

O Telescópio Espacial James Webb: uma nova era na astronomia

Jaziel G. Coelho

Universidade Federal do Espírito Santo

Resumo

O Telescópio Espacial James Webb (JWST) é um telescópio espacial no infravermelho de 6,5 m lançado em 25 de dezembro de 2021. Desde seu lançamento e ainda com a divulgação das primeiras imagens de calibração, o JWST já nos impactava enormemente. Meses depois, em 12 de julho de 2022, o mundo recebia atônito as primeiras imagens coloridas dessa nova janela de observação do cosmos. Nesta e nas próximas décadas, o JWST produzirá impacto em todos os campos da astrofísica. Equipado com quatro instrumentos científicos exclusivos, fornecendo uma ampla variedade de recursos de imagem e capacidades espectroscópicas cobrindo a faixa de comprimento de onda de 0,6 a 28 micrões, o JWST fornecerá sensibilidade sem precedentes para sondar o Universo primitivo, entender a origem e evolução de galáxias, aquelas que surgiram apenas algumas centenas de milhões de anos após o Big Bang. O JWST nos permitirá estudar a formação de estrelas, buracos negros, matéria escura, sistemas protoplanetários, exoplanetas e a origem da vida. Este artigo fornece uma breve visão geral da missão do JWST. Duas décadas depois de iniciar o desenvolvimento deste poderoso observatório espacial por meio de uma parceria internacional liderada pelos Estados Unidos, em colaboração com a Europa e o Canadá, a missão científica central do JWST inaugura uma nova era da astronomia. Além disso, o JWST é uma missão de referência que irá orientar o desenvolvimento de futuros observatórios espaciais internacionais emblemáticos, bem como telescópios terrestres gigantes.

Abstract

The James Webb Space Telescope (JWST) is a 6.5 m infrared space telescope launched on December 25, 2021. Since its launch and with the release of the first calibration images, the JWST has already impacted us enormously. Months later, on July 12, 2022, the world was amazed to receive the first color images of this new window of observation of the cosmos. In this and the coming decades, the JWST will impact all fields of astrophysics. Equipped with four unique science instruments, providing a wide range of imaging and spectroscopic capabilities covering the 0.6 to 28 micron wavelength range, the JWST will provide unprecedented sensitivity to probe the early Universe, understand the origin and evolution of galaxies, those that emerged just a few hundred million years after the Big Bang. JWST will study star formation, black holes, dark matter, protoplanetary systems, exoplanets and the origin of life. This article provides a brief overview of the JWST mission. Two decades after starting the development of this powerful space observatory through an international partnership led by the United States, in collaboration with Europe and Canada, the JWST's core science mission ushers in a new era of astronomy. In addition, the JWST is a landmark mission that will guide the development of future international space observatories as well as giant ground-based telescopes.

Palavras-chave: James Webb, astronomia infravermelha, galáxias, universo

Keywords: James Webb, infrared astronomy, galaxies, universe

DOI: [10.47456/Cad.Astro.v3n2.38762](https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v3n2.38762)

1 Introdução

O lançamento do Telescópio Espacial James Webb (da sigla em inglês, JWST) representa uma conquista significativa para a humanidade e a abertura de uma nova era na astronomia. O JWST nos permitirá abordar questões fundamentais sobre a natureza do Universo e o ciclo cósmico de estrelas, planetas e a vida.

O JWST é um projeto de 25 anos, renome-

ado em 2002, em honra a um antigo administrador da NASA, James Edwin Webb, que liderou o programa Apollo, além de outras importantes missões espaciais. Com um espelho de 6,5 metros e instrumentação que opera em comprimentos de onda do infravermelho (IR), o JWST é 100 vezes mais poderoso que seus antecessores imediatos, os telescópios espaciais Hubble e Spitzer, que são dois dos grandes observatórios lançados nas últimas três décadas. Ele consegue detectar luz

infravermelha gerada por galáxias quando estas foram formadas a 13,5 bilhões de anos atrás.

Observar comprimentos de onda infravermelhos é notavelmente desafiador, pois qualquer objeto quente também emite infravermelho que pode facilmente submergir um sinal distante vindo do espaço. Assim, a atmosfera da Terra cria um fundo térmico, assim como os instrumentos e telescópios necessários para realizar as observações. Esse “ruído” de fundo térmico efetivamente cega os detectores de infravermelho de ver fontes como estrelas recém-formadas. A astronomia no IR, portanto, depende fortemente do lançamento de telescópios refrigerados. No entanto, as limitações físicas dos lançamentos espaciais impõem restrições de tamanho do telescópio. O design dobrável do espelho de 6,5 m a bordo do JWST supera essas limitações por apresentar o ganho de sensibilidade mais substancial na história da astronomia no IR.

Quando você olha para o céu, mesmo que esteja situado no vale da floresta mais escura da Terra, você não está vendo todas as estrelas. E não é porque algumas das estrelas não estão no seu campo de visão. Elas estão lá - mas são invisíveis. Os olhos humanos só podem visualizar comprimentos de onda de luz dentro de uma certa região do espectro eletromagnético. Logo além desta região encontra-se a luz infravermelha. E galáxias e estrelas que estão muito, muito distantes emitem exatamente esse tipo de luz - então elas estão essencialmente escondidas aos nossos olhos, não importa o que tentemos fazer.

Mas o Hubble e o JWST também têm uma maneira de contornar nossa restrição humana. Os cientistas incorporaram detectores de luz infravermelha nestes dois instrumentos. Observando a Figura 1, vemos o enorme poder do JWST no infravermelho - e é por isso que ele tem potencial para nos mostrar informações muito além de nossos olhos.

A missão primária do JWST será a de examinar a radiação infravermelha resultante da grande expansão e realizar observações sobre os primórdios do Universo. Ele irá nos permitir determinar como e por que nuvens de poeira e gás colapsam em estrelas ou tornam-se planetas gigantes gasosos ou anãs marrons, conhecidos como ciclos estelares. Sua excelente sensibilidade permitirá aos astrônomos investigar diretamente os primeiros estágios do nascimento das estrelas, conhecidos

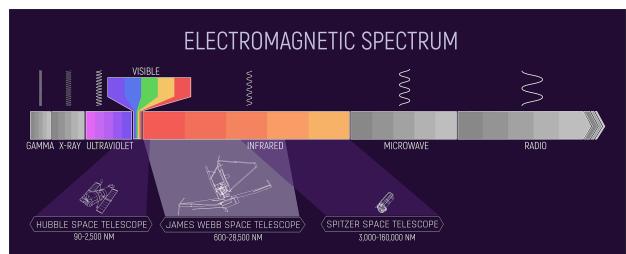


Figura 1: Espectro da energia eletromagnética, destacando as porções detectadas pelos telescópios espaciais Hubble, Spitzer e Webb da NASA. Créditos: NASA e J. Olmsted [STScI].

como “núcleos protoestelares”. Poderemos estudar também um dos eventos mais energéticos conhecidos do Universo, as explosões de supernova, que são mortes explosivas de estrelas massivas. Essas futuras observações irão nos permitir entender como e onde as estrelas se formam e morrem.

Outras faixas maiores de frequência tendem a sofrer mais interferência dessas partículas de poeira, pois apesar do Universo imenso, pequenas partículas no caminho da radiação podem contribuir para obtenção de imagens pouco nítidas. Devido ao *redshift* (o desvio para o vermelho cosmológico), e também devido ao poder de penetração que essa radiação possui em atravessar nuvens de poeira cósmica e galáxias, permitirá ao James Webb observar objetos mais obscuros e frios. O JWST será o principal observatório em IR das próximas décadas. Ele estudará todas as fases da história do nosso Universo, desde os primeiros brilhos luminosos após o Big Bang, até a formação de sistemas solares capazes de sustentar a vida em planetas como a Terra.

O JWST é um projeto internacional liderado pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA), dos Estados Unidos, e com contribuições significativas da Agência Espacial Europeia (ESA) e da Agência Espacial Canadense (CSA). As observações e dados que estão sendo coletados pelo JWST estão abertos à comunidade científica mundial, incluindo astrônomos brasileiros que estão liderando algumas das primeiras observações com o Telescópio James Webb. Essas primeiras observações fazem parte do que é chamado de “*Director’s Discretionary Early Release Science (DD-ERS) Program*”¹ e foram seleciona-

¹Para ver detalhes de um programa específico acesse <https://www.stsci.edu/jwst/science-execution/approved-ers-programs>.

das para mostrar o potencial científico do JWST.

Neste breve artigo, irei discutir a relevância do JWST para a comunidade astronômica e o impacto de suas descobertas para o avanço do conhecimento. Inicio a Seção 2 explicando brevemente o funcionamento do JWST. Na Seção 3 reviso os principais acontecimentos desde o seu lançamento em 2021. Na Seção 4, apresento as primeiras imagens divulgadas pelo JWST e discuto o impacto dessas descobertas. Por fim, na última seção, discorro brevemente sobre o que podemos esperar do JWST e da nova era da astronomia que inicia-se.

2 Como JWST funciona?

Antes que o JWST possa fazer seu trabalho, ele teve que primeiro chegar ao espaço. O telescópio foi lançado a bordo do foguete europeu Ariane 5, que possui uma carenagem de carga útil, ou cone de nariz, com 5,4 metros de diâmetro – um dos maiores do mundo. Isso ainda não é largo o suficiente para o espelho de 6,5 metros do JWST, que consiste em 18 segmentos hexagonais dispostos como um favo de mel (veja Figura 2). Três segmentos de cada lado dobraram-se para trás para que o telescópio pudesse caber. Outras partes do JWST também foram empacotadas para o lançamento, tornando-se uma espaçonave contorcionista. Os três suportes que seguram o espelho secundário do telescópio se dobraram. O guarda-sol do tamanho de uma quadra de tênis se dobra e se enrola em um pacote apertado que depende de um processo de várias etapas para desembalar-se. Outros componentes incluem os painéis solares do telescópio, uma antena e radiadores que desviam calor extra para o espaço.²

Para cientistas, engenheiros e fãs do espaço, assistir ao JWST descompactar foi uma experiência de roer as unhas. O telescópio não poderia ser visitado por astronautas se algo desse errado. O sucesso, no entanto, abrirá caminho para implantações espaciais semelhantes e mais complexas, o que beneficiará futuras missões de exploração do Universo.

Para ver a luz infravermelha, o JWST precisa bloquear o calor do Sol e de seus próprios instrumentos. A primeira linha de defesa é um protetor solar de cinco camadas, que mantém o telescópio

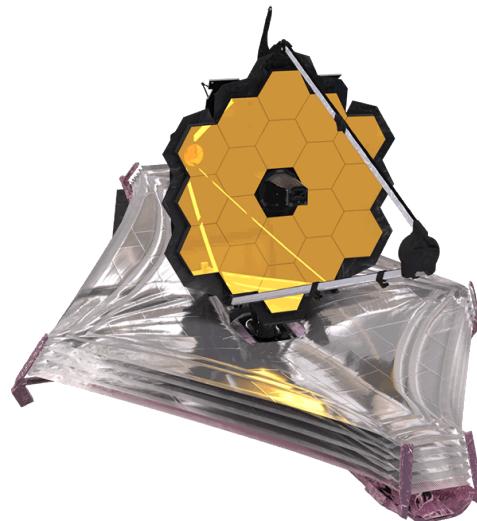


Figura 2: Telescópio Espacial James Webb. Créditos: NASA, ESA, CSA, e STScI.

resfriado a -233 graus Celsius (-388 graus Fahrenheit). De relance, o protetor solar do JWST se parece um pouco com a vela solar a bordo da espaçonave *LightSail* da *Planetary Society*.³ Embora o protetor solar do JWST não seja usado para propulsão, os raios do Sol ainda o empurram, de modo que a espaçonave possui uma guia de compensação refletiva que se abre em um ângulo diferente para ajudar a compensar as forças da radiação solar.

Mas mesmo um protetor solar não é suficiente, pois o JWST também precisa bloquear a luz da Terra e da Lua, o que é difícil na órbita da Terra. Portanto, o JWST viajou para um local especial chamado Ponto de Lagrange (L2), a 1,5 milhão de quilômetros de distância. Lá, a gravidade do Sol e da Terra se equilibram de uma maneira que permite que o JWST mantenha permanentemente o Sol, a Terra e a Lua nas costas, enquanto observa o cosmos.

Assim que o JWST chega em L2 com seus instrumentos e equipamentos implantados, a diversão começa. A luz de objetos distantes reflete em seus espelhos hexagonais, que são revestidos com uma fina camada de ouro para ajudá-lo a enxergar melhor no infravermelho. A luz viaja até um espelho secundário, que a focaliza em um feixe do tamanho de um prato de jantar, enviando-o de volta através de um orifício no centro do espelho primário. A partir daí, é focado ainda mais e pode ser analisado através de 4 instrumentos científicos diferentes.

²Explore todas essas informações e os modos de operação do JWST em <https://webb.nasa.gov/index.html>.

³<https://www.planetary.org/sci-tech/lightsail>.

Quanto mais distantes estão os objetos, mais tempo leva para que sua luz chegue até nós, ou seja, quando olhamos para uma galáxia distante, estamos realmente vendo como era aquela galáxia no passado. Quando você olha para a Lua, você a vê como ela existia 1 segundo atrás. A luz do Sol que aquece seu rosto em um belo dia leva oito minutos até que chegue em você. A Galáxia de Andrômeda, é na verdade 2,5 milhões de anos mais velha do que parece agora. O JWST pode ver galáxias com até 13,4 bilhões de anos, apenas 400 milhões de anos após o Big Bang. Galáxias a esta distância estão rapidamente se afastando de nós devido à expansão do Universo. Isso torna o comprimento de onda de sua luz mais longo devido ao efeito Doppler – o mesmo fenômeno que faz com que uma sirene de ambulância soe mais aguda quando se aproxima de você e mais grave depois que passa por você.

A luz de comprimento de onda longos de objetos formados ainda mais perto do Big Bang é deslocada para o infravermelho. O JWST pode ver objetos até 100 milhões de anos após o Big Bang, quando o Universo ainda era muito jovem, o que nos ajudará a entender melhor nossa história e origem cósmica.

3 O que aconteceu desde o lançamento do telescópio?

O James Webb foi lançado no dia 25 de Dezembro de 2021 e partiu em sua viagem espacial de 30 dias, saindo da Guiana Francesa com ponto de chegada localizado a 1,5 milhões de km da Terra, conhecido como segundo ponto de Lagrange (L2). O telescópio chegou a L2 em 24 de janeiro de 2022. Como mencionado, os pontos de Lagrange são posições no espaço onde a atração gravitacional do Sol e da Terra é equilibrada por forças orbitais, fornecendo localizações estáveis para as espaçonaves. L2 segue a Terra em torno do Sol e JWST seguirá uma chamada “órbita de halo” em torno de L2, enquanto L2 orbita o Sol. O ponto L2 tem sido um local popular para vários outros telescópios espaciais, incluindo o Telescópio Espacial Herschel e o Observatório Espacial Planck.

Após o lançamento, a equipe iniciou o longo processo de mover o telescópio para sua posição orbital final, desdobrando o telescópio e – à medida que tudo esfriava – calibrando as câmeras e

sensores a bordo. O lançamento foi bastante suave e um verdadeiro sucesso. Uma das primeiras coisas que a equipe notou foi que o telescópio tinha mais combustível restante a bordo do que o previsto para fazer ajustes futuros em sua órbita. Isso permitirá que o JWST opere por muito mais tempo do que a meta inicial de 10 anos da missão.

A primeira tarefa durante a jornada de um mês do JWST até sua localização final em órbita foi desdobrar o telescópio. Isso ocorreu sem problemas, começando com o desdobramento do escudo solar que ajuda a resfriar o telescópio, seguido pelo alinhamento dos espelhos e a ativação dos sensores.

Uma vez que o protetor solar foi aberto, a equipe começou a monitorar as temperaturas das quatro câmeras e espectrômetros a bordo, esperando que atingissem temperaturas baixas o suficiente para que pudesse começar a testar cada um dos diferentes modos em que os instrumentos podem operar.

As câmeras no JWST esfriaram exatamente como os engenheiros previram, e o primeiro instrumento que a equipe ligou foi a *Near Infrared Camera* – ou NIRCam. A NIRCam foi projetada para estudar a fraca luz infravermelha produzida pelas estrelas ou galáxias mais antigas do Universo. Mas antes que pudesse fazer isso, a NIRCam teve que ajudar a alinhar os demais segmentos individuais do espelho do JWST.

Uma vez que a NIRCam esfriou, estava fria o suficiente para começar a detectar a luz refletida nos segmentos do espelho do JWST e produzir as primeiras imagens do telescópio. A equipe da NIRCam ficou em êxtase quando a primeira imagem de luz chegou. Essas imagens mostraram que os segmentos do espelho estavam todos apontando para uma área relativamente pequena do céu. O sensor de orientação fina do JWST também entrou em operação neste momento. Este sensor ajuda a manter o telescópio apontando firmemente para um alvo – muito parecido com a estabilização de imagem em câmeras digitais comuns. Quando o alinhamento do espelho terminou em 11 de março, o *Near Infrared Spectrograph* – NIRSpec – e o *Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph* – NIRISS – terminaram de esfriar e se juntaram à festa.

O NIRSpec foi projetado para medir a intensidade de diferentes comprimentos de onda da luz proveniente de um alvo. Esta informação pode

revelar a composição e temperatura de estrelas e galáxias distantes. O NIRSpec faz isso olhando para o objeto alvo através de uma fenda que mantém a luz afastada. O instrumento possui várias fendas que permitem ver 100 objetos de uma só vez. Os membros da equipe começaram testando o modo de múltiplos alvos, comandando as fendas para abrirem e fecharem, e confirmaram que as fendas estavam respondendo corretamente aos comandos.

O NIRISS é um espectrógrafo sem fenda que também quebra a luz em seus diferentes comprimentos de onda, mas é melhor para observar todos os objetos em um campo, não apenas aqueles nas fendas. Possui vários modos, incluindo dois projetados especificamente para estudar exoplanetas, particularmente próximos de suas estrelas-mãe.

O último instrumento a ser inicializado foi o *Mid-Infrared Instrument*, ou MIRI. O MIRI foi projetado para tirar fotos de galáxias distantes ou recém-formadas, bem como de objetos pequenos e fracos, como asteroïdes. Este sensor detecta os comprimentos de onda mais longos dos instrumentos do JWST e deve ser mantido muito próximo do zero absoluto. Se estivesse mais quente, os detectores captariam apenas o calor do próprio instrumento, e não os objetos que estamos interessados no Universo (veja Figura 3). O MIRI tem seu próprio sistema de resfriamento, que precisou de mais tempo para se tornar totalmente operacional antes que o instrumento pudesse ser ligado.

Operando à temperaturas extremamente baixas, o MIRI é incrivelmente sensível à luz na faixa do infravermelho médio, que pode passar pela poeira com mais facilidade. Sabemos que existem galáxias completamente escondidas pela poeira e indetectáveis por telescópios como o Hubble. Quando essa sensibilidade é combinada com o grande espelho do James Webb, podemos penetrar nessas nuvens de poeira e observar estrelas e estruturas dessas galáxias pela primeira vez.

A partir de 15 de junho de 2022, todos os instrumentos do JWST estavam ligados e fizeram suas primeiras imagens.

4 As primeiras imagens

No dia 12 de julho de 2022, um dia memorável para a astronomia, a NASA revelou as primeiras

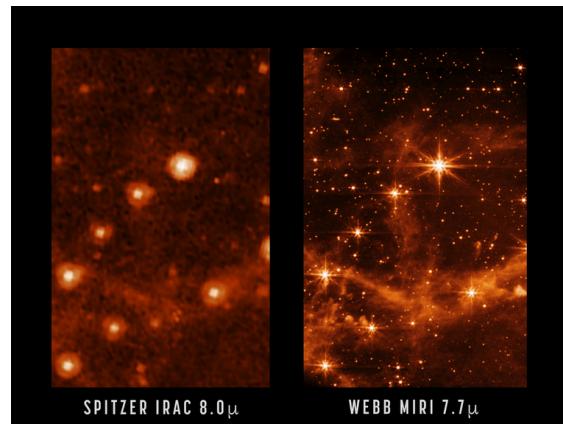


Figura 3: A câmera MIRI, imagem à direita, permite que os astrônomos vejam através de nuvens de poeira com incrível nitidez em comparação com telescópios anteriores, como o Telescópio Espacial Spitzer, que produziu a imagem à esquerda. Créditos: NASA/JPL-Caltech (esquerda), NASA/ESA/CSA/STScI (direita).

imagens dos objetos cósmicos, oferecendo visões detalhadas e sem precedentes, como comentadas nas próximas seções:

4.1 SMACS 0723

O primeiro campo profundo do JWST é o aglomerado de galáxias SMACS 0723 (ver Figura 4), e está repleto de milhares de galáxias. A imagem infravermelha mais profunda e nítida do Universo distante até agora – incluindo os objetos mais fracos já observados no infravermelho.

Como divulgado pela NASA, a imagem do campo profundo do JWST é aproximadamente do tamanho de um grão de areia mantido à distância de um braço. A massa combinada deste aglomerado de galáxias atua como uma lente gravitacional, ampliando galáxias mais distantes, incluindo algumas vistas quando o Universo era ainda muito jovem. Este campo profundo, obtido pela NIRCam do JWST, é uma composição feita a partir de imagens em diferentes comprimentos de onda, totalizando 12,5 horas – alcançando profundidades em comprimentos de onda infravermelhos além dos campos mais profundos do Hubble, que levou semanas. E estamos apenas no início da era do JWST. Os pesquisadores farão exposições mais longas, revelando muito mais do nosso vasto Universo.

A luz dessas galáxias levou bilhões de anos para chegar até nós. Estamos olhando para trás no tempo, cuja luz foi emitida quando o Universo tinha poucas centenas de milhões de anos. A luz foi



Figura 4: Esta imagem mostra o aglomerado de galáxias SMACS 0723 como apareceu há 4,6 bilhões de anos. Muito mais sobre esse *cluster* vem sendo revelado à medida que os pesquisadores começaram a investigar os dados do JWST. Este campo também foi fotografado pelo MIRI do JWST, que observa a luz no infravermelho médio. A NIRCam do JWST revelou galáxias distantes e estruturas minúsculas e fracas que nunca foram observadas antes. Créditos: NASA, ESA, CSA, e STScI.

esticada pela expansão do Universo para comprimentos de onda infravermelhos que o JWST foi projetado para observar. Os pesquisadores em breve começarão a aprender mais sobre as massas, idades, evolução e composições das galáxias.

O campo profundo também foi imageado pelo instrumento MIRI do JWST oferecendo um caleidoscópio de cores. Galáxias azuis contêm estrelas, mas muito pouca poeira. Os objetos vermelhos neste campo estão envoltos em espessas camadas de poeira. Galáxias verdes são povoadas com hidrocarbonetos e outros compostos químicos. Os pesquisadores poderão usar dados como esses para entender como as galáxias se formam, crescem e se fundem e, em alguns casos, por que elas param de formar estrelas completamente.

Além de capturar imagens, dois instrumentos do JWST também obtiveram espectros – dados que revelam as propriedades físicas e químicas dos objetos que ajudarão os pesquisadores a identificar muito mais detalhes sobre galáxias distantes nesse campo. Os dados revelaram a luz de uma galáxia que viajou por 13,1 bilhões de anos an-

tes que os espelhos do JWST a capturassem.⁴. Os dados do NIRSpec também demonstram quão detalhados serão os espectros de galáxias com as observações do JWST.

4.2 WASP-96 b (*spectrum*)

O JWST também capturou a assinatura de água, juntamente com evidências de nuvens e neblina, na atmosfera ao redor de um planeta gigante gasoso quente orbitando uma estrela distante parecida com o Sol, conhecido como WASP-96 b.

WASP-96 b é um dos mais de 5.000 exoplanetas confirmados na nossa Galáxia e representa um tipo de gigante gasoso que não tem análogo

⁴Ainda durante a redação deste artigo, pesquisadores usando dados do JWST descobriram candidatas com *redshifts* de $z \sim 14$ e $z \sim 16$ há apenas algumas centenas de milhões de anos após o Big Bang. Isso significa que o JWST vem quebrando o seu próprio recorde e chegando cada vez mais perto do início de tudo. Esses trabalhos podem ser encontrados na plataforma arXiv de periódicos pré-print (ainda em processo de revisão por pares), veja Refs. [1, 2].

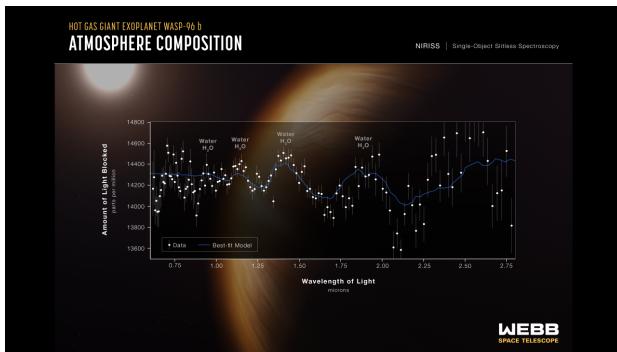


Figura 5: O espectro do WASP-96 b observado pelo NIRISS é o espectro de transmissão próximo ao infravermelho mais detalhado de uma atmosfera de exoplaneta já observada. Além disso, também cobre uma gama de comprimentos de onda, incluindo luz vermelha visível e uma parte do espectro que não foi anteriormente acessível a partir de outros telescópios (comprimentos de onda maiores que 1,6 micrônios). Esta parte do espectro é particularmente sensível à água, bem como a outras moléculas como oxigênio, metano e dióxido de carbono, que não são imediatamente óbvios no espectro WASP-96 b, mas que devem ser detectáveis em outros exoplanetas planejados para observação pelo JWST. Créditos: NASA, ESA, CSA, e STScI.

direto em nosso Sistema Solar. As observações, que revelaram a presença de vapor d’água, é a mais detalhada de seu tipo até hoje. Isso demonstra o impacto sem precedentes do JWST em analisar atmosferas a 1.150 anos-luz de distância. Enquanto o Telescópio Espacial Hubble analisou várias atmosferas de exoplanetas nas últimas duas décadas, com a primeira detecção clara de água em 2013, a observação imediata e mais detalhada do JWST marca um salto gigantesco na busca de caracterizar planetas com possibilidade de vida além do nosso.

Em 21 de junho, o NIRISS do JWST mediou a luz do sistema WASP-96 por 6,4 horas enquanto o planeta se movia pela estrela. O espectro de transmissão revela detalhes anteriormente ocultos da atmosfera: a assinatura inequívoca da água, indícios de neblina, e evidências de nuvens que se pensava não existirem com base em observações anteriores (ver Figura 5).

Átomos e moléculas têm padrões característicos de comprimentos de onda que absorvem, da mesma forma que as pessoas têm impressões digitais e sequências de DNA distintas. Assim, podemos usar o espectro para medir a quantidade de vapor de água na atmosfera, restringir a abundância de vários elementos como carbono e oxigênio e estimar a temperatura da atmosfera. Além

disso, pode-se especular sobre a composição geral do planeta, sua origem e formação. Segundo o JWST, a linha azul na Figura 5 é um modelo de melhor ajuste que leva em consideração os dados, as propriedades conhecidas de WASP-96 b e sua estrela, e características assumidas da atmosfera.

A riqueza de detalhes dessas medições só são possíveis devido ao design de última geração do JWST. Seu espelho revestido de ouro coleta a luz infravermelha de forma eficiente. Seus espectrógrafos de precisão espalham a luz em arco-íris de milhares de cores infravermelhas. E seus incríveis detectores infravermelhos medem diferenças extremamente sutis de brilho. O NIRISS é capaz de detectar diferenças de cor de apenas cerca de um milésimo de micrônio (a diferença entre verde e amarelo é de cerca de 50 milésimos de micrônio), e diferenças de brilho entre essas cores de algumas centenas de partes por milhão.

4.3 Nebulosa Carina

Outro alvo é a Nebulosa Carina (ver Figura 6), um berçário de estrelas se formando e repleto de estrelas massivas que ajudam a torná-la uma das maiores e mais brilhantes nebulosas do céu. Esta paisagem de “picos” e “vales” recheados de estrelas é na verdade a borda de uma região jovem e próxima de formação de estrelas, chamada NGC 3324 na Nebulosa Carina.

Localizada a cerca de 7.600 anos-luz de distância, a NGC 3324 foi fotografada pela NIRCam e pelo MIRI. A NIRCam – com sua resolução nítida e sensibilidade incomparável – revela centenas de estrelas anteriormente escondidas e até inúmeras galáxias de fundo. Na visão do MIRI, estrelas jovens e seus discos empoeirados formadores de planetas brilham no infravermelho médio, aparecendo rosa e vermelho. O MIRI revela estruturas que estão embutidas na poeira. A poeira quente, hidrocarbonetos e outros compostos químicos na superfície das cristas brilham, dando a aparência de rochas irregulares. NGC 3324 foi catalogado pela primeira vez por James Dunlop em 1826. Visível do Hemisfério Sul, está localizado no canto noroeste da Nebulosa Carina (NGC 3372), que reside na constelação de Carina. A Nebulosa Carina é o lar da estrela supergigante ativa e instável chamada Eta Carinae.⁵

⁵Todas as imagens divulgadas pelo JWST podem ser exploradas em detalhes no formato com zoom de alta resolução em <https://webbtelescope.org/news/first>



Figura 6: Esta paisagem de “montanhas” e “vales” é na verdade a borda de um berçário estelar próximo chamado NGC 3324 no canto noroeste da Nebulosa Carina. Créditos: NASA, ESA, CSA, e STScI.

Esta imagem revela pela primeira vez regiões de nascimento de estrelas que nunca foram observadas. Os pontos mais proeminentes têm cerca de 7 anos-luz de altura. Pasmem! As regiões que parecem cavernas foram esculpidas na nebulosa pela intensa radiação ultravioleta e ventos estelares de estrelas jovens extremamente massivas e quentes. Essa intensa radiação ultravioleta está esculpindo a parede da nebulosa, erodindo-a lentamente. Pilares se elevam acima da parede brilhante de gás, resistindo a essa radiação. O “vapor” que parece subir das “montanhas” celestes é, na verdade, gás ionizado quente e poeira quente saindo da nebulosa devido a implacável radiação. O JWST também revela estrelas individuais que estavam previamente escondidas por outros detectores. Devido à sensibilidade à luz infravermelha, o JWST pode olhar através da poeira cósmica para ver esses objetos.

4.4 Nebulosa do Anel Sul

A Nebulosa do Anel Sul (catalogada como NGC 3132) é uma nebulosa planetária - neste caso, uma enorme nuvem de gás com meio anoluz de diâmetro em torno de uma estrela moribunda - e relativamente próxima em escala cósmica, a apenas 2.000 anos-luz de distância. Ao observar a nebulosa em comprimentos de onda do infravermelho médio, o JWST revelou a segunda estrela empoeirada no centro da nebulosa com muito mais detalhes. A estrela orbita de perto sua companheira enquanto ejeta periodica-

images/gallery.

mente camadas de gás e poeira (ver Figura 7).

Esta cena foi criada por uma estrela anã branca – os restos finais de uma estrela como o nosso Sol quando pára de queimar combustível através da fusão nuclear. Na imagem da NIRCam, a anã branca aparece no canto inferior esquerdo da estrela central brilhante, parcialmente escondida por um pico de difração. A mesma estrela aparece – mas mais brilhante, maior e mais vermelha – na imagem do MIRI. Esta anã branca está envolta em espessas camadas de poeira, que a fazem parecer maior. A estrela mais brilhante orbita de perto a anã branca mais escura, ajudando a distribuir o que é ejetado.

As imagens parecem muito diferentes porque a NIRCam e o MIRI coletam diferentes comprimentos de onda de luz. A NIRCam observa a luz infravermelha próxima, que está mais próxima dos comprimentos de onda visíveis que nossos olhos detectam. O MIRI vai mais longe no infravermelho, captando comprimentos de onda do infravermelho médio. A segunda estrela aparece mais claramente na imagem do MIRI, porque este instrumento pode ver a poeira brilhante ao seu redor. A física explica o motivo da diferença na resolução dessas imagens. A NIRCam oferece imagens de alta resolução porque esses comprimentos de onda de luz são mais curtos. O MIRI fornece imagens de resolução média porque seus comprimentos de onda são maiores – quanto maior o comprimento de onda, mais grosseiras são as imagens. Mas ambos fornecem uma quantidade incrível de detalhes, nunca antes observados.

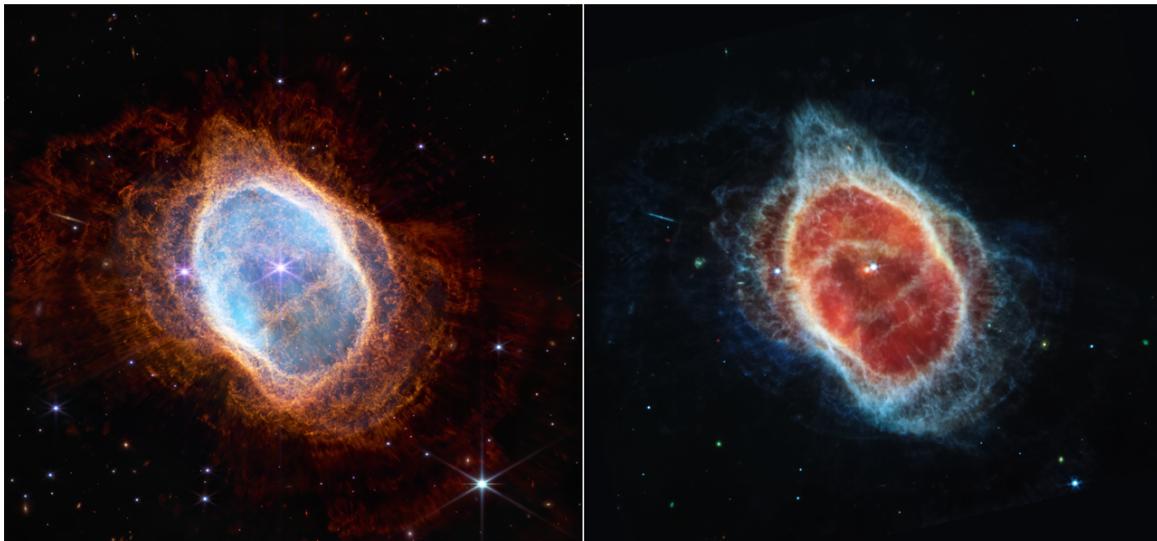


Figura 7: Esta comparação lado a lado mostra observações da Nebulosa do Anel Sul em luz infravermelha próxima, à esquerda, e luz infravermelha média, à direita. Créditos: NASA, ESA, CSA, and STScI.

4.5 Quinteto de Stephan

Por fim, completando o quadro destas primeiras descobertas, o JWST revelou a fantástica imagem e de alta resolução de um grupo conhecido como *Stephan's Quintet*, um agrupamento de galáxias que parecem dançar uma em torno da outra. Raramente vimos com tantos detalhes como as galáxias em interação desencadeiam a formação de estrelas e como o gás nessas galáxias está sendo perturbado. Como anunciado pelo JWST, o Quinteto de Stephan é um fantástico “laboratório” para estudar esses processos fundamentais. A imagem também mostra ejeções por um buraco negro supermassivo em uma das galáxias com riqueza de detalhes. Grupos de galáxias como esse podem ter sido mais comuns no início do Universo, quando material superaquecido e em queda pode ter alimentado buracos negros muito energéticos chamados quasares. Ainda hoje, a galáxia mais alta do grupo – NGC 7319 – abriga um núcleo galáctico ativo, um buraco negro supermassivo com 24 milhões de vezes a massa do Sol.

Este agrupamento de cinco galáxias, é mais conhecido por ser destaque no filme clássico de férias, “*It’s a Wonderful Life*” (A Felicidade Não Se Compra), de 1946. Segundo a NASA, este enorme agrupamento é a maior imagem do JWST até o momento, cobrindo cerca de um quinto do diâmetro da Lua. Ele contém mais de 150 milhões de pixels e é construído a partir de quase 1.000 arquivos de imagem separados. As informações do JWST fornecem novos *insights* sobre como as

interações galácticas podem ter impulsionado a evolução das galáxias no início do Universo. Estudar galáxias relativamente próximas como essas ajuda os cientistas a entenderem melhor as estruturas vistas em um Universo muito mais distante. Com sua poderosa visão infravermelha e resolução espacial extremamente alta, o JWST mostra detalhes neste grupo de galáxias. Aglomerados de milhões de estrelas jovens e regiões estelares de novos nascimentos de estrelas enfeitam a imagem. Caudas de gás, poeira e estrelas estão sendo puxadas de várias galáxias devido a interações gravitacionais. Com o JWST, chegamos em um nível de detalhes que era impossível de se obter até agora.

5 O que esperar?

As imagens que as agências espaciais revelaram em 12 de julho são apenas o começo. Os cientistas se inscreveram para usar o telescópio por meio de um processo competitivo, e o primeiro ano de observações já está agendado. É bem provável que o JWST mude nossa perspectiva sobre alguns aspectos do Universo nos próximos meses e anos. Nas palavras do administrador da NASA, Bill Nelson: “Essas imagens, incluindo a visão mais profunda do nosso Universo que já foi tirada, nos mostram como o James Webb ajudará a descobrir as respostas para perguntas que ainda nem sabemos fazer; perguntas que nos ajudarão a entender melhor nosso Universo e o lugar



Figura 8: Juntas, as cinco galáxias do Quinteto de Stephan também são conhecidas como Hickson Compact Group 92 (HCG 92). Embora seja chamado de “quinteto”, apenas quatro das galáxias estão realmente próximasumas das outras e envolvidas em uma dança cósmica. A quinta galáxia mais à esquerda, chamada NGC 7320, está bem em primeiro plano em comparação com as outras quatro. NGC 7320 reside a 40 milhões de anos-luz da Terra, enquanto as outras quatro galáxias (NGC 7317, NGC 7318A, NGC 7318B e NGC 7319) estão a cerca de 290 milhões de anos-luz de distância. Créditos: NASA, ESA, CSA, e STScI.

da humanidade dentro dele”.

De fato, estamos vivendo uma nova era das astronomia e as observações desses primeiros dias da história do Universo lançará luz sobre questões desconcertantes sobre matéria, vida, energia escura, buracos negros, evolução das galáxias, como eram as primeiras estrelas e como chegamos ao Universo que conhecemos hoje.

6 Sessão agradecimentos

O autor agradece o convite do Prof. Júlio Fabris para redigir este artigo de divulgação e a Prof.^a Rita C. dos Anjos pela leitura criteriosa. Também agradeço ao CNPq (311758/2021-5) pelo suporte financeiro. Todas as imagens e informações técnicas sobre o JWST foram fornecidas pela NASA, ESA, CSA, e STScI (<https://webb.nasa.gov/>).

Sobre o autor

Jaziel Goulart Coelho (jaziel.coelho@ufes.br) possui Graduação em Física pela Universidade Federal de Viçosa (2007), Mestrado em Física pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA (2009) na investigação de Estrelas de Nêutrons e Quarks. Realizou o Doutorado no ITA (2013)

na investigação de pulsares e magnetares e Pós-Doutorado em Astrofísica na Università degli Studi di Roma La Sapienza, Itália e na Divisão de Astrofísica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. É membro do Observatório Cherenkov Telescope Array - CTA. Atualmente é professor Adjunto do Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e membro permanente do Programa de Doutorado Internacional em Astrofísica, Cosmologia e Gravitação (PPGCosmo-UFES), além de membro Docente do Programa de Pós-Graduação em Astrofísica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É pesquisador nas áreas de astrofísica relativística, gravitação, objetos compactos, ondas gravitacionais e astrofísica multimensageira.

Referências

- [1] H. Atek et al., *Revealing Galaxy Candidates out to $z \sim 16$ with JWST Observations of the Lensing Cluster SMACS0723* (2022). [ArXiv: 2207.12338](https://arxiv.org/abs/2207.12338).
- [2] S. L. Finkelstein et al., *A Long Time Ago in a Galaxy Far, Far Away: A Candidate $z \sim 14$ Galaxy in Early JWST CEERS Imaging* (2022). [ArXiv:2207.12474](https://arxiv.org/abs/2207.12474).