## Most telescopes use mirrors, which means there is absolutely no way to know how many vampires there are in space.



https://twitter.com/thenatewolf/status/1540012832665702400





# O que a capa do Dark Side of the Moon tem a ver com o enriquecimento químico de galáxias?

Natalia Vale Asari UFSC/Royal Society–Newton Advanced Fellowship FSC5106, UFSC, 20/06/2023





# THE UNIVERSE BY SCIENTIFIC FIELD

## ASTRONOMY 99999999999999999999999999999997%

## OTHER 000000000000000000000000000000000003%

https://xkcd.com/2640/















Antonio Kanaan

### Raymundo Baptista

Roberto Saito

Natalia Vale Asari

### sistema solar

estrelas



## De olho no céu de Floriça observações astronômicas abertas ao público









**Roberto Cid** Fernandes

André Luiz Daniel Ruschel Dutra de Amorim

aglomerados















Antonio Kanaan

### Raymundo Baptista

Roberto Saito

Natalia Vale Asari

### sistema solar



## De olho no céu de Florina observações astronômicas abertas ao público









**Roberto Cid** Fernandes

André Luiz Daniel Ruschel Dutra de Amorim









http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/physics/research/astro/people/veras/map



## Margaret Burbidge



## Cecilia Payne



## Jocelyn Bell



### Vera Rubin



Nobel Prizes to women, 1901-2020 © Nobel Media. III. Niklas Elmehed

Tl At

The Nobel Prize in Physics 2018 Donna Strickland "for groundbreaking inventions in the field of laser physics" "for their method of generating high-intensity, ultra-short optical pulses."

The Nobel Prize in Physics 1963 Maria Goeppert Mayer "for their discoveries concerning nuclear shell structure"

The Nobel Prize in Physics 1903 Marie Curie, née Sklodowska "in recognition of the extraordinary services they have rendered by their joint researches on the radiation phenomena discovered by Professor Henri Becquerel"

### The Nobel Prize in Physics

The Nobel Prize in Physics 2020

Andrea Ghez

"for the discovery of a supermassive compact object at the centre of our galaxy"



slido.com - evento #424242

## Para responder em grupos:

- Por que você escolheu o curso de
- Quais são suas habilidades atuais e quais gostaria de melhorar?
- Quais assuntos mais lhe interessam na
- Quais curiosidades você tem sobre Astrofísica/carreira em Astrofísica?

# https://app.sli.do/event/s5zKNDCMkMQCCSaHpaQZMm





► MANY

## https://xkcd.com/1861/



# O que a capa do Dark Side of the Moon tem a ver com o enriquecimento químico de galáxias?

Natalia Vale Asari UFSC/Royal Society–Newton Advanced Fellowship FSC5106, UFSC, 20/06/2023



# 8 galáxias podem ser vistas a olho nu

## Via Láctea

M81

## Nuvens de Magalhães

## M83

## Andrômeda

Centaurus A



# DIG contaminates the M–Z–SFR relation



## Vale Asari et al. (2019)



# DIG contaminates the M–Z–SFR relation









Eu nunca uso TRONOMERS . N um telescópio some common beliefs. Vamos desfazer algumas crenças comuns.



NEVER

EVEN

LOOK UP.

TELESCOPE

## 1 NEVER USE TELESCOPE



1999/1 Eng. Química, Unicamp 1999/2 Física, Unicamp 2000-2001 Física, UnB 2002-2004 Física, UFSC 2004-2006 Mestrado em Física, UFSC 2006-2010 Doutorado em Física, UFSC 2008-2010 Doctorat en Astronomie et Astrophysique, Observatoire de Paris, França (cotutelle, CAPES/COFECUB) 2010-2011 Pós-doc (PNPD), UFSC 2011-2013 Pós-doc (CAPES), Cambridge, UK 2013-2014 Pós-doc (CNPq), UFSC 2014-hoje Professora do Departamento de Física da UFSC 2018-2023 Royal Society–Newton Advanced Fellowship 2018-2019 Sabático (RS/NAF), St Andrews, UK 2019 Prêmio Carolina Nemes (2<sup>a</sup> edição, SBF) 2021-2024 Subcoordenação da Pós-graduação







NASA/ADS















# Pesquisa em astrofísica

## Física: mecânica quântica, termodinâmica, física nuclear, ...

Outros: estatística, programação, inglês, comunicação, cooperação, consistência e persistência.



1. Leia e reflita. Aprenda a aprender. 2. Dedicação é mais importante do que 'genialidade'. Genialidade é consequência da dedicação. 3. Procure cedo diferentes grupos de pesquisa: veja se é um ambiente agradável e um trabalho interessante. 4. Não siga todos os conselhos. 5. Divirta-se!





<b>—</b> R	ounding
DURATION 🗘	PERCENTAGE
210:13:19	13.80%
232:24:10	15.26%
25:27:34	1.67%
262:18:33	17.22%
2:26:50	0.16%
42:07:07	2.77%
32:38:47	2.14%
194:48:39	12.79%
520:46:11	34.19%

8%

### Administração Comitês (seleção, bolsas, ensino, etc.) Reuniões Emails Website

Subcoordenação da Pós-graduação

## Pesquisa

- Pensar e ler
- Programar e analisar
- Escrever artigos
- Escrever pedidos de financiamento e relatórios
- Dar talks
- Supervisionar estudantes
- Colaborações

- Preparar aulas
- Dar aulas

	S
Collaboration	Ar
Memoring	
Organization	
	te
• Res a	Pa
	te
• Supervising	Me
• Teaching	

Ensino Atendimento a estudantes Preparar avaliações Dar feedback em avaliações Colaborar com outros professores Grupo sobre práticas de ensino baseadas em evidências erviço à comunidade científica bitrar artigos omitê de alocação de mpo para telescópio recer em pedidos de mpo, financiamento, etc. entoring

Divulgação científica Falar com público (Redes sociais?) Projetos

13.80%

15.26%

1.67%

17.22%

0.16%

2.77%

2.14%

12.79%

34.19%

:33

50

:07

:39



TOTAL HOURS 1523:11:10



3% 3% Time Entries 3% 4% 4% 5%







Pesquisa: • Saber inglês; Saber programar; • Show up and do the work.

+ Divulgar seu trabalho (escrever, publicar, dar talks). + Criar redes de colaboração internacional.

# BINGO: Enriquecimento químico de galáxias

No Big Bang formaram-se somente H, He (e traços de Li, Be). 1. O Sol brilha por que a reação  $4H \rightarrow He$  libera energia. 2. Nucleossíntese estelar produz "metais". 3. Galáxias com maior massa estelar têm maior metalicidade hoje. 4. Galáxias com maior massa estelar formam mais estrelas hoje. 5. Espectro de galáxias: linhas de emissão vêm das estrelas. 6. Espectro de galáxias: contínuo e linhas de absorção vêm do gás ionizado. 7. Regiões H II são ionizadas por estrelas jovens e quentes. 8. Linhas de emissão são usadas para medir a abundância química. 9. 10. Estrelas velhas e quentes (HOLMES) podem ionizar o gás. 11. [N II]/H $\alpha$  é maior no DIG. 12.  $[O III]/H\beta e (em geral) maior no DIG.$ 13. O SDSS obteve ~100 espectros por galáxia; o MaNGA, 1 espectro por galáxia. 14. A contribuição do DIG é maior para galáxias de alta massa. 15. A contribuição do DIG é maior para galáxias baixa formação estelar. 16. O efeito do DIG está plenamente quantificado, dados MUSE são apenas para confirmação.



# §1 A alquimia das estrelas

## The Origin of the Solar System Elements





# Big Bang: hidrogênio e hélio



Foi George Gamow, em um artigo com Alpher e Bethe em 1948, que propôs a teoria da formação do hidrogênio e hélio primordial. Neste artigo, os autores argumentaram ainda que todos os outros elementos também foram formados no Big Bang pela adição sucessiva de partículas  $\alpha$ . Mas nesse ponto eles estavam errados.

## TUIMP nº 14 (tuimp.org)



# Big Bang: hidrogênio e hélio



Foi George Gamow, em um artigo com Alpher e Bethe em 1948, que propôs a teoria da formação do hidrogênio e hélio primordial. Neste artigo, os autores argumentaram ainda que todos os outros elementos também foram formados no Big Bang pela adição sucessiva de partículas  $\alpha$ . Mas nesse ponto eles estavam errados.



## TUIMP nº 14 (tuimp.org)



### carbono-12



# Big Bang: hidrogênio e hélio



Foi George Gamow, em um artigo com Alpher e Bethe em 1948, que propôs a teoria da formação do hidrogênio e hélio primordial. Neste artigo, os autores argumentaram ainda que todos os outros elementos também foram formados no Big Bang pela adição sucessiva de partículas  $\alpha$ . Mas nesse ponto eles estavam errados.





### carbono-12



## Como identificar elementos?

## Cecilia Payne (1925): Sol contém principalmente H e He



## Como estrelas formam novos elementos?

B2FH (Burbidge, Burbidge, Fowler & Hoyle) Synthesis of the Elements in Stars (1957)





## Estrelas formam elementos químicos; ao morrer enriquecem o gás das galáxias Sun-like Star

### Red Giant

Star-Forming Nebula

### **Planetary Nebula**

.

White Dwarf

### Massive Star

an 8 to 10 times the mass of our Sun)

Red Supergiant

Protostars

Neutron Star

Supernova

Black Hole



# §2 O enriquecimento químico das galáxias

### Gas and dust cycles into and out of a galaxy

## Halo

Inflow

Outflow

Gas cooling

### Turbulence

Molecular clouds

Nuclear activity

jets/winds

### SRON

Star formation

Gas cooling

Stellar mass loss

Supernovae



# Galaxy evolution from integrated spectra



Lequeux et al. (1979)



Tremonti et al. (2004)

# More SDSS empirical relations



### Brinchmann et al. (2004)

Ellison et al. (2008)


## Problems with M–Z–SFR



Mannucci et al. (2010); see also Ellison et al. (2008), Lara-Lopez et al. (2010) General:

- Sample selection
- Aperture effects

## SFR:

- Dust correction
- Proxy/calibration
- DIG contamination

*Z*: - Method/indices/calibration - DIG contamination







## Stars: absorption + continuum

...a respeito dos astros... Concebemos a possibilidade de determinar suas formas, suas distâncias, seus tamanhos e seus movimentos; embora nunca possamos estudar por nenhum meio a sua composição química ou a sua estrutura mineralógica. (Comte 1835)

Hélio

Lítio





# §3 A mecânica quântica das nebulosas







### H He Li Be B C N O F Ne Na Mg Al Si P S Cr Mn Fe Ca Sc CI K Ar T







## Star forming nebulae fossi record of a galaxy/s histor

1) Star formation rate (from H) 2) Chemical enrichment (from O, N) 3) Much more (Dust attenuation, ionizing source, ...)



## Star-forming nebulae = H II regions = H+ regions (plasma)



Η+



Young stars ionize their birth clouds

## H I regions





## Star formation rate

## free electron recombines with H+

M HB

Observamos HB → recombinações/s → fotoionizações/s L de estrelas jovens  $\rightarrow$  *M* de estrelas jovens



## Chemical abundances (C, N, ...)



free electron loses kinectic energy and excites a bound electron in O++

[O III]5007

Observamos [O III]5007 e Hß  $(+ [O III] 3727 + ou T_e e n_e ou 'receita')$ O/H





## §5 The curious case of retired galaxies and their HOLMES\* Star-forming nebula Planetary nebula

## Nebulosa Trífida King Crimson – Islands

## Nebulosa da Ampulheta Pearl Jam – Binaural

\* Hot low-mass evolved stars





Semi Empirical Analysis of SDSS Galaxies

Roberto Cid Fernandes UFSC Grażyna Stasińska Laerte Sodré Abilio Mateus Natalia Vale Asari Jean Michel Gomes Fábio Herpich Marielli Schlickmann William Schoenell

Meudon IAG UFSC UFSC/Meudon UFSC/Porto UFSC/IAG UFSC UFSC/GMTO





## The Sloan Digital Sky Survey



### *u, g, r, i* and *z* imaging of ~300 million objects

12456.61+411123.8	J112537.68+410753.1	J112418.74+420323.1	J113302-41+404231.2	J113243.37+405032.3
12247,84+414358.5	J112457.14+420550.7	J112136.59+421703	J112014.69+421358.1	J112150.02+422744.6
12202,6+424909.3	J112110.15+423159.1	J112125.59+423435.6	J112730.31+423147	J112710.77+423014,1
12906.67+421523.7	J113254.81+422901.4	J112818.06+413829.3	J112918.56+403833.8	J113445.47+425755.2

Spectra of ~1 million galaxies

Sample complete for magnitudes brighter than 17.77



SDSS DR7 sky coverage



Dedicated 2.5 meter wide-field telescope at Apache Point **Observatory (New Mexico)** 



Spectra obtained with 2 multi-fiber spectrographs:

- 3 " diameter fibers
- spectral range 3800-9200 A
- resolution R=2000 (65km s<sup>-1</sup>)

Software pipelines kept pace with the enormous data flow from the telescope







## 926 246 SDSS galaxies modeled with STARLIGHT & our emission-line fitting code



Stars

http://starlight.ufsc.br

Gas

## Do all SDSS LINERs\* have an AGN? No! Retired galaxies can mimic LINERs

Baldwin, Phillips & Terlevich (1981)



### Kauffmann et al. (2003)



### \*low-ionization nuclear emission regions



### The curious case of retired galaxies and their HOLMES\* Retired galaxies change the census! sample W ≥0.0 323 160 $\log [NII]/H\alpha$ 2581 470 166 16 15361 394 4915 324 19 N 0.2 8802 50135 16209 72 343 9685



\* Hot low-mass evolved stars Stasinska et al. (2008, 2015); Cid Fernandes et al. (2010, 2011)





## §5 Digging out the DIG\*

\* diffuse ionized gas





## cumulus

## DIG

## Galaxies ≠ simple H II regions

## Hıregions



## Characterizing the DIG

### Higher electron temperature • Lower electron density Enhanced [N II]/H $\alpha$ , [S II]/H $\alpha$ , • and usually $[O III]/H\beta$

30 to 60% of total H $\alpha$  may be due to the DIG according to Zurita+ 2000, Oey + 2007



## What ionizes the DIG?

• Cosmic rays (Reynolds & Cox 1992) Shocks from supernova winds (Dopita & Sutherland 1995, Allen et al. 2008) Turbulent dissipation (Binette+ 2009) Leakage of photons from SF regions (Weilbacher+ 2018) ightarrow(HOLMES) (Stasińska+ 2008, Flores-Fajardo+ 2011)

Photoionization by hot low-mass evolved stars



## UFSC 'IFS' team

Dr André L. de Amorim post-doc→staff

### bitbucket.org/streeto/pycasso2 Python Cube Analysis and STARLIGHT Synthesis Organizer



### **DOBBY** is a free ELF (emission line fitter)



Dr Guilherme Couto post-doc (now @Germany)



Dr Ariel Werle PhD student (now post-doc @ Padua)



Katia Slodkowski Clerici MSc (now PhD st. @UFRGS)



## $\odot$

## **SDSS**

Dana Berry / SkyWorks Digital Inc., David Law, and the SDSS collaboration (<u>https://www.sdss.org/surveys/manga/</u>)





## The MaNGA survey



127-Fiber IFU



Photos by D. R. Law and N. Drory. Taken from the MaNGA blog.

61-Fiber IFU 37-Fiber IFU 19-Fiber IFU 7-Fiber IFU

## $W_{H\alpha}$ is a good tracer of DIG contribution



CALIFA: Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey 667 galaxies, 0.8 kpc resolution DR3: Sanchéz et al. (2016)



Lacerda et al. (2018) -0.5

## DIG emission has different line ratios [N II]/H $\alpha$ , [O III]/H $\beta$ are larger for DIG emission.



### Lacerda et al. (2018) – CALIFA

## Removing DIG contribution to line fluxes Z calibrations = valid for H II regions





## 1409 MaNGA SF galaxies

## Vale Asari et al. (2019)

## Removing DIG emission for ~100k SDSS galaxies





### MaNGA prescription

Vale Asari et al. (2019)



## DIG contaminates the M–Z–SFR relation and with higher spatial resolution (~MUSE) the effect could be even larger!



### Vale Asari et al. (2019)



## DIG contaminates the *M*–*Z*–SFR relation – and with higher spatial resolution (~MUSE) the effect could be even larger!





Lis Cristine Fortes undergrad student

Cost.

# <text>

Maria Eduarda Ramos undergrad student

### Image @ 5635Å



 $\log W_{\mathrm{H}\alpha}^{\mathrm{obs}}$  [Å]





## You're gonna need a bigger hoover!



## Less than the sum of its parts





## §5 Ciência para cientistas e para todes tuimp.org The Universe In My Pocket (11 línguas)



### Livrinhos:

Estes são os livrinhos já publicados. Clique sobre eles para ver mais detalhes e para fazer download dos arquivos!



### 11 - Os tamanhos dos corpos celestes

2018

O Universo no meu boli



10 - A nebulosa do Caranguejo



Livrinhos



Dicionário



### Sobre nós



### Idiomas



## Grupo de Astrofísica astro.ufsc.br

Professores:

♦ André de Amorim
♦ Abílio Mateus
♦ Antônio Kanaan
♦ Daniel Ruschel Dutra
♦ Natalia Vale Asari
♦ Raymundo Baptista
♦ Roberto Cid Fernandes
♦ Roberto Saito

## Observatório e Clube dos telescópios



1 XLA

### Karín Menéndez-Delmestre Prêmio L'Oréal Para Mulheres na ciência 2015



Foto: Profa. Fanny Béron Instituto de Física Gleb Wataghin - Unicamp

Welcome to the Supernova Foundation, a programme designed to inspire and support young women who hope to pursue careers in Physics.

The gender gap in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) fields is a serious international societal problem which needs to be addressed. Many women, particularly women in developing countries, do not usually have access to women role models to inspire and guide them. It is extremely challenging, in an environment dominated by men, for women of many cultures to find mentors they can easily talk to and get advice from. We aim to remedy man students in Dhysics to established woman researchers around the world to receive mentaring

### **MULHERES**

Débora Peres Menezes UFSC

### Fanny Béron Prêmio Carolina Nemes 2018

#Shutdownacademia #Strike4blacklives

@generosbf

BLACK LIVES MATTER

### THE SUPERNOVA FOUNDATION

Mentoring For Women In Physics

## https://www.supernovafoundation.org

### HOME





## Radio galaxies & supermassive black holes



Dorota Koziel-Wierzbowska Obs. Krakow

# Radio jet



## Galáxia M87 Jet of matter

## EHT

## Bayesian Oxygen and Nitrogen abundance Determinations

## BOND






# SIGNALS Star formation, Ionized Gas, and Nebular Abundances Legacy Survey



CFHT's Fourier transform spectrograph SITELLE Pl: Laurie Rousseau-Nepton



# Agradecimentos



Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência





### BINGO: Enriquecimento químico de galáxias

No Big Bang formaram-se somente H, He (e traços de Li, Be). 1. O Sol brilha por que a reação  $4H \rightarrow He$  libera energia. 2. Nucleossíntese estelar produz "metais". 3. Galáxias com maior massa estelar têm maior metalicidade hoje. 4. Galáxias com maior massa estelar formam mais estrelas hoje. 5. Espectro de galáxias: linhas de emissão vêm das estrelas. 6. Espectro de galáxias: contínuo e linhas de absorção vêm do gás ionizado. 7. Regiões H II são ionizadas por estrelas jovens e quentes. 8. Linhas de emissão são usadas para medir a abundância química. 9. 10. Estrelas velhas e quentes (HOLMES) podem ionizar o gás. 11. [N II]/H $\alpha$  é maior no DIG. 12.  $[O III]/H\beta e (em geral) maior no DIG.$ 13. O SDSS obteve ~100 espectros por galáxia; o MaNGA, 1 espectro por galáxia. 14. A contribuição do DIG é maior para galáxias de alta massa. 15. A contribuição do DIG é maior para galáxias baixa formação estelar. 16. O efeito do DIG está plenamente quantificado, dados MUSE são apenas para confirmação.



### BINGO: Enriquecimento químico de galáxias

No Big Bang formaram-se somente H, He (e traços de Li, Be). 1. O Sol brilha por que a reação  $4H \rightarrow He$  libera energia. 2. Nucleossíntese estelar produz "metais". 3. Galáxias com maior massa estelar têm maior metalicidade hoje. 4. Galáxias com maior massa estelar formam mais estrelas hoje. 5. 6. rôm do gác ioni-Regiões H II são ionizadas por estrelas jovens e quentes. 8. Linhas de emissão são usadas para medir a abundância química. 9. 10. Estrelas velhas e quentes (HOLMES) podem ionizar o gás. 11. [N II]/H $\alpha$  é maior no DIG. 12.  $[O III]/H\beta e (em geral) maior no DIG.$ DSS obteve ~100 esi 13. pectros por galax 14. A contribuição do DIG é maior para galáxias de alta massa. 15. A contribuição do DIG é maior para galáxias baixa formação estelar. 16. pichamente quantineado, dados mose são apenas para contirmacan commução.



## DIG contaminates the M–Z–SFR relation — and with higher spatial resolution (~MUSE) the effect could be even larger!



#### natalia@astro.ufsc.br

