Todas as Ciências são estruturadas e evoluem essencialmente em torno de conceitos que, pela sua simplicidade, parecem óbvios. No entanto, frequentemente temos verificado que existe alguma confusão sobre estes conceitos. Com efeito, por parecerem tão óbvios, muitas vezes acabam por ser explicados de uma forma mais superficial, o que lhes retira a clareza.
Além disso, o que parecia óbvio, muitas vezes vai revelando uma complexidade não prevista; quantas vezes depois da explicação de um conceito tantas vezes repetido, uma dúvida de um aluno, ou até a utilização de uma frase ligeiramente diferente revela uma maior riqueza dos conceitos ligados às Ciências da Terra…

Conversas em torno da Terra é uma coleção de textos sobre os processos naturais que ocorrem no nosso planeta; escritos ao sabor das circunstâncias pretendem abordar o que... é óbvio… Embora tenhamos já planeado uma série de temas das próximas conversas estamos disponíveis para, na medida do possível, abordar temas que nos venham a ser sugeridos.

Apesar da sua simplicidade, estes pequenos textos talvez possam vir a ajudar a compreender melhor a maravilhosa diversidade da Natureza, contribuindo para desfazer alguns mal-entendidos e até erros que por vezes surgem em alguns manuais escolares.

Se pretender outro material didático, visite a página do Centro Ciência Viva de Estremoz em: www.ccvestremoz.com/ccvestremoz-recursos

Centro Ciência Viva de Estremoz
Dezembro de 2023

CCVESTREMOZ CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE DE ÉVORA
CIÊNCIA VIVA
ICT Instituto de Ciências da Terra
cofinanciamento
ALENTEJO 2020 PORTUGAL 2020 UNIÃO EUROPEIA FEEI

MAPAS HÁ MUITOS...



DAS LARANJAS AOS BALÕES E AOS MAPAS... OU A IMPOSSIBILIDADE DE PLANIFICAR UMA ESFERA

Descascar uma laranja pode ser uma excelente atividade experimental para melhor compreender porque é impossível fazer um mapa perfeito da superfície do nosso planeta *(ver **protocolo 1**)*. Qualquer que seja a maneira que se utilize para cortar a casca, é fácil verificar que, não só é impossível adaptar as cascas a uma superfície plana (a não ser deformando-as), como também ficam sempre espaços vazios entre pedaços de cascas (**figura 1**).

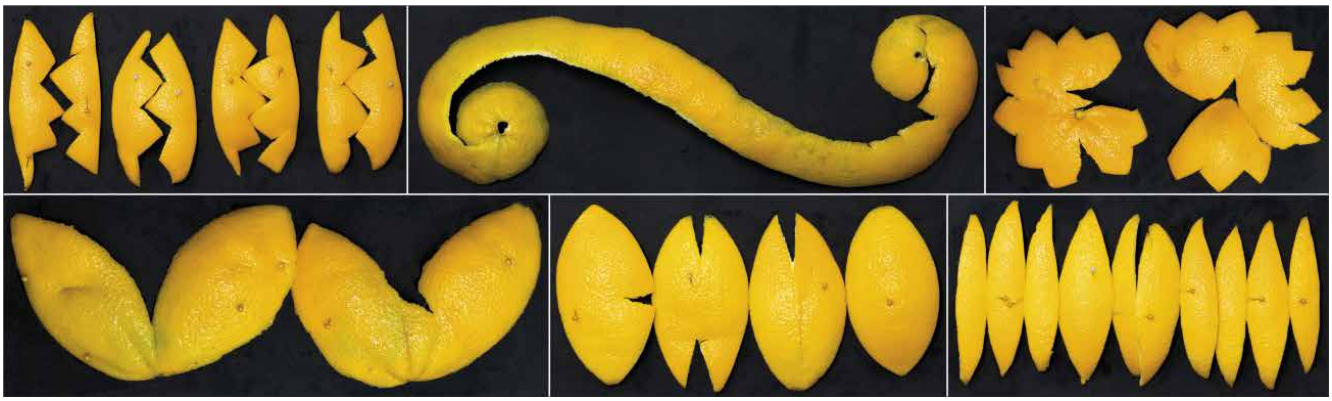


Figura 1. A impossibilidade de descascar uma laranja de modo a que os fragmentos das cascas preencham totalmente uma superfície plana sem deixar espaços vazios.

Talvez inspirado na possibilidade de descascar laranjas fazendo gomos com as cascas, surgem mapas do mundo em que a sua superfície surge dispersa em gomos independentes (**figura 2**). Qualquer que seja o número de gomos que se utilize ficam sempre espaços vazios, o que não é muito prático para construir mapas pois, são sempre criadas numerosas descontinuidades entre zonas adjacentes. Ao se utilizar mais gomos, os espaços vazios são menores, mas...em maior número.

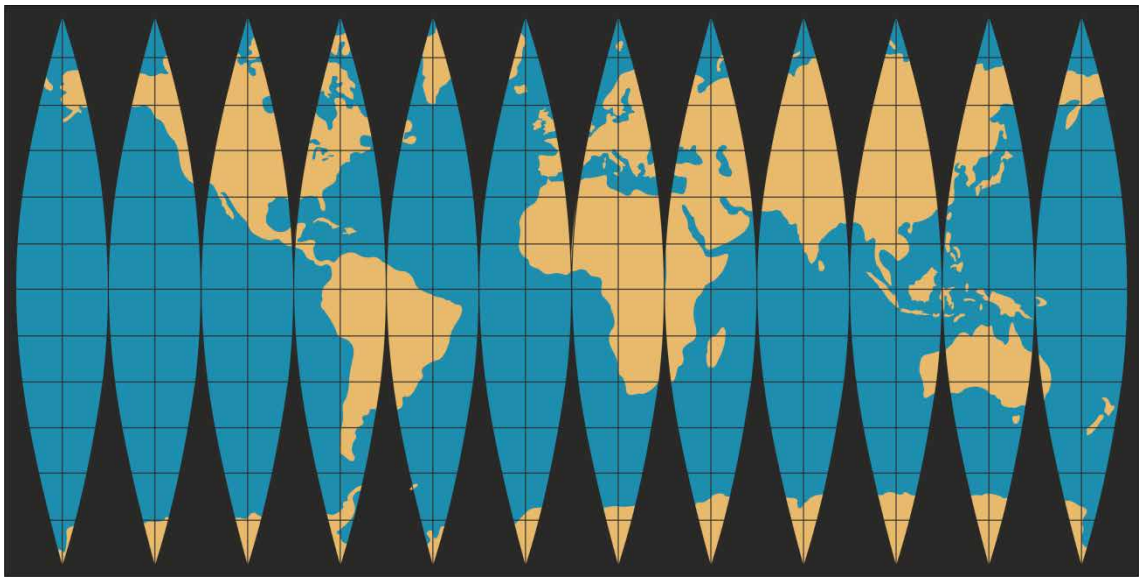


Figura 2. Mapa esquemático da superfície da Terra segundo uma representação em 12 gomos.

cofinanciamento

MAPAS HÁ MUITOS...



SENDO IMPOSSÍVEL PLANIFICAR UMA ESFERA SEM DEIXAR ESPAÇOS VAZIOS, COMO SÃO FEITOS OS MAPAS MUNDO?

Para isto vamos passar das laranjas aos balões *(ver **protocolo 2**)*...

Num balão circular cheio desenha as formas aproximadas dos continentes nas posições relativas que eles têm no nosso planeta (**figura 3**).
Com cuidado esvazia o balão e com uma tesoura corta-o ao meio. Ao se esticar o balão sobre uma superfície plana, verifica-se é um possível planificá-lo sem deixar espaços vazios, mas à custa de deformar imenso a borracha de que ele é feito.

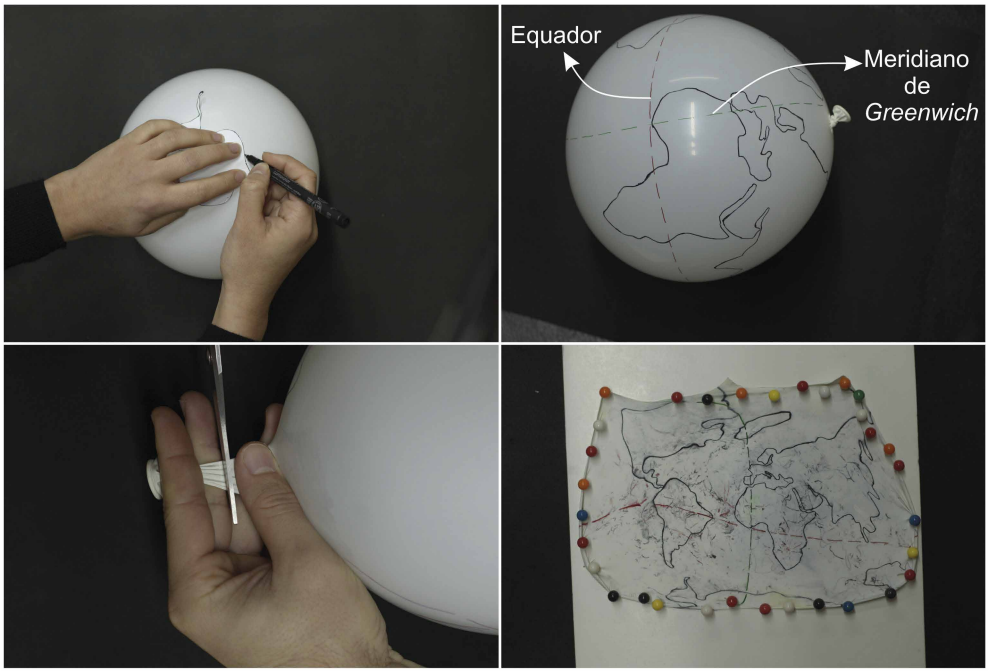


Figura 3. Utilização de um balão para mostrar os problemas associados à planificação do superfície da Terra sem deixar espaços vazios.

As experiências anteriores mostram-nos que é impossível obter um mapa-mundo da superfície do nosso planeta sem deformar imenso as formas e/ou as dimensões dos continentes e os oceanos que os constituem. Deste modo, todos os mapas que representam grandes áreas do nosso planeta, são sempre imagens altamente distorcidas da realidade. Esta distorção diminui quando os mapas representam pequenas porções da Terra pois nesse caso a curvatura da Terra não é tão grande.
Apenas os globos terrestres conseguem mostrar a superfície da Terra sem distorção pois, tal como o nosso planeta são esférico.

.3 MAPAS HÁ MUITOS...



Mesmo quando utilizamos no nosso computador programas, como o ***Google Earth***, que aparentemente mostram uma Terra tridimensional, na realidade também aqui existe distorção pois o monitor em que é exibida é plano. Neste caso, apenas no centro da imagem a distorção é reduzida ou está ausente, pois na periferia da imagem que estamos a visualizar a forma e escala do terreno está alterada, principalmente quando se observam áreas vastas. Por isso, quando observamos este tipo de mapas devemos ter sempre presente que sempre representações aproximadas do terreno.

A partir das experiências com o balão é fácil perceber que a distorção dos continentes e oceanos não é homogénea ao longo do mapa e que vai depender da forma como o balão foi cortado e esticado.
Por isso, ao longo do tempo foram sendo propostas diferentes tipos de projeções tendo em vista a planificação da Terra. Não havendo uma projeção perfeita, todas elas resultaram de objetivos distintos, embora tendo como ponto comum minimizar a distorção numa determinada região do nosso planeta o que só era possível à custa do aumento da distorção noutras regiões do mapa.

MAPAS HÁ MUITOS...



UM SÓ PLANETA, DIFERENTES PROJEÇÕES

A generalidade das projeções utilizadas para construir mapas do nosso planeta insere-se numa de três categorias distintas, que diferem na relação espacial entre o plano de projeção (*i.e.*, o mapa) e a Terra (**figura 4**).

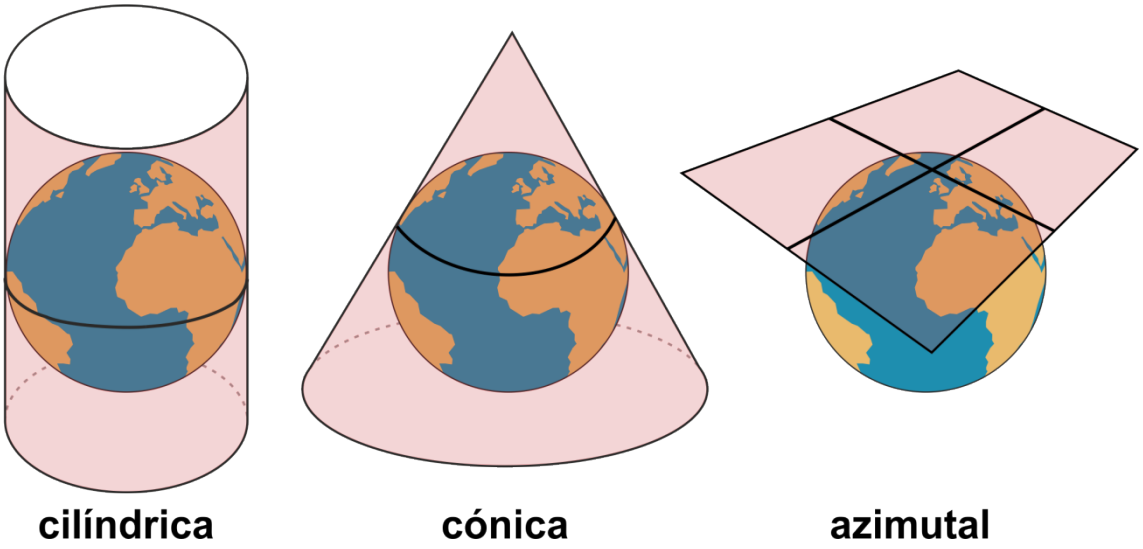


Figura 4. Principais tipos de projeção utilizados para representarem a superfície da Terra em que esta é tangente à superfície de projeção.

Não se que este texto seja uma descrição exaustiva dos inúmeros tipos de projeção da superfície do nosso planeta, irão ser referidos apenas alguns dos mais utilizados, que nos ajudarão a compreender melhor os princípios que estão na sua origem.

Sem dúvida que a projeção mais utilizada na generalidade dos ***mapas-mundo*** que usualmente observamos é a de ***Mercator*** (**figura 5A**), proposta ***Gerardus Mercator*** em 1569 tendo em vista as viagens de navegação, que deve a sua enorme popularidade ao facto de apesar de distorcer bastante a área dos continentes e oceanos, não alterar os ângulos entre linhas.
Isto significa que se pretendermos ir de um ponto A do mapa para um ponto B, o ângulo α com o Norte que é medido no mapa basta utilizar a bússola e seguir a direcção angular que foi determinada no mapa. Esta particularidade deste tipo de projeção é particularmente importante durante as grandes viagens, principalmente antes de o sistema **GPS** *(**Global Positioning System** - Sistema de Posicionamento Global)* nos permitir saber sempre com exatidão onde nos encontramos.

7.5 MAPAS HÁ MUITOS...



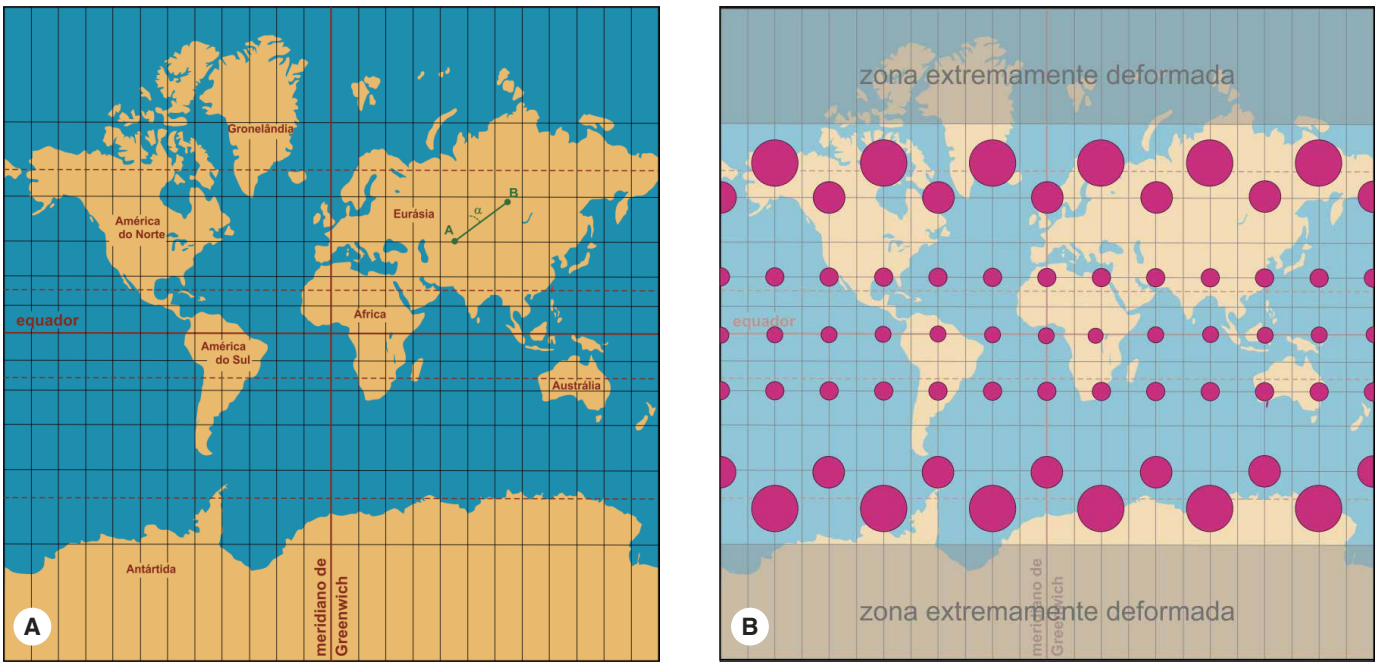


Figura 5. Mapa da superfície da Terra com a distribuição dos continentes e oceanos obtida através da projeção cilíndrica tangente de Mercator:
A - Determinação angular da direção entre dois pontos e o Norte geográfico.
B - Visualização da distorção associada a esta projeção utilizando a técnica da indicatriz de Tissot.

No entanto, este tipo de projeção leva à distorção relativa das áreas entre várias regiões do globo terrestre, pois as que se localizam a maiores latitudes (*i.e.*, mais perto dos polos) são sobrevalorizadas em relação às que estão mais perto do equador. É por isso que apesar de a Austrália ser três vezes e meia maior que a Gronelândia (*i.e.*, 7 688 000 km^2 *versus* 2 166 000 km^2), nestes mapas esta última região parece ser muito maior. Isto leva também a que a área da Eurásia pareça várias vezes superior à de África, apesar de ser menos do dobro (*i.e.*, 54 760 000 km^2 *versus* 30 370 000 km^2).
Esta situação acabava por ser do agrado das potências europeias que desde o tempo dos descobrimentos têm vindo a ter uma posição dominante no Mundo.

Uma maneira fácil de visualizar a distorção que os vários sistemas de projeção induzem ao planificarem a superfície da Terra, obtém-se da utilização da indicatriz de ***Tissot*** proposta em meados do século XIX pelo matemático francês *Nicolas Tissot*. A indicatriz é a figura que se obtém projectando num mapa um círculo imaginário inicialmente desenhado na superfície da Terra. A relação entre a forma, tamanho e orientação da indicatriz e do círculo original depende da projeção utilizada para construir o mapa. No caso da projeção de Mercator todas as indicatrizes são sempre círculos, o que significa que as áreas não são distorcidas neste tipo de mapa e por isso se diz que esta é uma projeção conforme. No entanto, as áreas aumentam significativamente à medida que se distanciam do equador, ao longo do qual o aumento é nulo (**figura 5B**).

7.6 MAPAS HÁ MUITOS...



Para latitudes superiores a 70° (Norte ou Sul), aumento é tal que estes mapas são inúteis para representar estas regiões.

É de realçar que embora habituados a ver mapas-mundo obtidos a partir do sistema de projeção de Mercator centrados no Atlântico (**figura 5A**), esta é apenas a perspetiva dos primeiros exploradores e cartógrafos europeus. Com efeito, quando se planifica uma projeção cilíndrica há que escolher onde se "corta" o cilindro para "abrir" a projeção. No mapa que mais utilizamos, o corte é feito nos nossos antípodas de modo ao centro do mapa estar ocupado pelo oceano Atlântico (**figura 5A**). Evidentemente que estes mapas são pouco práticos para países da zona do Pacífico, que tendem a utilizar mapas centrados na sua região, relegando para as periferias a zona do Atlântico e separando a Europa e a África dos continentes americanos (**figura 6A**).

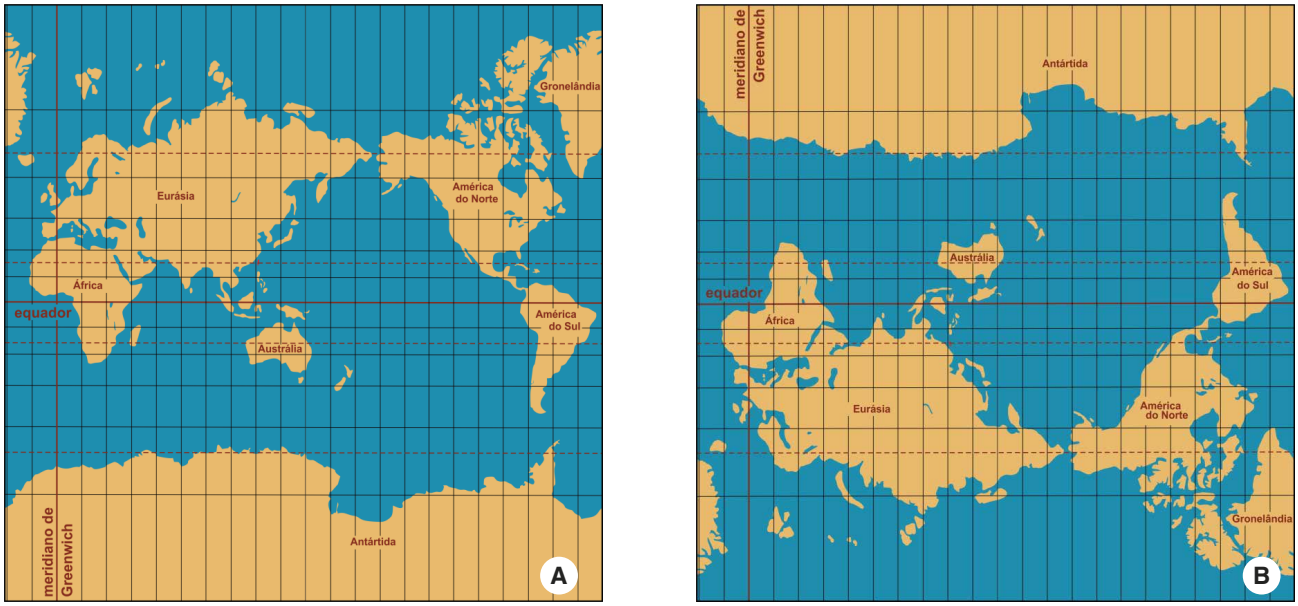


Figura 6. Mapa da superfície da Terra com a distribuição dos continentes e oceanos obtida através da projeção de Mercator centrada na região do Pacífico:
A - Versão com o Norte para cima.
B - Versão com o Sul para cima.

Uma visão mais radical, que enfatiza o facto de os mapas traduzirem a visão que temos do Mundo, reflectindo muitas vezes opções políticas, são os mapas "*com o Sul para cima*", também conhecidos como "de pernas para o ar" ou "mapas invertidos", onde as regiões setentrionais aparecem agora na parte "inferior" do mapa (**figura 6B**). Uma das primeiras propostas de afirmação da importância do hemisfério Sul pela cartografia data do início do século XX, quando o artista uruguaio *Joaquín Torres Garcia* (que dizia que "*o nosso Norte é o Sul*") publica um desenho onde a América do Sul aparece invertida. Mais recentemente, em 1979, o político australiano *Stuart McArthur* publicou um mapa universal no qual não só a projeção é centrada na Austrália, mas também o Sul surge no topo (**figura 6B**).

7.7 MAPAS HÁ MUITOS...



A forte distorção nos tamanhos relativos entre as diferentes regiões e o facto da projeção de Mercator sobrevalorizar os países mais ricos da Europa e da América do Norte em relação aos países mais pobres de África e da América do Sul, levou o historiador alemão *Arno Peters* a propor em 1973 um mapa utilizando uma projeção que mantinha as áreas relativas entre as várias regiões da Terra, pelo que se diz de igual-área (**figura 7A**). Isto foi conseguido utilizando na mesma uma projeção cilíndrica mas em que a superfície de projeção é secante ao globo ao longo dos paralelos 45°N e 45°S (ver pormenor na **figura 7A**). Por esta solução ser idêntica à proposta por *James Gall* no final do século XIX, é atualmente conhecida pela ***projeção de Gall-Peters***. No entanto, a conservação das áreas é conseguida à custa da distorção acentuada das formas, conforme expresso pelas indicatrizes de Tissot onde as elipses são predominantes sobre os círculos que apenas aparecem nas regiões com as latitudes de 45°N e 45°S (**figura 7B**).

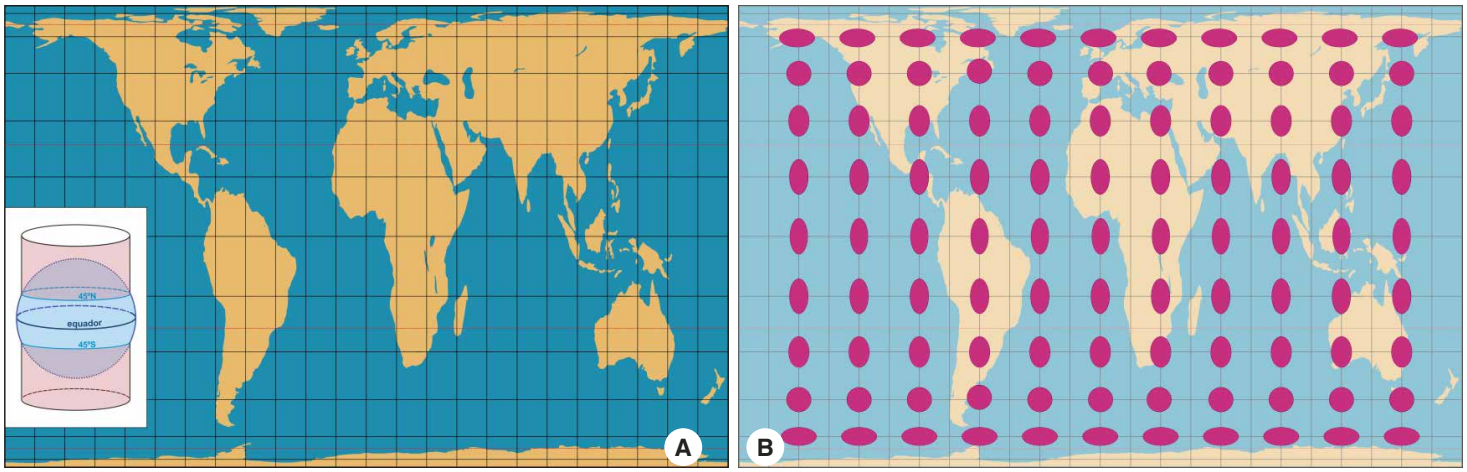


Figura 7. A projeção de Gall-Peters da superfície da Terra:
A - Mapa com a distribuição dos continentes e oceanos e pormenor da relação entre o plano de projeção e o globo terrestre.
B - Visualização da distorção utilizando a técnica da indicatriz de Tissot.

Os exemplos anteriores mostram que as projeções retangulares da superfície da Terra implicam sempre distorções acentuadas das áreas e ou das formas relativas entre as várias regiões. Isto levou a que nos finais do século XX várias associações de geografia rejeitassem a utilização dos *mapas-mundo* retangulares. Desde então uma das projeções que têm vindo a ser bastante utilizadas (*e.g.* ***NASA*** e ***PaleoMAp project de Scotese***) foi a proposta pelo astrónomo e matemático alemão *Karl Mollweid* no início do século XIX.

A ***projeção de Mollweid*** é uma projeção pseudo-cilíndrica de igual área, na qual a superfície da Terra surge como uma elipse de razão 2:1 onde os paralelos são linhas rectas e os meridianos elipses, exceto o de referência que é uma linha recta perpendicular ao equador (**figura 8A**).

As formas, direcções, ângulos e distâncias são geralmente distorcidos, mas o facto de as áreas serem preservadas (**figura 8B**) torna este tipo de projeção ideal para mapas temáticas de pequena



escala (*i.e.* abrangendo uma parte significativa da superfície da Terra) onde seja importante uma análise precisa das áreas.

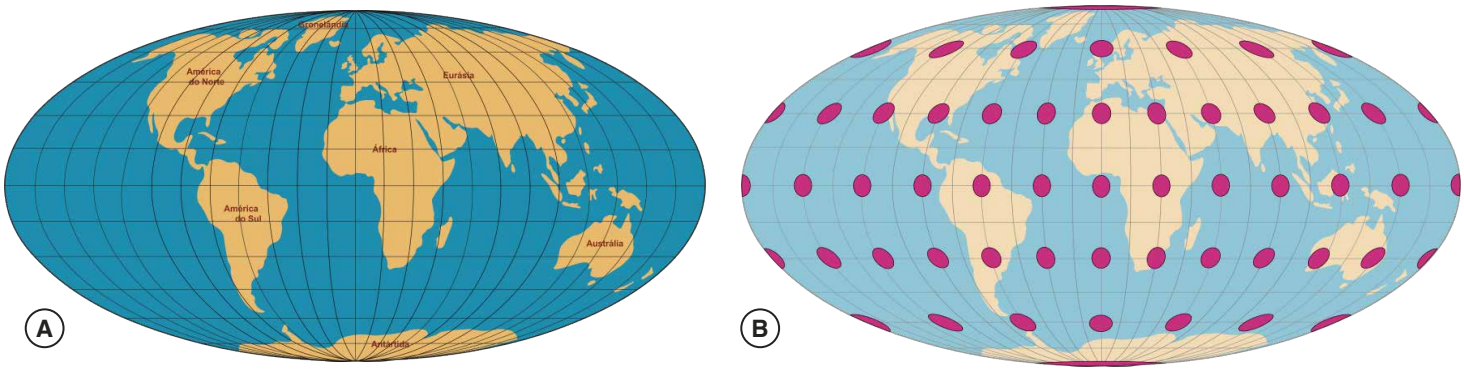


Figura 8. A projeção de Mollweid da superfície da Terra:
A - Mapa com a distribuição dos continentes e oceanos.
B - Visualização da distorção utilizando a técnica da indicatriz de Tissot.

Apesar da projeção de Mollweid ser um bom compromisso quando o objectivo é visualizar a generalidade da superfície da Terra, a distorção das formas aumenta com alguma rapidez a partir do ponto central. Esta situação leva a que ainda sejam por vezes utilizadas outros tipos de projeção que, em determinadas situações podem ter alguma vantagem.

É o caso da denominada **projeção azimutal equidistante** que tem uma propriedade bastante útil: todos os pontos no mapa estão a distâncias proporcionais corretas em relação a um ponto central (*i.e.* é trata-se de uma projeção equidistante) e apresentam os azimutes corretos (*i.e.* as direcções) em relação a esse ponto.

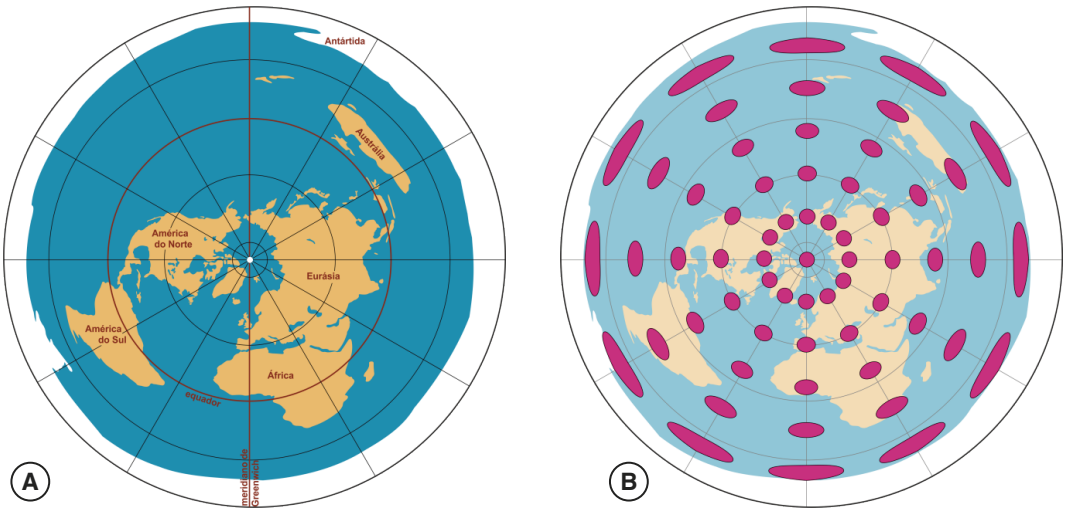


Figura 9. projeção azimutal polar da superfície da Terra:
A - Mapa com a distribuição dos continentes e oceanos.
B - Visualização da distorção utilizando a técnica da indicatriz de Tissot.

MAPAS HÁ MUITOS...



A situação mais conhecida deste tipo de projeção corresponde a uma projeção em que o polo Norte está no centro do mapa, o que leva a que os meridianos surjam como linha rectas (**figura 9A**). Apesar de manter as distâncias proporcionais corretas em relação ao polo Norte, as regiões mais perto do polo Sul (que corresponde à circunferência da periferia do mapa) são profundamente distorcidas (**figura 9B**). O símbolo das *Nações Unidas* utiliza um mapa com este tipo de projeção.

A terminar iremos referir a **projeção de Bonne** (**figura 10**) que, apesar de ter sido criada por *Ptolomeu* cerca do ano 100 da nossa era, foi amplamente utilizada pelo cartógrafo francês *Rigoberto Bonne* em meados do século XVIII, pelo que é normalmente conhecida pelo seu nome. Trata-se de uma projeção pseudo-cónica de igual área (*i.e.* equivalente), que tende a manter bastante rigor nas formas e áreas da zona central, pelo que foi amplamente utilizada para mapas de pequena escala da Europa (**figura 10A**) e da Ásia (**figura 10B**). Este rigor é maior nas proximidades do meridiano central e do paralelo padrão utilizados (onde não há distorção), conforme se pode observar pela distribuição das indicatrizes de Tissot respectivas (**figuras 10C e 10D**).

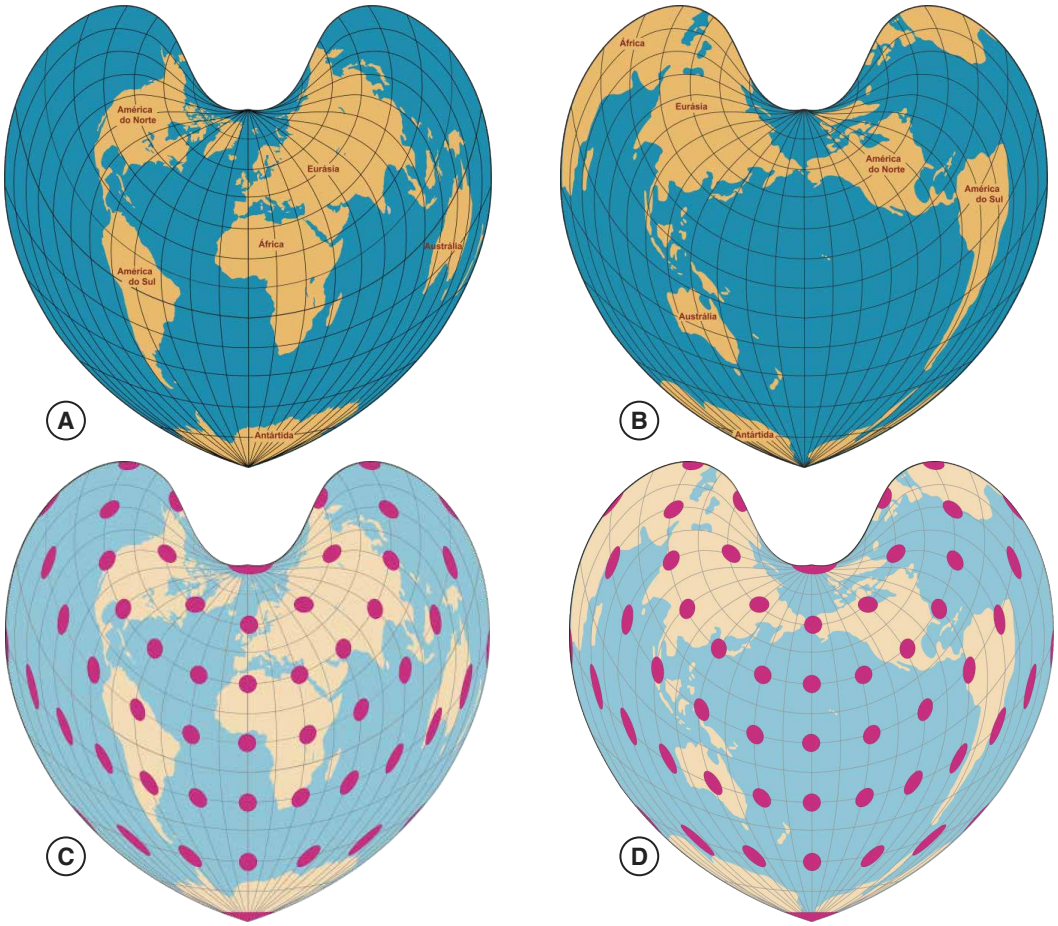


Figura 10. A projeção de Bonne da superfície da Terra:
A - Mapa com a distribuição dos continentes e oceanos centrada no meridiano de Greenwich.
B - Mapa com a distribuição dos continentes e oceanos centrada no oceano Pacífico.
C - Visualização da distorção utilizando a técnica da indicatriz de Tissot.
D - Visualização da distorção utilizando a técnica da indicatriz de Tissot.

CCV ESTREMOZ Centro Ciência Viva · Universidade de Évora · Ciência Viva · ICT Instituto de Ciências da Terra
cofinanciamento: Alentejo 2020 · Portugal 2020 · União Europeia FEEI

7.10 MAPAS HÁ MUITOS...



Muito utilizada nos séculos XIX e princípios do século XX actualmente aparece essencialmente em trabalhos artísticos pois, neste tipo de projeção aparece com a forma de um coração e... terá sido isso que cativou o ***Pai Natal do Centro Ciência Viva de Estremoz.***

Centro Ciência Viva de Estremoz

Dezembro de 2023

CCV ESTREMOZ CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE DE ÉVORA
CIÊNCIA VIVA
ICT Instituto de Ciências da Terra
cofinanciamento
ALENTEJO 2020 PORTUGAL 2020 UNIÃO EUROPEIA FEEI



... a Terra é esférica e os mapas planos???

Objetivo:

Planificar o globo terrestre num plano, percebendo as inevitáveis deformações que os mapas-mundo sempre apresentam.

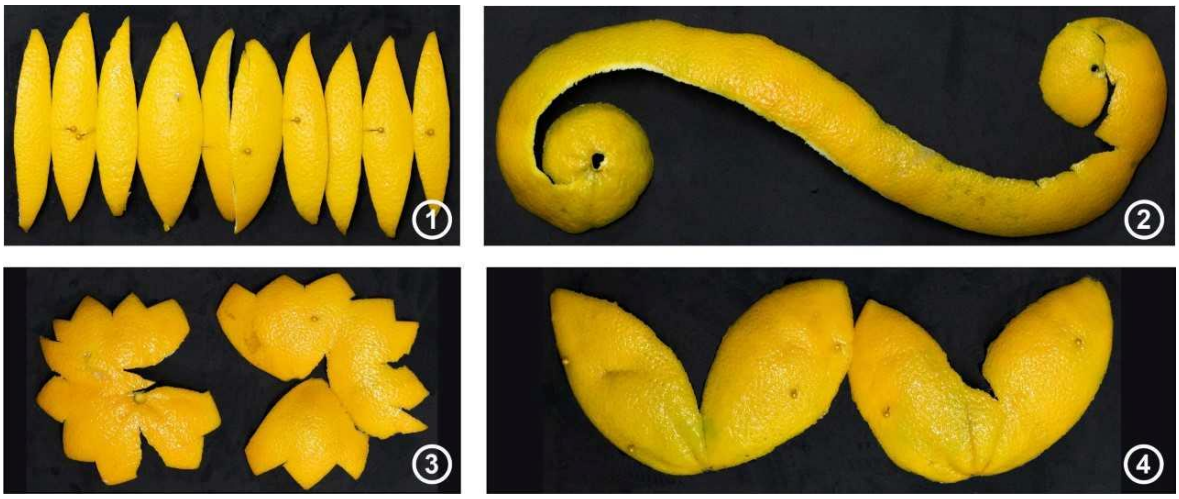
Material:

- 4 Laranjas
- 5 Balões
- 1 Tesoura
- 3 Canetas de acetato (*e.g.* preta/azul, vermelha e verde).
- Fita cola invisível ou fita cola de pintor (*i.e.,* que permita descolar facilmente a fita cola da borracha do balão sem o romper)
- 1 Fita de tecido ou elástico ou fio com 1 metro de comprimento
- 1 Conjunto de continentes em folhas A4 (material em anexo).
- Alfinetes de sinalização (1 cor ou várias).
- 1 Placa de cartão com 20cm x 20cm e pelo menos 5mm de espessura.



1. Pegue numa laranja e descasque-a em gomos; disponha as cascas sobre uma folha de papel tentando minimizar os espaços entre elas (figura 1).
2. Descasque as outras laranjas utilizando padrões diferentes e disponha as cascas numa folha, tentando também minimizar os espaços entre elas (figuras 2, 3 e 4).
3. Será que é possível descascar uma laranja dispondo os pedaços das cascas sem que fiquem espaços livres? Se isto não é possível, como são feitos os mapas-mundo que observamos onde não existem espaços livres? Isto será compreendido com a próxima experiência...

Figuras:





1. Encher um balão até este ficar com cerca de 20 centímetros de diâmetro.
2. Recortar com cuidado, todas as formas dos continentes presentes no anexo.
3. Fazendo coincidir o nó do balão com o polo Norte e utilizando as formas anteriores, desenhar os continentes no balão (figuras 1 e 2). Esta etapa deve de ser realizada com o apoio de uma segunda pessoa que posicione os continentes na posição correta (*i. e.* na posição relativa que ocupam no nosso planeta) enquanto a outra os contorna com a caneta preta/azul. Caso não seja possível ter ajuda, deverá recorrer-se à fita cola para posicionar e colar os continentes à volta do balão e posteriormente contorná-los. No processo de posicionamento dos continentes, é aconselhado usar um globo físico ou digital (*e.g. Google Earth)* para os colocar na posição correta.
4. Para além dos contornos dos continentes, é importante o balão ter desenhado o Equador e o Meridiano de Greenwich (ou meridiano principal), duas linhas de referência fundamentais para a cartografia do nosso planeta. O equador é a linha imaginária E-W a meio caminho entre os polos, que divide a Terra num hemisfério Norte e noutro Sul. O meridiano de Greenwich é o semicírculo máximo que passa pelos polos Norte e Sul e pela cidade de Greenwich no distrito de Londres que foi escolhido como linha de referência a partir do qual se estabelecem os fusos horários e se mede a longitude. Também é importante marcar o seu antimeridiano, ou seja, o semicírculo máximo oposto que está a 180º e passa pela região do Oceano Pacífico, um pouco a W da Austrália. Para os construir, deve-se colocar e posicionar a fita ou o fio, que servirá como material de auxílio para que estas linhas fiquem na posição correta (figuras 3 e 4). Tal como referido no ponto anterior, aconselha-se a utilização de um globo físico ou digital para posicionar a fita ou o fio. É recomendado utilizar a caneta vermelha para desenhar a tracejado o Equador e a verde para o meridiano de Greenwich e para o seu antimeridiano (figura 5).



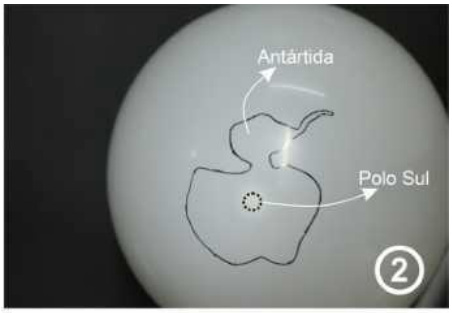
5. Realizadas as tarefas anteriores, é necessário despejar o balão. Para tal deverá esticar com dois dedos a zona do nó do balão (que corresponde ao polo Norte) e com outros dois dedos impedir a saída do ar. Com a ajuda de uma tesoura, corta-se o balão no espaço entre os dedos que esticam a zona do nó e os que impedem a passagem de ar (figura 6). Esta etapa deve ser realizada com muito cuidado para o balão não rebentar. Se rebentar, terá de começar de novo…
6. No extremo oposto, isto é, coincidente com o polo Sul (figura 2), deverá recortar uma circunferência com cerca de 2 a 3 mm de diâmetro (figura 7). Este corte, vai impedir que o balão rasgue quando o for esticar
7. É agora necessário realizar um corte transversal no balão utilizando uma tesoura (figura 8). Se pretender que o balão seja esticado realçando a Europa e a África, como acontece na generalidade dos mapas-mundo que utilizamos (figura 9) o corte deve de ser realizado segundo o antimeridiano de Greenwich. Se pretender dar ênfase à região da Ásia e do Pacífico (figura 10), o corte deve de ser realizado ao longo do meridiano de Greenwich.
8. É agora necessário esticar o balão de modo a ele ter uma forma aproximadamente retangular. O ideal é, com a ajuda de uma segunda pessoa, esticá-lo em cima do cartão, utilizando os alfinetes de sinalização para o ir fixando ao suporte (figura 9). A colocação dos alfinetes deve ser feita com cuidado e não serem espetados muito perto do bordo do balão, pois se assim for este pode rasgar quando está a ser esticado.
9. Compare a forma que os continentes adquiriram depois de esticar o balão, com a forma original que eles tinham (ver anexo) … Como vê, é impossível planificar uma esfera sem introduzir profundas deformações na forma dos continentes. Na projeção utilizada são as zonas com maiores latitudes (isto é mais longe do equador) que aparecem mais distorcidas.

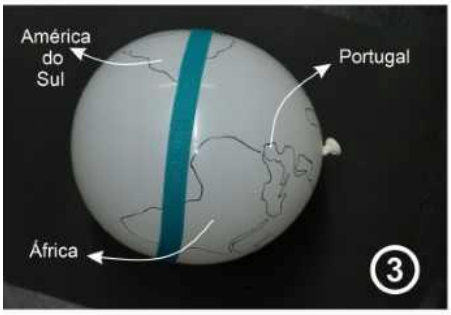
MAPAS HÁ MUITOS...
PROTOCOLO 2



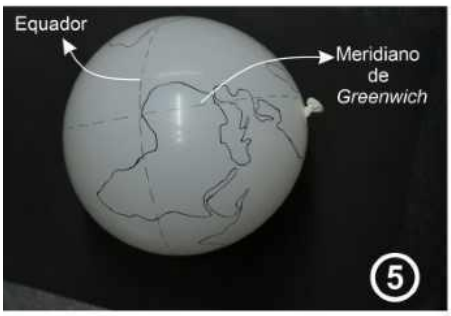
Figuras:









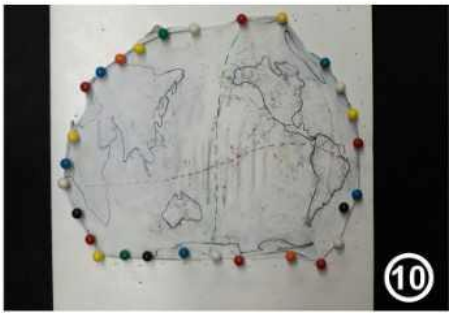








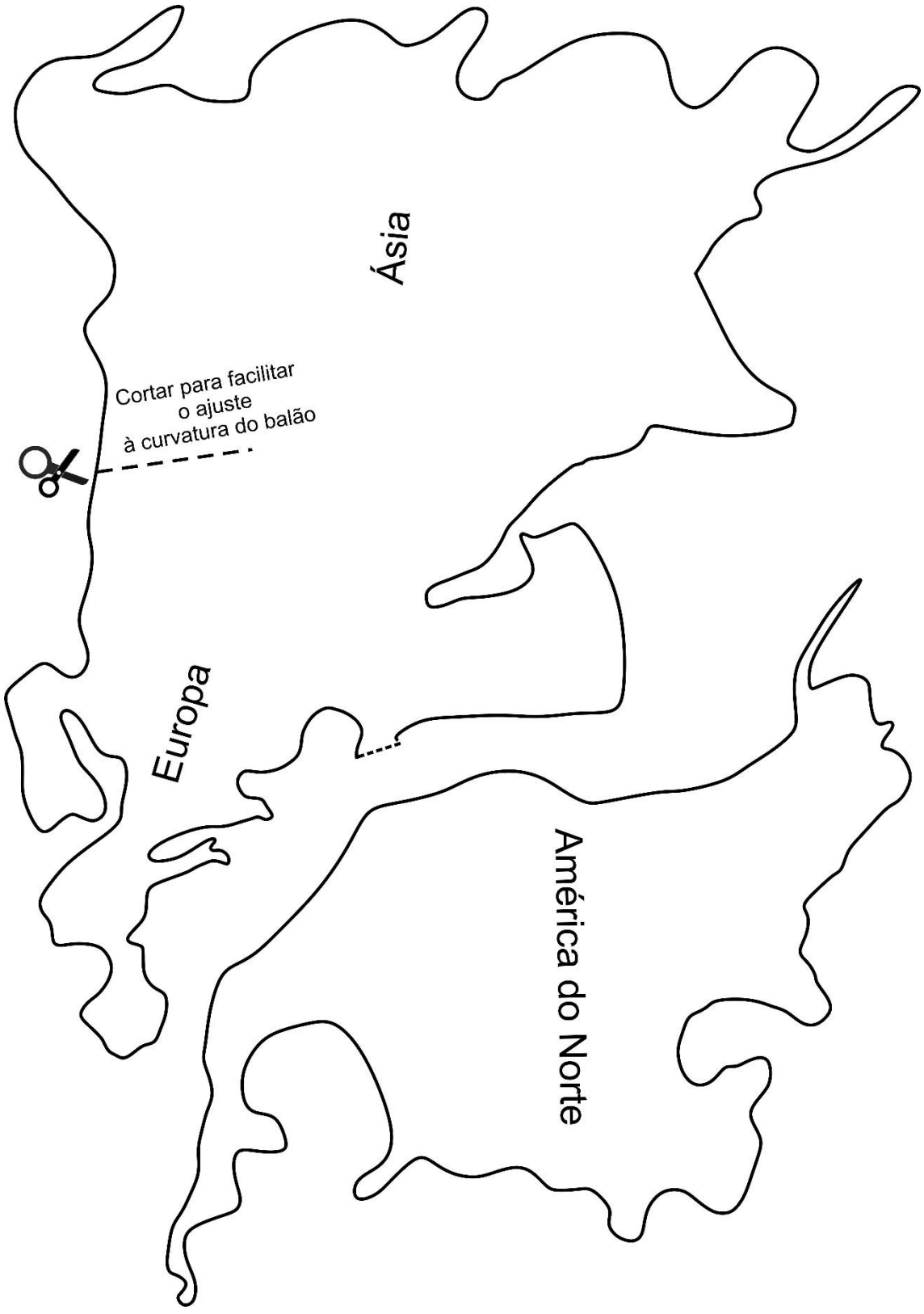




CCVESTREMOZ CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE DE ÉVORA
CIÊNCIA VIVA
ICT Instituto de Ciências da Terra
cofinanciamento
ALENTEJO 2020
PORTUGAL 2020
UNIÃO EUROPEIA FEEI

MAPAS HÁ MUITOS...
ANEXOS

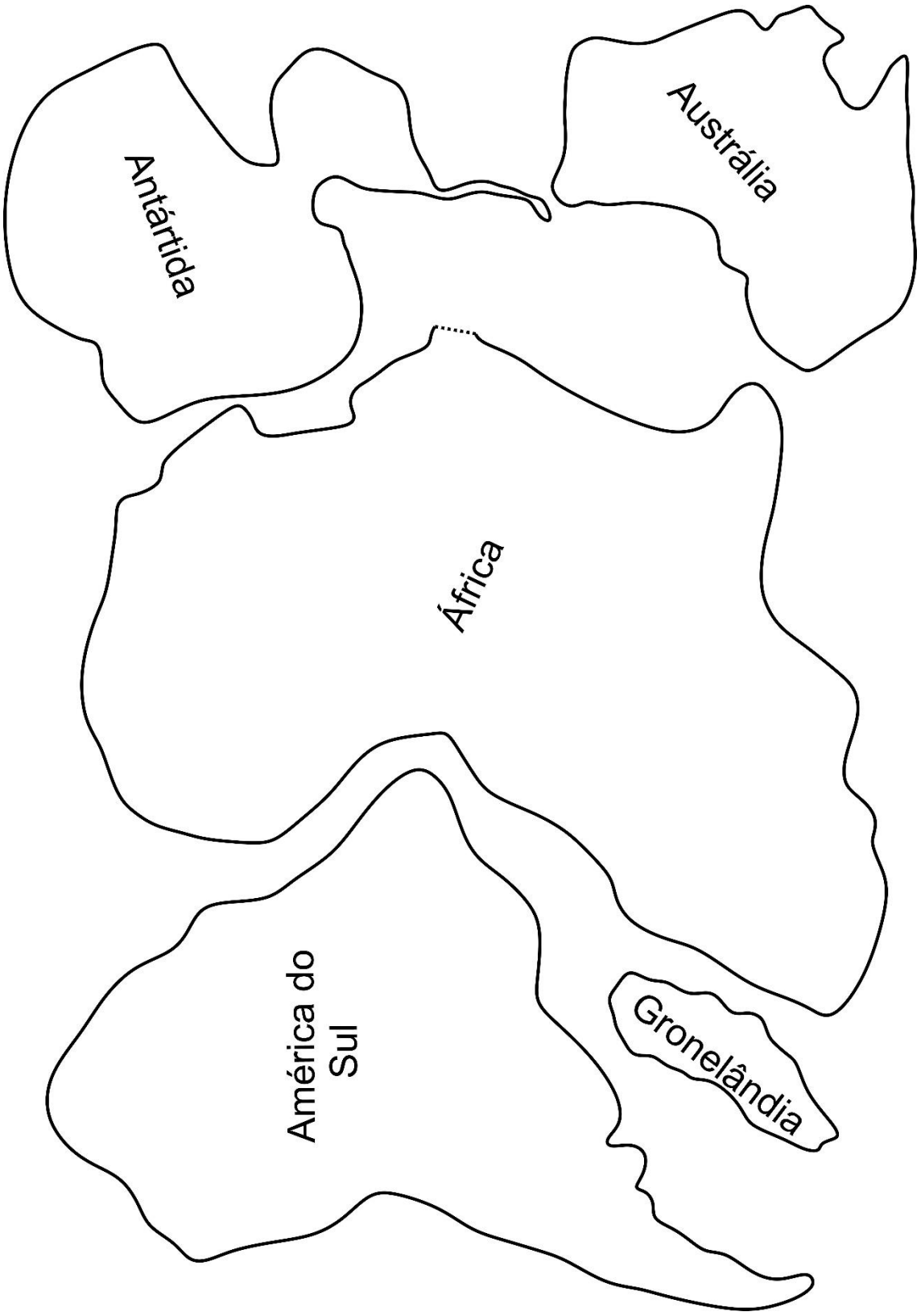




CCVESTREMOZ CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE DE ÉVORA
CIÊNCIA VIVA
ICT Instituto de Ciências da Terra
cofinanciamento
ALENTEJO 2020
PORTUGAL 2020
UNIÃO EUROPEIA FEEI

MAPAS HÁ MUITOS...
ANEXOS





CCVESTREMOZ CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE DE ÉVORA
CIÊNCIA VIVA
ICT Instituto de Ciências da Terra
cofinanciamento
ALENTEJO 2020
PORTUGAL 2020
UNIÃO EUROPEIA FEEI