



O Universo

Prática Laboratorial

Laurindo Sobrinho
Pedro Augusto
2009/2010

Índice.....	3
1 Galáxias e o Galaxy Zoo 2.....	5
1.1 - A Nossa Galáxia.....	5
1.2 Outras galáxias.....	11
1.3 O galaxy Zoo 2.....	12
1.4 Visitar o Galaxy Zoo 2.....	14
2 Explorando o Tutorial - Parte I.....	15
2.1 Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?.....	16
2.2 How rounded is it?	20
2.3 Could this be a disk viewed edge-on?.....	21
3 Explorando o Tutorial - Parte II.....	23
3.1 Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?.....	23
3.2 Is there any sign of a spiral pattern?.....	25
3.3 How tightly wound do the spiral arms appear?.....	27
3.4 How many spiral arms are there?.....	28
3.5 Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?.....	31
3.6 How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?.....	32
3.7 Is there anything odd?.....	34
4 Relatório de progresso	35
4.1 Revisão da Literatura.....	35
4.2 Estrutura do trabalho.....	37
4.3 Como entregar o trabalho.....	38
4.4 Como referenciar.....	39
5 Explorando o Tutorial - Parte III.....	40
5.1 Is there anything odd?.....	40
5.2 Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?.....	40
5.3 Galaxy Wars.....	44
5.4 O que é aquela coisa verde?.....	45
6 Relatório final.....	46

A	Fichas de trabalho.....	49
	Ficha 1.....	51
	Ficha 2.....	52
	Ficha 3.....	53
	Ficha 4.....	54
	Ficha 5.....	55
	Ficha 6.....	56
	Ficha 7.....	57
	Ficha 8.....	58
	Ficha 9.....	59
	Ficha 10.....	60
	Ficha 11.....	61
	Ficha 12.....	62
	Ficha 13.....	63
	Ficha 14.....	64
	Ficha 15.....	65
	Ficha 16.....	66
B	Prática Laboratorial - Parte I (Relatório de Progresso).....	67
	Recolha de informação geral sobre galáxias e sobre o projecto Galaxy Zoo.....	69
C	Prática Laboratorial - Parte II (Relatório final).....	71
	Classificação de galáxias no projecto Galaxy Zoo.....	73
D	Classificação de 200 galáxias no Galaxy Zoo.....	75
	Tabela.....	77

1 Galáxias e o Galaxy Zoo 2

Nas aulas de Prática Laboratorial de “O Universo” (2009/2010) vamos participar no projecto Galaxy Zoo 2. Neste os utilizadores são convidados a ajudar na classificação de galáxias. Aqui surge logo uma primeira questão: **o que é uma galáxia?** O conceito de galáxia será desenvolvido mais para a frente nas aulas teóricas. Aqui vamos procurar responder a esta questão de uma forma superficial de modo a podermos avançar com o trabalho proposto (para muitos dos alunos este é um primeiro contacto com a Astronomia). O tema será também desenvolvido no trabalho de pesquisa que cada aluno ou grupo de alunos terá de realizar na primeira parte da avaliação da componente laboratorial da cadeira [Secção 4].

1.1 A Nossa Galáxia

Provavelmente já todos ouviram a palavra *galáxia* no contexto da Astronomia ou noutro. Coloca-se então uma primeira série de questões para discussão:

- 1) Alguém sabe explicar o que é uma galáxia?
- 2) Sabem o nome de alguma galáxia?
- 3) Já viram alguma galáxia no todo ou em parte?

A resposta à última questão é certamente: SIM! A razão é muito simples: nós estamos (vivemos) numa galáxia chamada Via Láctea, Nossa Galáxia ou simplesmente Galáxia. Quase tudo o que vemos à nossa volta faz parte da Nossa Galáxia. Para dar uma ideia da dimensão e estrutura da Nossa Galáxia vamos fazer uma viagem começando pelo Sistema Solar.

O Sol é apenas uma das muitas estrelas que fazem parte da Nossa Galáxia. À volta do Sol orbitam oito planetas principais (Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano

e Neptuno) [Figura 1], alguns planetas anões (Ceres, Plutão, Makemake, Haumea e Éris) para além de milhares de asteróides e cometas.

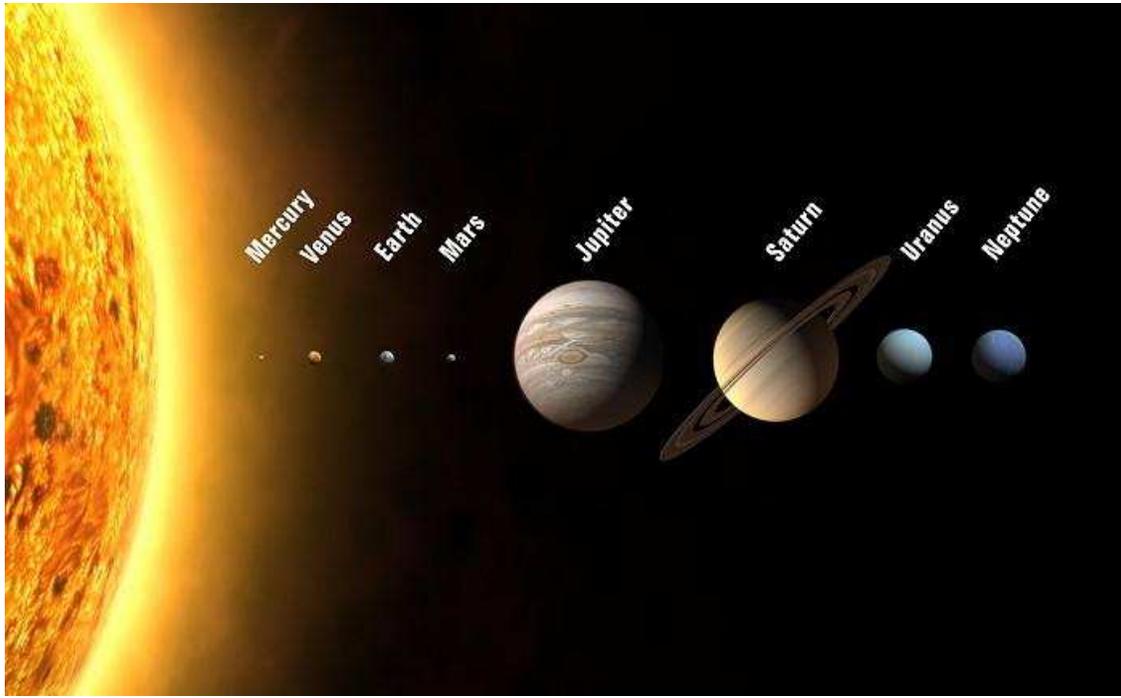


Figura 1: O Sistema Solar com os seus oito planetas principais. Tanto o Sol como os planetas estão representados à mesma escala. As distâncias entre eles estão representadas noutra escala [União Astronómica Internacional].

As ondas electromagnéticas (luz visível, ondas de rádio, infravermelhos, ultravioletas, raios X, raios gama) viajam no vácuo à velocidade da luz ($c \approx 300\,000\text{ km/s}$ no vácuo). Assim a luz que nos chega do Sol dá-nos uma imagem de como o Sol era cerca de 7 minutos antes uma vez que o Sol dista da Terra cerca de 150 milhões de km.

A Lua está muito mais perto do que o Sol. A luz leva cerca de 1s para viajar entre a Lua e a Terra. Isto aplica-se não apenas à luz visível mas também às ondas de rádio e a todo o tipo de radiação electromagnética. Numa missão do Homem à Lua as comunicações são, assim, retardadas em cerca de 2s (um segundo para cima e outro para baixo).

Neste momento vai uma nave em direcção a Plutão. É a *New Horizons* que partiu da Terra em 2006 e irá passar por Plutão em 2015. A luz leva cerca de cinco horas e meia a

chegar de Plutão à Terra (dizemos que Plutão está a cerca de 5.5h luz da Terra) pelo que as primeiras imagens de Plutão obtidas pela *New Horizons* chegarão apenas 5.5h depois de serem enviadas!

Vamos agora, saindo do Sistema Solar, saltar para a estrela que se encontra mais próxima do Sol. Esta chama-se *Próxima Centauri* (só visível do Hemisfério Sul) e a sua distância ao Sol é de aproximadamente 39 900 000 000 000 km [ver Figura 2]. Vamos comparar este valor com a distância média de Plutão ao Sol (5 900 000 000 km). Verifica-se que Próxima Centauri está cerca de 6700 vezes mais longe. Recordando que a luz demora cerca de 5h a percorrer a distância entre o Sol e Plutão concluímos que são necessárias $6700 \times 5.5h = 36850h$ para que um raio de luz percorra a distância entre o Sol e Próxima Centauri. Este valor corresponde aproximadamente a 4.2 anos. Dizemos então que a distância para Próxima Centauri é de 4.2 anos-luz. Uma comunicação rádio com uma hipotética civilização residente naquelas paragens sofreria atrasos de cerca de 8.5 anos entre cada pergunta e resposta!

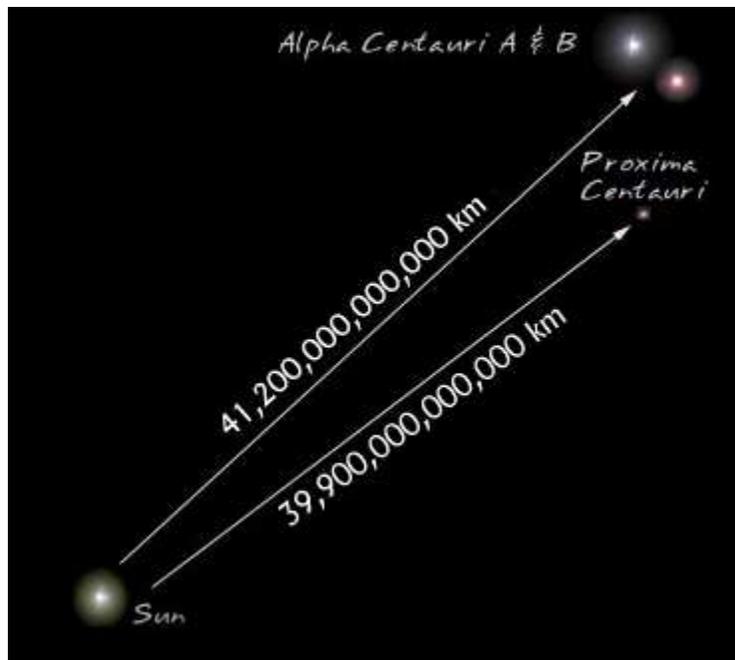


Figura 2: Alfa Centauri é o sistema estelar que fica mais próximo do Sol. O sistema é formado por 3 estrelas: alfa Centauri A, alfa Centauri B e Próxima Centauri (a estrela que está mais próxima do Sol) [<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cosmic>].

Mas aqui estamos a falar apenas da vizinha mais próxima do Sol. Quer isto dizer que todas as outras estrelas que observamos no céu estão mais longe. Por exemplo *Sírius* (a estrela mais brilhante no céu nocturno) está a mais de 8 anos-luz e *Vega* (a mais brilhante nas noites de Verão) está a cerca de 26 anos-luz. A olho nu conseguimos ver próximo de 6000 estrelas cujas distâncias variam entre a dezena e algumas centenas de anos-luz. Utilizando um telescópio (não necessariamente um grande telescópio) este número aumenta exponencialmente para centenas de milhares ou mesmo para a ordem dos milhões.

Todas estas estrelas fazem parte da Nossa Galáxia. Estima-se que nela existam 200 000 milhões de estrelas. Este conjunto forma uma espécie de disco que se estende por mais de 100 000 anos-luz. Quer isto dizer que para que um raio de luz atravessasse o disco da Nossa Galáxia na sua extensão máxima teria de viajar durante cerca de 100 000 anos.

Como é que as 200 000 milhões de estrelas estão dispersas pelo disco? Existe uma região central chamada **núcleo** onde há uma maior concentração de estrelas. Do núcleo saem duas **barras** (descobertas ainda não há muitos anos) e um conjunto de **braços em espiral**. Este assunto será desenvolvido em maior detalhe nas aulas teóricas. O que importa nesta fase é que já temos uma ideia geral do que pode ser uma galáxia.

Na Figura 3 está representado o aspecto que teria a Nossa Galáxia vista de fora (de cima e de lado). Na imagem está também indicada a posição do Sol na Galáxia. O Sol fica perto de um dos braços a cerca de 25000 anos-luz do centro. Naturalmente que estas imagens não são fotos reais mas sim representações. Para tirar uma foto destas seria necessário sair da Galáxia para a ver de fora (ou seja, seria necessário viajar alguns milhares de anos luz).

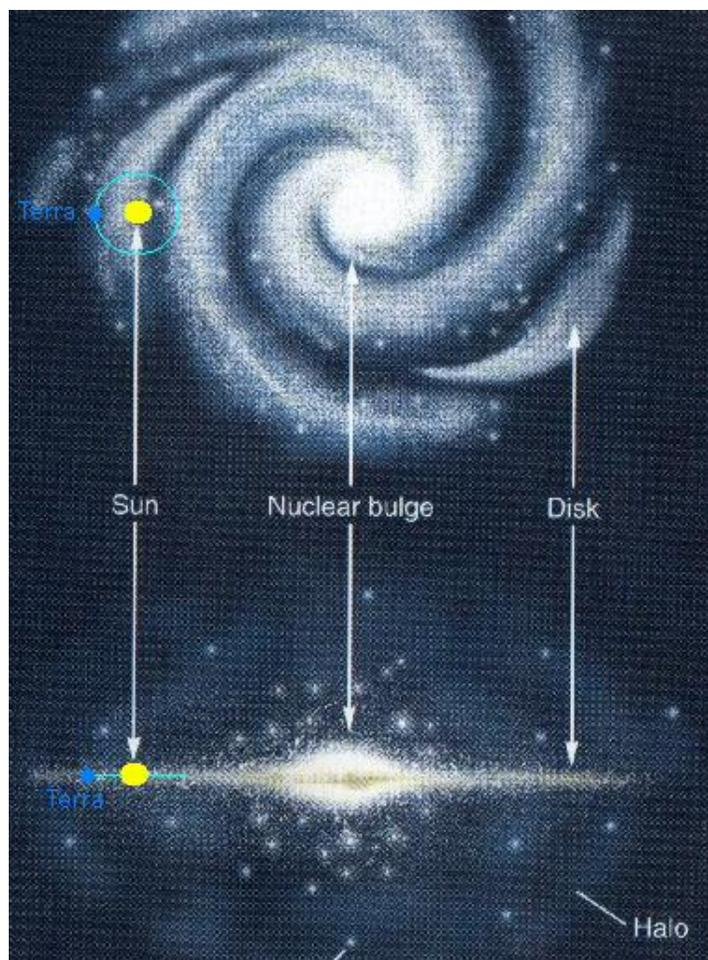


Figura 3: Imagem artística mostrando a Nossa Galáxia vista de cima e vista de lado. Foi representada a posição do Sol na galáxia e, de forma muito exagerada, a órbita da Terra em torno do Sol. Esta representação refere-se à época de inverno em cujas noites se pode observar a parte mais exterior da Nossa Galáxia. Seis meses depois é verão com a Terra no lado oposto ao da figura possibilitando a observação da parte mais interior do disco da Nossa Galáxia.

[adaptado de <http://casswww.ucsd.edu/public/tutorial/MW.html>]

Mas então se estamos mergulhados numa galáxia devemos de alguma forma ter a percepção disso. Mas como? Nas noites de Inverno estamos virados para o lado de fora da Galáxia. Há muito coisa para ver (o Sol está mais ou menos a meio caminho entre o centro e a extremidade do disco). Nas noites de Verão estamos voltados para a região central da Galáxia pelo que existem ainda muitas mais estrelas. De facto a grande concentração de estrelas distantes forma no céu uma espécie de nuvem que rasga o firmamento de lado a lado (é bem visível fora das cidades nas noites de Verão) [ver

Figura 4]. Na antiguidade não se tinha forma de saber qual era a natureza desta nuvem. Dos vários nomes atribuídos pelos povos a essa nebulosidade o que ficou foi o de Via Láctea (dado a nuvem fazer lembrar leite). Foi Galileu Galilei a primeira pessoa que ao apontar um telescópio para esta região do céu (em 1609) verificou que aquilo afinal eram muitos pontinhos juntos!



Figura 4: Se o céu estiver limpo e não existir poluição luminosa é possível ver, mesmo a olho nu, (nas noites de Verão), uma espécie de nuvem que rasga o céu de uma extremidade à outra. O que estamos a ver é de facto parte do disco da Nossa Galáxia no qual estamos inseridos. Foi com base no aspeto deste cenário que nasceu a designação de Via Láctea.

1.2 Outras galáxias

Hoje sabemos que a Nossa Galáxia não é a única que existe no Universo. Contudo há cerca de 100 anos decorria um grande debate acerca deste assunto. No céu noturno observam-se além de estrelas e outros objectos as chamadas *nebulosas*. Estas são em geral nuvens de gás e poeiras de forma mais ou menos irregular. Observavam-se, no entanto, algumas nebulosas com formas e simetrias mais interessantes que não se sabia explicar exactamente o que eram. Julgava-se que todas estas nebulosas pertenciam à Nossa Galáxia (e que estavam confinadas a uma região com cerca de 100 000 anos-luz de extensão).

Acontece que quando foi possível observar algumas dessas nebulosas especiais com equipamentos mais avançados notou-se que elas não eram verdadeiramente nebulosas (núvens de gás) mas sim grandes concentrações de estrelas. É o que acontecia, por exemplo, com M31 a chamada "grande nebulosa de Andromeda". Assim que foi possível determinar a distância às estrelas de M31 verificou-se que elas estavam muito mais distantes do que 100 000 anos-luz (neste caso cerca de 2.5 milhões de anos-luz) e, portanto, eram externas à Nossa Galáxia. Começou então a perceber-se e aceitar que aquele objecto não era uma simples nebulosa mas sim uma Galáxia semelhante à nossa (no caso de M31) com mais de 200 000 milhões de estrelas [Figura 5].

A Galáxia de *Andromeda*, como agora é designada, é o objecto mais distante que se consegue ver ainda a olho nú. Vemos como uma pequena mancha (correspondente a região central de Andromeda). Se estivéssemos lá veríamos a Nossa Galáxia de forma muito semelhante (uma pequena mancha resultante do brilho conjunto de 200 000 milhões de estrelas situadas a 2.5 milhões de anos-luz de distância).

Agora já sabemos que existem pelo menos duas galáxias: a Via Láctea onde estamos e Andromeda. Mas existem muitas mais. Só aqui nos arredores da Nossa Galáxia são cerca de 100. Para além de Andromeda são visíveis a olho nú, mas apenas de latitudes mais a

Sul, a Grande Nuvem de Magalhães e a Pequena Nuvem de Magalhães (duas pequenas galáxias satélites da Nossa Galáxia).



Figura 5: A galáxia de Andromeda [<http://apod.nasa.gov/apod/ap021021.html>]

Ao todo no Universo observável estima-se que existam pelo menos 100 000 000 000 (100 mil milhões) de galáxias. É estudando estas galáxias distantes no espaço e no tempo (e que se apresentam das mais variadas formas) que podemos aprender mais sobre a nossa própria galáxia e compreender melhor a formação e evolução do Universo. O que nos propomos na componente de Prática Laboratorial de “O Universo” é convidar os alunos a participarem de forma activa neste processo.

1.3 O galaxy Zoo 2

O que é o Galaxy Zoo 2? Como participar no projeto?



Os ficheiros do Galaxy Zoo 2 consistem em cerca de 250 000 fotos de galáxias diferentes. As fotos foram tiradas pelo telescópio robótico da Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Estas imagens foram feitas e guardadas de forma automática. A ideia agora é classificar morfologicamente (i.e., quanto às suas formas) cada uma das galáxias. Isto irá permitir conhecer melhor os processos de formação e evolução das galáxias e, de uma forma mais geral, do próprio Universo.

Acontece que para este tipo de classificação o cérebro humano é melhor do que o mais rápido dos computadores. Mas também acontece que todos os astrónomos do mundo juntos levariam várias dezenas de anos só para procederem à classificação. A solução passou então por pedir ajuda ao cidadão comum. Assim qualquer um de nós, com o computador ligado à internet, pode aceder ao site do Galaxy Zoo 2 e começar a classificar galáxias. Neste momento (outubro de 2009) já estão a participar mais de 150 000 pessoas.

Coloca-se então uma questão: mas então qualquer um pode participar substituindo um profissional sem dar asneira? Em muitos casos certamente que os resultados não serão os melhores. Acontece que não somos nós que escolhemos a galáxia que vamos classificar. É o sistema informático que nos dá automaticamente a galáxia a classificar, dando a mesma galáxia a dezenas ou mesmo centenas de outros utilizadores. Se estatisticamente a grande maioria optar pela mesma classificação então esta deve estar correcta. Se ainda não tiver sido atingida uma classificação estatisticamente satisfatória o sistema continua a enviar a mesma galáxia para classificação por outros participantes. Se, por exemplo, num dos vários itens da classificação existirem duas respostas possíveis dominantes então, se calhar, temos um caso especial que merece um estudo mais detalhado por especialistas.

Como já foi referido são cerca de 250 000 fotos de galáxias recolhidas de forma automática e pouco mais de 150 000 colaboradores. Isto significa que é muito provável que cada um de nós ao participar será provavelmente o primeiro ser humano a ver uma determinada galáxia. Se aparecer algum caso especial podemos mesmo ser oficialmente os descobridores ficando o nosso nome para sempre ligado a essa galáxia.

1.4 Visitar o Galaxy Zoo 2

Visitemos o site do Galaxy Zoo 2 : <http://www.galaxyzoo.org/>. Neste existem uma série de secções que devem ser exploradas:

- **The Story So Far** - fala sobre o que já foi feito até a data e os resultados obtidos;
- **The Science** - fala sobre os objectivos do presente estudo;
- **How To Take Part** - tutorial (**a explorar nas aulas**);
- **Classify Galaxies** - classificar galáxias (podemos classificar galáxias mesmo sem estarmos registados mas, nesse caso, o sistema não guarda o nosso trabalho);
- **Forum** - fórum de discussão dos utilizadores (pode ser interessante ler e/ou participar);
- **Zoo Media** - principais notícias relacionadas com o Galaxy Zoo;
- **Blog** - pode ter algumas contribuições interessantes das pessoas que participam no projecto;
- **FAQ** - ver questões que outros já colocaram (para ver se a resposta às nossas próprias questões já foi dada).

Para fazer o registo temos de indicar o nome de utilizador, o "Display Name" que será aquele que aparece no monitor quando estamos a trabalhar e o "Publishable Name" que será o nome que deve ser utilizado em artigos científicos ou conferências caso tenhamos descoberto algo importante (normalmente o último nome e as iniciais dos primeiros nomes). Para além disso é necessário indicar o endereço de email e uma password [Figura 6].

Ao seleccionar o link "Classify Galaxies" para além de entrarmos no ambiente de classificação de galáxias temos também acesso à lista de galáxias que já classificamos anteriormente (não temos é acesso à classificação que fizemos em cada caso). Se quisermos guardar essa informação será necessário anotar manualmente ou então gravar a própria página web.

The image shows a registration form titled "SIGN UP HERE" with a dark background. It contains the following fields: Username, Display Name, Publishable Name*, Email, Password, and Confirm Password. Each field has a white input box. Below the fields is a "Sign up" button. At the bottom, there is a small asterisked note: "* This will be used when we thank contributors, for example, in talks or on posters. If you don't want to be mentioned publicly, leave this blank."

Figura 6: Registo no Galaxy Zoo 2.

Nota: podemos gravar uma página em formato "Web page, complete" (a página gravada fica tal e qual como está) ou simplesmente "Web page, html only" (fica apenas em html standard). Em qualquer dos casos ficamos com um ficheiro htm e uma pasta com todos as imagens existentes na página. Para evitar todo este amontoado de ficheiros podemos optar pelo formato **mht**. Neste caso é gerado apenas um ficheiro onde ficam incluídos o texto e as imagens (não sendo gerados quaisquer outros ficheiros adicionais).

Exercícios:

- 1 - Registrar-se no Galaxy Zoo e fazer login (explorar o site).
- 2 - Gravar uma página web nos formatos htm e mht.
- 3 – Vamos trabalhar no Galaxy Zoo 2. Quer isto dizer que deve ter existido um Galaxy Zoo 1. Procurar informações sobre o projecto Galaxy Zoo 1.

2 - Explorando o Tutorial - Parte I

Aqui começamos a exploração do tutorial apresentado no site oficial do Galaxy Zoo 2 (opção "How to take part"). Vamos explorar cada uma das questões, analisar os exemplos dados e aplicar as mesmas questões a diversas galáxias cujas imagens serão apresentadas em fichas ao longo das aulas. Todos os grupos irão classificar as mesmas galáxias

seguindo-se depois a discussão sobre os resultados obtidos (em especial nos casos mais duvidosos). A ideia é que antes de começarem a classificar galáxias “a sério” os alunos tenham já alguma prática na matéria.

Nesta aula vamos explorar as três primeiras questões apresentadas no tutorial:

Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?

How rounded is it?

Could this be a disk viewed edge-on?

2.1 Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?

Questão: A galáxia é simplesmente suave e redonda, sem qualquer sinal da existência de um disco?

Para responder a esta questão (e a grande parte das outras) a ideia é concentrar-se na galáxia que está exactamente no centro da imagem (podem existir outras galáxias à volta). Para esta questão existem 3 respostas possíveis [Figura 7]:

Smooth - Se a galáxia tem uma forma suave podendo por vezes ficar mais brilhante à medida que nos aproximamos do centro.

Features or Disk - Se a galáxia apresenta mais do que uma forma suave. Se exhibe, por exemplo, um determinado padrão, uma barra, uma distorção ou qualquer outro detalhe que a afaste da classificação anterior. Algumas galáxias podem parecer como um disco achatado sem quaisquer pormenores especiais. Nesses casos devemos assinalar também esta opção.

Star or artifact - o objecto em questão não é, em princípio, uma galáxia. Pode ser, por exemplo, uma estrela, o rasto de um meteorito ou qualquer anomalia técnica gerada pelo equipamento. Muitas destas imagens “falsas” já foram retiradas utilizando software adequado. Subsistem, no entanto, algumas que requerem a intervenção humana para uma resposta definitiva. Se a opção selecionada for "Star ou artifact" então a classificação acaba já por aqui pois não estamos perante uma galáxia.



Smooth



Features or Disk



Star or artifact

Figura 7: As três opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 8] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação:

(a) **Smooth:** os pontos que vemos em torno da galáxia são, regra geral, estrelas pertencentes à Nossa Galáxia (ou outras galáxias distantes) e devem, por isso, ser ignorados. A ideia é concentrar-se na imagem central e o que vemos aí é uma galáxia com uma zona central mais luminosa e uma distribuição mais ou menos homogénea em torno do mesmo.

(b) **Features or Disk:** neste caso vislumbram-se, embora de forma ténue, pelo menos dois braços em espiral pelo que a galáxia não se pode classificar como Smooth.

(c) **Star or Artifact:** isto é claramente uma estrela. O centro excessivamente luminoso resulta da saturação da imagem. Outro indício disso é a cruz de difração perfeitamente visível. Embora exista uma mancha no lado direito da imagem que pode ser tomada como uma galáxia, o que importa é a imagem central e essa é uma estrela.

(d) **Features or Disk:** é claramente uma galáxia não Smooth. Basta olhar para os extremos onde parece existir alguma distorção (em especial no canto superior direito). Além disso parece ter um núcleo binário....

(e) **Features or Disk:** à primeira vista pode parecer Smooth. Vendo com atenção nota-se uma estrutura de braços em espiral (embora ténue e bastante apertada).

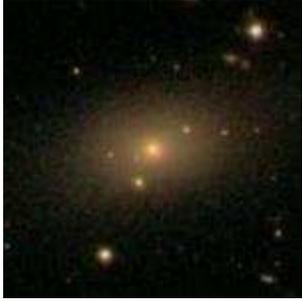
(f) **Features or Disk:** tendo em conta os exemplos anteriores a classificação aqui é evidente. Aqui existe ainda a particularidade de esta galáxia (centro) estar em interação com outra (à direita). Da interação resulta uma distorção o que faz com que não se possa classificar esta galáxia como Smooth.

(g) **Features or Disk:** vemos claramente dois braços em espiral nesta galáxia...

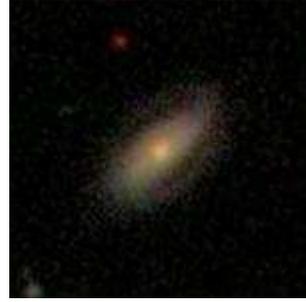
(h) **Smooth:** a classificação mais adequada neste caso será provavelmente o Smooth. No entanto, no lado inferior direito da imagem parece existir como que uma certa distorção....

(i) **Star or Artifact:** aqui não há dúvidas. Trata-se de uma estrela.

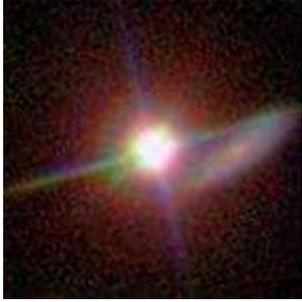
(j) **Smooth:** olhando para a galáxia central a classificação parece óbvia. Existe, no entanto, uma formação no lado direito que poderá ser uma galáxia mais distante ou mesmo em interação com a primeira...



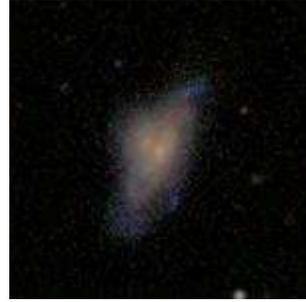
(a)



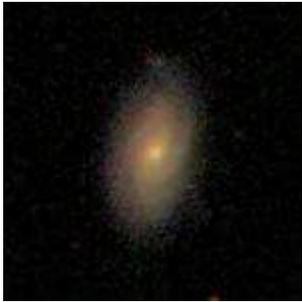
(b)



(c)



(d)



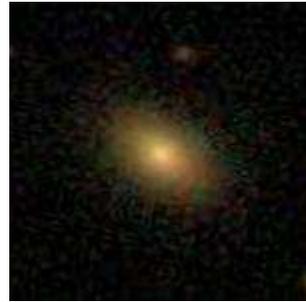
(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

Figura 8: Exemplo de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 7 (ver texto).

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 1 - Escolher entre Smooth, Features or Disk e Star or artifact.

Ficha 2 - Escolher entre Smooth, Features or Disk (casos mais complicados)

2.2 How rounded is it?

Questão: A galáxia tem forma redonda, forma de cigarro ou intermédia?

Esta questão surge quando acabamos de classificar uma galáxia como Smooth. Aqui só temos mesmo de dizer se a galáxia é perfeitamente redonda, se tem forma de cigarro (elipse bastante esticada) ou se tem uma forma entre as duas anteriores [Figura 9]



Completely round



In between



Cigar shaped

Figura 9: As três opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: How rounded is it?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 10] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

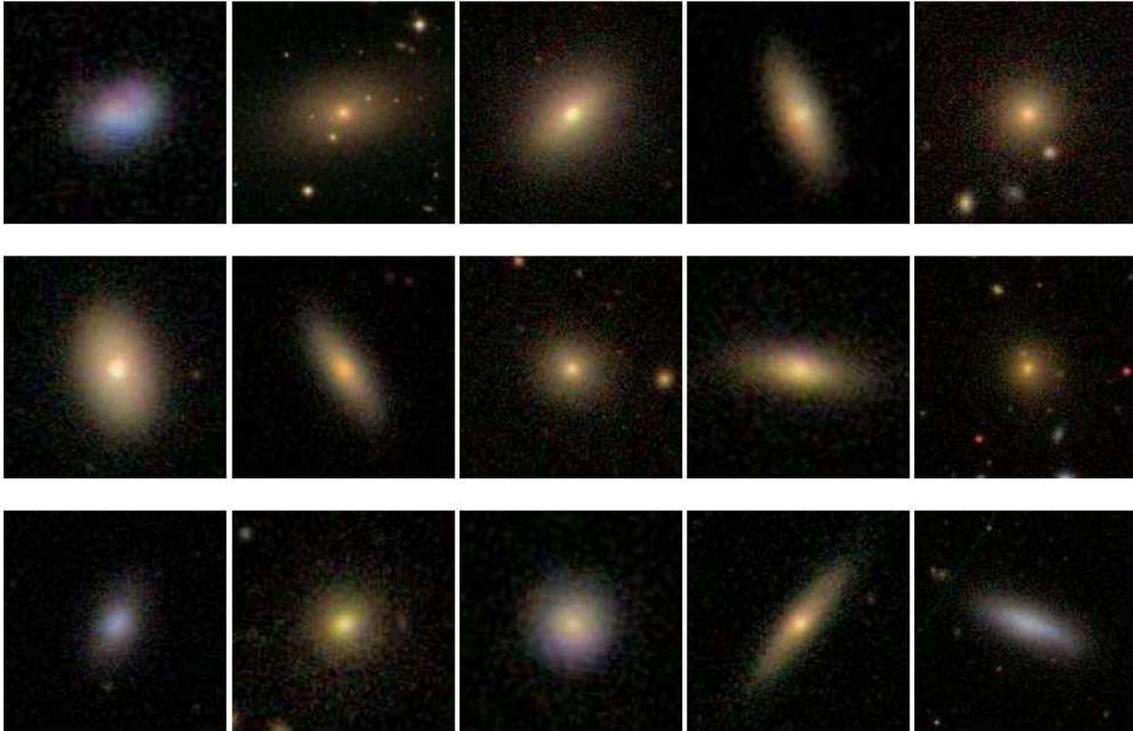


Figura 10: Exemplo de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 9. De acordo com o tutorial do Galaxy Zoo 2 temos:

Topo: In between, In between, In between, Cigar shaped, Completely round.

Meio: In between, Cigar shaped, Completely round, Cigar shaped, Completely round.

Base: In between, Completely round, Completely round, Cigar shaped, Cigar shaped.

Note-se que embora muitos casos, representados na Figura 10, sejam de classificação quase imediata noutros podemos ter alguma dúvida. Por exemplo a quarta galáxia do topo está classificada como “Cigar shaped” mas também poderia estar como “In between”. É daquelas situações em quem provavelmente metade dos participantes daria uma das respostas e a outra metade a outra resposta.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 3 - Escolher entre forma redonda, forma de cigarro ou intermédia.

2.3 Could this be a disk viewed edge-on?

Questão: Esta galáxia pode considerar-se um disco visto de frente ("edge-on")?

A forma como vemos uma galáxia depende da sua orientação em relação à nossa linha de visão. No caso de uma galáxia com simetria esférica isto poderá não ser muito relevante. O mesmo não acontece no caso de uma galáxia de disco. Se esta for vista perfeitamente de lado então tem a aparência de uma linha estreita (podendo apresentar um núcleo no centro). Aqui temos apenas duas hipóteses de resposta: sim ou não [Figura 11]. Se a galáxia não for muito estreita ou se conseguirmos ver braços espirais então a resposta é Não.



Figura 11: As duas opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Could this be a disk viewed edge-on?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 12] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

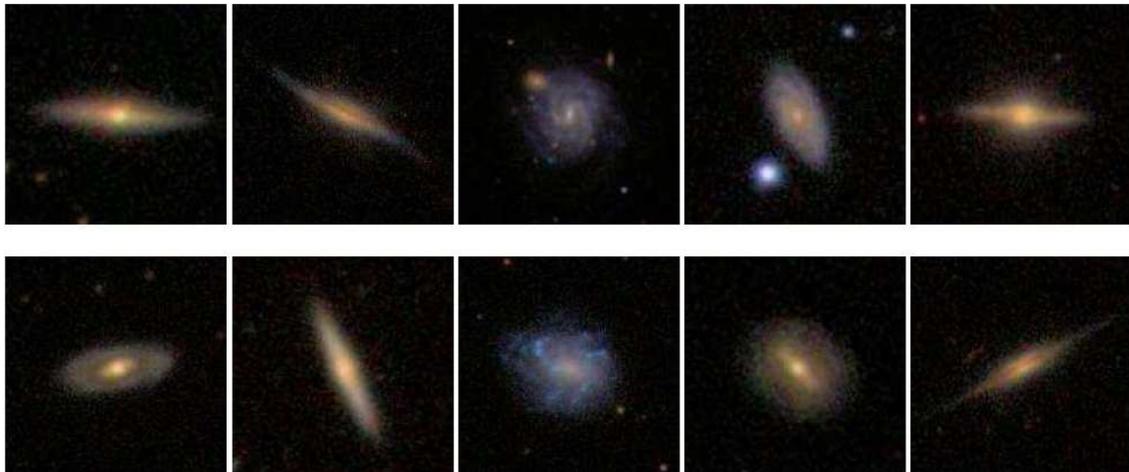


Figura 12: Exemplo de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 11. De acordo com o tutorial do Galaxy Zoo 2 temos: Topo (Sim, Sim, Não, Não, Sim) e na Base (Não, Sim, Não, Não, Sim)

Neste exemplo os casos em que a resposta é “não” são evidentes. Os casos em que a resposta é “sim” podem levantar algumas dúvidas. Por exemplo, a última galáxia da direita em cima [Figura 12], poderá não estar bem "edge-on".

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 4 - Identificar se uma galáxia é edge-on.

Ficha 5 - Identificar se uma galáxia é edge-on (casos mais complicados)

3 - Explorando o Tutorial - Parte II

Concluimos aqui a exploração do tutorial apresentado no site oficial do Galaxy Zoo 2 (opção “How to take part”) seguindo o mesmo procedimento da aula anterior. Nesta aula vamos explorar as questões:

Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?

Is there any sign of a spiral pattern?

How tightly wound do the spiral arms appear?

How many spiral arms are there?

Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?

How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?

Is there anything odd?

3.1 Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?

Questão: A galáxia apresenta uma protuberância no seu centro? Se sim, então qual a sua forma?

Em grande parte das galáxias existe uma protuberância na sua região central (ou seja, na sua região nuclear). Essa protuberância é particularmente visível se a galáxia estiver

"edge-on". Assim, passaremos por esta questão apenas se a resposta à questão anterior foi: sim (i.e. se a galáxia está "edge-on"). Existem três respostas possíveis [Figura 13]:

Rounded - se a zona nuclear da galáxia apresenta uma forma circular ou elíptica.

Boxy - se a zona nuclear da galáxia apresenta uma forma que se assemelhe mais a uma caixa com os bordos arredondados do que a uma elipse.

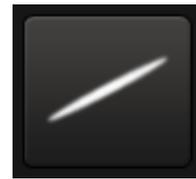
No bulge - se de facto não se observa nada de especial na zona central da galáxia.



Rounded



Boxy



No bulge

Figura 13: As três opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 14] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

Note-se que nalguns dos casos classificados como “Boxy” a escolha pode não ser fácil. Por, exemplo, logo na primeira imagem [Figura 14] podiam eventualmente escolher “Rounded”. Nas imagens 4 e 5 é sugerida a opção “No bulge”. No entanto se compararmos as duas imagens entre si poderíamos ser tentados a afirmar que na imagem 4 existe alguma coisa no centro ao contrário da imagem 5 onde, de facto, parece não existir nada.

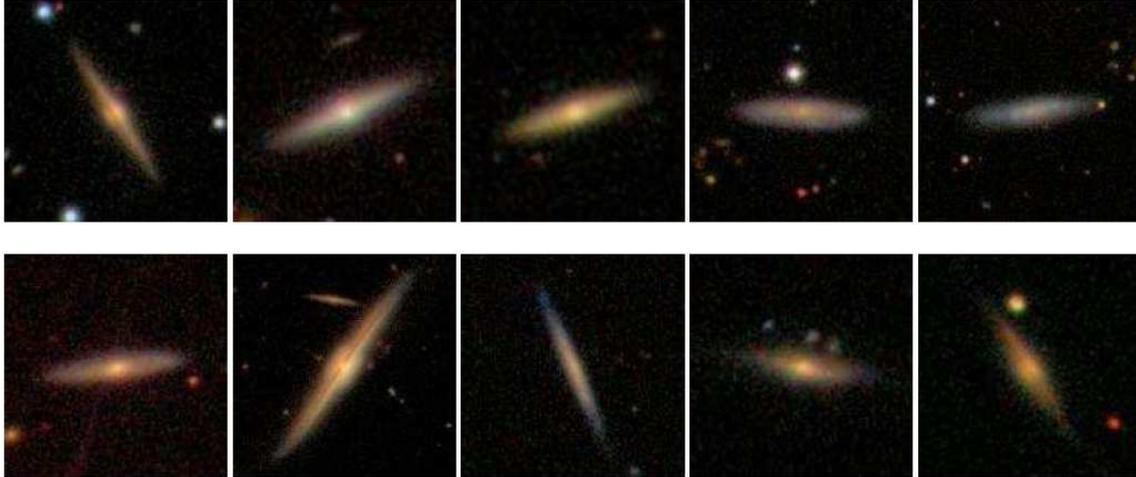


Figura 14: Exemplo de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 13. De acordo com o tutorial do Galaxy Zoo 2 temos: Topo (Boxy, Rounded, Rounded, No bulge, No bulge) e Base (Rounded, Boxy, No bulge, Rounded, Boxy).

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 6 - Identificar se o núcleo é redondo, tipo caixa ou se não tem núcleo.

3.2 Is there any sign of a spiral pattern?

Questão: Há algum sinal da existência de uma estrutura em espiral?

Esta é uma questão objectiva. O que se quer saber é se existe ou não uma estrutura espiral. Não importa aqui o número de braços nem se estes são muito ou pouco óbvios ou se são mais ou menos apertados. Portanto, só há duas respostas possíveis: “Spiral” ou “No Spiral” [Figura 15].



Spiral

No spiral

Figura 15: As duas opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Is there any sign of a spiral pattern?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 16] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

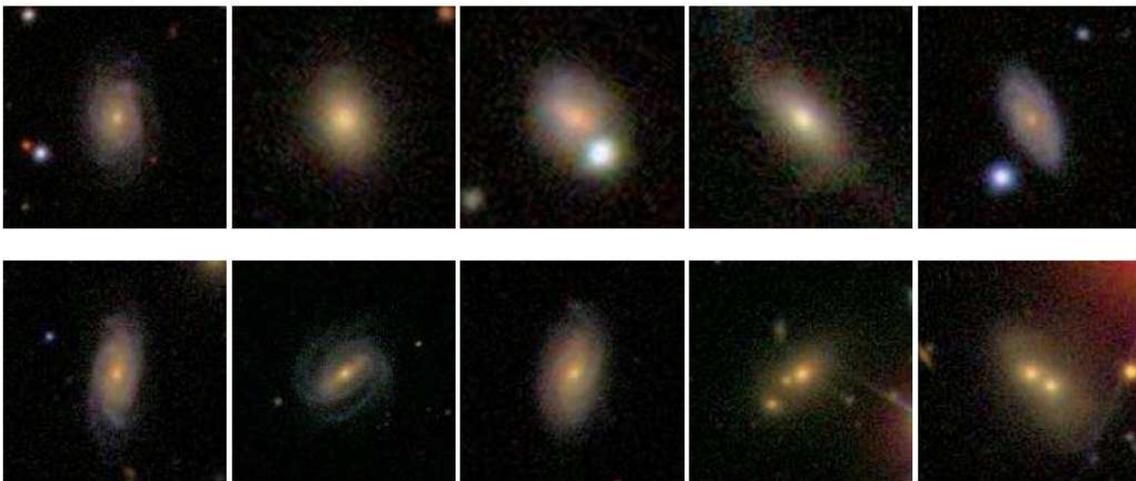


Figura 16: Exemplos de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 15. De acordo com o tutorial do Galaxy Zoo 2 temos: Topo (Spiral, No Spiral, No Spiral, No Spiral, Spiral) e Base (Spiral, Spiral, Spiral, No Spiral, No Spiral).

Note-se que aqui alguns dos exemplos são claramente evidentes. Na primeira imagem do topo e na segunda da base [Figura 16] são claramente visíveis os braços em espiral. Provavelmente o mesmo já não se pode dizer da quinta imagem do topo aqui indicada como espiral mas onde é muito mais difícil de vislumbrar qualquer braço.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 7 - Identificar se a galáxia é espiral ou não.

3.3 How tightly wound do the spiral arms appear?

Questão: Os braços em espiral apresentam-se muito ou pouco apertados?

Esta questão é colocada naturalmente se tivermos respondido que a galáxia em análise é do tipo espiral. Nesse caso pretende-se então saber se os respectivos braços (não importa ainda quantos são) estão bem enrolados sobre o núcleo (Tight), bastante dispersos (Loose) ou numa configuração intermédia entre os dois (Medium) [Figura 17].



Tight



Medium



Loose

Figura 17: As três opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: How tightly wound do the spiral arms appear?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 18] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

A julgar pelos exemplos anteriores [Figura 18] a dúvida pode surgir mais quando se pretende fazer a distinção entre “Tight” e “Medium”. Alguns casos “Loose” serão naturalmente óbvios. Alguns casos potencialmente “Tight” podem até já ter sido excluídos (na questão anterior) dada a dificuldade na identificação dos braços em espiral.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 8 - Identificar se os braços em espiral da galáxia são ou não muito apertados.

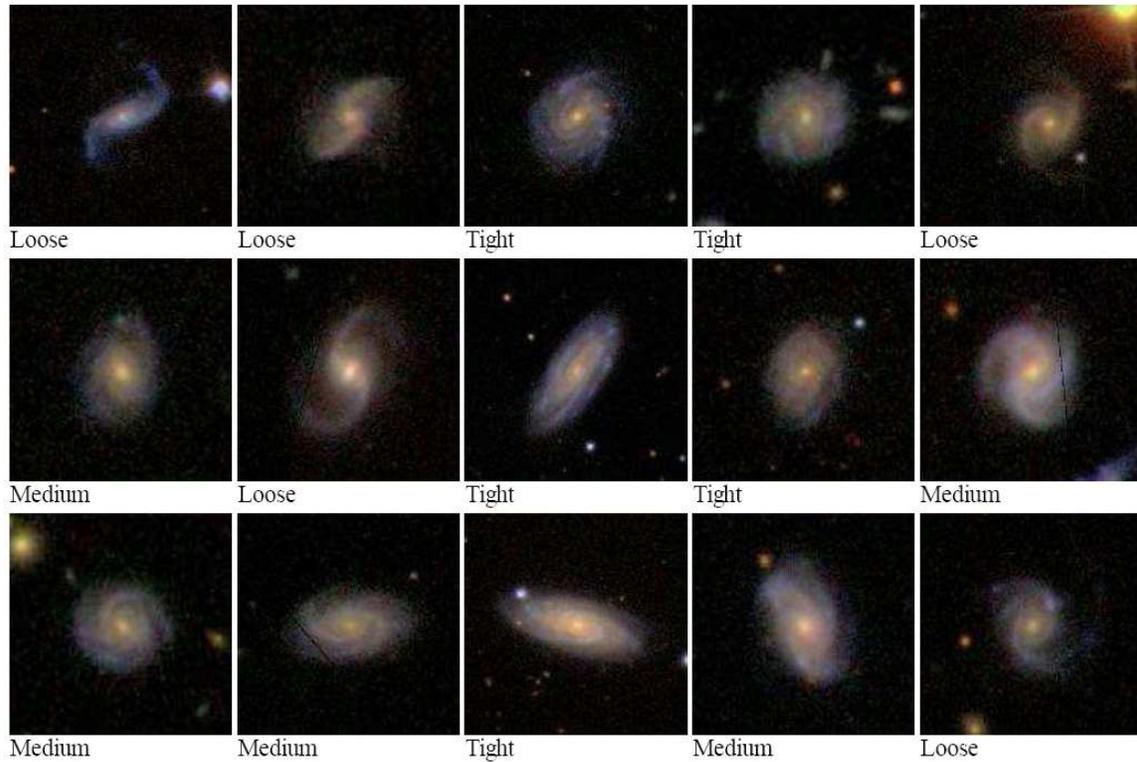


Figura 18: Exemplos de galáxias classificadas de acordo com as opções dadas na Figura 17.

3.4 How many spiral arms are there?

Questão: Quantos braços em espiral tem a galáxia?

Se uma galáxia foi classificada como espiral então ela tem braços. Pode ter apenas um braço ou vários braços. As opções de resposta são as indicadas na Figura 19.

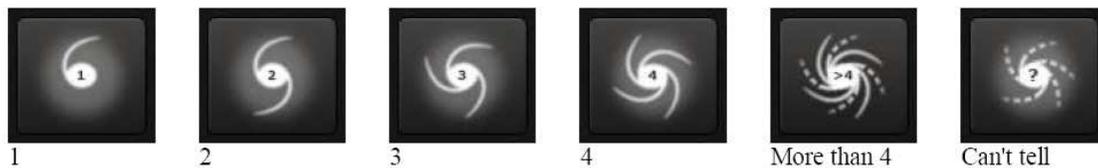


Figura 19: As seis opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: How many spiral arms are there?

Se conseguirmos contar efectivamente o número de braços então temos como possibilidades de resposta 1, 2, 3 ou 4 consoante o número de braços contados. Se

conseguirmos contar o numero de braços e este for superior a 4 então a resposta é logicamente "More than 4". Se vemos que existem braços (e têm de existir pois senão não chegamos a esta questão) mas não os conseguimos contar então devemos responder "Can't tell". Por vezes a resposta pode não ser clara. Por exemplo, se estivermos na dúvida entre dois ou três braços devemos dar como resposta aquela que acharmos mais provável.

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 20] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

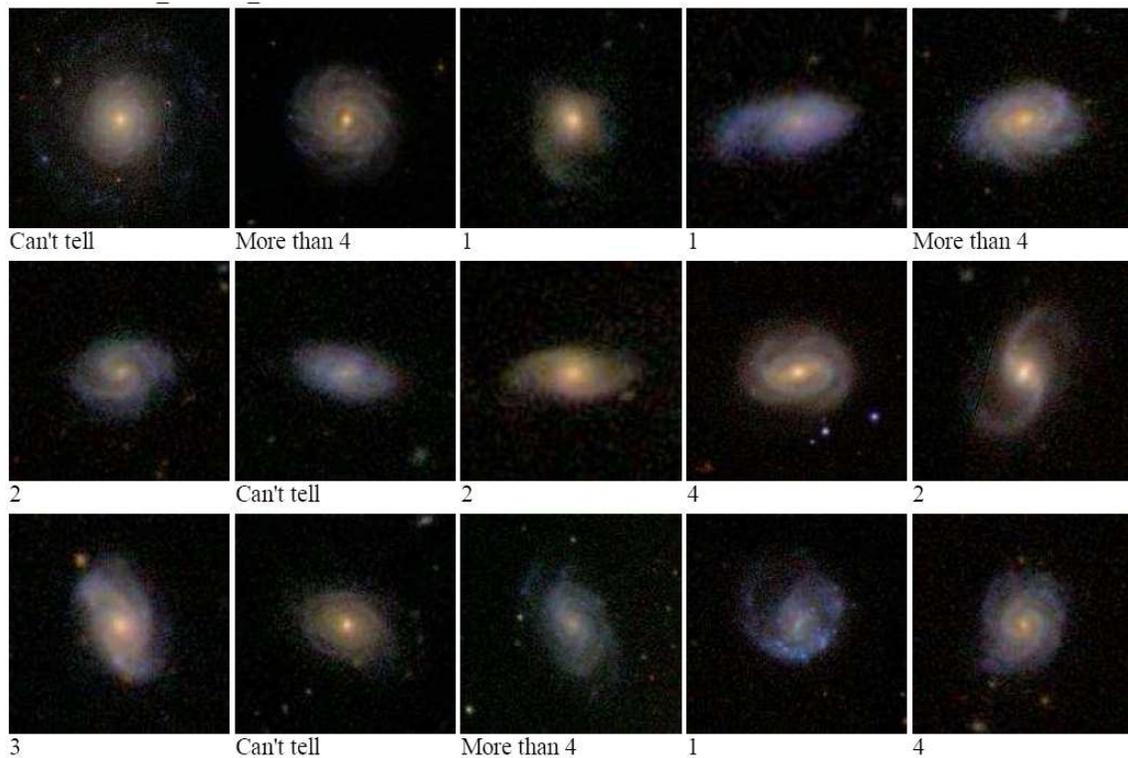


Figura 20: Exemplos de galáxias classificadas de acordo com as opções dadas na Figura 19.

Note-se que esta será, porventura, uma das etapas que requer uma observação mais cuidada das imagens. Os braços são geralmente muito menos luminosos do que o resto da galáxia e por isso temos de observar com muita atenção. Dos 3 casos assinalados com

"More than 4", na Figura 20, o primeiro parece muito mais evidente do que os dois últimos. Estes poderiam também ser classificados como "Can't tell".

Na Figura 21, procuramos identificar, em cada um dos casos apresentados na Figura 20, o número de braços indicados.

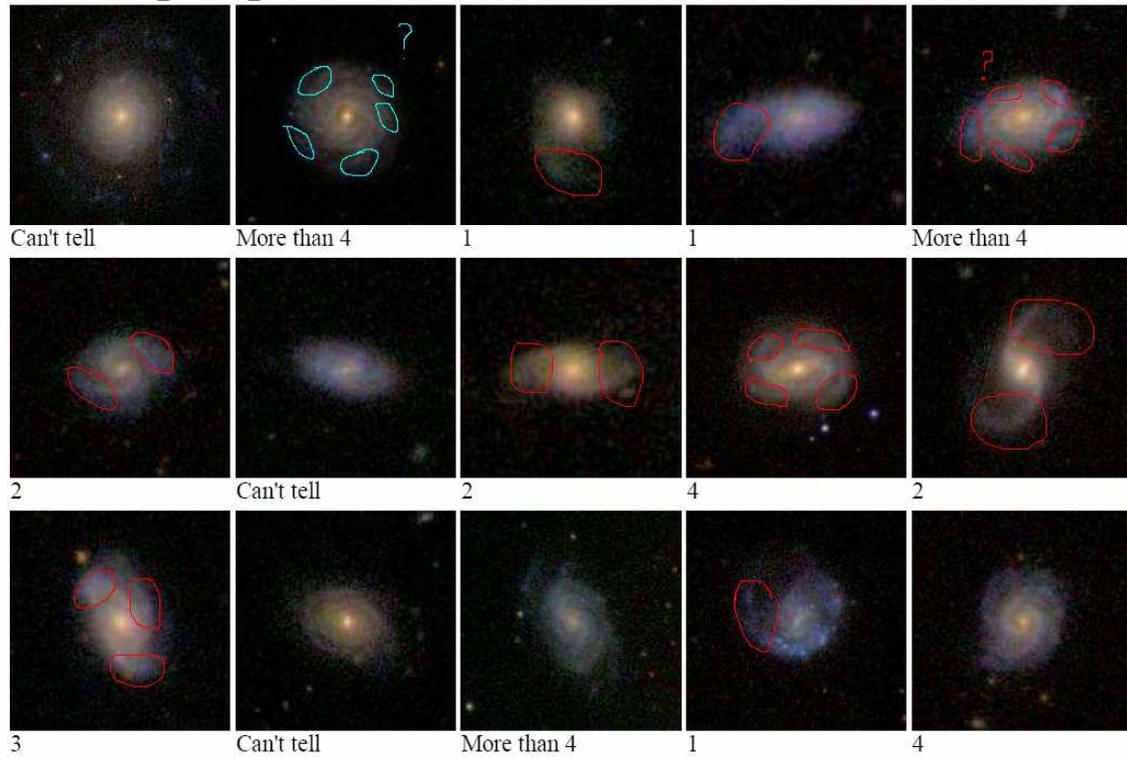


Figura 21: Repetição da Figura 20, agora com a identificação de alguns dos braços espirais assinalados. Como se pode constatar nalguns casos não é fácil.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 9 - Contar quantos braços tem cada uma das galáxias em espiral.

3.5 Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?

Questão: Existe sinal da presença de uma estrutura em forma de barra no centro da galáxia?

Algumas galáxias apresentam, para além da zona nuclear (mais ou menos arredondada) uma estrutura em forma de barra a partir do centro. No caso das galáxias em espiral por vezes os braços começam exactamente nas extremidades dessa barra. A questão aqui é directa: existe uma barra ou não? [Figura 22]



Figura 22: As duas opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 23] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

No primeiro caso, da Figura 23, a zona nuclear tem um aspecto alongado não apresentando qualquer indício de uma barra. No segundo exemplo temos um núcleo duplo mas não uma barra. No terceiro caso existe claramente uma barra o mesmo acontecendo com a quinta galáxia. Na linha de baixo as galáxias barradas são também evidentes.

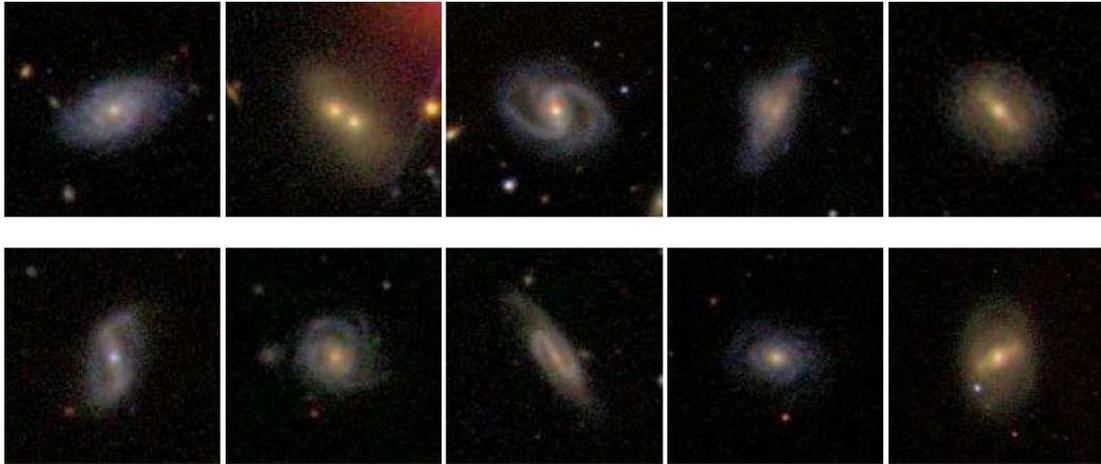


Figura 23: Exemplo de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 22. De acordo com o tutorial do Galaxy Zoo 2 temos: Topo (No bar, No bar, Bar, No bar, Bar) e na Base (Bar, No Bar, Bar, No bar, Bar).

Um aspecto que talvez ajude nos casos mais difíceis é ver onde se iniciam os braços: se junto ao centro ou um pouco mais fora. No segundo caso podemos estar perante uma galáxia barrada.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 10 - Identificar se é ou não uma galáxia barrada.

3.6 How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?

Questão: A protuberância central da galáxia é muito ou pouco dominante quando comparada com o resto da galáxia?

Galáxias com disco podem também ter uma protuberância central (bulge). Esta pode ser mais ou menos dominante em relação ao resto da galáxia. Para esta questão existem quatro respostas possíveis [ver Figura 24]. Nos extremos temos os casos em que

simplesmente não existe nada no centro e o caso em que a região central é dominante. Entre estes temos, como casos intermédios, o caso em que a região central é apenas evidente (i.e., embora bem visível não é nada de especial se comparada com o resto da galáxia) e o caso em que a região central é óbvia mas não dominante.

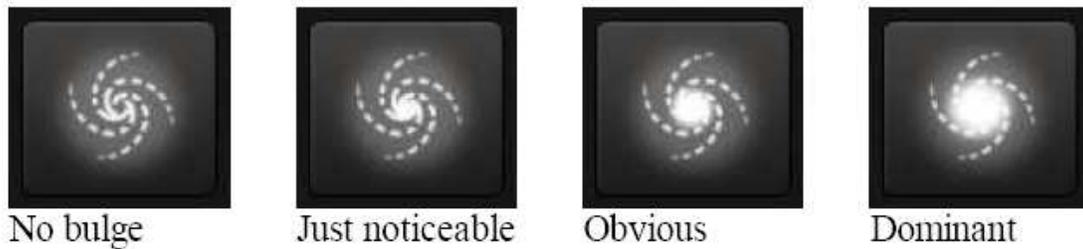


Figura 24: As quatro opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 25] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

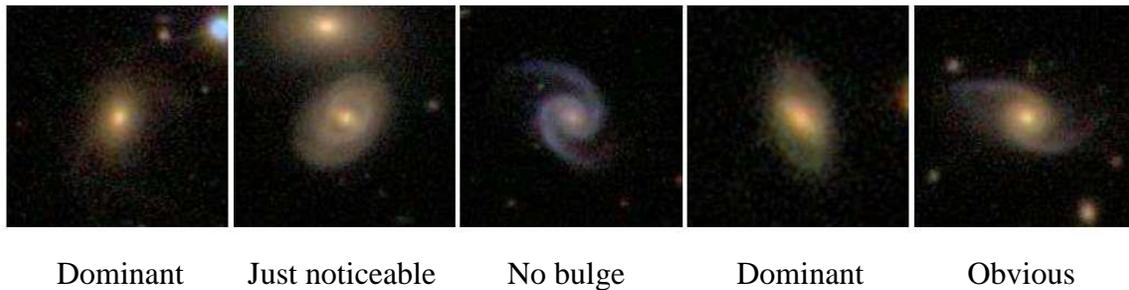


Figura 25: Exemplos de galáxias classificadas de acordo com as opções dadas na Figura 24.

Compare-se a primeira imagem da Figura 25 (Dominant) com a última (Obvious). O brilho da região central é semelhante em ambas. No entanto, foi-lhes atribuída uma classificação diferente. O que importa aqui, nesta questão, é comparar a região central com o resto da galáxia e não comparar regiões centrais de galáxias diferentes.

No caso da segunda galáxia [Figura 25] pode existir alguma indecisão entre o “Just Noticeable” e o “Obvious” e no caso da terceira galáxia podemos também considerar contrariamente ao sugerido que existe uma região central não muito notória mas visível. Na Figura 26 são apresentados mais alguns exemplos retirados do tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2.

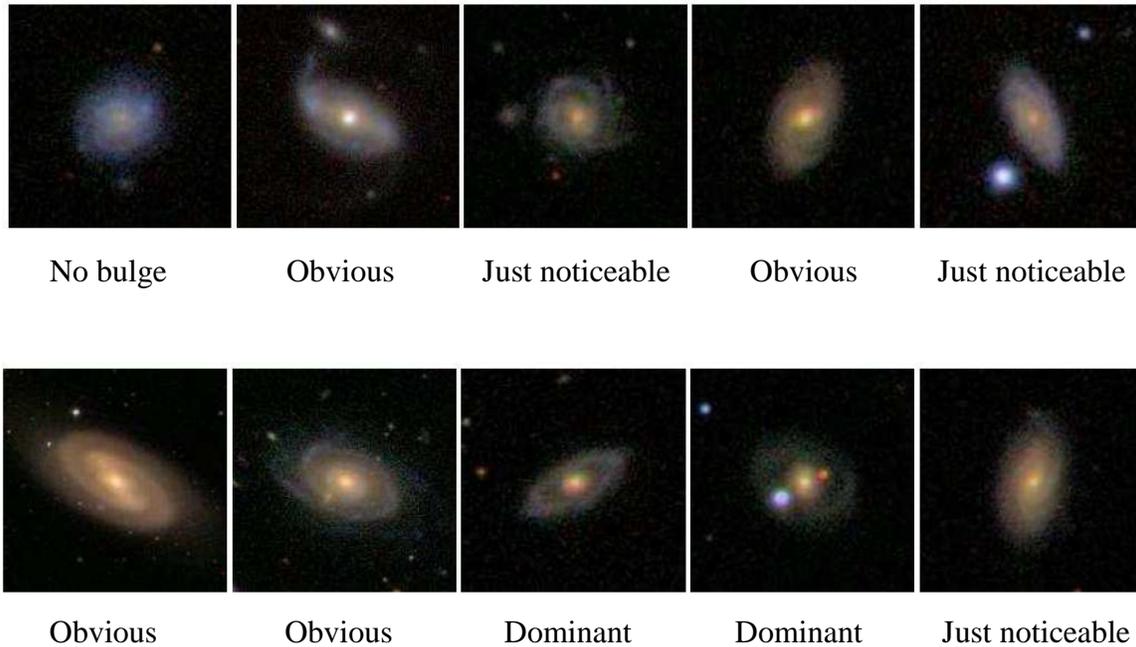


Figura 26: Exemplos de galáxias classificadas de acordo com as opções dadas na Figura 24. Ver também a Figura 25.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 11 - Identificar se o núcleo é mais ou menos dominante.

3.7 Is there anything odd?

Questão: Existe alguma coisa de singular com esta galáxia?

Algumas galáxias podem apresentar características muito peculiares. Normalmente são mais raras mas também acabam muitas vezes por ser as mais interessantes e, por isso, é

colocada esta questão para tentar apanhar essas galáxias especiais. Exploraremos esta questão mais para a frente.

4 - Relatório de progresso

No decorrer da componente laboratorial de “O Universo” os alunos devem elaborar dois relatórios. O primeiro relatório incide sobre a recolha de informação geral sobre galáxias e sobre o projecto Galaxy Zoo. Trata-se de um “relatório de progresso” o qual, depois de avaliado pelo docente, é devolvido ao aluno para que possa ser melhorado e utilizado como base para a escrita do “relatório final”. No **Anexo B** estão algumas indicações sobre o que se pretende com o “Relatório de Progresso”. Nos parágrafos seguintes são dadas mais algumas indicações.

4.1 Revisão da Literatura

Alguns dos livros existentes para consulta são particularmente antigos e, em algumas situações, podem até mesmo já estar ultrapassados dado o grande desenvolvimento que a Astronomia tem vindo a experimentar nos últimos anos. Alguns livros podem mesmo não falar de alguns assuntos, não por omissão, mas simplesmente pelo facto de na altura em que foram escritos esse tópico ser ainda desconhecido. Noutros casos podem estar correctas as ideias mas algum valor indicado estar já destronado por observações mais recentes e mais rigorosas. Sempre que existam dúvidas relacionadas com esta matéria sugere-se a consulta do docente ou a procura de publicações mais recentes.

Podem aparecer muitas palavras específicas sobre galáxias (e Astronomia em geral) cuja tradução para o português não seja evidente. Recomenda-se neste caso o recurso a um bom dicionário para tentar encontrar a palavra que melhor se adapte. Para além disso,

recomenda-se a compilação destas palavras para discussão na aula com o objectivo de que todos optem pela mesma tradução.

Ao pesquisar num livro devemos tomar nota do nome do livro, nome dos autores, editora e ano da publicação. Será também útil indicar o número da página de onde se tirou uma determinada frase.

No caso da utilização de imagens obtidas a partir da internet devemos, sempre que possível, tentar ir ao site original (o qual deve depois ser referido). Por exemplo, a mesma imagem feita pelo HST pode estar no site oficial do HST ou da NASA mas também em centenas de sites pessoais e blogs. Devemos naturalmente optar pelos dois primeiros e fazer a respetiva referência.

No Laboratório de Astronomia e Instrumentação (LAI) da Universidade da Madeira existem alguns livros que podem ser consultados (no local):

- Essentials of Astronomy (1966) - tem um capítulo sobre galáxias e cosmologia
- Elementary Astronomy (1959) - tem um pequeno capítulo sobre galáxias.
- Atlas do Universo (1961) - tipo atlas ou enciclopédia.
- Messier objects - lista de objectos do catálogo de Messier incluindo enxames, nebulosas e galáxias. Pode utilizar-se para obter dados sobre algumas galáxias.
- Modern Cosmological Observations and Problems (1998) - não sendo um livro sobre galáxias tem alguma coisa sobre o assunto.
- Astronomia Extragaláctica (1998) - sebenta escrita pelo Prof. Pedro Augusto sobre a Astronomia de objectos extragalácticos onde se incluem naturalmente todas as galáxias com a excepção da Nossa.
- Estrelas, cúmulos e galáxias - livro em português onde se pode tirar alguma informação sobre galáxias (mas atenção é dos anos 80).
- The Night Sky (2006) - cobre diversas áreas da Astronomia incluindo galáxias. Tem bastantes imagens (ainda que de formato reduzido).

- Atlas da Astronomia (1997) - atlas relativamente completo sobre diversos temas da Astronomia com muitas imagens (incluindo galáxias).

Estes são os livros que podem ser consultados no LAI. Na biblioteca da UMa existem outros (mais de duas dezenas). Uns mais específicos, outros mais gerais, uns mais acessíveis e outros mais exigentes. A ideia é tentar recolher informação de diversas fontes e não apenas de uma.

4.2 Estrutura do trabalho

Na primeira página deve vir o nome da universidade (se possível acompanhado do logotipo), da cadeira, bem como o título do trabalho e a data de execução do mesmo. Deve ainda constar a identificação dos autores do trabalho (nome completo, número, curso, grupo, turma prática).

Estrutura recomendada:

Índice (facultativo - depende do número de secções)

1 - Introdução

2 -

3 -

.....

n - Conclusões

Referências

As secções podem ainda, se necessário subdividir-se em subsecções (mas sem exageros). O trabalho deve ter um mínimo de 10 páginas. Para além do texto podem constar no trabalho figuras, tabelas e fórmulas as quais devem ser numeradas (de forma

independente, ou seja, um contador para as figuras, outro para as tabelas e outro para as equações).

No texto, ao falar de uma dada figura utilizar sempre o respectivo número. Evitar afirmações do tipo "na figura seguinte..." ou "na figura da página 16...". Dependendo do editor de texto e do modo de visualização podemos mesmo induzir o leitor em erro. Se fizermos afirmações do tipo "na figura 2" não haverá esse tipo de problema. Debaixo de cada figura indicar o seu número, legenda e referência (caso a figura não seja da nossa autoria).

Nas tabelas indicar no topo: o número, o título da tabela e a respectiva legenda explicando o significado de cada uma das colunas.

Procurar manter a mesma formatação ao longo do trabalho. Utilizar, por exemplo, sempre a mesma cor e tamanho de letra nas legendas, nos títulos de secções e subsecções.

4.3 Como entregar o trabalho

Formatos permitidos:

[.pdf \(não ser gravado como imagem\)](#)

[.doc](#)

[.htm](#) ou [.html](#)

[.txt](#)

Os trabalhos devem ser enviados, dentro do prazo estabelecido, para o Gabinete de Apoio ao Estudante (GAE) via email: trabalhos@uma.pt. No email deve ser indicado o nome do docente, o nome da cadeira e a identificação completa dos alunos (nome completo, numero, curso). No caso de o ficheiro exceder 8MB (e só nesse caso) os alunos devem

entregar o mesmo pessoalmente no GAE. Antes dos trabalhos serem remetidos ao docente da cadeira serão alvos de uma análise informática para detecção de possíveis situações de plágio.

Sugestão para o nome dos ficheiros a entregar: **grupo10parte1.doc**

4.4 Como referenciar

Exemplo:

Esta frase pode ser o exemplo de uma frase retirada de um determinado livro e de uma determinada página (Smith 1998, pag. 123).

No final, na secção das referências é então especificado a publicação de 1998 do autor Smith. Ao longo do texto podem surgir mais referências à mesma com o mesmo número de página ou não.

No caso de referências à internet incluir o **url** completo da página respectiva. Se for conhecido o autor da página então o seu nome também deve ser indicado (nesse caso o url pode até passar para a secção das referências). Indicar a data em que a página foi visitada pois a mesma pode vir a ser alterada no futuro.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 12 - Contar quantos braços tem cada uma das galáxias em espiral (2, 3 e 4).

Ficha 13 - Contar quantos braços tem cada uma das galáxias em espiral (4, >4, ?).

Ficha 14 - Contar quantos braços tem cada uma das galáxias em espiral (todas com 3).

5 - Explorando o Tutorial - Parte III

5.1 Is there anything odd?

Questão: Existe alguma coisa de singular com esta galáxia?

Algumas galáxias podem apresentar características muito peculiares. Normalmente são mais raras mas também são as mais interessantes e, por isso, é colocada esta questão para tentar apanhar essas galáxias especiais. O utilizador é assim questionado sobre a existência ou não de algo de peculiar com a galáxia que está a classificar. Aqui a resposta só pode ser sim ou não [Figura 27].

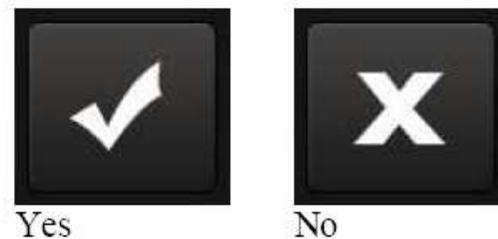


Figura 27: As duas opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Is there anything odd?

No caso de responder não então a classificação está completa. Respondendo sim passamos então para uma derradeira questão onde vamos identificar o que é que nos levou a responder sim.

5.2 Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?

Questão: Essa particularidade é um anel, ou a galáxia é distorcida ou irregular?

Esta questão é colocada apenas se indicamos anteriormente que existe algo de peculiar com esta galáxia. Quando se diz algo de peculiar entende-se algo de diferente na estrutura da própria galáxia ou ainda algo que esteja bastante próximo da galáxia central. Aqui existem seis hipóteses de resposta [Figura 28]:

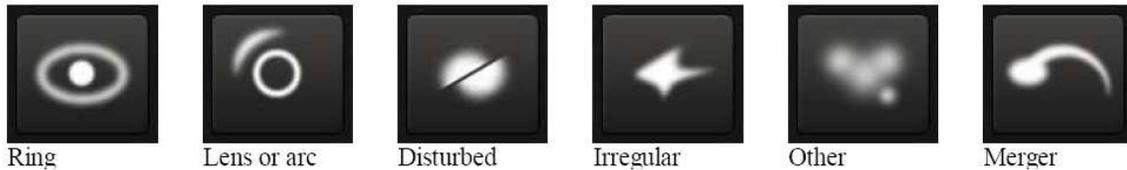


Figura 28: As seis opções de resposta para a questão do Galaxy Zoo 2: Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?

Ring - a galáxia pode apresentar um anel que se destaca em torno da região central.

Lens or arc - podem aparecer em torno da galáxia arcos de círculo centrados na galáxia ou ainda múltiplas imagens semelhantes distribuídas simetricamente em torno da galáxia. Estes casos são relativamente raros mas podem aparecer. Os arcos ou objectos em torno da galáxia central são na realidade a imagem de galáxias mais distantes. A luz destas é desviada pela acção gravitacional da galáxia central (aquela que estamos a classificar) e que está mais perto de nós.

Disturbed - a galáxia parece ser uma galáxia "normal" espiral ou elíptica mas com a aparência de ter sido distorcida ou esticada.

Irregular - em geral se a galáxia não é "Smooth" e apresenta características ou detalhes que não se enquadram na classificação de espiral.

Merger - Se a galáxia central tem uma companheira muito próxima e existem sinais (distorções) numa das galáxias ou em ambas de que estas estão em interacção.

Other - no caso de qualquer coisa fora do comum que não se enquadre nas anteriores.

Exemplos: os exemplos seguintes [Figura 29] são os sugeridos no tutorial do site oficial do Galaxy Zoo 2. Procurou-se em cada caso entender a razão da classificação dada e sempre que oportuno questionar essa mesma classificação.

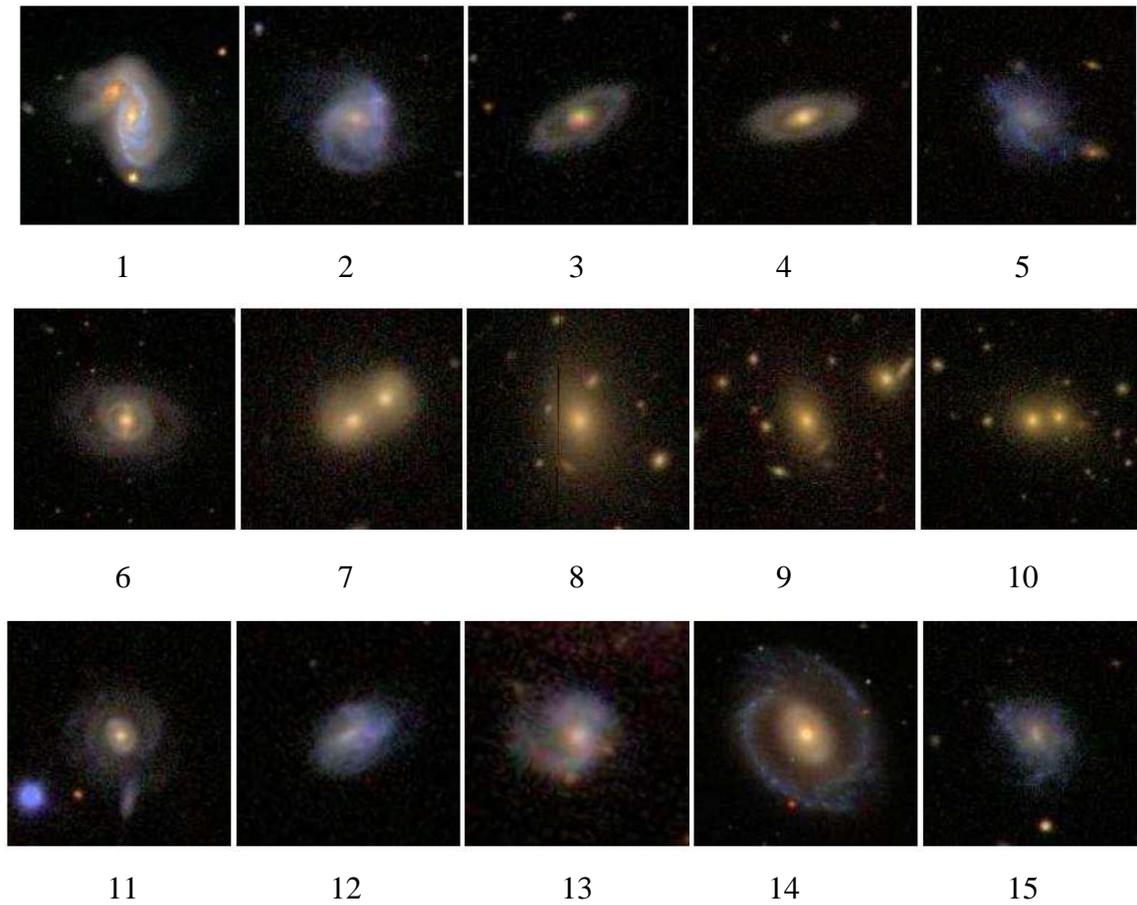


Figura 29: Exemplo de galáxias para classificar de acordo com as opções dadas na Figura 28. De acordo com o tutorial do Galaxy Zoo 2 temos: 1 – merger, 2 – Disturbed, 3 – Ring, 4 – Ring, 5 – Irregular, 6 – Ring, 7 - Merger, 8 - Lens or arc, 9 - Lens or arc, 10 – Merger, 11 – Ring, 12 – Irregular, 13 – Disturbed, 14 – Ring, 15 – Irregular.

1 - merger: vemos aqui claramente uma segunda galáxia (canto superior esquerdo) a interagir com a galáxia central. Se tivéssemos apenas a imagem da galáxia central poderíamos atribuir a classificação de “Disturbed” mas como vemos a segunda galáxia e a interação entre ambas é bem visível logo a opção é “Merger”.

2 - Disturbed: esta galáxia aparenta ser espiral. No entanto parece estar deformada. Como não vemos outra galáxia em interação com esta (responsável por essa deformação) então a resposta é “Disturbed”.

3 e 4 - Ring: Aqui a resposta é clara.

5 - Irregular: aqui a resposta não parece ser “Disturbed” pois a galáxia central não parece ser resultante de uma espiral ou de uma do tipo “Smooth”. A galáxia que parece existir no canto inferior direito não aparenta estar em interação com a galáxia central. É provável que esteja muito mais longe...

6 - Ring: talvez não tão evidente como nos casos 4 e 5.

7 e 10 - Merger: duas galáxias aparentemente semelhantes em clara interação.

8 e 9 - Lens or arc: em torno da galáxia central vemos estruturas em forma de arco que presumivelmente são imagens de galáxias mais distantes [ver Figura 30].

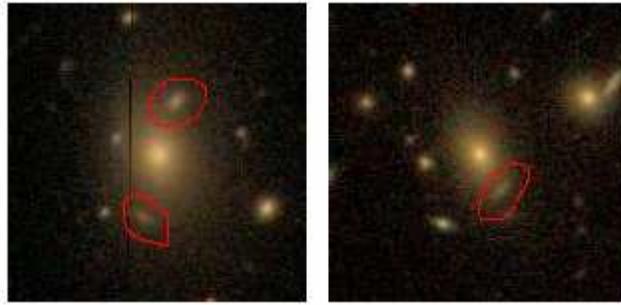
11 - Ring: embora aqui o anel não seja tão visível como em exemplos anteriores. A galáxia que aparece no fundo da imagem parece não estar em interação com a que estamos a classificar.

12 – Irregular.

13 - Disturbed: parece ser o que resta de uma galáxia espiral com um ou dois braços.

14 – Ring.

15 - Irregular: ou talvez “Disturbed” pois parece apresentar alguns traços de uma estrutura em espiral.



8

9

Figura 30: As galáxias 8 e 9 da Figura 29 classificadas como peculiares do tipo “Lens or arc”. Aqui estão assinaladas estruturas em forma de arco que existem em torno da galáxia central, presumivelmente imagens de galáxias mais distantes.

Exercícios (ver Anexo A):

Ficha 15 - Identificar quais as galáxias peculiares e dizer o que têm de peculiar.

Ficha 16 - Dadas galáxias peculiares dizer o que têm de peculiar.

5.3 Galaxy Wars

Depois de respondidas todas as questões pode surgir uma última questão extra onde se pede que se compare a galáxia que acabamos de classificar com uma outra.

Por exemplo, se dissemos que a nossa galáxia apresenta braços em espiral então podemos ser confrontados com a imagem de uma outra galáxia com o objectivo de dizermos qual das duas tem braços espirais mais evidentes. Chama-se a isto "**Guerra das galáxias**". Por vezes a resposta pode ser evidente e noutros casos bastante difícil. Nesse caso devemos simplesmente escolher uma.

Outra situação de Guerra de galáxias pode ocorrer quando dizemos que a nossa galáxia é barrada. Neste caso somos confrontados com uma segunda galáxia barrada e temos de dizer em qual dos casos a barra é mais evidente.

5.4 O que é aquela coisa verde?

Hanny van Arkel, professora numa escola holandesa e participante no Galaxy Zoo, acabou por descobrir numa das imagens que analisou algo realmente estranho. Uma estrutura verde de natureza desconhecida situada perto da galáxia IC 2497 (uma galáxia espiral normal) [Figura 31]. A descoberta mereceu a atenção e um estudo mais aprofundado por parte dos especialistas tendo sido feitas outras imagens do sistema utilizando outro tipo de equipamento. Descobriu-se que esse “objecto” verde está à mesma distância do que a galáxia IC 2497. Uma das hipóteses avançadas é que essa estrutura verde seja uma pequena galáxia que funciona como uma (grande) nebulosa de reflexão. A fonte de luz seria um quasar existente no centro de IC 2497.



Figura 31: A galáxia IC 2497 e a mancha “verde” descoberta pela professora holandesa Hanny van Arkel em 2007 quando participava no Galaxy Zoo.

6 Relatório final

O “Relatório Final” a elaborar pelos alunos consiste no melhoramento do “Relatório de Progresso” depois de avaliado pelo docente, juntando a este o resultado da classificação de 200 galáxias (40 por aluno) no Galaxy Zoo 2. No **Anexo C** estão algumas indicações sobre o que se pretende com o “Relatório Final” e no **Anexo D** a tabela que deve ser utilizada para juntar todos os dados. Na Tabela 1 é exemplificado como deve ser preenchida esta tabela.

Para além da classificação das galáxias em si os alunos podem, em função dos exemplares que lhes tenham calhado, fazer diversos estudos e análises como se sugere no **Anexo C**.

Tabela 1 – Classificação de Galáxias no galaxy Zoo 2.

Galáxia	Identificação (obj ID)	Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?	How rounded is it?	Could this be a disk viewed edge-on?	Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?	Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?	Is there any sign of a spiral arm pattern?	How tightly wound do the spiral arms appear?	How many spiral arms are there?	How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?	Is there anything odd?	Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?
1	587731873921892759	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	nb	y	irr.
2	587733431922196711	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	nb	y	irr.
3	587734623236784153	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	n	-
4	587732050551832763	s	ib	-	-	-	-	-	-	-	n	-
5	587732053771288946	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	n	-
6	8647475120349381850	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	n	-
7	587731514224083133	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	jn	n	-
8	587739114703814798	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	d	n	-
9	588016840712913102	s	ib	-	-	-	-	-	-	-	y	merger
10	588015507660603604	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	y	merger
11	8647474691955818671	fd	-	n	-	nbr	sp	t	2	ob	y	other
12	587725551194931609	s	ib	-	-	-	-	-	-	-	y	merger
13	588017949349380223	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	jn	n	-
14	588017111292641368	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	n	-
15	588015509278294102	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	jn	y	irr.
16	587738948279468143	fd	-	n	-	nbr	sp	t	?	jn	n	-
17	588015507665059981	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	n	-
18	588015507665059981	s	cr	-	-	-	-	-	-	-	n	-
19	8647475120919937094	sa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	587738067263357283	fd	-	n	-	nbr	nsp	-	-	d	y	ring

Anexo A

Ficha 1 - Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk? (Part I)



Smooth



Features or disk



Star or Artifact



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

Ficha 2 - Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk? (Part II)



Smooth



Features or disk



Star or Artifact



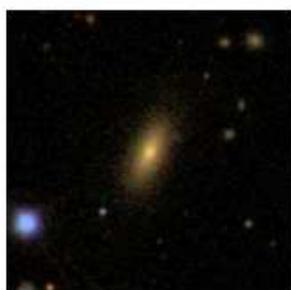
A



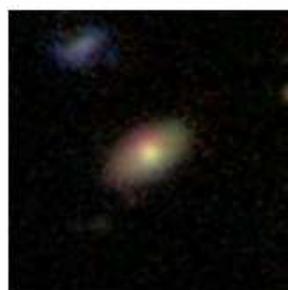
B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

Ficha 3 – How rounded is it?



Completely round



In between



Cigar shaped



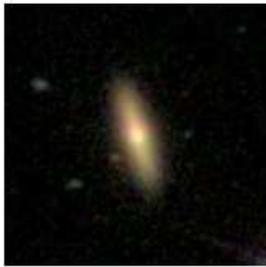
A



B



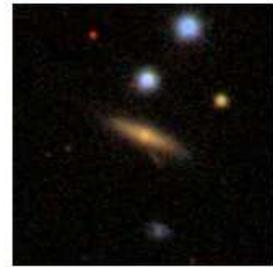
C



D



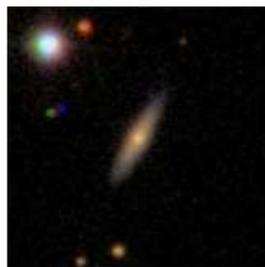
E



F



G



H



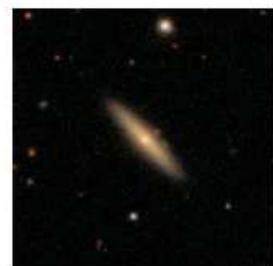
I



J



K



L

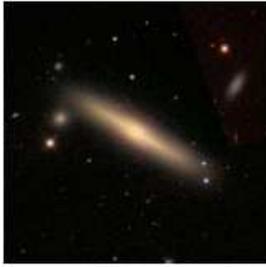
Ficha 4 - Could this be a disk viewed edge-on? (Parte I)



Yes



No



A



B



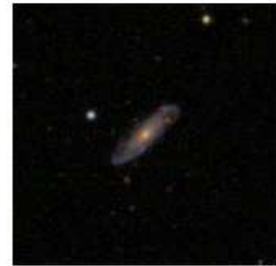
C



D



E



F



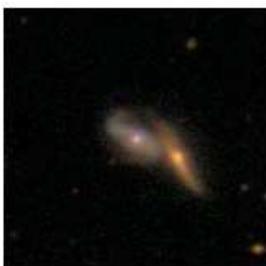
G



H



I



J



K



L

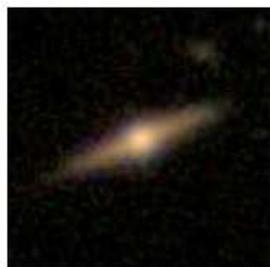
Ficha 5 - Could this be a disk viewed edge-on? (Parte II)



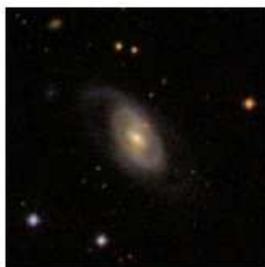
Yes



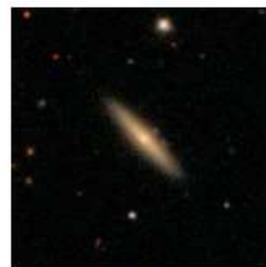
No



A



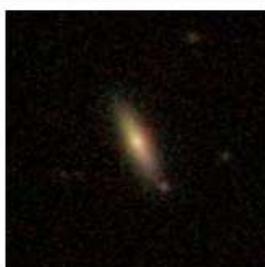
B



C



D



E



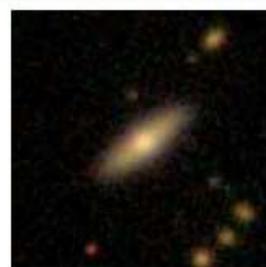
F



G



H



I



J



K



L

Ficha 6 - Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?



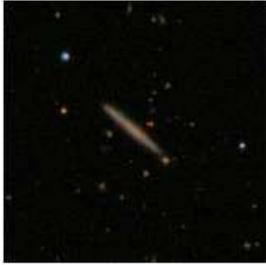
Rounded



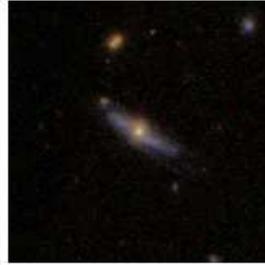
Boxy



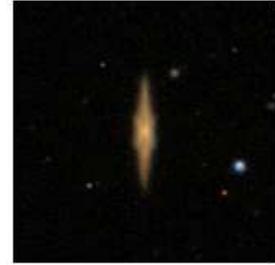
No Bulge



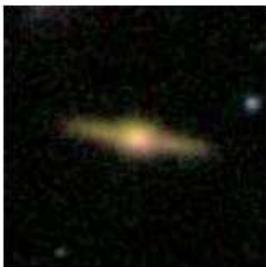
A



B



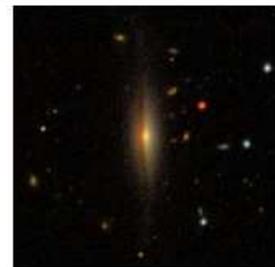
C



D



E



F



G



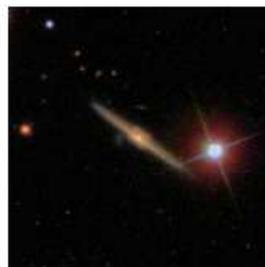
H



I



J



K



L

Ficha 7 - Is there any sign of a spiral arm pattern?



Spiral



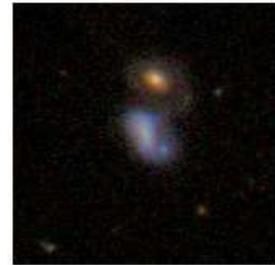
No Spiral



A



B



C



D



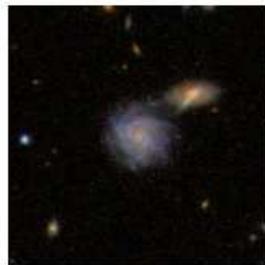
E



F



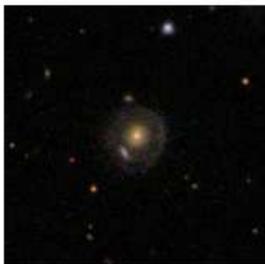
G



H



I



J



K



L

Ficha 8 - How tightly wound do the spiral arms appear?



Tight



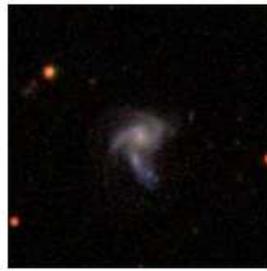
Medium



Loose



A



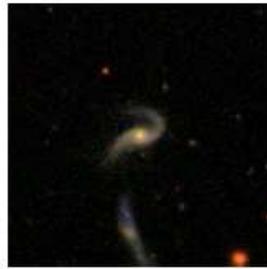
B



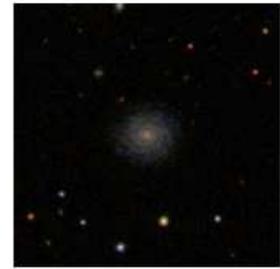
C



D



E



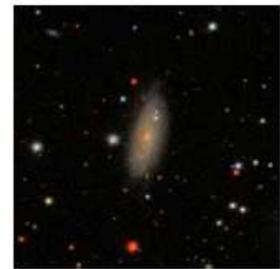
F



G



H



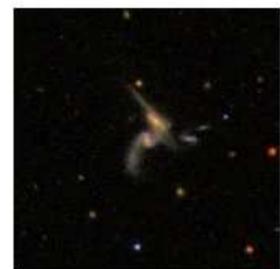
I



J



K



L

Ficha 9 - How many spiral arms are there? (Parte I)



1



2



3



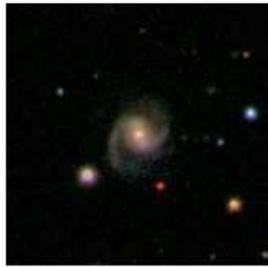
4



More than 4



Can't tell



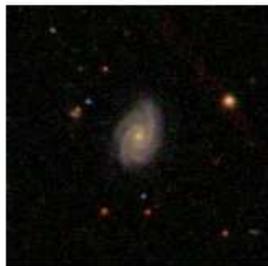
A



B



C



D



E



F



G



H



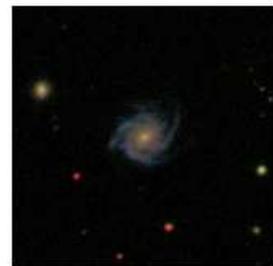
I



J



K



L

Ficha 10 - Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?



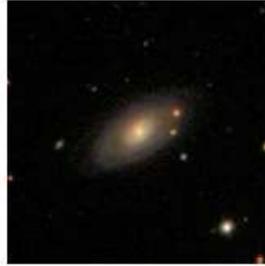
Bar



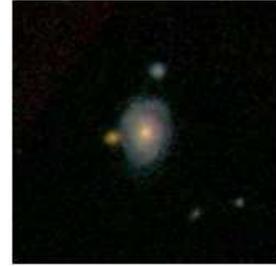
No Bar



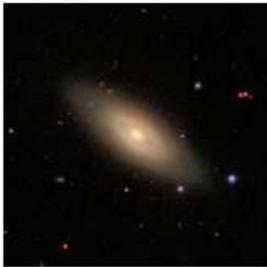
A



B



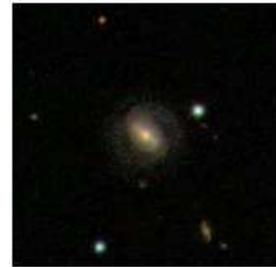
C



D



E



F



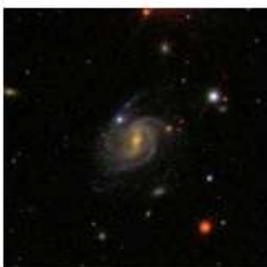
G



H



I



J



K



L

Ficha 11 - How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?



No bulge



Just noticeable



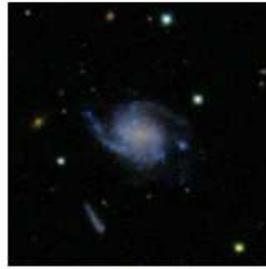
Obvious



Dominant



A



B



C



D



E



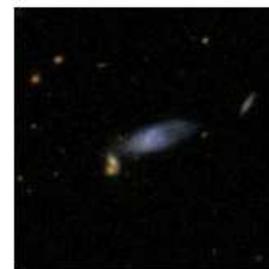
F



G



H



I



J

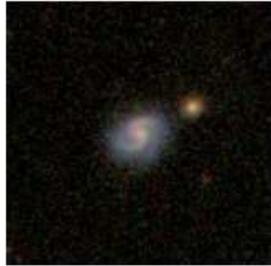
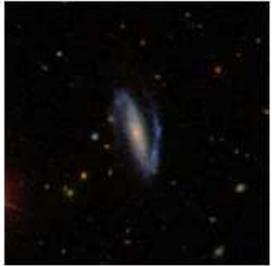
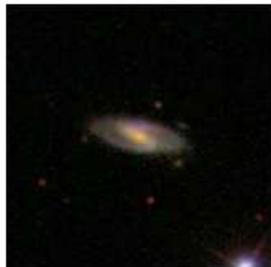
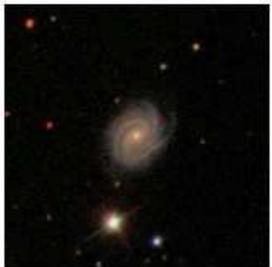


K



L

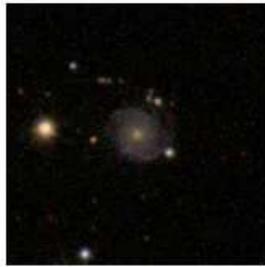
Ficha 12 - How many spiral arms are there? (Parte II)

					
1	2	3	4	More than 4	Can't tell
					
A	B	C			
					
D	E	F			
					
G	H	I			
					
J	K	L			

Ficha 13 - How many spiral arms are there? (Parte III)



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K

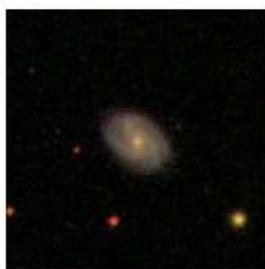


L

Ficha 14 - How many spiral arms are there? (Parte IV)



A



B



C



D



E



F



G



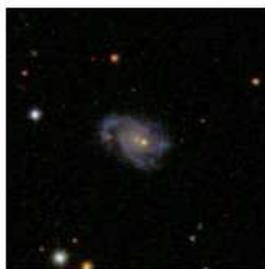
H



I



J



K



L

Ficha 15 - Is there anything odd?



Yes



No



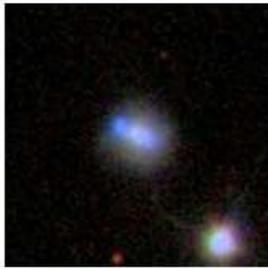
A



B



C



D



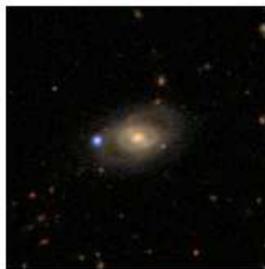
E



F



G



H



I



J



K



L

Ficha 16 - Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?



Ring



Lens or arc



Disturbed



Irregular



Other



Merger



Dust lane



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

Anexo B



O Universo

Prática Laboratorial - Parte I (Relatório de Progresso)

Recolha de informação geral sobre galáxias e sobre o projecto Galaxy Zoo

Pretende-se que nesta primeira fase os alunos façam recolha de informação geral sobre galáxias focando aspectos como, por exemplo, a sua estrutura, constituição, formação, classificação e distribuição no Universo. Para isso devem recorrer a livros existentes na biblioteca da UMA, na biblioteca do Grupo de Astronomia ou em qualquer outra biblioteca (e.g. Biblioteca Pública Regional).

Relativamente ao projecto Galaxy Zoo pretende-se que digam, em resumo, do que se trata, quais os objectivos que se pretendem alcançar e quais os resultados que já existem (em particular no caso do Galaxy Zoo 1). Devem explorar as diferentes secções que existem no site oficial (blog, fórum, zoo media,...) destacando/resumindo a informação que porventura achem mais relevante ou pertinente para o vosso projecto.

Devem apresentar também no **relatório de progresso** os resultados que considerem mais importantes no que respeita ao treino de classificação (individual ou em grupo) que tenham feito. Podem realçar os casos mais interessantes ou intrigantes que já vos tenham surgido, focar as questões para as quais consideram que é mais difícil dar resposta, qual a metodologia que pretendem seguir para a segunda parte do projecto e quais consideram ser os maiores obstáculos que terão de enfrentar.

Nota: Toda a informação recolhida de livros (texto, dados e figuras) deve vir sempre acompanhada da respectiva referência. Toda a informação retirada das diferentes secções do site oficial "Galaxy Zoo" deve vir acompanhada da respectiva referência (url).

Anexo C



O Universo

Prática Laboratorial - Parte II (Relatório final)¹

Classificação de galáxias no projecto Galaxy Zoo

Objectivo:

Pretende-se que cada grupo classifique 200 galáxias² no projecto Galaxy Zoo 2. O acesso ao sítio do Galaxy Zoo, para efeitos de classificação de galáxias, deve ser feito mediante a conta de email atribuída a cada grupo. Cada grupo tem de classificar as 200 primeiras galáxias apresentadas pelo sistema. Para cada galáxia deve ser anotada, para além da sequência de respostas dadas, a respectiva identificação (objID) e quaisquer outras anotações que considerem importantes para o trabalho. Sugere-se a construção de uma tabela como a indicada em anexo.

Extras:

Para cada uma das galáxias classificadas podem também ser anotados outros dados tais como: ascensão recta, declinação, magnitudes aparentes (todas as grandezas do Sistema Sloan *ugriz*), dimensões angulares e, quando disponível, o redshift *z*. Todos os dados recolhidos devem ser compilados numa única tabela (em Excel, por exemplo).

Com essa tabela:

- i) pode proceder-se ao tratamento estatístico das mesmas. Pode, por exemplo, determinar-se as percentagens de: galáxias do ipo *Smooth*; imagens a eliminar

¹ Esta segunda parte do trabalho, depois de escrita, vai ser incorporado num *Relatório Final* que inclui também o *Relatório de Progresso*.

² O número de 200 galáxias está otimizado para um grupo de cinco elementos. Em grupo menos numeroso o número de galáxias é proporcional ao número de elementos (isto é, 40 galáxias por elemento).

(*Star or artifact*); galáxias irregulares; galáxias em interacção com outras galáxias; espirais barradas em relação ao número total de espirais, etc;

ii) ainda, de entre as 200 galáxias, podem destacar-se as mais interessantes em termos de qualidade de imagem, as peculiares ou as mais brilhantes. Para aquelas que apresentem redshift pode ainda determinar-se as respectivas distâncias e dimensões lineares. Também pode apresentar-se a informação de fotometria de Sloan para estudar a estatística das várias cores (e.g. u-g, r-i, etc) e, por exemplo, confirmar que, em geral, as mais vermelhas são as que têm redshift z maior. Pode ainda, por exemplo, a constelação onde está cada galáxia (a partir dos respectivos valores de ascensão recta e declinação e Software como o *StarCalc*).

Anexo D

Tabela 1 - Classificação das **200** Galáxias de acordo com o Galaxy Zoo. As abreviaturas utilizadas nas colunas 3 a 12 são: **fd** (features or disk), **s** (smooth), **sa** (star or artifact), **cr** (completely round), **ib** (in between), **cs** (cigar shaped), **y** (yes), **n** (no), **r** (rounded), **b** (boxy) **nb** (no bulge), **br** (bar) **nbr** (no bar), **sp** (spiral), **nsp** (no spiral), **t** (tight), **m** (medium), **l** (loose), **jn** (just noticeable), **ob** (obvious), **d** (dominant).

Galáxia	Identificação (objID)	Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?	How rounded is it?	Could this be a disk viewed edge-on?	Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?	Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?	Is there any sign of a spiral arm pattern?	How tightly wound do the spiral arms appear?	How many spiral arms are there?	How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?	Is there anything odd?	Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												

Tabela 1 (continuação)

Galáxia	Identificação (objID)	Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?	How rounded is it?	Could this be a disk viewed edge-on?	Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?	Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?	Is there any sign of a spiral arm pattern?	How tightly wound do the spiral arms appear?	How many spiral arms are there?	How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?	Is there anything odd?	Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												
62												
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												

Tabela 1 (continuação)

Galáxia	Identificação (objID)	Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?	How rounded is it?	Could this be a disk viewed edge-on?	Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?	Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?	Is there any sign of a spiral arm pattern?	How tightly wound do the spiral arms appear?	How many spiral arms are there?	How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?	Is there anything odd?	Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												
101												
102												
103												
104												
105												
106												
107												
108												
109												
110												
111												
112												
113												
114												
115												
116												
117												
118												
119												
120												

Tabela 1 (continuação)

Galáxia	Identificação (objID)	Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?	How rounded is it?	Could this be a disk viewed edge-on?	Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?	Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?	Is there any sign of a spiral arm pattern?	How tightly wound do the spiral arms appear?	How many spiral arms are there?	How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?	Is there anything odd?	Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?
121												
122												
123												
124												
125												
126												
127												
128												
129												
130												
131												
132												
133												
134												
135												
136												
137												
138												
139												
140												
141												
142												
143												
144												
145												
146												
147												
148												
149												
150												
151												
152												
153												
154												
155												
156												
157												
158												
159												
160												

Tabela 1 (continuação)

Galáxia	Identificação (objID)	Is the galaxy simply smooth and rounded, with no sign of a disk?	How rounded is it?	Could this be a disk viewed edge-on?	Does the galaxy have a bulge at its centre? If so, what shape?	Is there a sign of a bar feature through the centre of the galaxy?	Is there any sign of a spiral arm pattern?	How tightly wound do the spiral arms appear?	How many spiral arms are there?	How prominent is the central bulge, compared with the rest of the galaxy?	Is there anything odd?	Is the odd feature a ring, or is the galaxy disturbed or irregular?
161												
162												
163												
164												
165												
166												
167												
168												
169												
170												
171												
172												
173												
174												
175												
176												
177												
178												
179												
180												
181												
182												
183												
184												
185												
186												
187												
188												
189												
190												
191												
192												
193												
194												
195												
196												
197												
198												
199												
200												

