáxias mais distantes jamais vistas.

A imagem de campo ultra-profundo é utilizada por fornecer dados significativos para compreender os primeiros momentos do universo, evolução estelar, morfologia e evolução das galáxias.



Figura 21: Webb's First Deep Field [NIRcam Image]. Créditos: NASA, ESA, CSA, STsci (2022)

A imagem (21) além de ser infravermelha, é a primeira imagem de campo ultra-profundo capturada através do JWST, utilizando o instrumento NIRcam [25]. Sendo exposta no dia 07 de junho de 2022 e lançada dia 12 de junho de 2022.

Analisando esta imagem, é possível identificar no centro, o efeito de lente gravitacional que "distorce" e "alonga" as galáxias que estão no em torno do aglomerado de galáxias. De forma específica, está repleta de estrelas, galáxias pequenas brancas, elípticas, espirais e

uma galáxia elíptica branca com brilho mais intenso, localizada no centro e uma estrela com luminosidade acentuada, também no centro da imagem. Nota-se que existem galáxias distantes, pois têm coloração avermelhadas, isto é, desvio para o vermelho (redshift).

5 Política de Uso de Conteúdos

A NASA fundamenta suas atividades no acesso a recursos educacionais, promovendo a propagação de maneira pública e gratuita, de forma acessível aos conhecimentos obtidos na agência.

No entanto, é importante se atentar às permissões relacionadas ao uso dos dados fornecidos por meio do site da NASA. "A menos que especificado de outra forma, nenhuma reivindicação de direitos autorais é feita pelo STScI, e o material neste site pode ser utilizado livremente como domínio público, conforme o contrato com a NASA. No entanto, solicita-se que, em qualquer uso subsequente desse material, a NASA e o STScI recebam o devido reconhecimento" afirma (NASA). [26].

Como este trabalho é para fins educacionais, iremos focar nas Diretrizes para Uso Educacional e Informativo. A NASA estimula o uso de suas suas mídias e materiais para fins educacionais, que propague informações e contribua para pesquisas. Incluindo a utilização de imagens, vídeos e gráficos em apresentações acadêmicas, sites educacionais, livros didáticos, materiais de estudo, exposições públicas e simulações gráficas.

No entanto, apesar do uso ser totalmente permitido, a NASA solicita que o crédito seja dado de forma apropriada, havendo o reconhecimento pela fonte original do material adquirido.

A recomendação é que todos os materiais utilizados sejam acompanhado de uma atribuição de maneira clara e explícita, como está neste trabalho: "Créditos: NASA". Isso torna segura a transparência e o reconhecimento devido e adequado do trabalho da NASA e de sua comunidade de colaboradores. Essa atribuição é essencial para manter o uso dos materiais de acordo com as diretrizes estabelecidas pela NASA [27].

A política de dados especificamente do JWST, é conduzida a partir das diretrizes desenvolvidas pela NASA, de forma colaborativa com o STScI. Visando promover o equilíbrio entre os direitos dos pesquisadores que realizam as observações e conhecimentos científicos publicados [28].

6 Plano de atividade didática

6.1 Identificação

Professora: Brenda Alves da Silva
Disciplina: Física
Público alvo: 2^o ano do ensino médio
Duração: 1-2 horas

6.1.1 Título da Atividade

Imagem de campo ultra-profundo pelo Telescópio Espacial James Webb como ferramenta de ensino de física.

6.1.2 Objetivos Gerais

Utilizar a primeira imagem de campo ultra-profundo do telescópio Espacial James Webb como ferramenta de ensino de física. Através da análise da imagem, é possível abordar o contexto histórico dos telescópios espaciais antecessores ao Webb, compreender conceitos de galáxias, diagrama de Hubble, efeito Doppler, contribuição de mulheres, lei de Hubble, funcionamento e composição do JWST, comparação entre os telescópios espaciais Hubble e James Webb. Assim, havendo a articulação com a BNCC.

6.1.3 Objetivos Específicos

- Identificar galáxias, estrelas e outros elementos
- A importância do JWST para a cosmologia observacional
- Desenvolver interesse por ciências
- Estimular pensamento crítico

6.1.4 Descrição da atividade

1. Parte

Nesta parte, serão abordados conceitualmente: Galáxias, Diagrama de Hubble, galáxias elípticas, galáxias espirais, galáxias irregulares.

Na Expansão do Universo, será visto o trabalho de Henrietta Leavitt e sua contribuição para a construção da lei de Hubble, descrição da Lei de Hubble, efeito Doppler.

Contexto histórico e descrição do funcionamento do Telescópio Espacial James Webb. Abordagem sobre as diferenças entre James Webb e Hubble e conceito da imagem de campo ultra-profundo.

2. Parte

Com os conceitos obtidos na etapa anterior, iremos analisar a imagem de campo ultra-profundo, identificação de galáxias, estrelas e efeito de lente gravitacional. A análise ocorrerá de forma individual e posteriormente, debate em grupo.

6.1.5 Recursos Necessários

Notebook e projetor: Para expor os conteúdos da aula, como as imagens das galáxias, cientistas, equipamentos e imagem de campo ultra-profundo.

6.1.6 Base Nacional Comum Curricular

Com esta atividade, iremos desenvolver as seguintes habilidades [29]:

(EM13CNT201): Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, a Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(9EM13CNT204): Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(9EM13CNT205): Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT303): Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT308): Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

Referências

- [1] Thomas S. Kuhn. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Harvard University Press, 1957.
- [2] Pierre Y Bely. *The Design and Construction of Large Optical Telescopes*. Springer Science Business Media, 2003.
- [3] Zolt Levay. *Hubble's 30th Anniversary*. <https://science.nasa.gov/mission/hubble/overview/hubbles-30th-anniversary/>. Accessed: April 2025. 2020.
- [4] NASA. *Astrobiology at NASA*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://astrobiology.nasa.gov/missions/cgro/>.
- [5] NASA. *Chandra X-ray Observatory*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://www.nasa.gov/mission/chandra-x-ray-observatory/>.
- [6] NASA. *Spitzer Space Telescope*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://science.nasa.gov/mission/spitzer/>.
- [7] Jessica K. Werk. “Infrared Observations of Star Formation”. Em: *Astrophysical Journal* (2011).
- [8] NASA. *Gamma ray Space Telescope*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://fermi.gsfc.nasa.gov/>.
- [9] NASA. *Kepler K2*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://science.nasa.gov/mission/kepler/>.
- [10] William J. Borucki et al. “Kepler Planet-Detection Mission: Introduction and First Results”. Em: *Science* 327.5968 (2010), pp. 977–980. DOI: [10.1126/science.1185402](https://doi.org/10.1126/science.1185402).
- [11] Space Telescope Science Institute STsci. *The Hubble Tuning Fork – Classification of Galaxies*. Acesso em: 28 de março de 2025. 1999. URL: <https://www.stsci.edu/content/media/images/1999/34/890-Image?news=true>.
- [12] NASA. *Messier 87*. Acesso em: 02 de abril de 2025. 1781. URL: <https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/explore-the-night-sky/hubble-messier-catalog/messier-87/>.
- [13] NASAJPL-Caltech R. Hurt SSCCaltech. *The Milky Way Galaxy*. Acesso em: 03 de abril de 2025. 2017. URL: <https://science.nasa.gov/resource/the-milky-way-galaxy/>.
- [14] NASA ESA STSci AURA Hubble Space Telescope. *The Impending Destruction of NGC 1427A*. Acesso em: 03 de abril de 2025. 2008. URL: <https://www.nasa.gov/image-article/impending-destruction-of-ngc-1427a/#:~:text=The%20irregular%20galaxy%20NGC%201427A,or%20nearly%20400%20mi%2Fsec..>

- [15] Harvard. *NASA Celebrates Edwin Hubble's Discovery of a New Universe*. Acesso em: 02 de abril de 2025. 2025. URL: [NASA%20Celebrates%20Edwin%20Hubble's%20Discovery%20of%20a%20New%20Universe](https://www.nasa.gov/celebrates/edwin-hubble-discovery-of-a-new-universe/).
- [16] Harvard. *Celebrate Henrietta Swan Leavitt's 150th Birthday on July 4th*. Acesso em: 02 de abril de 2025. 2018. URL: <https://cfa.harvard.edu/news/celebrate-henrietta-swan-leavitts-150th-birthday-july-4th>.
- [17] Morgan Bettex MIT News Office. *Explained the Doppler effect*. Acesso em: 02 de abril de 2025. 2010. URL: <https://news.mit.edu/2010/explained-doppler-0803>.
- [18] Alexandra Witze. *NASA really, really won't rename Webb telescope despite community pushback*. Acesso em: 03 de abril de 2025. 2022. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-03787-1>.
- [19] NASA. *What are Lagrange Points*. Acesso em: 02 de abril de 2025. URL: <https://science.nasa.gov/solar-system/resources/faq/what-are-lagrange-points/>.
- [20] ESA. *L2 The Second Lagrangian Point*. Acesso em: 02 de abril de 2025. 2022. URL: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/L2_the_second_Lagrangian_Point.
- [21] NASA. *Base Nacional Comum Curricular*. Acesso em: 03 de abril de 2025. URL: <https://science.nasa.gov/mission/webb/spacecraftoverview/#keyElements>.
- [22] NASA. *Integrated Science Instrument Module*. Acesso em: 03 de abril de 2025. URL: <https://science.nasa.gov/mission/webb/integrated-science-instrument-module-isim/>.
- [23] CSA. *What are the differences between the Webb and Hubble telescopes*. Acesso em: 25 de abril de 2025. URL: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/jwst/webb-hubble-successor.asp>.
- [24] NASA e STSci. *On The Shoulders of a Giant*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://science.nasa.gov/mission/hubble/observatory/hubble-vs-webb/>.
- [25] NASA ESA CSA STsci. *Webb's First de Deep Field NIRcam Image*. Acesso em: 31 de março de 2025. 2022. URL: <https://webbtelescope.org/contents/media/images/2022/035/01G7DCWB7137MYJ05CSH1Q5Z1Z>.
- [26] NASA eSTsci. *Política de Uso de Dados*. Acesso em: 31 de março de 2025. 2022. URL: <https://webbtelescope.org/copyright>.
- [27] NASA. *Images and Medias*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://www.nasa.gov/nasa-brand-center/images-and-media/>.
- [28] NASA e STSci. *JWST User Documentation*. Accessed: Abril 2025. URL: <https://jwst-docs.stsci.edu/jwst-opportunities-and-policies/jwst-general-science-policies#gsc.tab=0>.

- [29] Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Acesso em: 03 de abril de 2025. 2017. URL: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf.