

# P1 - e-Science em Astronomia

Kethelin Parra Ramos - 9898349

## QUESTÕES

1. O catálogo NGC (*New General Catalogue*) teve sua origem no trabalho sistemático de procura de objetos difusos pelos irmãos Willian e Caroline Herschel no início do século 19. Este catálogo foi finalizado em 1888 por John Dreyer com uma lista de 7840 objetos.

Um trabalho desta magnitude, feito à mão, contém vários erros. Algumas tentativas de correção foram feitas, por exemplo, por Sulentic J.W. Tifft, 1973, “*The revised new catalogue of nonstellar astronomical objects*” e por Sinnott R.W., 1988, “*NGC 2000.0, The Complete New General Catalogue and Index Catalogue of Nebulae and Star Clusters*”.

(I) Faça uma tabela APENAS com os 400 primeiros objetos NGC que são galáxias (...)

(II) Faça uma lista adicional comentando eventuais erros na tabelas e bases de dados consultados.

(III) Quais galáxias não têm *redshift* medido? Para estas galáxias, teria uma estimativa de *redshift* disponível?

### Resposta:

(I) O nome da tabela criada é *Tabela\_1.csv* e está localizada dentro da pasta enviada por email.

Ao buscar por “*New General Catalogue*” na ferramenta Vizier do TOPCAT apareceram três tabelas, sendo que duas eram as citadas no enunciado. Optei pela tabela “*The revised new catalogue of nonstellar astronomical objects*”. Como as coordenadas sexagesimais da tabela davam problema para fazer *cross match*, foi utilizado o próprio site do Vizier<sup>1</sup> para baixar a tabela e usar no TOPCAT. No site tem a opção de baixar a tabela com coordenadas em formato decimal. Além disso, algumas colunas possuem notas, p.ex, a *type* possui notas com informações sobre as classificações (*type*=5 representa galáxias).

Com a informação das classificações, foi criado um *subset* da tabela onde só apareciam dados de galáxias. Clicando em *Display column metadata* é possível selecionar as colunas de interesse: *\_RAJ2000*, *\_DEJ2000* e *NGC* (dá pra renomear para ficar de acordo com o

que é pedido no enunciado).

Optei por não utilizar as magnitudes desta tabela por serem dados muito antigos, para conseguir tais informações utilizei a ferramenta *CDS Upload X-Match* para cruzar os dados da tabela (apenas com galáxias) com o SIMBAD. Fazendo o mesmo procedimento, descrito no paragrafo anterior, selecionando apenas as colunas de interesse (Flux\_B e Z\_VALUE) e as renomeando, organizando a ordem das colunas em *Display table cell data* e também selecionando as 400 primeiras galáxias nesta mesma janela, foi obtido a tabela solicitada no enunciado.

Como a coluna dos nomes das galáxias estavam sem o “NGC”, apenas com os números, fiz o seguinte código em python para corrigir:

```
#Bibliotecas
import pandas as pd
#Organizando o nome das galáxias
tabela=pd.read_csv('Tabela_1.csv', sep=',',skiprows=0)
ngc000="NGC 000"
ngc00="NGC 00"
ngc0="NGC 0"
for i in range(len(tabela['Nome'])):
    if tabela['Nome'][i]<10:
        tabela['Nome'][i]=ngc000+str(tabela['Nome'][i])
    elif tabela['Nome'][i]<100 and tabela['Nome'][i]>9:
        tabela['Nome'][i]=ngc00+str(tabela['Nome'][i])
    elif tabela['Nome'][i]>99:
        tabela['Nome'][i]=ngc0+str(tabela['Nome'][i])
tabela.to_csv("tabela1_nova.csv",sep="," ,decimal=".",index=False)
```

### Links:

<sup>1</sup> Tabela VizierR

(II) Como os dados da tabela escolhida são muito antigos (p.ex., as coordenadas são menos precisas do que as vistas nas referências mais atuais), é provável que ao cruzar os dados com o SIMBAD algumas galáxias podem ter sido perdidas. Outro fator que deve ser considerado é que o SIMBAD utiliza dados de diferentes referências, ou seja, os dados

(*redshift* e magnitude) coletados não estão muito “padronizados”.

(III) As galáxias que não possuem *redshift* calculado são: NGC 0164, NGC 0258, NGC 0331, NGC 0333, NGC 0341 e NGC 0464. Já que o SIMBAD reúne dados de diferentes referências, é provável que não tenha em algum outro lugar tal informação. Dando uma olhada no NED, as únicas exceções foram NGC 0341 e NGC 0331 ( $z=0.01519$  e  $z=0.02381$ , respectivamente). A maioria destas galáxias possuem poucas informações de modo geral.

2. O JPL/NASA tem um site onde é possível fazer uma procura usando diversos filtros da base de dados de “pequenos corpos” do Sistema Solar (isto é, excluindo o Sol, os Planetas e seus satélites): [https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb\\_query.cgi](https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi). Sugiro que você use o TOP-CAT, mas se quiser usar outras ferramentas não há problema.

(I) Usando o site acima, obtenha uma lista de todos os corpos ligados do Sistema Solar (excentricidade  $< 1$ ), e com magnitude absoluta na banda H menor ou igual a 14. Sabendo que o tamanho é geralmente proporcional à magnitude absoluta na banda H, quais são os 10 maiores objetos da sua tabela?

(II) Muitos corpos têm medida de diâmetro, mas nem todos. Faça um histograma dos diâmetros e coloque os eixos em escala logarítmica. Você deve ver que o número de objetos cai com diâmetro como uma lei de potência em um certo intervalo. Que intervalo de diâmetro é este (por exemplo, entre 50 e 100 km?).

(III) Para testar a hipótese de que o diâmetro de um corpo é proporcional à magnitude H, faça um gráfico do diâmetro em função de H. O que você observa e conclui com este gráfico?

(IV) Faça um gráfico da inclinação,  $i$ , em função do semi-eixo maior  $a$ , limitando o semi-eixo maior entre 1 e 6 U.A (use `Axis=>Range` para limitar o semi-eixo maior). Próximo de  $a \approx 4$  A.U. você deve ver uma concentração de pontos. Selecione-as e crie um subset. Compare o diâmetro em função de H para este subset com o conjunto total. O que você nota? Dica: repare que a seleção do subset foi puramente dinâmico ( $a$  e  $i$ ), enquanto que o gráfico diâmetro  $\times$  H se refere a uma propriedade física do corpo.

### Resposta:

(I) Quanto menor a magnitude de um objeto mais brilhante ele é, logo um objeto maior deve ter uma magnitude menor. No próprio site do JPL/NASA selecionei para organizar a tabela em ordem crescente da magnitude absoluta H. A tabela gerada continha dados

da identificação do objeto, nome definido pela IAU, magnitude absoluta  $H$ , diâmetro e excentricidade.

Tabela I: Lista dos 10 maiores objetos encontrados.

id	Nome (IAU)	$H$ (mag)	$e$
a0136199	Eris	-1.1	0.4360526236027747
a0134340	Pluto	-0.4	0.250248713478499
a0136472	Makemake	-0.1	0.161258963185402
a0136108	Haumea	0.2	0.1948913893954612
a0090377	Sedna	1.3	0.8425873886655758
a0225088	Gonggong	1.6	0.5004814860780427
a0090482	Orcus	2.2	0.2270111810793578
a0050000	Quaoar	2.4	0.04105527347535603
a0000004	Vesta	3.0	0.08872145978916499
a0532037	-	3.2	0.3991437579775548

(II) Aproximadamente, o intervalo onde isto ocorre é entre 29 – 500 km.

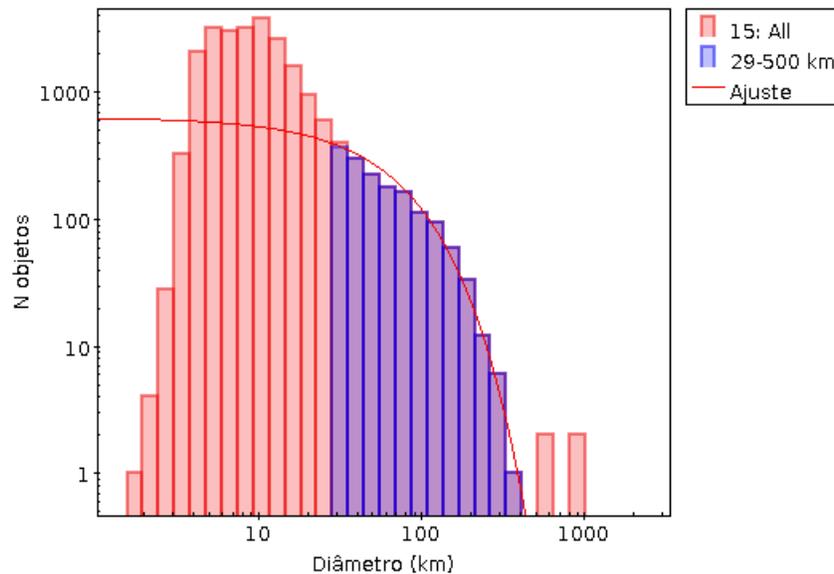


Figura 1: Histograma dos diâmetros disponíveis. Em roxo estão marcados o intervalo onde o número de objeto cai com o diâmetro com uma lei de potência.

(III) O gráfico da Fig. 2 mostra que o diâmetro do objeto cai com o aumento da

magnitude absoluta  $H$ , confirmando que o objeto com menor magnitude (mais brilhante) possui maior diâmetro. Como não há dados do diâmetro de todos os objetos, fica parecendo que há duas tendências diferentes no intervalo  $0 - 8$  mag. Se tivesse todos os dados, estes estariam preenchendo a região delimitada pelas duas curvas do gráfico.

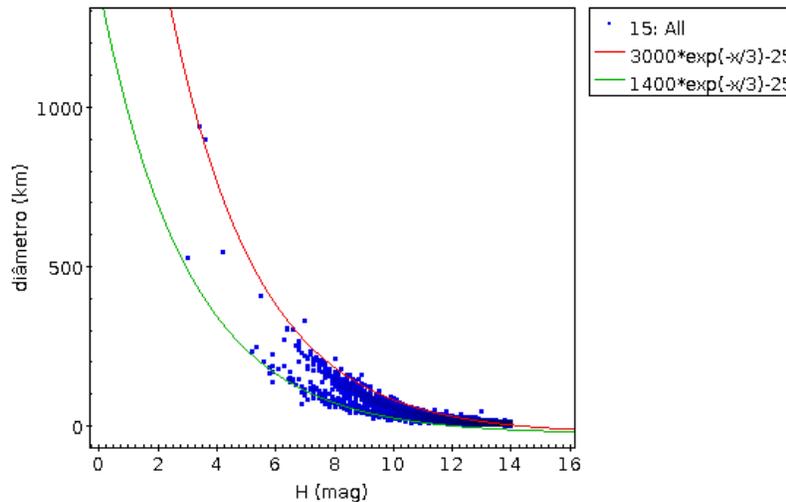


Figura 2: Gráfico do diâmetro em função da magnitude absoluta  $H$ .

(IV) A distribuição de pontos dos objetos com  $a \approx 4$  U.A. é mais achatada (por causa do valor do semi-eixo maior próximo) e o objeto com o maior diâmetro é relativamente pequeno. Talvez estes objetos tratam-se dos asteroides da família Hilda.

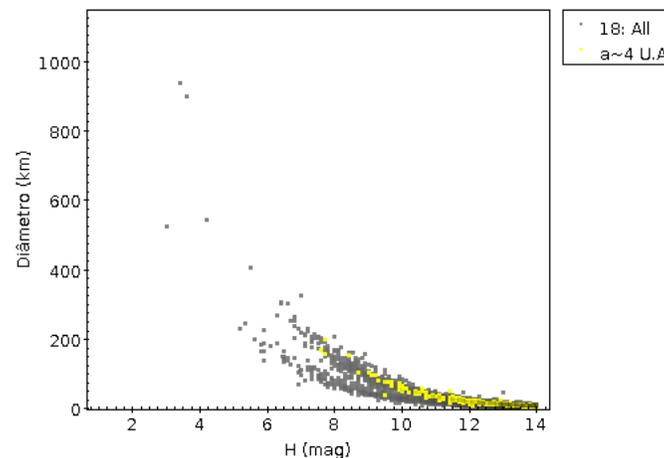


Figura 3: Gráfico do diâmetro em função da magnitude absoluta  $H$  do conjunto total e do conjunto contendo apenas objetos com  $a \approx 4$  U.A.

3. (I) Usando dados do GAIA-DR2, determine a distância do aglomerado das Plêia-

des em parsec e faça um gráfico do diagrama cor–magnitude (diagrama HR observacional) usando as bandas fotométricas  $g$  e  $bp$ . As Plêiades ocupam uma área relativamente grande no céu: você pode adotar um raio de 3 graus.

(II) Selecione as 10 estrelas mais brilhantes das Plêiades e faça um gráfico  $RA \times Dec$  identificando o nome das estrelas. Você pode colocá-las com um símbolo mais escuro sobre o subset com as outras estrelas das Plêiades (com cor mais fraca).

Dicas: (A) Você pode usar o TOPCAT diretamente ou baixar os dados do arquivo do GAIA e depois abri-lo no TOPCAT. (B) Você vai precisar selecionar as estrelas do aglomerado, pois haverá muitos objetos na frente e atrás (*fore/background*); quanto melhor for a seleção, melhor será a determinação da distância e do diagrama cor–magnitude.

### Resposta:

(I) A busca pelas estrelas do aglomerado das Plêiades foi feita pelo site do GAIA. O critério de busca definido foi de  $6 \leq \textit{paralaxe} \leq 12$ , para que objetos indesejados não pertencentes ao aglomerado não fossem selecionados. Os dados baixados foram: *source\_id*, *ra*, *dec*, *parallax* e as bandas fotométricas  $g$  e  $bp$ . A busca resultou num total de 2000 objetos.

Para determinar a distância do aglomerado fiz um histograma das paralaxes das estrelas, ajustando uma gaussiana obtive que a paralaxe média do aglomerado é de 7.3373585 *mas* ou 0.0073373585''.

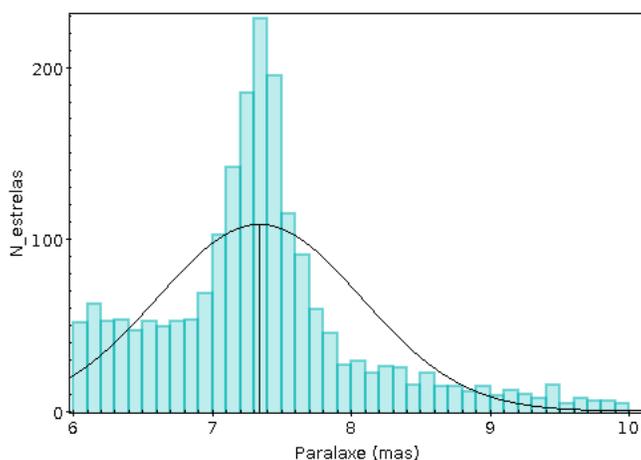


Figura 4: Distribuição das paralaxes das estrelas do aglomerado das Plêiades.

Logo a distância do aglomerado é de aproximadamente:

$$d(\text{pc}) = \frac{1}{p''} \approx 136.3 \text{ pc.}$$

O diagrama cor-magnitude (utilizando a magnitude absoluta na banda g):

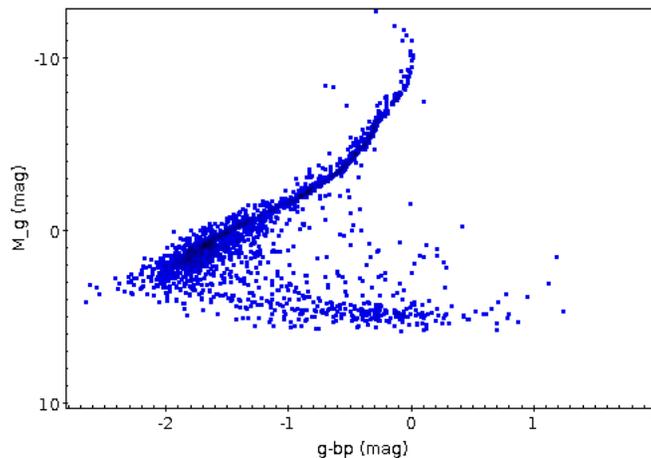


Figura 5: Diagrama cor-magnitude do aglomerado das Plêiades.

(II) Organizando a tabela colocando a magnitude na banda g na ordem crescente obtive as 10 estrelas mais brilhantes. Os nomes comuns foram confirmados no SIMBAD utilizando a *source id* do Gaia na busca.

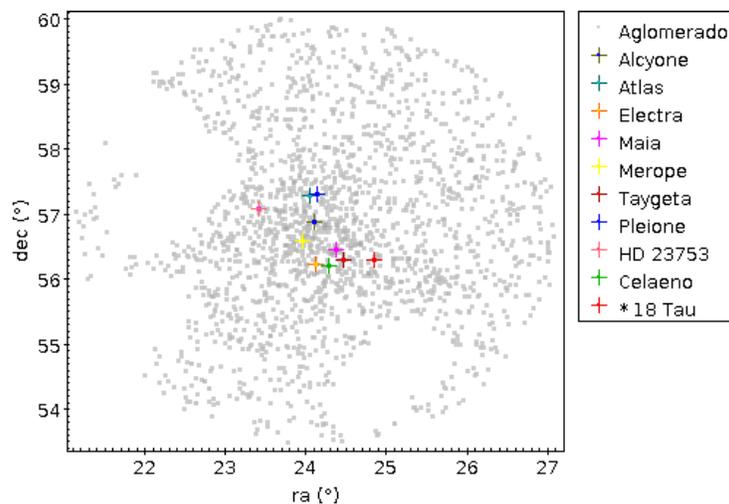


Figura 6: Aglomerado das Plêiades e suas 10 estrelas mais brilhantes.

4. Determine o *redshift* do aglomerado de galáxias Abell 25. Etapas sugeridas:

(A) Procure as coordenadas do aglomerado e busque pelo dados no SDSS; você vai precisar das magnitudes *gri* e seria conveniente já baixar as cores  $g - r$  e  $r - i$ . Você também vai querer os *redshifts* disponíveis, porém você vai querer usar uma amostra fotométrica, mesmo que as galáxias não tenham *redshift* medido. Baixe todos os dados necessários dentro de um

raio de 15'.

**(B)** Selecione as galáxias membro usando diagrama cor–magnitude e identificando a “sequência vermelha” (...)

Idealmente, usamos dois diagramas combinando as bandas *gri*, isto é selecionamos em  $(r - i) \times i$  e depois selecionamos novamente em  $(g - r) \times r$ .

**(C)** Feita a seleção por cor, faça agora um gráfico de  $RA \times redshift$ . Você deve notar uma linha horizontal (use o zoom se necessário). Ignore as galáxias com *redshift* zero (significa que não há medidas para estas galáxias). Selecione as galáxias nesta linha de *redshift*.

**(D)** Faça um histograma dos *redshifts* selecionados. Um pico deve aparecer bem claro. Faça um zoom de forma que apenas o pico esteja visível no gráfico e use a opção “*Subset from visible*”

**(E)** Com esta seleção final (se tudo correu bem você deve ter umas 50 galáxias), determine o redshift médio e o desvio padrão. Mostre o ajuste de uma gaussiana para convencer que a determinação do *redshift* é boa.

**(F)** Finalmente, compare seu resultado com o valor do NED ou Simbad. O que você acha disto?

### Resposta:

As coordenadas de Abell 25 encontradas no NED foram: (5.765543, -0.156188). A query utilizada no *CasJobs* do SDSS para fazer a busca dos objetos dentro do raio de 15' a partir do centro do aglomerado:

```
01 | SELECT p.objID, cast(str(p.ra,13,8) as float) as ra, cast(str(p.[dec],13,8)
    | as float) as dec, p.r, p.g, p.i, (p.g-p.r) as g_r, (p.r-p.i) as r_i, ISNULL(s
    | .z,0) as redshift
02 | INTO Questão4_P1
03 | FROM ..PhotoObj AS p LEFT OUTER JOIN ..SpecObj s ON p.objID = s.bestObjID
04 | JOIN dbo.fGetNearbyObjEq(5.765543, -0.156188, 15) AS b ON b.objID = P.objID
05 | WHERE
06 |     p.type = 3 -- Apenas galáxias
07 | ORDER BY p.objid
```

A busca retornou 4627 objetos. Na Fig. 7 estão os diagramas cor-magnitude  $(r - i) \times i$

e  $(g - r) \times r$  (este feito com todos os dados da amostra, só para comparar).

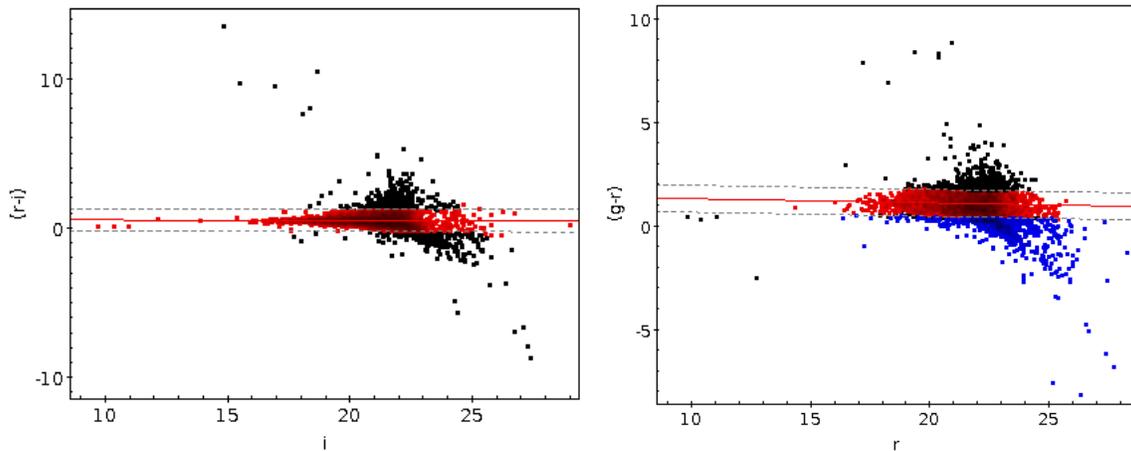


Figura 7: À esquerda: diagrama cor-magnitude  $(r - i) \times i$ . À direita: diagrama cor-magnitude  $(g - r) \times r$ , onde os pontos pretos, vermelhos e azuis são respectivamente as galáxias de *background*, vermelhas e azuis.

Com os dados selecionados (em vermelho) no diagrama  $(r - i) \times i$  refiz o gráfico  $(g - r) \times r$  com o *subset* criado (Fig. 8).

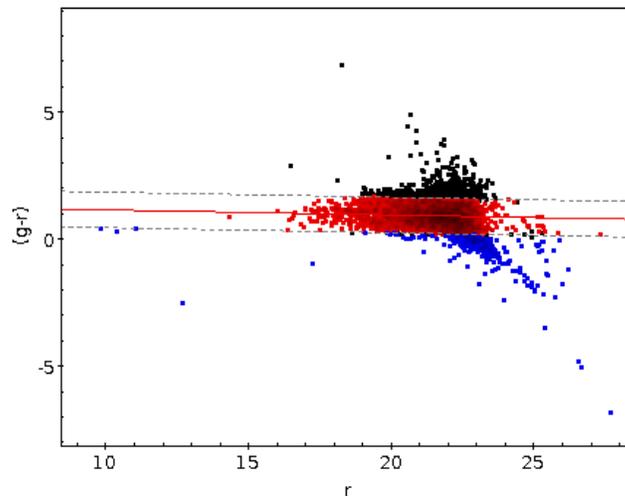


Figura 8: Diagrama cor-magnitude  $(g - r) \times r$ , onde os pontos pretos, vermelhos e azuis são respectivamente as galáxias de *background*, vermelhas e azuis.

Criei um novo *subset* para as galáxias vermelhas do aglomerado, selecionadas a partir da sequência vermelha (Fig. 8). A partir disto, fiz o gráfico da ascensão reta e função do *redshift* (Fig. 9) onde selecionei os pontos contidos na região próxima de uma linha

horizontal, ignorando a linha da região de  $z = 0$ , para selecionar as galáxias que realmente estão no aglomerado.

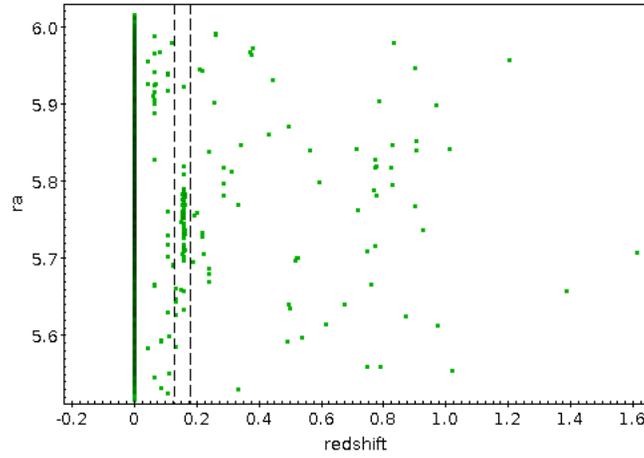


Figura 9: Gráfico da ascensão reta e função do *redshift*. A linha forte em  $z = 0$  representa galáxias que não possuem medidas de *redshift*.

Com os dados das possíveis galáxias membro do aglomerado fiz o histograma dos *redshifts*. Como existem alguns *outliers*, criei um novo *subset* a partir do maior pico do histograma com “*Subset from visible*”. Agora a conjunto de dados criado contém 55 galáxias.

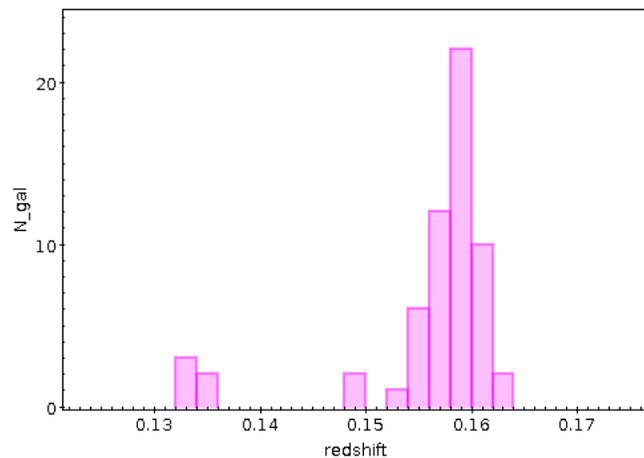


Figura 10: Histograma dos *redshifts* dos possíveis membros do aglomerado.

Ajustando uma gaussiana no novo histograma (Fig. 11), consegui obter que *redshift* médio do aglomerado é de  $z = 0.158 \pm 0.003$ . O *redshift* disponível no NED é de  $z = 0.140557$ , o site possui uma única referência da medida. Esta referência é de um artigo de 2002, como

os dados utilizados (do SDSS) são mais antigos isso pode explicar a pequena discrepância com o meu resultado.

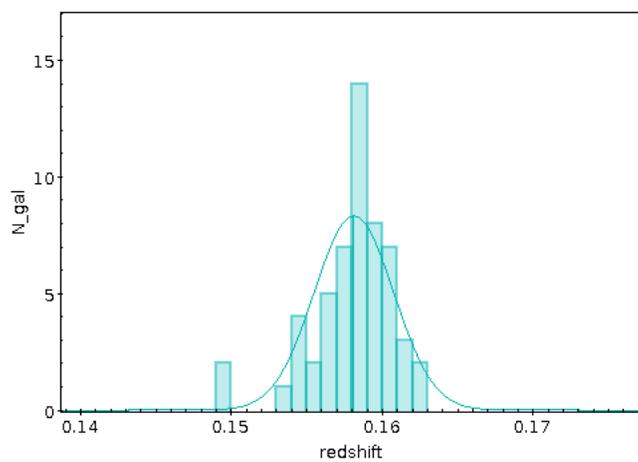


Figura 11: Novo histograma dos *redshifts* dos membros do aglomerado Abell 25.