

JEAN-PIERRE PETIT

As Aventuras de Anselmo Curioso

EINSTEIN E O BURACO NEGRO



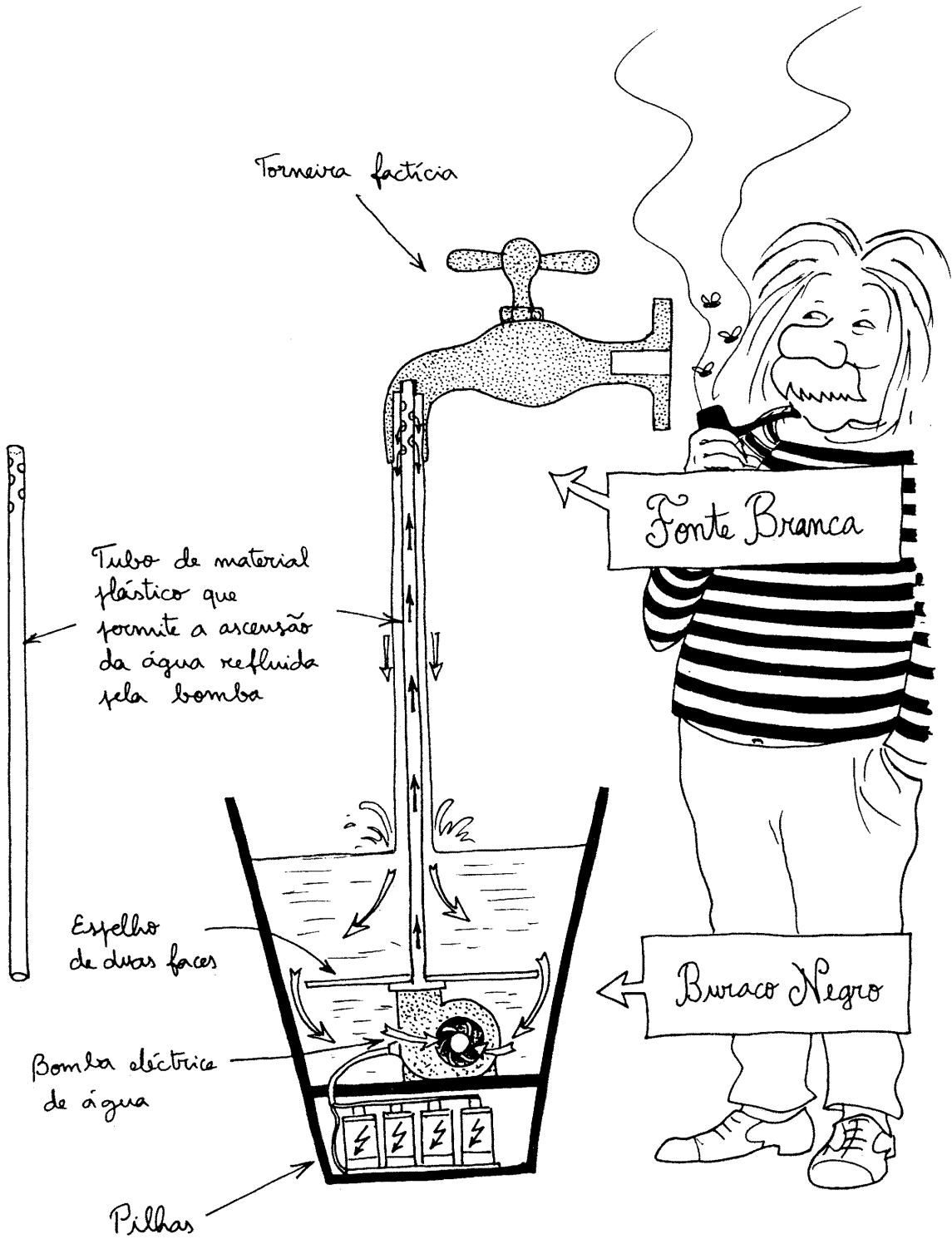
<http://savoir-sans-frontieres.com>

Donde irá a água
que corre desta torneira
que parece flutuar
no espaço?

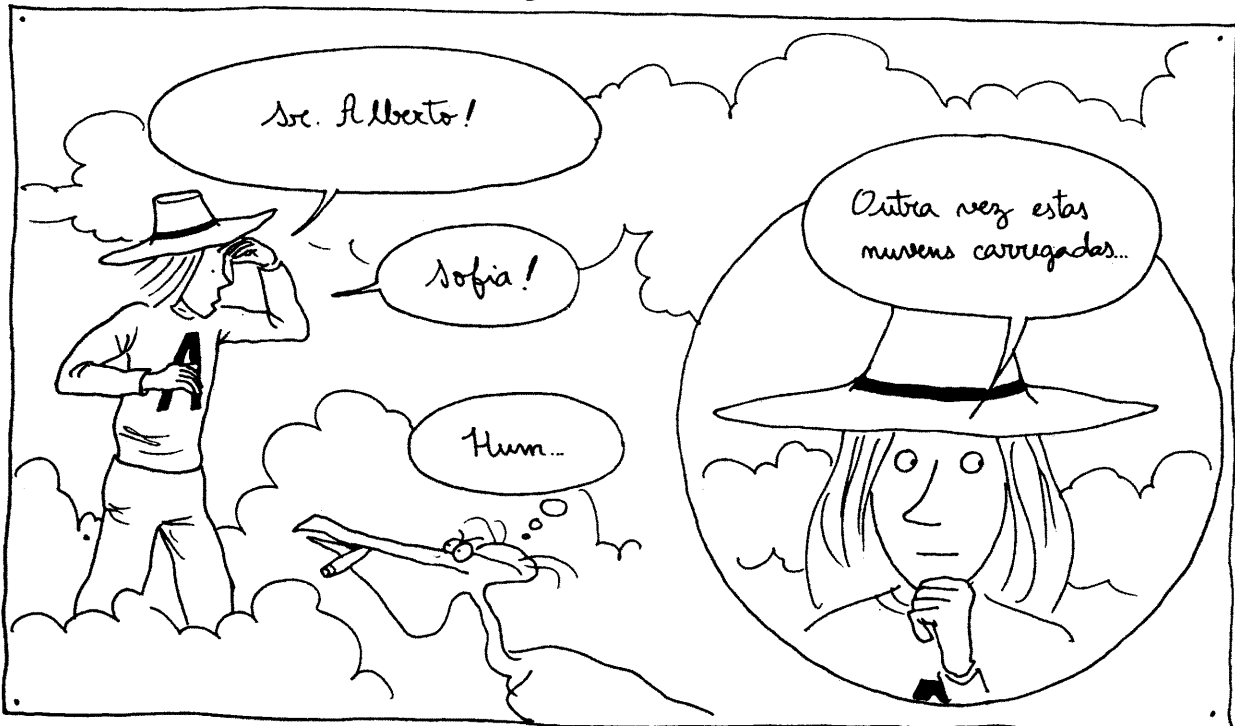
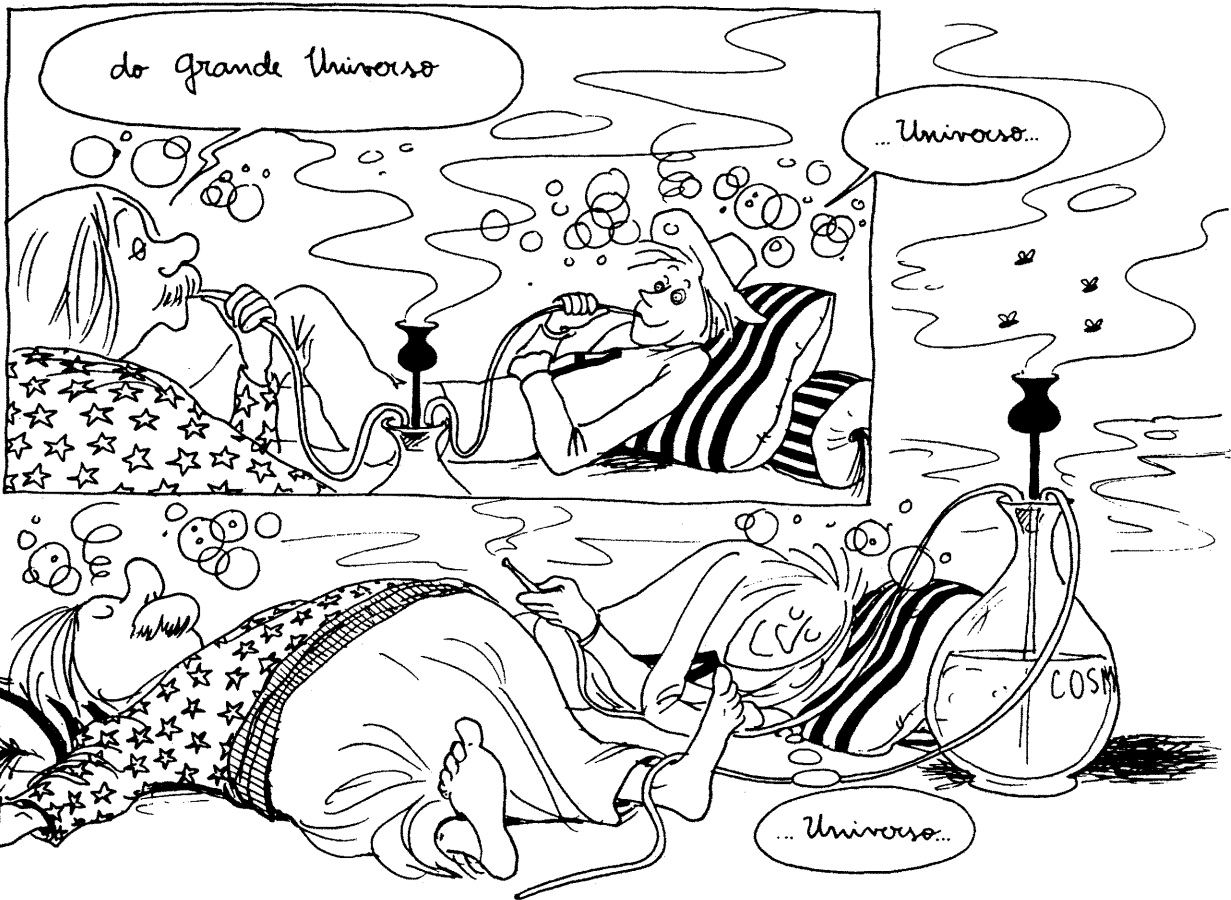
Hmmm...

E para onde irá,
já que o nível do balde
se mantém constante!

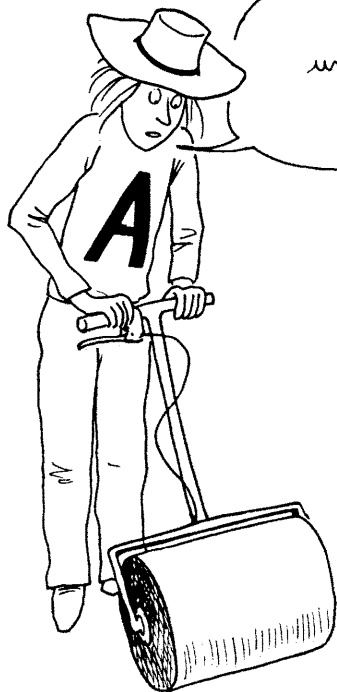
E, no entanto,
ela vai correndo!



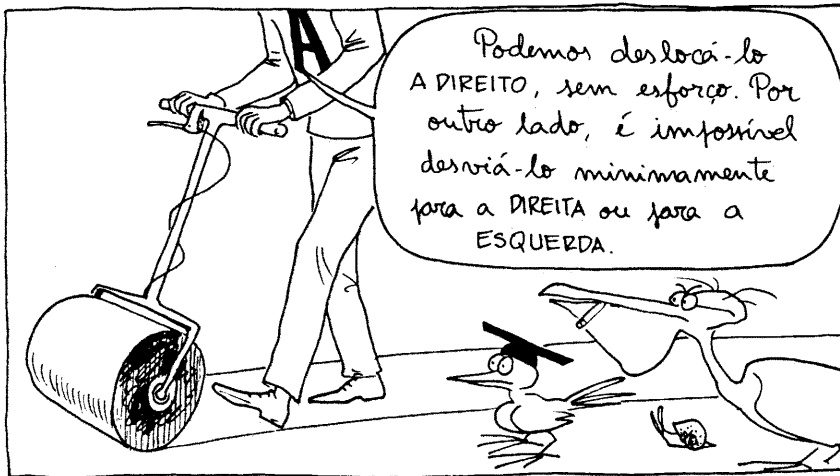




Anselmo vai mais uma vez explorar mundos nebulosos.



Olha, o que será isto? Parece um rolo para campos de ténis, ou uma espécie de rolo de pintar.



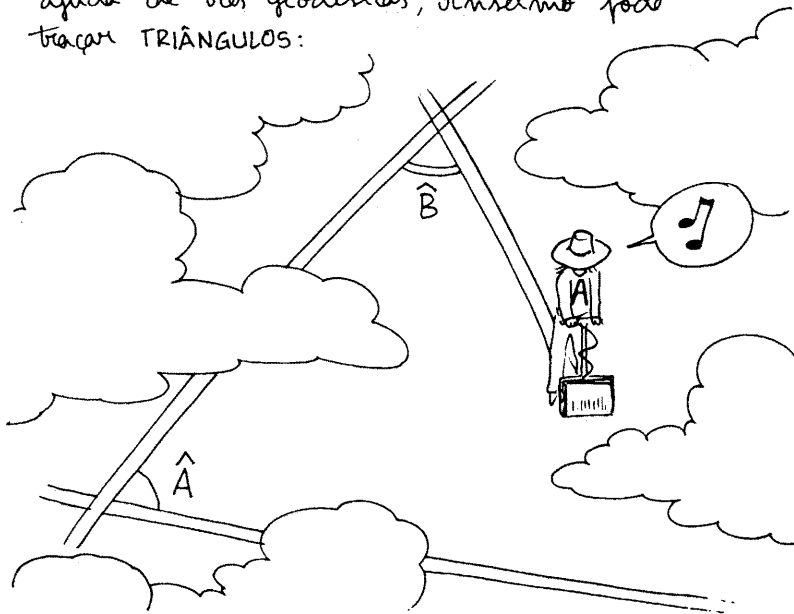
Podemos deslocá-lo A DIREITA, sem esforço. Por outro lado, é impossível desviá-lo minimamente para a DIREITA ou para a ESQUERDA.



Para que serve este manípulo?

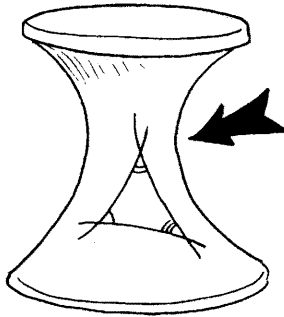
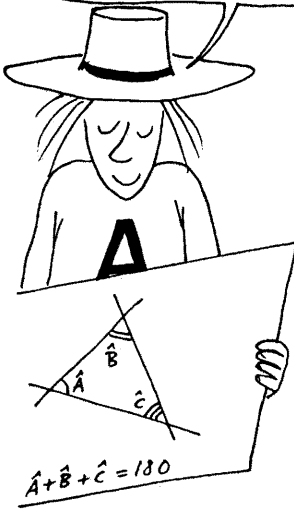
Olha, suprime a aderência e permite-me mudar de direcção de vez em quando.

Graças a este aparelho, Anselmo pode traçar as GEODÉSICAS de uma superfície. Com a ajuda de três geodésicas, Anselmo pode traçar TRIÂNGULOS:



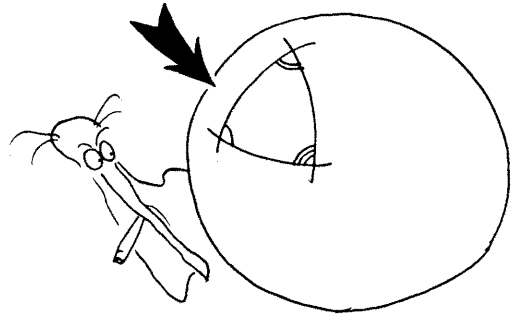
Uma superfície é um ESPAÇO A DUAS DIMENSÕES. O que significa que são necessárias DUAS QUANTIDADES para referenciar a posição de um ponto, duas coordenadas.

Vejamos, quando o espaço é EUCLIDIANO, a soma dos ângulos do meu triângulo é igual a 180° (*).

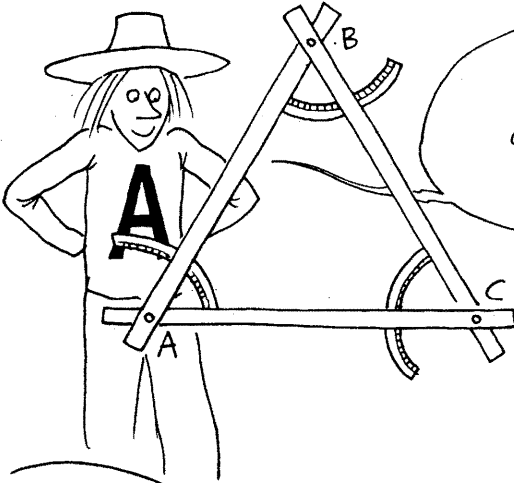


Quando o espaço tem uma curvatura negativa, esta soma é INFERIOR a 180 graus.

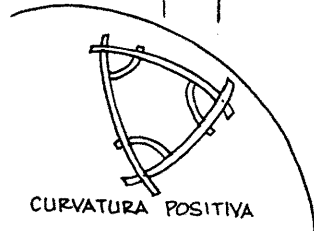
Num espaço de curvatura POSITIVA a soma é SUPERIOR a 180 graus.



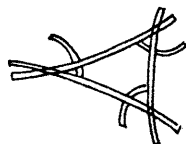
ESPAÇOS DE CURVATURA VARIÁVEL:



Inventei um curvômetro. É constituído por três lamelas elásticas que podem girar livremente em torno de três eixos A, B, C.



CURVATURA POSITIVA



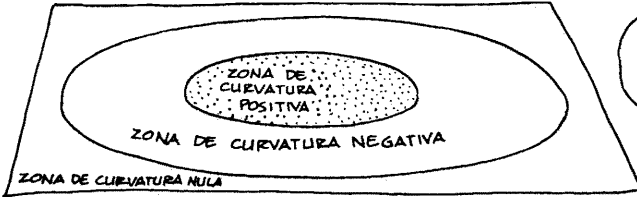
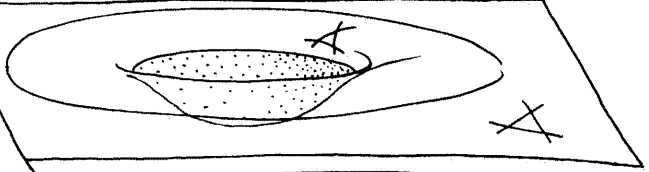
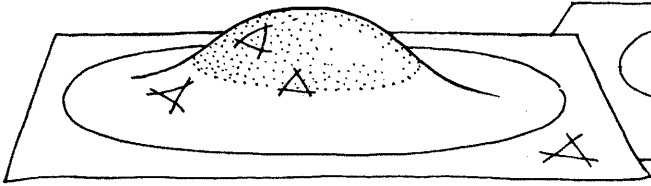
CURVATURA NEGATIVA



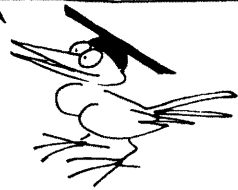
Basta aplicá-lo sobre uma superfície e medir os ângulos com a ajuda de três transferidores para conhecer a CURVATURA LOCAL.

(*). Para mais formenores, ver MISTÉRIOS DA GEOMETRIA, do mesmo autor, ed. D. Quincote.

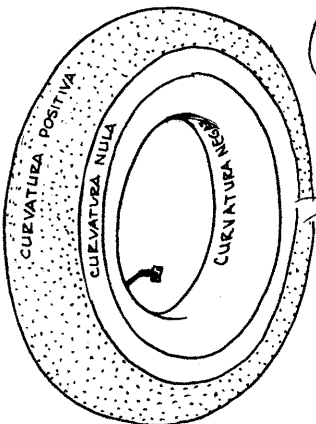
Esta bossa formada num plano é constituída por uma região central de curvatura positiva, cercada por uma região de curvatura negativa.



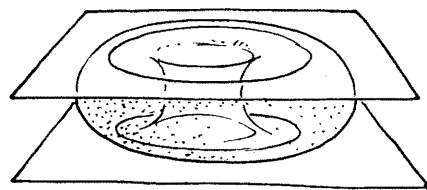
Do ponto de vista da CURVATURA, a CAVIDADE é idêntica à BOSSA.



A não me engano, isto é um TORO.



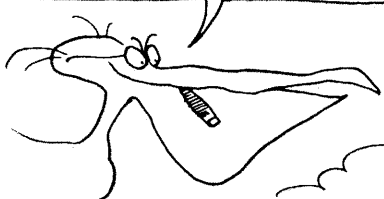
Pois é, tem uma banda de curvatura positiva e outra de curvatura negativa, separadas por uma fronteira em que a curvatura é nula.



Esta curvatura pode ser determinada pondo o toro em sanduiche entre dois planos.

Meu caro Tiresias, já pensou que a sua concha é um espaço bidimensional de curvatura variável?


Léon, deixa o Tiresias em paz!



Mi!



PONTOS CÓNICOS



Já vais ver, Anselmo, há coisas ainda mais estranhas.

Despacha-te, Tirésias, estou morto por saber...

Espera por mim!!

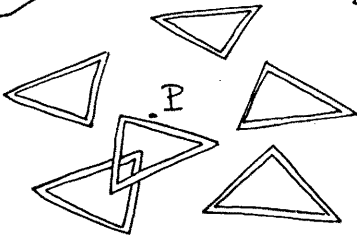
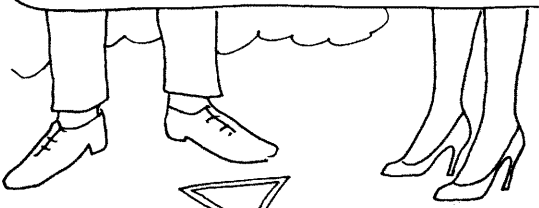
Estás a ver, Tirésias, vou RETICULAR a minha superfície cruzando geodésicas, obtendo assim um grande número de triângulos.

Loncha de curvatura variável... Bem sei o que em ti fazia!!!

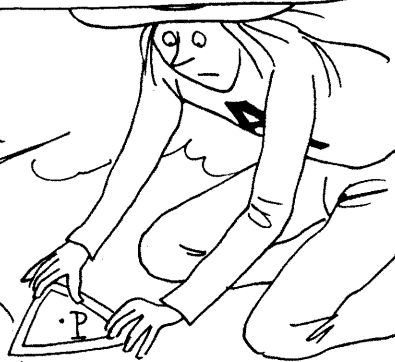
Bem, agora já não percebo nada! Que se passa em volta deste ponto P?

Não tens mais do que utilizar o teu curvómetro.

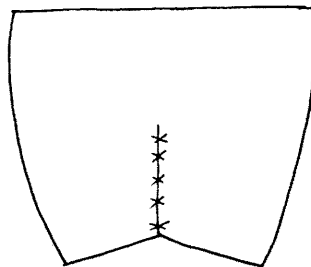
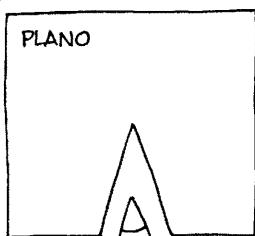
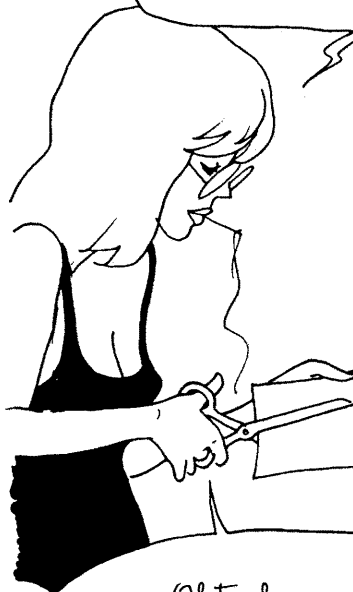
Apinal, que se passa, Sofia? Se o triângulo do curvímeter não contém este ponto P, indica uma curvatura nula.



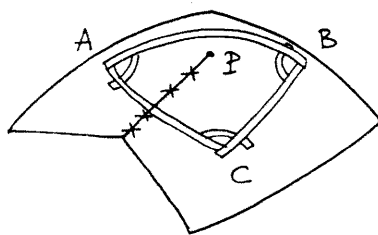
Mas, se o ponto P estiver no triângulo, então é curvo!



É um ponto cónico. Tem ver, feço num plano, retiro-lhe um sector de ângulo θ e coso.



Obtenho um cone a que chamaremos POSICONE

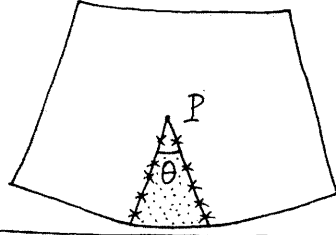
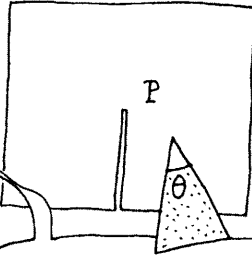


$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \theta$$



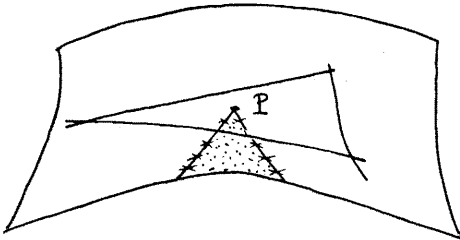
Podem verificar, com um cartão, um rolo de papel aderente ajudar-vos-á a materializar facilmente as geodésicas.

Bem, então se o meu triângulo contiver o vértice de um cone, a soma dos ângulos é sempre superior a 180° !

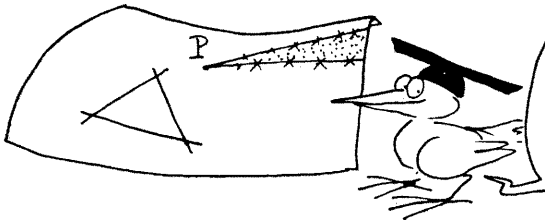


Mais devagar! Agora vou retallar o meu plano de modo a JUNTAR-LHE um sector de ângulo θ .

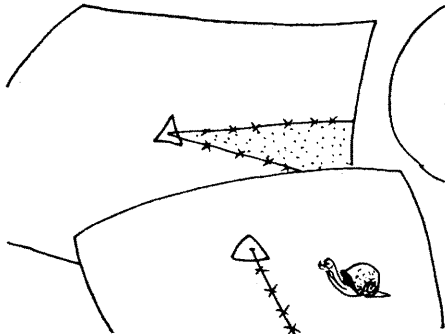
Então... teremos um NEGACONE?



Desta vez, quando o triângulo envolve o ponto P, a soma dos ângulos é igual a $180^\circ - \theta$!

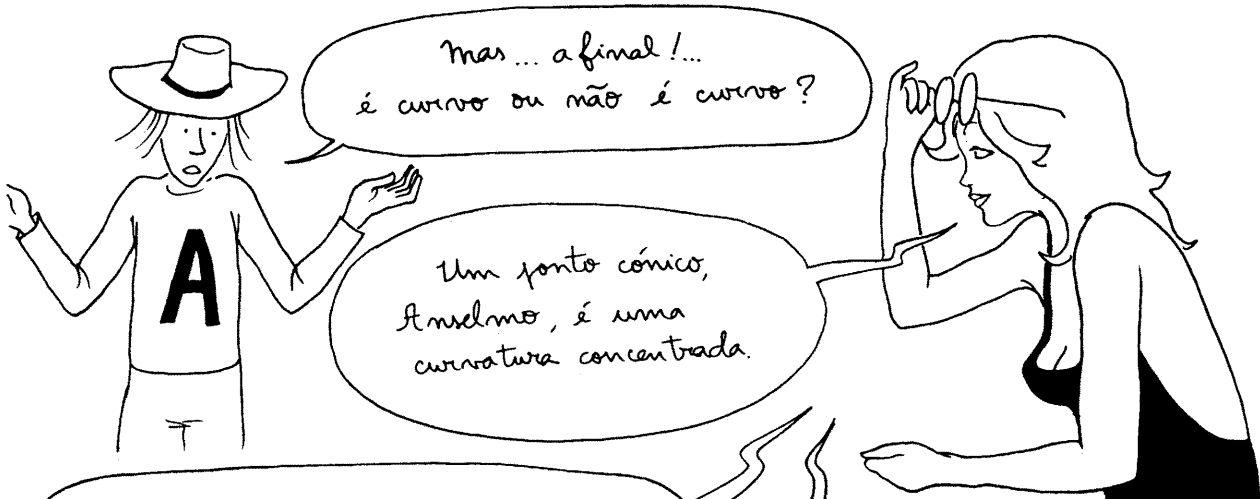


Mas, quando o ponto é exterior ao triângulo, a soma volta a ser igual a 180° .



Esta propriedade dos cones é independente do tamanho do triângulo, quer este seja minúsculo ou gigantesco.





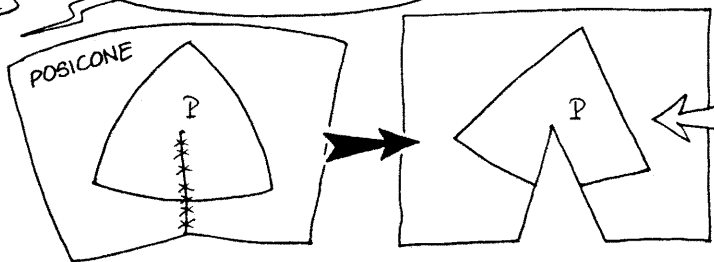
Mas... a final!...
é curvo ou não é curvo?

Um ponto cônico,
Amselmo, é uma
curvatura concentrada.

Entre os pontos cônicos, o espaço
é euclidiano, sem curvatura.

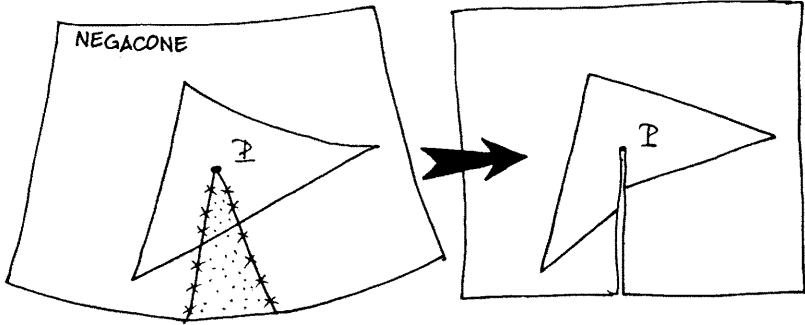
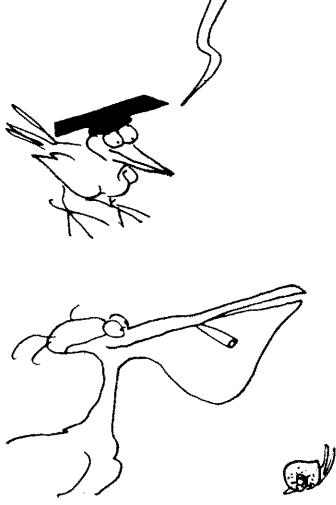
O ângulo θ é a
medida desta quantidade
de curvatura.

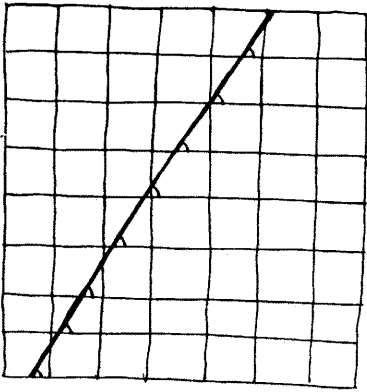
Abre o teu cone
e planifica-o



Aqui está o resultado
da operação, realizada por
Amselmo, no caso
de um cone de
curvatura positiva.

E no caso de um cone de curvatura negativa.





Tomemos uma superfície PLANA e cubramo-la de geodésicas de modo a formar uma rede regular. Dizemos que QUADRICULAMOS esta superfície com quadrados todos idênticos. Se seguirmos uma TRAJETÓRIA, um TRAJECTO, que intersekte os lados dos quadrados sucessivos segundo o mesmo ângulo, este trajecto efectuar-se-á segundo uma geodésica da superfície.

A Diagonal

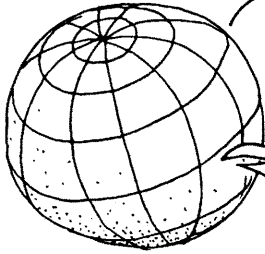
Mas, por que não fazemos o mesmo numa esfera?

Primeiro, experimenta QUADRICULAR uma esfera com quadrados bem unidos e vais ver o trabalho que tens.

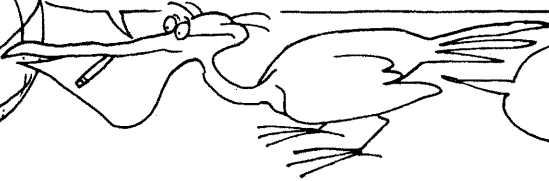
Os meridianos de uma esfera são as suas geodésicas. Um trajecto que intersekte estes meridianos segundo um ângulo constante, diferente de 90° , conduz invariavelmente a um dos PÓLOS!

Uma navegação de rumo constante conduz... ao pólo!

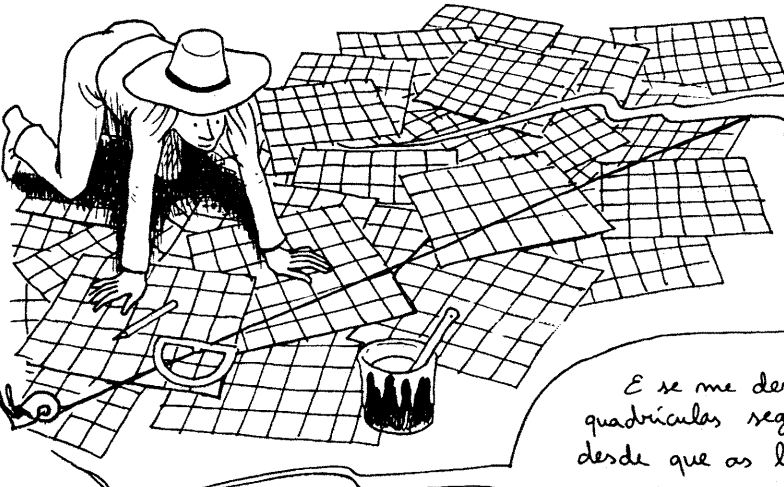




Se intersectarem os meridianos da esfera a 90° , deslocar-me-ia segundo paralelos.

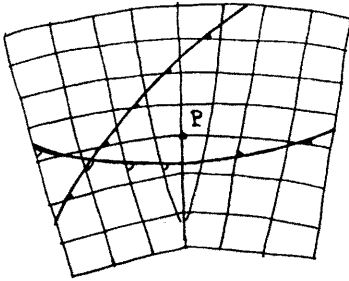


Paralelos que não são geodésicas. Entendido! (*)

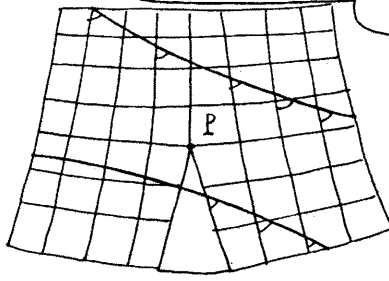


Sou capaz de cobrir uma superfície plana, euclidiana, com a ajuda de elementos planos, quadrículas.

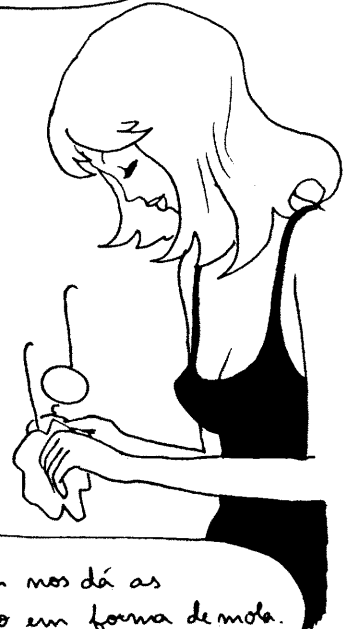
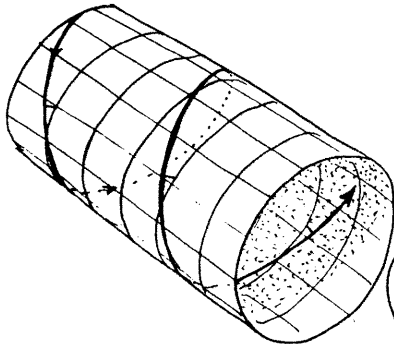
E se me deslocar intersectando estas quadrículas segundo um ângulo constante, desde que as ligações estejam bem feitas, a pouco e pouco obtenho uma geodésica.



POSICONE



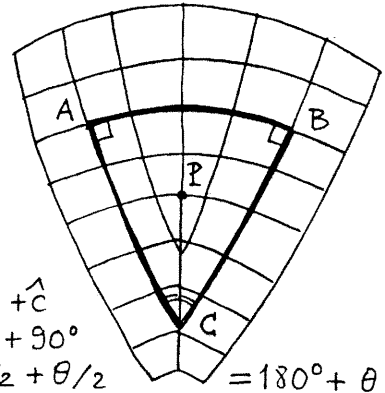
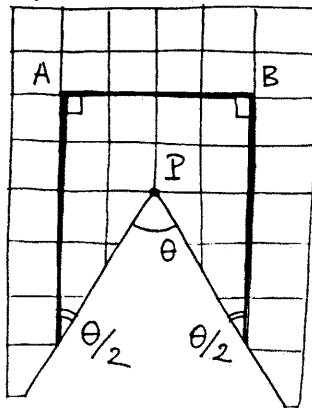
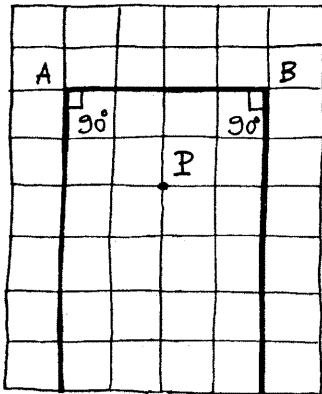
NEGAONE



Este processo simples também nos dá as geodésicas do cilindro, que são em forma de moça.

(*) Na esfera só é possível traçá-las utilizando fita adesiva (excepto o equador).

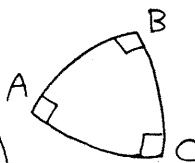
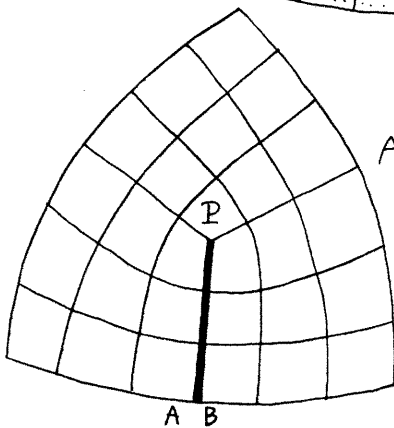
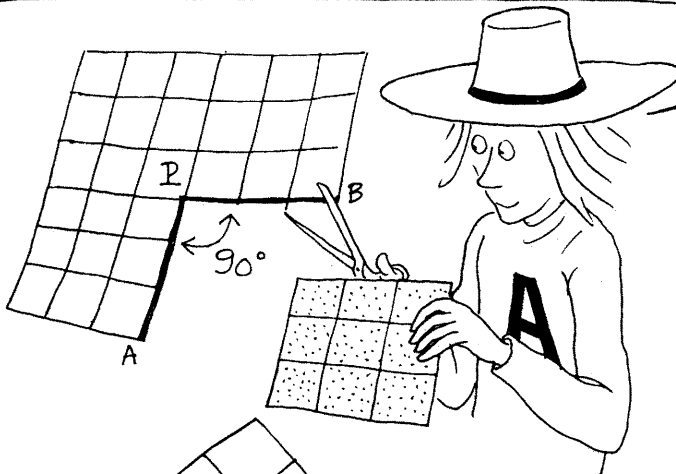
É por esta razão que a soma dos ângulos de um triângulo, num cone, nem acrescida do ângulo de corte θ :



$$\begin{aligned} \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} &= 90^\circ + 90^\circ \\ &+ \theta/2 + \theta/2 \\ &= 180^\circ + \theta \end{aligned}$$

Agora, Arnaldo vai construir cones especiais, nos quais a regularidade da rede pode ser conservada.

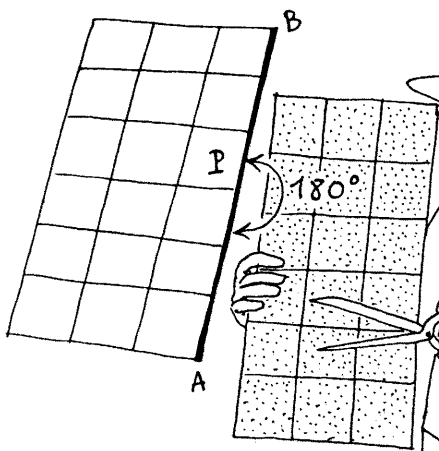
A Direcção



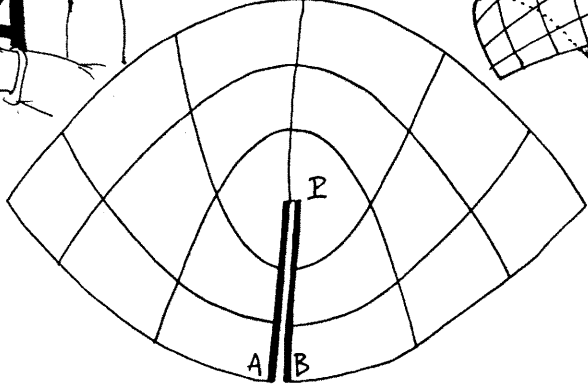
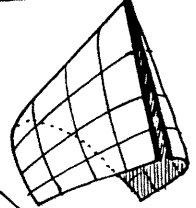
$$\begin{aligned} \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} &= 180^\circ + 90^\circ \\ &= 270^\circ \end{aligned}$$

Aqui, tiro 90°

Neste cone, poder trazer triângulos rectângulos equiláteros.



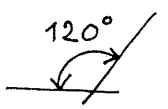
Agora, tiro um sector de 180°.



Neste cone, a soma dos ângulos de um triângulo é igual a 360°.



O que significa que poderíamos traçar, com a ajuda das geodésicas, um triângulo com três ângulos iguais a 120°, portanto obtusos.

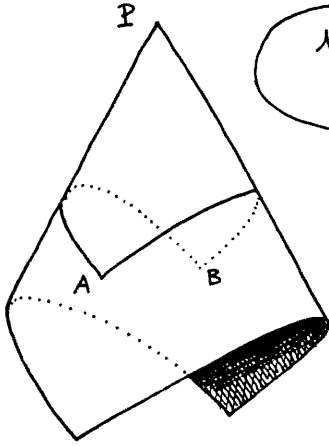


E seria possível fechá-lo, mesmo assim?

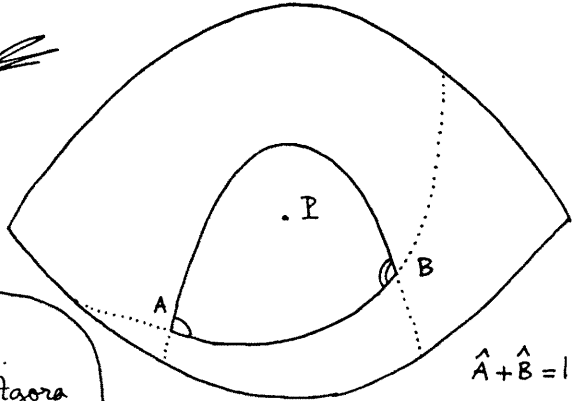


Evidentemente, meu caro Tinéias, você é que me saiu um obtuso!





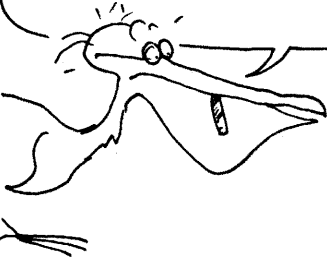
Neste cone, é possível traçar BIÂNGULOS, sendo a soma dos ângulos igual a 180° .



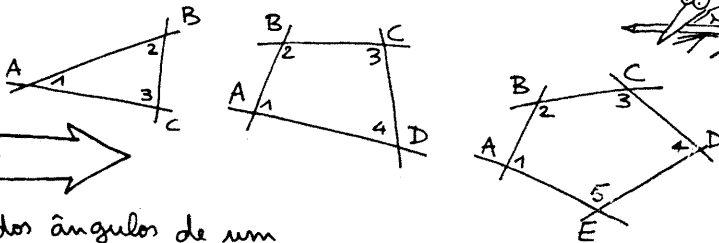
$$\hat{A} + \hat{B} = 180^\circ$$

O CONE VISTO DE CIMA

Esperem! Já não compreendo nada... Estávamos a falar de triângulos. Agora vêm com BIÂNGULOS. E por que não... monoângulos... na próxima vez?!?!...



Todos estes objectos não POLÍGONOS



NB PLANO:

- triângulo é igual a 180°
- quadrângulo é igual a $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ$
- pentângulo é igual a $180^\circ + 180^\circ + 180^\circ = 540^\circ$

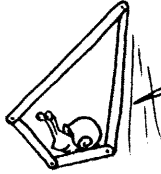
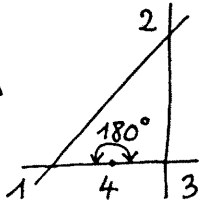
E no caso do BIÂNGULO, reduzido a um segmento, esta soma é nula.



Não aguento mais...



Porquê mais 180° sempre que acrescentamos um vértice?

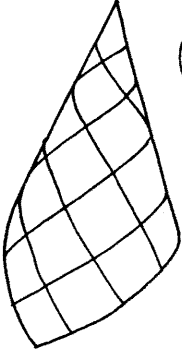
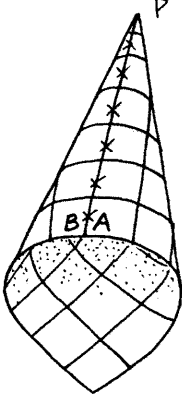
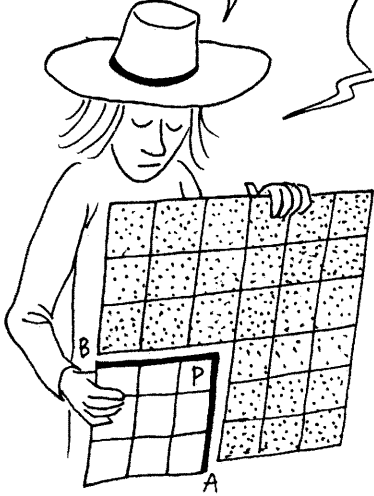


Hop!

Isto devia esclarecê-lo.

Bem, continuemos...

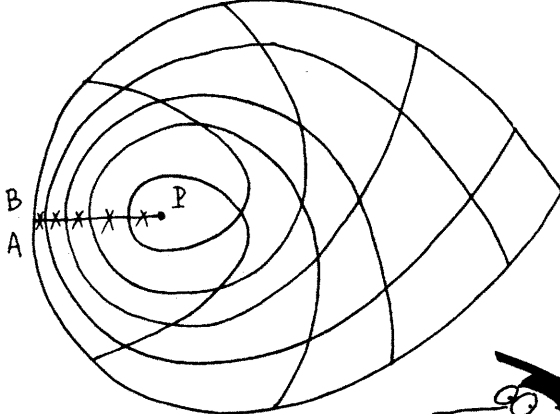
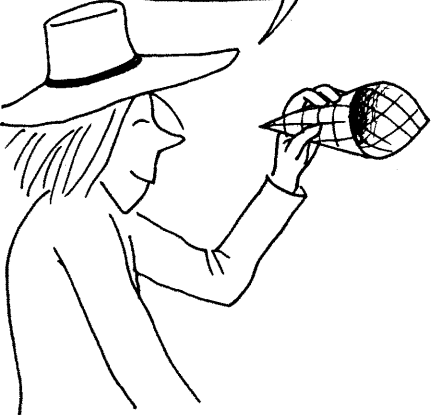
Agora vou tirar três quartos do plano.



Parece um guardanapo.



E quando espreito pela extremidade.

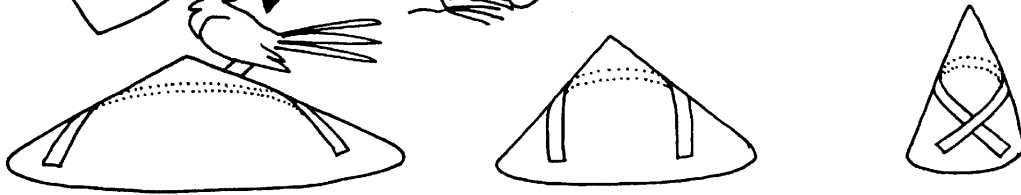


Assimmo obtém isto.

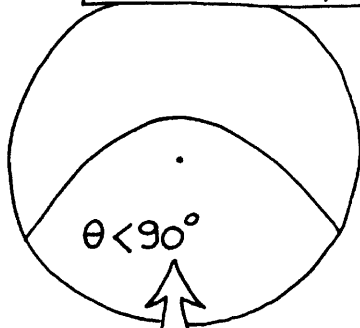


Neste cone, todas as geodésicas se intersectam a si mesmas (neste caso segundo um ângulo recto). Podemos, portanto, traçar monoângulos.

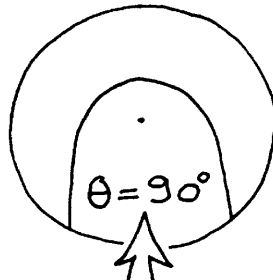
Sempre era verdade!



• Tudo depende do ângulo θ do cone. •



As geodésicas não se fecham



Caso limite



As geodésicas fecham-se

OS PÓLOS

E se eu tirasse... tudo?

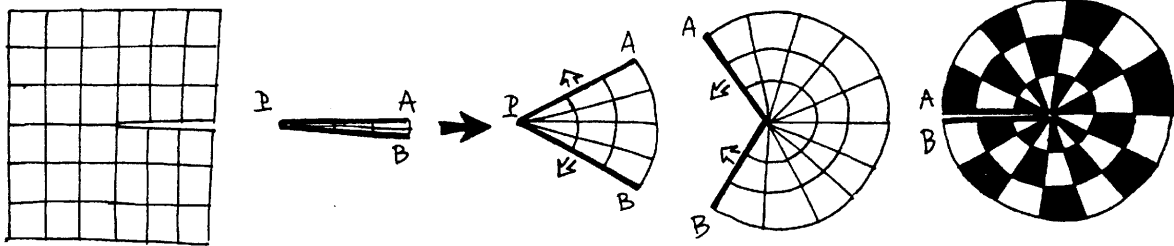
Tudo como?!?



Sim, se eu tirasse praticamente TODO o plano.



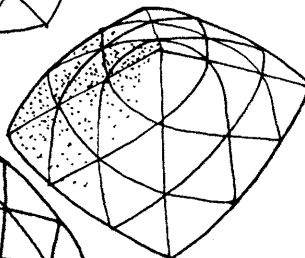
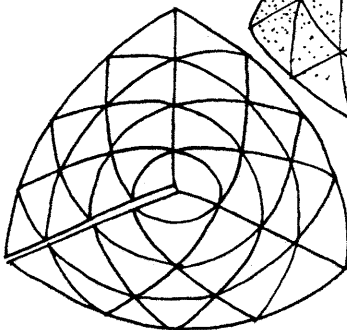
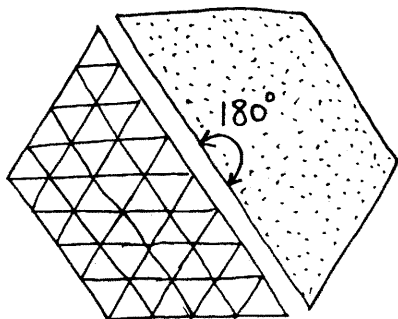
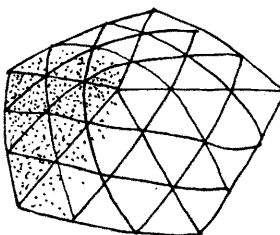
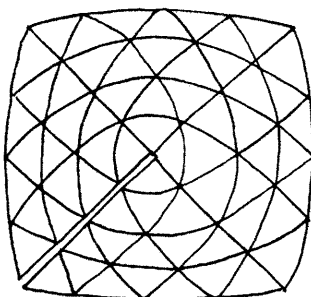
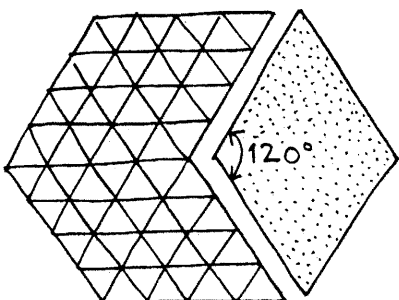
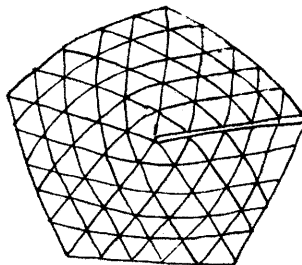
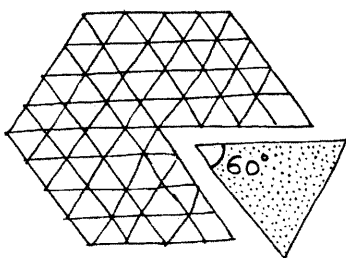
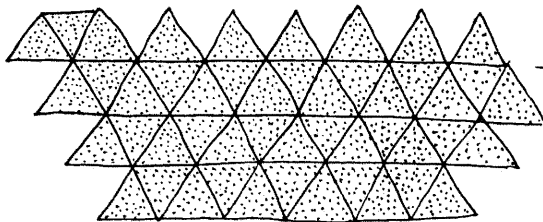
Retirando praticamente todo o plano e aplicando este processo, obteríamos o seguinte:



Há bocado, tinha reticulado espaços a duas dimensões (superfícies) com quadrângulos. Mas também o poderia ter feito com triângulos.

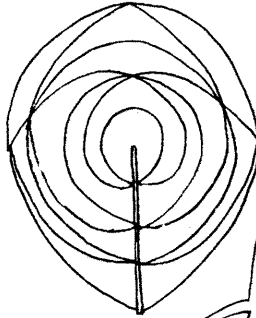
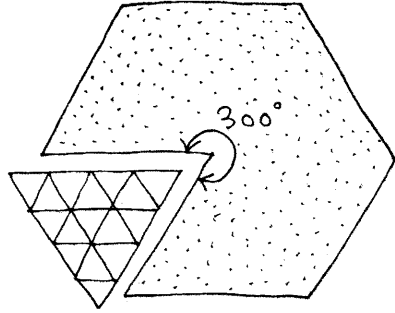
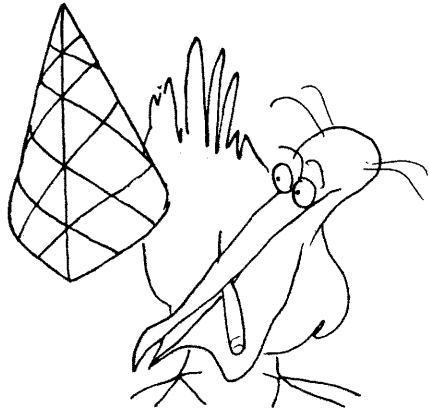
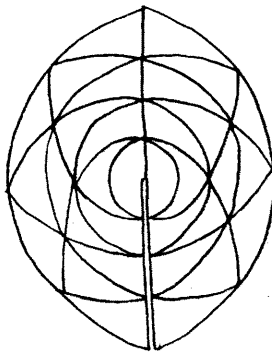
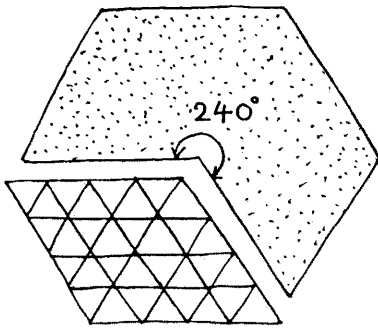


Ou com hexágonos.

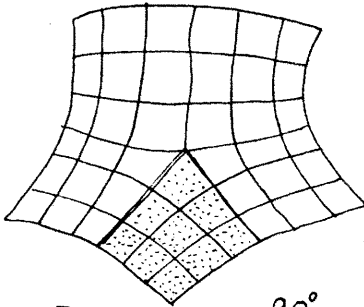


Estes reticulados em triângulos equiláteros permitem gerar os cones de ângulo igual a 60° , 120° , 180° , 240° e 300° .

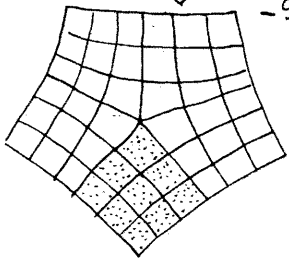




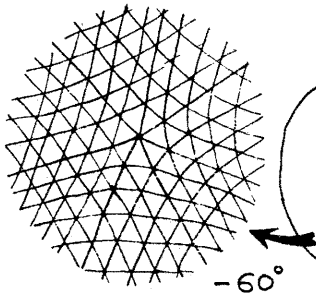
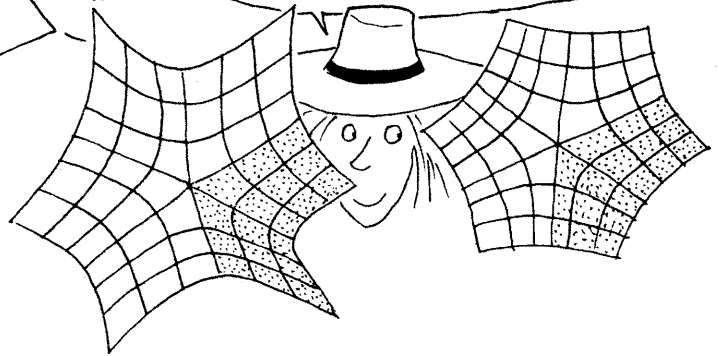
Inserindo um sector de ângulo θ , ouio uma curvatura negativa $-\theta$, concentrada no vértice deste megacone.



-90°



Quantidade de curvatura concentrada $= -180^\circ$, etc...



-60°

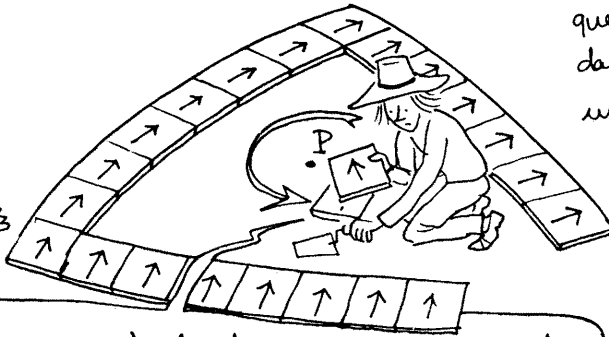
Também podemos fazer lindos megacones com reticulados triangulares.



MEDIDA DA CURVATURA



É a esta o Anselmo muito entretido com um jogo de género diferente.

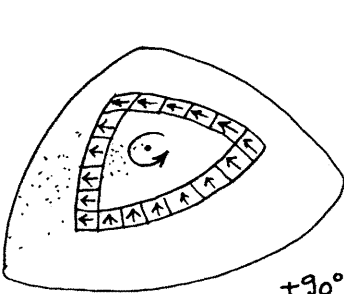
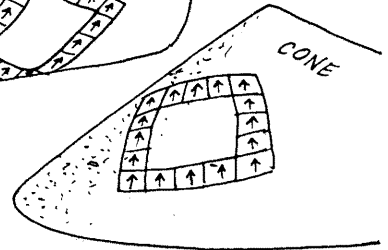
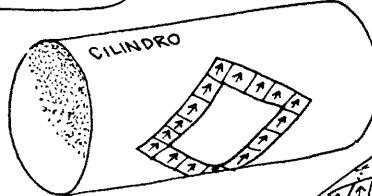
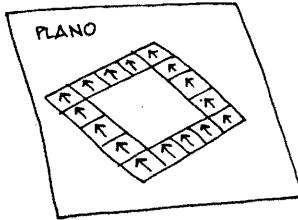


Os meus quadrados devem estar bem unidos.

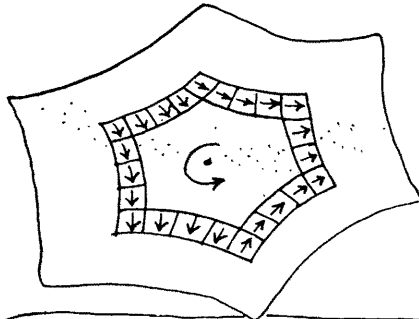
⊙ jogo consiste em cercar um ponto de concentração de curvatura com quadrados que respeitem a continuidade das setas. Quando se completa uma volta ao ponto P, o ângulo de rotação da seta dá-nos uma medida directa da curvatura θ .

Alguns exemplos:

Plano, cilindro, cone (sem cercar o vértice): quantidade de curvatura zero.



+90°



-180°

Megacone -180°



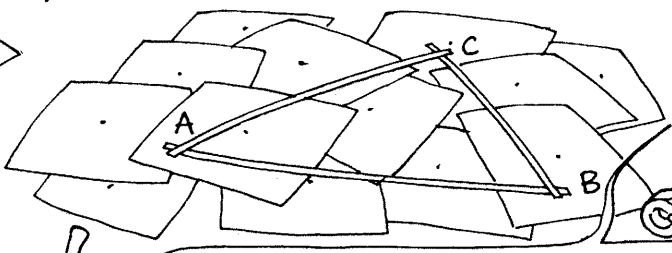
Posicione +90°

Giremos em volta do ponto num sentido qualquer. Se a seta girar no mesmo sentido, trata-se de um posicone. Se girar em sentido contrário trata-se de um megacone.

Vou construir posicones que tenham um ângulo θ muito pequeno.



Uma espécie de átomos de curvatura...



E depois vou colá-los juntos.



Obtenho uma superfície na qual vou traçar triângulos feitos de geodésicas, construídos com a ajuda de fita adesiva.

A soma dos ângulos do triângulo ultrapassa 180° num valor que é igual à soma dos ângulos dos cones elementares cujos vértices estão contidos neste triângulo.

A. Drexler



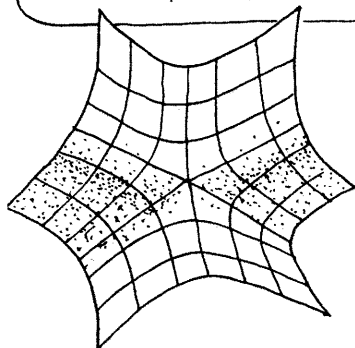
O que habitualmente chamamos uma superfície curva pode ser considerado um agregado de grande número de microcones colados juntos.



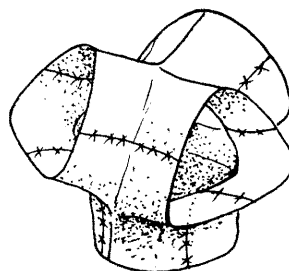
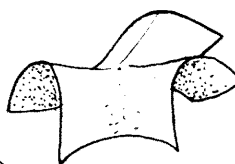
Também podemos juntar NEGACONES, ou POSICONES e NEGACONES. Neste caso, a soma dos ângulos do triângulo é igual a 180° , mais a quantidade de curvatura que contém, contada algebricamente.

PATCHWORK

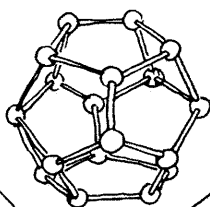
Sabia, o que é que acontece se eu juntar NEGACONES ?



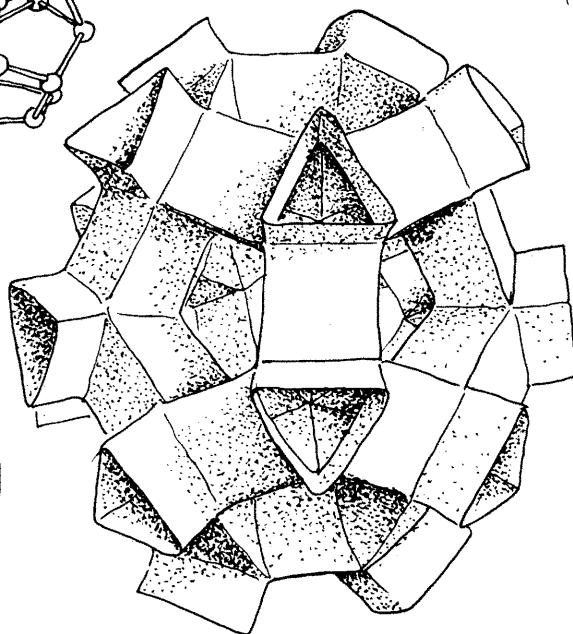
Por exemplo, megacones $\theta = -180^\circ$. O seu contorno corresponderá a um hexágono com os seis ângulos rectos.



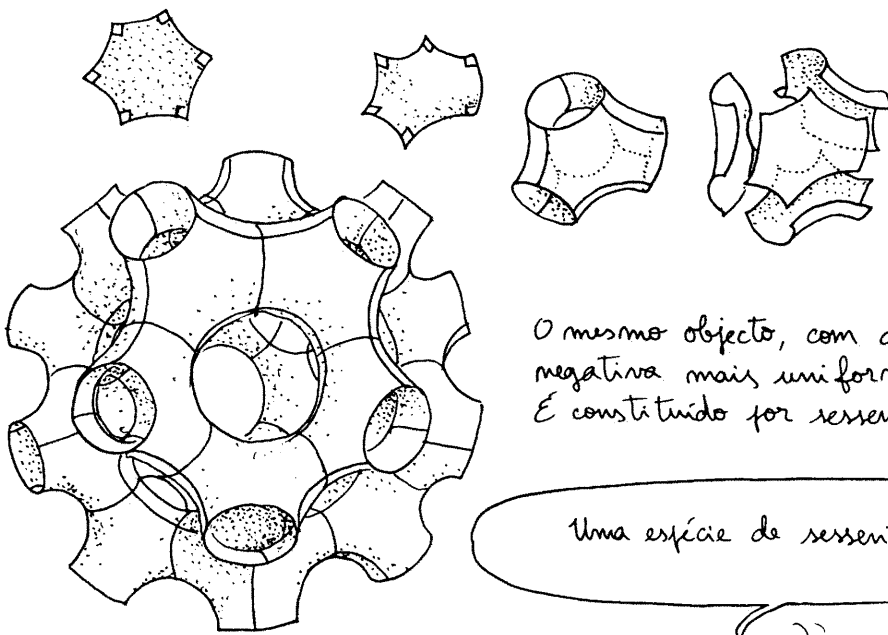
Podemos começar por os juntar quatro a quatro.



E se juntares vinte, obténs este elemento de superfície de curvatura negativa, situando-se cada um deles sobre um dos vinte vértices de um DODECAEDRO (*).



(*). Do grego : DODEKA = DOZE EDRA = BASE



O mesmo objecto, com a curvatura negativa mais uniformemente repartida. É constituído por sessenta hexaógonos.

Uma espécie de sessentaedro...

Dir-se-ia uma vértebra de POPECAEDRONTE.



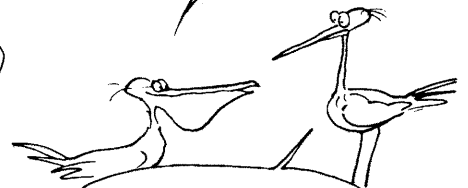
Se fosse ladrilhador, e se utilizasse ladrilhos hexaógonais, era assim que ficava o chão.



Meu caro, ouvi dizer que, modificando os genes de um caracol, poderíamos fazer com que a sua concha...

Este exemplo mostra como a distribuição da curvatura pode condicionar a forma dos objectos.

!!!



Que horror!!!

TRÊS DIMENSÕES

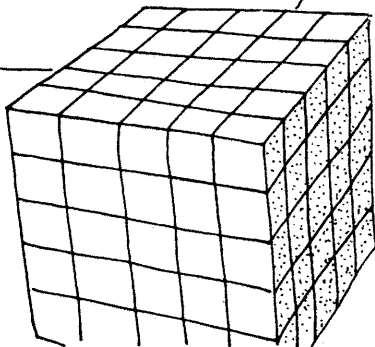
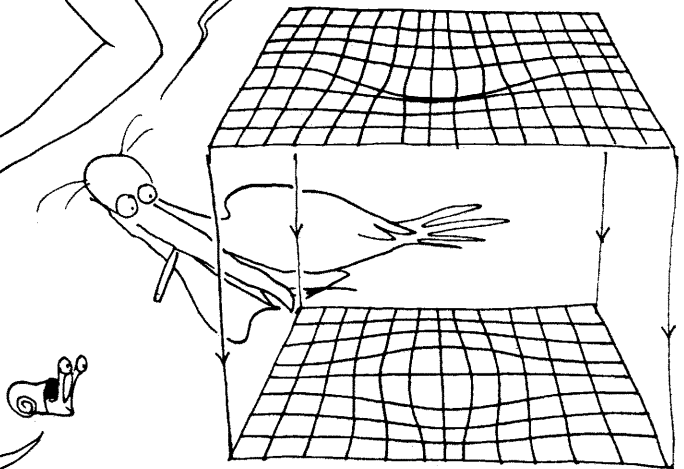
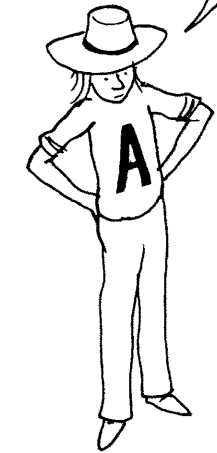
Sofia, podemos VER a curvatura do nosso espaço a TRÊS dimensões?

É difícil, visto que habitas lá dentro.

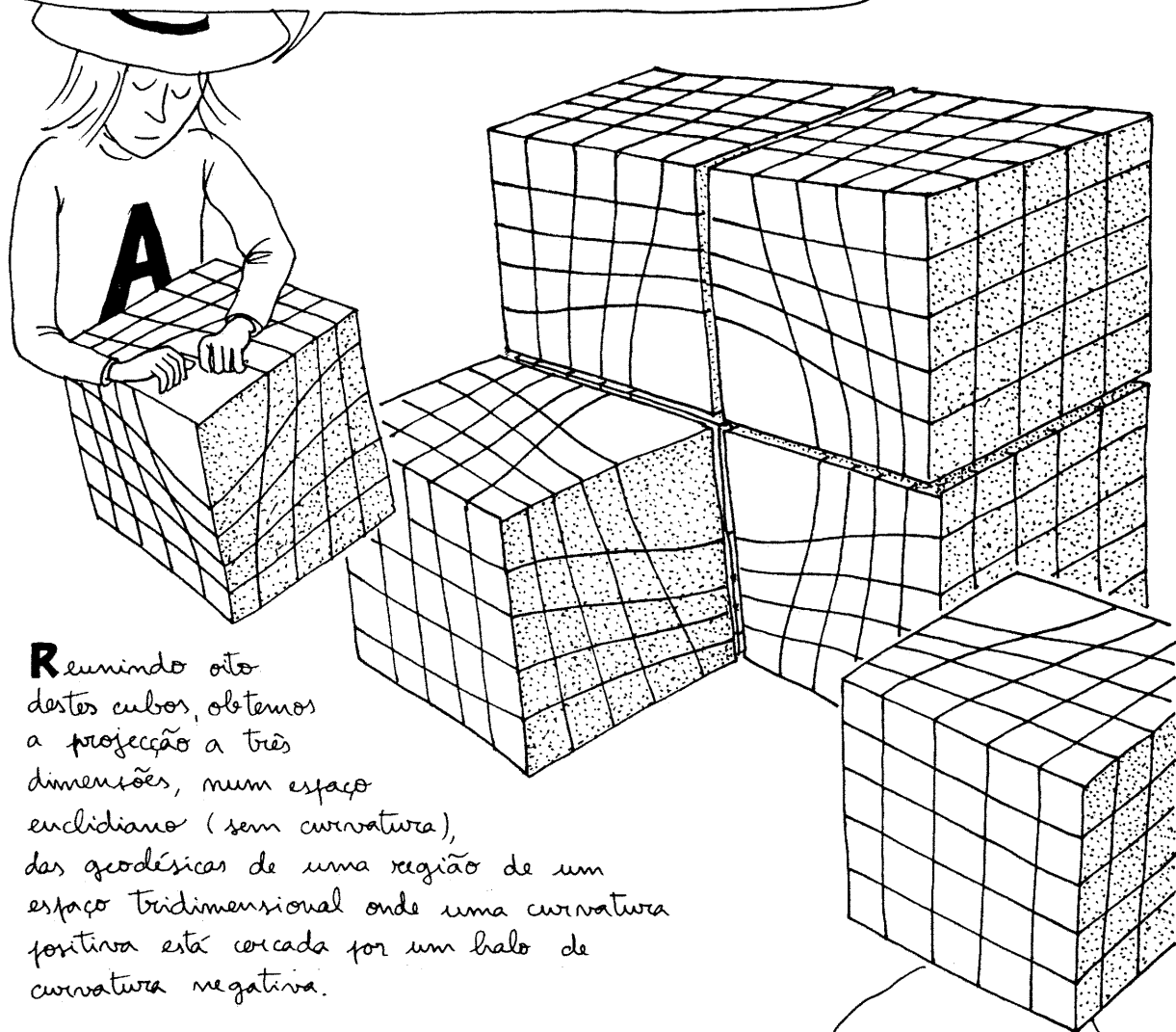
Vejamos, já sei que podemos projectar geodésicas de uma superfície (a duas dimensões) num plano (2 dimensões).

Esta "bolsa" corresponde a uma concentração de curvatura positiva, cercada por um halo de curvatura negativa.

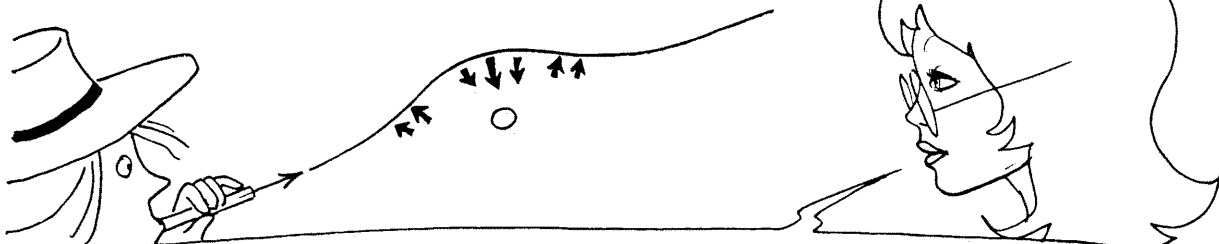
Agora olha para este cubo revestido de quita.



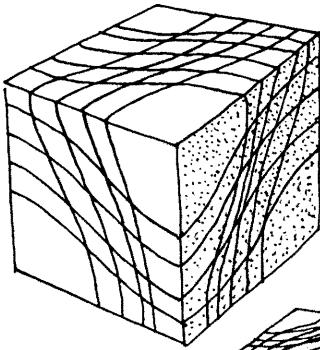
Vou afastar as quitas, assim:



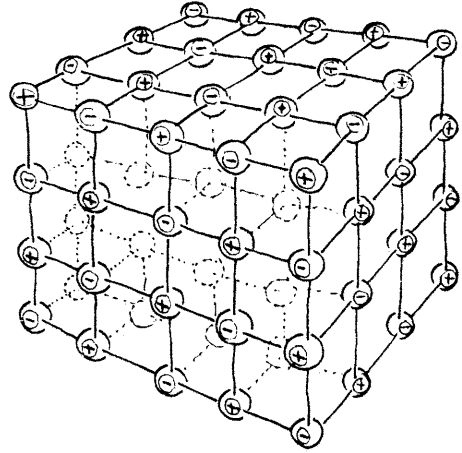
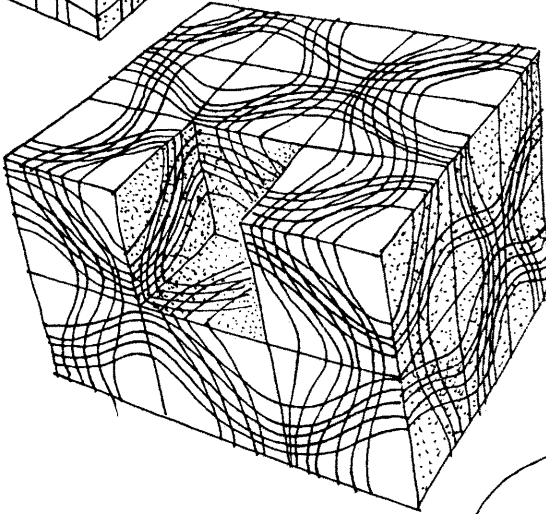
Reunindo oito destes cubos, obtemos a projecção a três dimensões, num espaço euclidiano (sem curvatura), das geodésicas de uma região de um espaço tridimensional onde uma curvatura positiva está cercada por um halo de curvatura negativa.



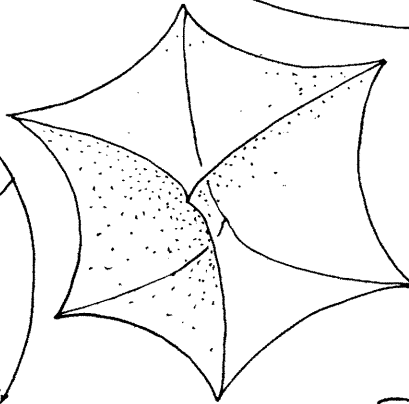
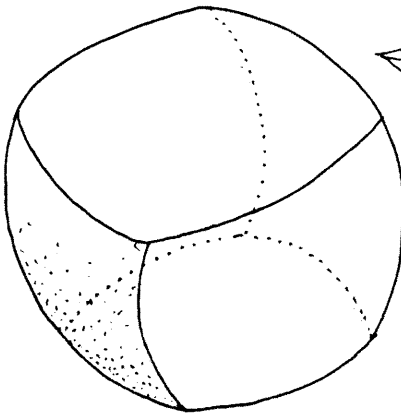
Identificando estas geodésicas a TRAJECTORIAS, encontramos primeiro uma repulsão, depois uma atracção, depois uma repulsão.



Ordenando as gintas desta maneira e reunindo convenientemente os cubos, construiríamos a imagem de um mundo povoado de curvaturas positivas e negativas:



Se observarmos bem, vemos que se trata de deformações que afectam CUBOS que preenchem o espaço tridimensional.

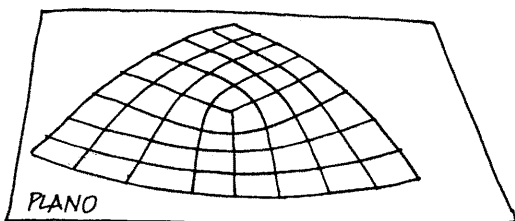
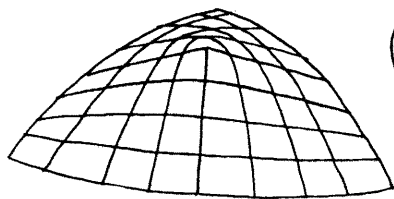


Olha, é curioso, podia empilhar todos estes estranhos cubos e preencher o espaço

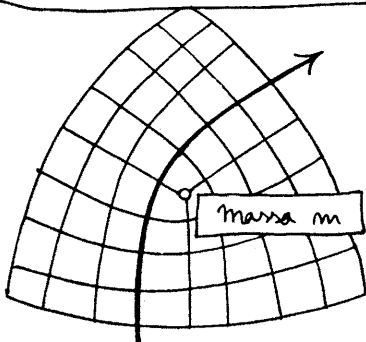


PROJEÇÕES

Posso projectar as geodésicas de um cone sobre um plano.



Estas linhas curvas fazem-me lembrar TRAJECTORIAS.



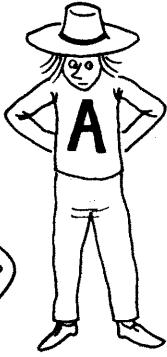
Exacto!

A ideia de base da RELATIVIDADE GERAL consiste em identificar as MASSAS a alterações locais da curvatura do espaço.

Quer dizer com isso que a massa é um ângulo?!?

Hi Hi!... para mim quero $\pi/8$...

Sim, na medida em que as massas são concentrações de curvatura.



Resumindo, o que você quer dizer, Sr. Alberto, é que as inflexões das trajetórias, resultantes das FORÇAS, não são mais do que um efeito de PROJEÇÃO, no nosso mundo sensível, de uma trajetória traçada numa outra superfície, e que é uma GEODÉSICA desta superfície.

Outra vez metafísica!

De modo nenhum, é geometria.

Vou dar-te um exemplo. Imagina que estamos numa nave espacial, em órbita à volta da Terra.

Escapamos, assim, a toda a gravidade.

Ah, não não!

Mi!

Vamos jogar uma espécie de bilhar.

Aparentemente, este objecto é constituído por duas superfícies transparentes, cheias de fregas, de bolhas, mas idênticas e próximas uma da outra.

O que permite lançar pequenos berlindes entre as duas e observar as suas trajectórias.

Estas trajectórias não dependem da velocidade inicial V que se mantém durante todo o movimento.

A Direcção

Neste caso preciso, acontece que todas as trajectórias possíveis não GEODÉSICAS. (se houvesse gravidade não aconteceria assim).

Oh, vejiam, a luz projecta as trajectórias no chão da nossa nave espacial!

Uma pessoa que não vira estas sombras poderia pensar que os objectos que se deslocam neste PLANO estão submetidos a um CAMPO de FORÇAS. Afinal trata-se apenas de um problema de curvatura de uma superfície!

Então, quando observo a trajetória de um cometa em volta do sol, supondo que ela se efectua num espaço tridimensional euclidiano, sem curvatura, na realidade este cometa segue uma GEODÉSICA de uma espécie de espaço no qual... vai SEMPRE A DIREITO!!!!

Só vemos a sombra das coisas.

Meu caro Tiresias, o que você diz é deusas platônicas.

Temos de ir SEMPRE A DIREITO!

A LUZ também segue uma geodésica.

Olha, essa história das geodésicas é interessante, projectadas segundo um ângulo diferente, não têm absolutamente nada o mesmo aspecto!

?!?

Tiresias!

Bem, bem...

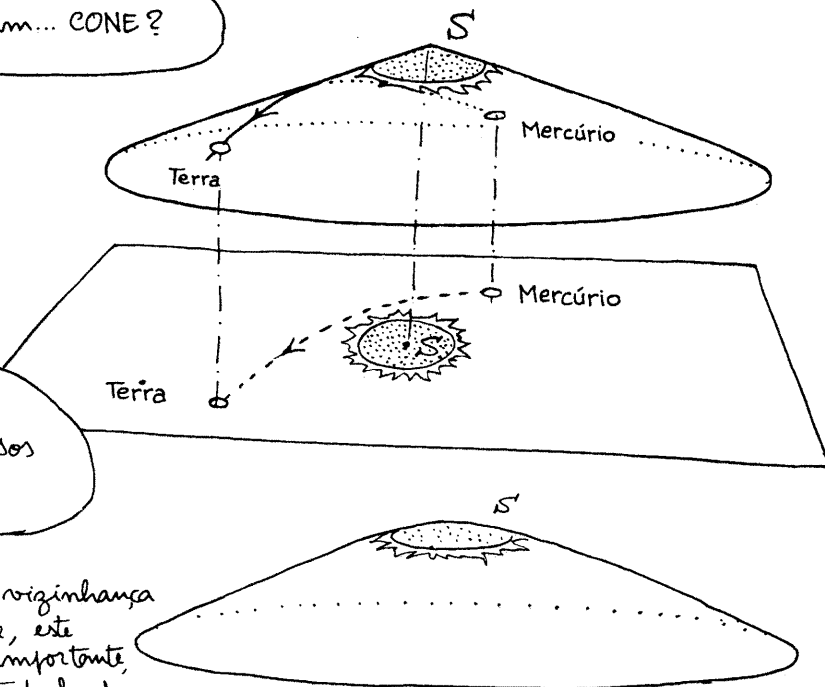


MASSA - MATÉRIA

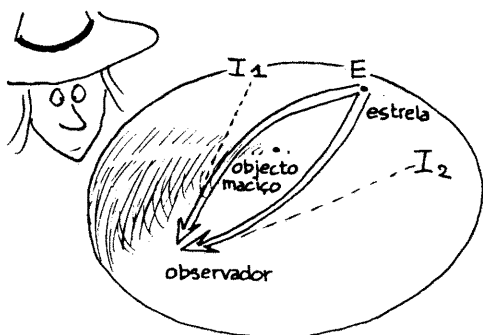
Mas então, o sol é um... CONE?



É sabido que o sol desvia os raios luminosos que vêm de Mercúrio.



Pensamos que o espaço, na vizinhança do sol, é PLANO. Na verdade, este astro, dada a sua massa importante, representa uma certa quantidade de curvatura. Mas, como o sol não é uma massa pontual, deveríamos representar esta região do espaço com a ajuda de um cone rombo:



Os objectos de massa muito elevada podem encurvar o espaço a ponto de um observador poder ver DUAS imagens I_1 e I_2 da mesma estrela E: é o efeito de LENTE GRAVITACIONAL, recentemente revelado pela observação.

As massas dos átomos, das partículas,
constituem a curvatura geral do Universo.

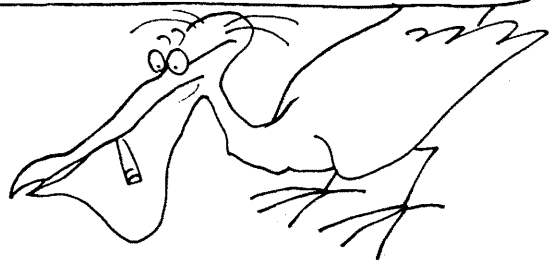
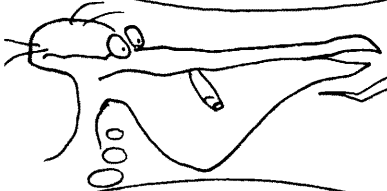
Atribui-se à MASSA
um significado
GEOMÉTRICO.

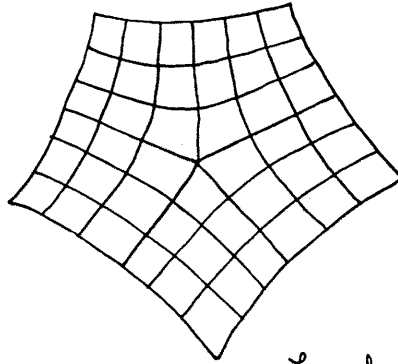
Mas, entre os átomos,
é verdade que existe o... VAZIO?

Ou então já não
percebo nada...

Apenas...
geometria !!?!

Claro que não, meu caro, essa velha
oposição entre matéria e vazio está
completamente ultrapassada; existe
apenas a ... geometria.





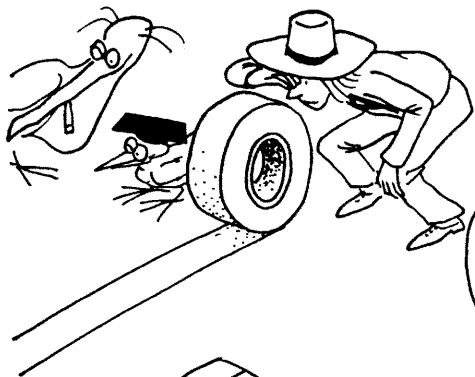
Lembram "massas negativas" geradoras de forças repulsivas. Um universo cheio de massas negativas seria muito estranho. Em vez de gerar galáxias, estrelas, povoar-se-ia de bolhas, de grandes vazios:

Assim parece distribuir-se a imensidade de galáxias que formam um estranho tecido celular, tendo cada célula cerca de 200 milhões de anos-luz de lado.

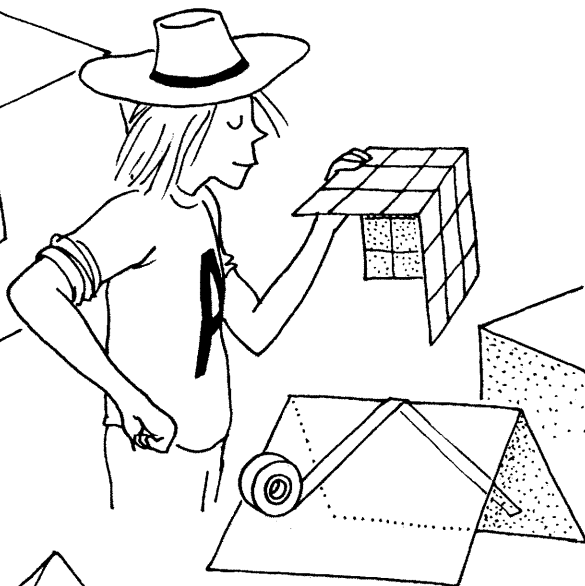
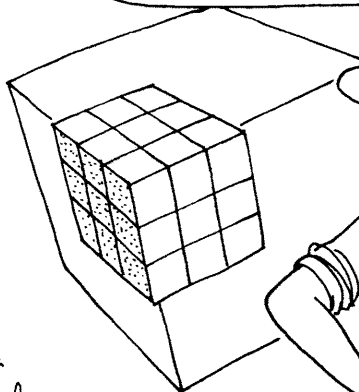
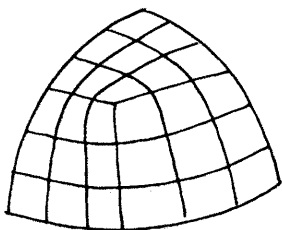


As forças de gravidade poderiam, então, revelar-se repulsivas a uma distância muito grande.

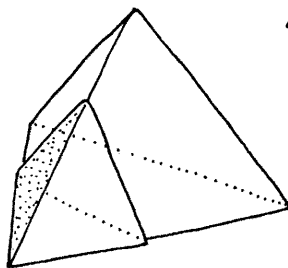
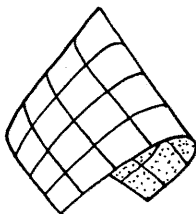
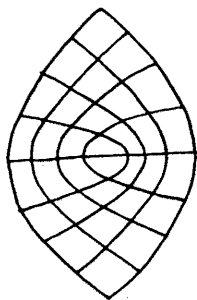
POLIÉDROS



Annelmo, tu vais materializar as geodésicas de uma superfície com a ajuda de uma fita adesiva, por exemplo.



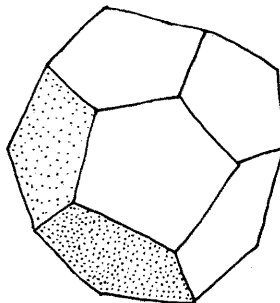
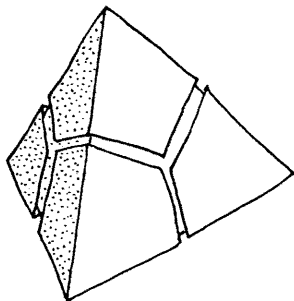
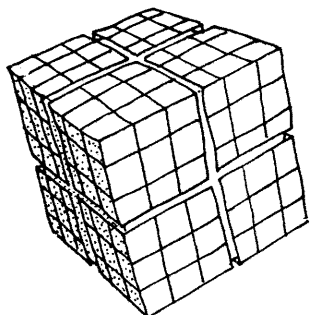
O facto de dobrar este cone ($\theta=90^\circ$), em nada altera as geodésicas, e ele adapta-se então perfeitamente ao vértice de um cubo.



Do mesmo modo, poder efectuar três pregas neste cone ($\theta=180^\circ$) para que se adapte ao vértice de um tetraedro regular.



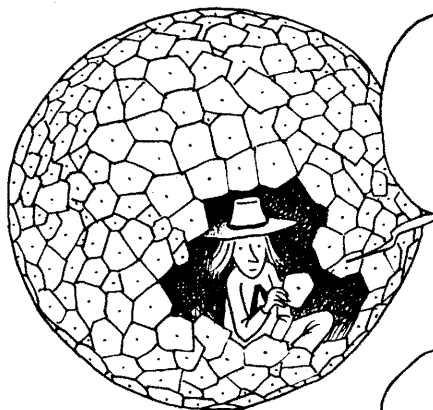
UM ESPAÇO TEM DE SER ABERTO OU FECHADO



Oito cones ($\theta = 90^\circ$)
permitem-nos construir
um CUBO
 $90 \times 8 = 720^\circ$

Quatro cones ($\theta = 180^\circ$)
permitem-nos construir
um TETRAEDRO
 $180 \times 4 = 720^\circ$

Vinte cones ($\theta = 36^\circ$)
permitem-nos construir
um DODECAEDRO
 $20 \times 36^\circ = 720^\circ$



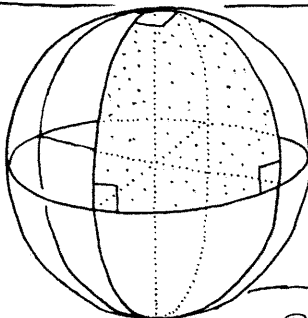
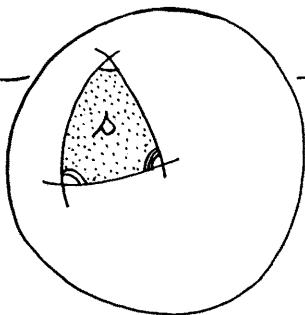
Juntando o mais regularmente possível
um número N de microcones de ângulo θ ,
verifico que quando $N \times \theta = 720^\circ$ obtenho...
uma esfera!

É natural, pois a
CURVATURA TOTAL da
esfera é igual a 720° .

Agora tira-te daí,
meu amor.

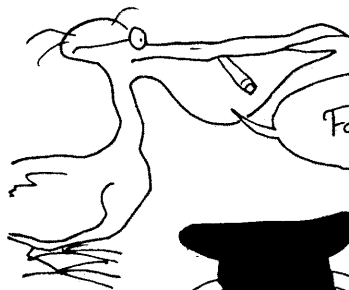
Na esfera, a curvatura está uniformemente repartida. Assim, a soma dos ângulos de um triângulo traçado numa esfera é igual a $180^\circ + 720^\circ \times \frac{A}{S}$, em que A é a área do triângulo e S a da esfera. O segundo termo: $720^\circ \times \frac{A}{S}$ representa a QUANTIDADE da CURVATURA contida no triângulo.

A Direção (*)



Exemplo: este triângulo ocupa um oitavo da superfície da esfera

$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ + \frac{720^\circ}{8} = 270^\circ$$



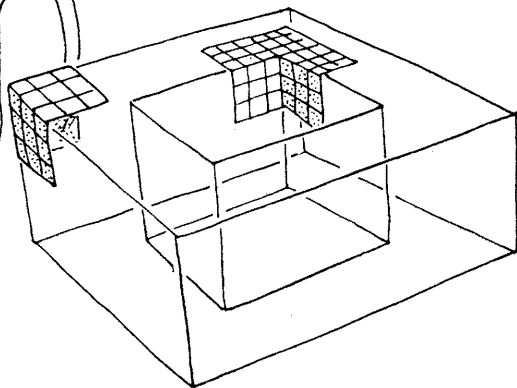
Fantástico!...

Por razões semelhantes, se a densidade média no nosso espaço tridimensional (isto é, na quantidade de curvatura por unidade de volume) ultrapassar 10^{-29} gramas/cm³, este espaço FECHAR-SE-A' sobre si mesmo.



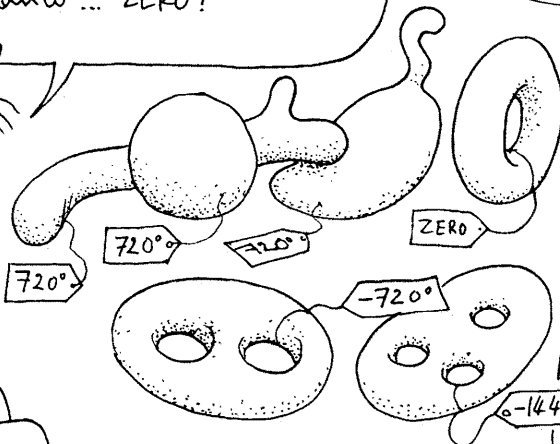
Diga-me, sr. Alberto, a que é igual a curvatura total de um TORO?

É simples, Anselmo, basta representá-lo assim: com oito posições ($\theta = +90^\circ$) e oito negações ($\theta = -90^\circ$)



(*) Teorema de GAUSS.

A soma dos dezasseis ângulos,
das dezasseis curvaturas, é nula.
A CURVATURA TOTAL do TORO
é portanto ... ZERO!

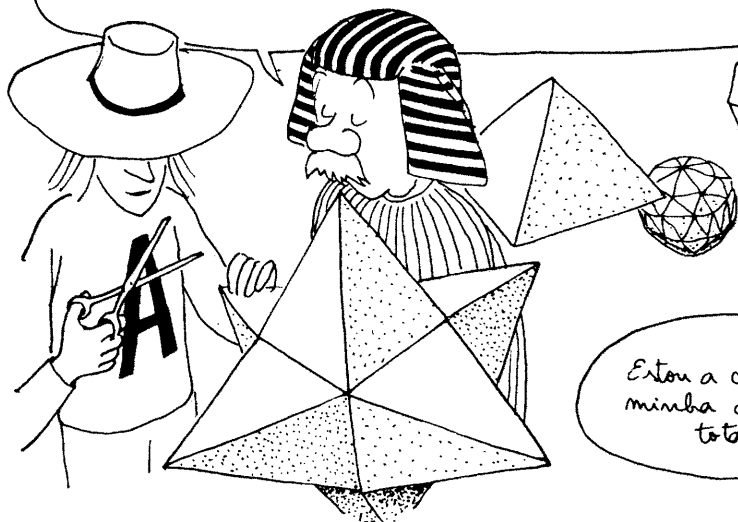


Pois é...

Todo o objecto do
género esfera tem uma
CURVATURA TOTAL igual
a 720° , ou seja,
a 4π

Um toro com N buracos, uma FOGAÇA (*),
tem uma curvatura total igual a $-4\pi(N-1)$ (subtrai-se 4π por cada buraco).

E se construíres um objecto fechado sobre si
mesmo em forma de poliedro, somando todas
as curvaturas concentradas nos seus vértices,
deves reencontrar a sua curvatura total.



Tirésias,
que estás a fazer,
meu caro?

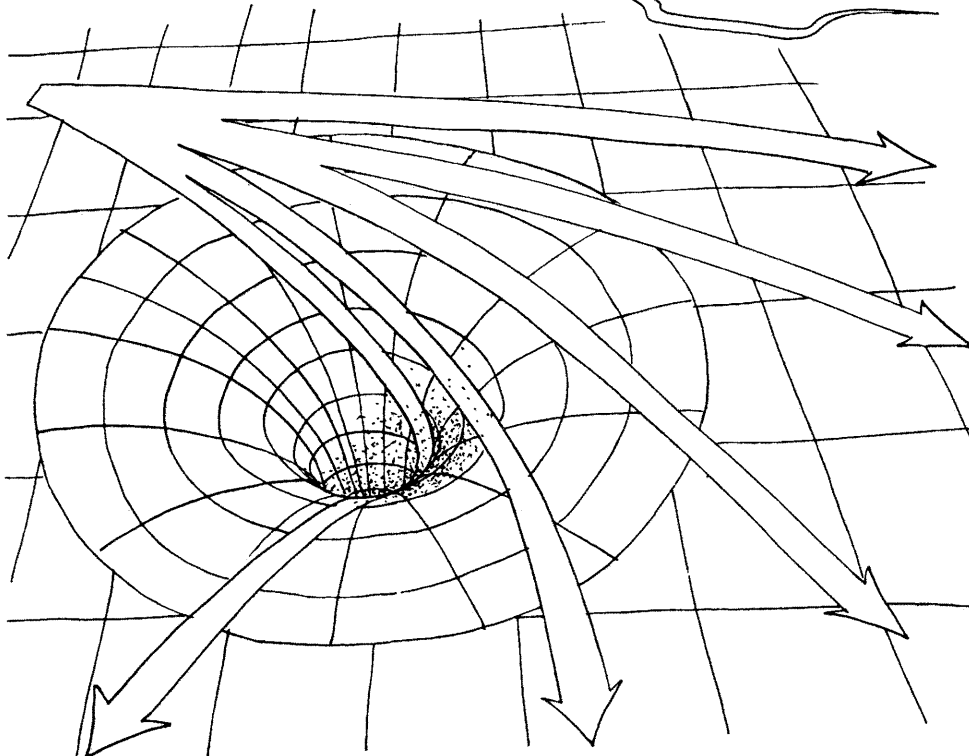
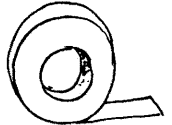
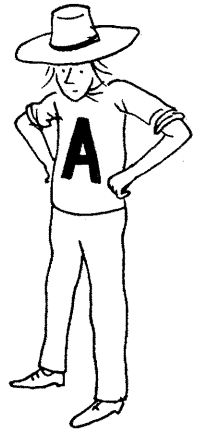
Estou a calcular a
minha curvatura
total.

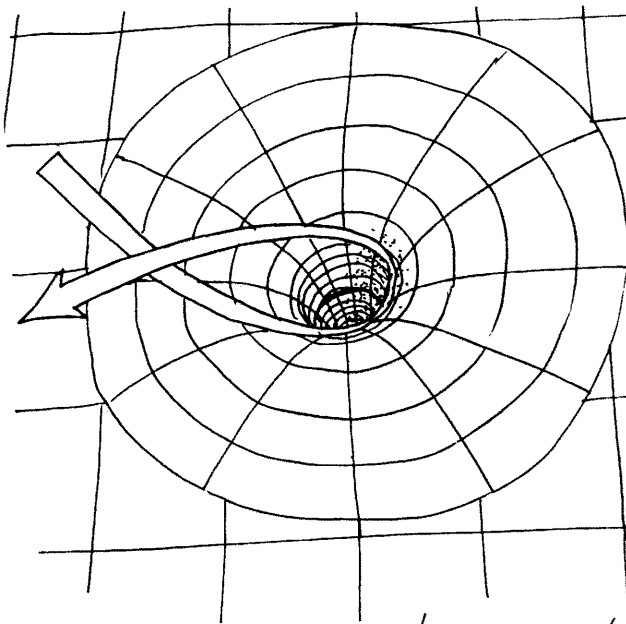
(* Uma FOGAÇA é uma espécie de pão que se
fabrica no sul da França, onde habita o autor.

PRIMEIRA ABORDAGEM DO BURACO NEGRO

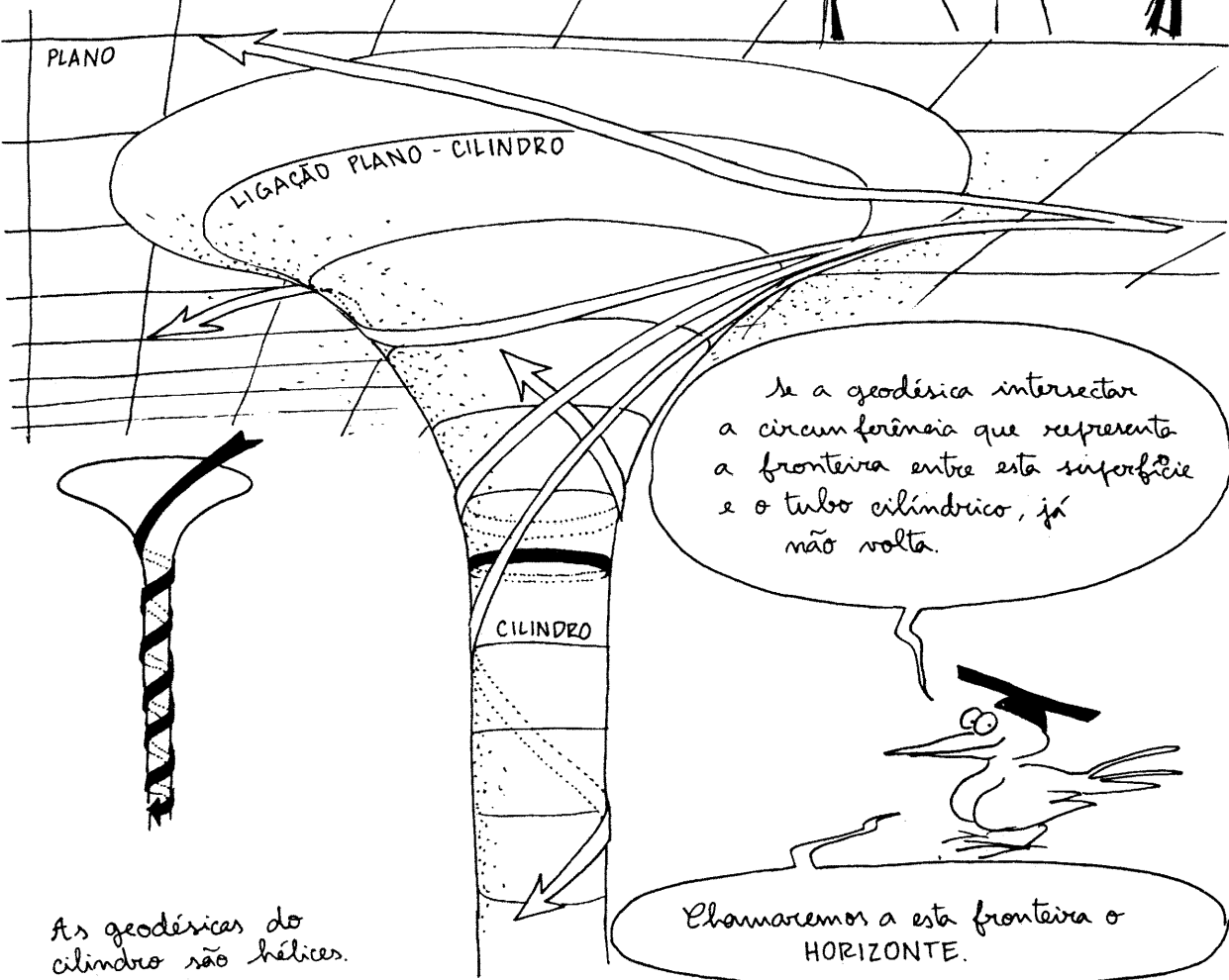
O que será isto?

Com a minha fita adesiva, tracei algumas geodésicas desta estranha superfície.





Se a geodésica mergulhar suficientemente nesta depressão, acaba por se intersectar a si mesma.

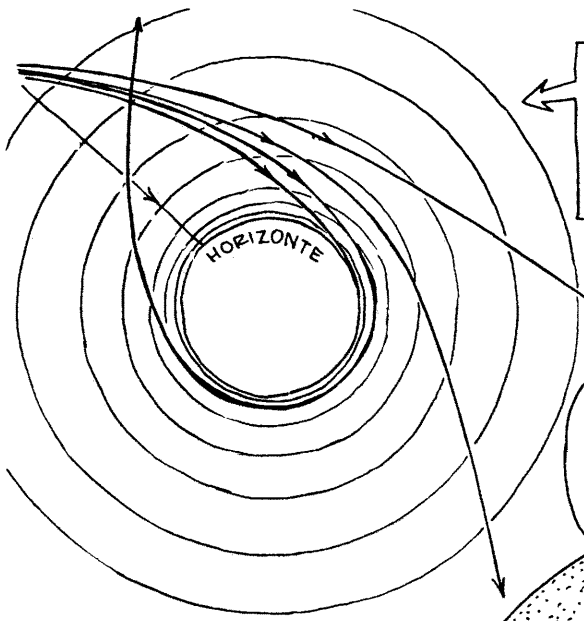


Se a geodésica intersectar a circunferência que representa a fronteira entre esta superfície e o tubo cilíndrico, já não volta.

As geodésicas do cilindro são hélices.

Chamaremos a esta fronteira o HORIZONTE.





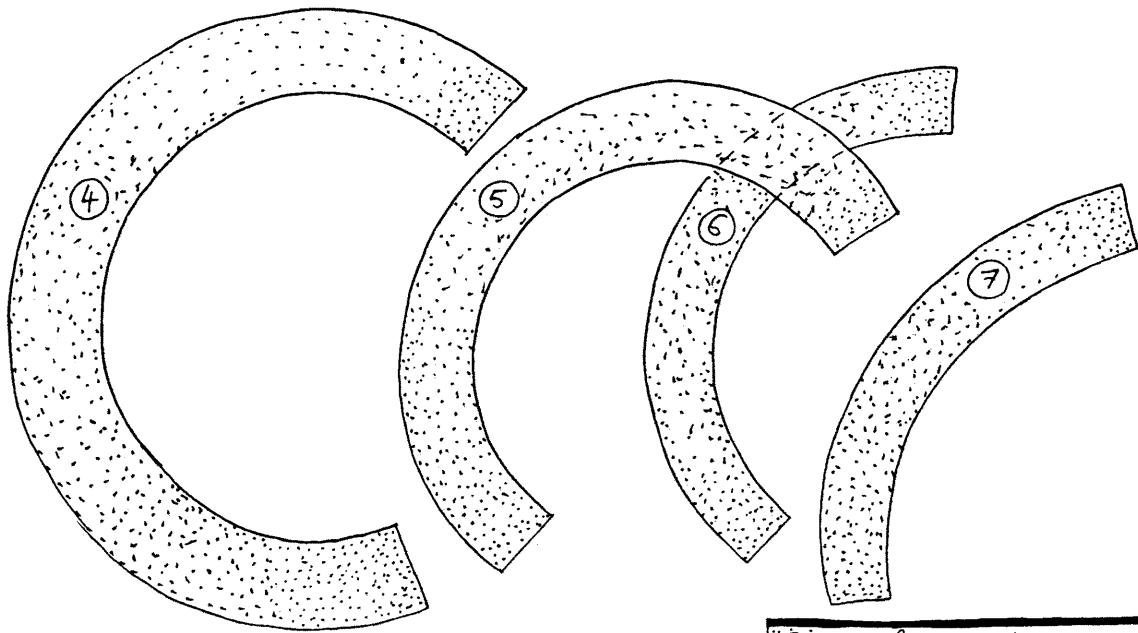
Quem tiver a ilusão de viver num mundo PLANO concebe as trajetórias desta maneira.

Construam um buraco negro com a ajuda de um plano murcido de um buraco (1), de seis troncos de cones (unindo-os pelos bordos) e de um cilindro (8).

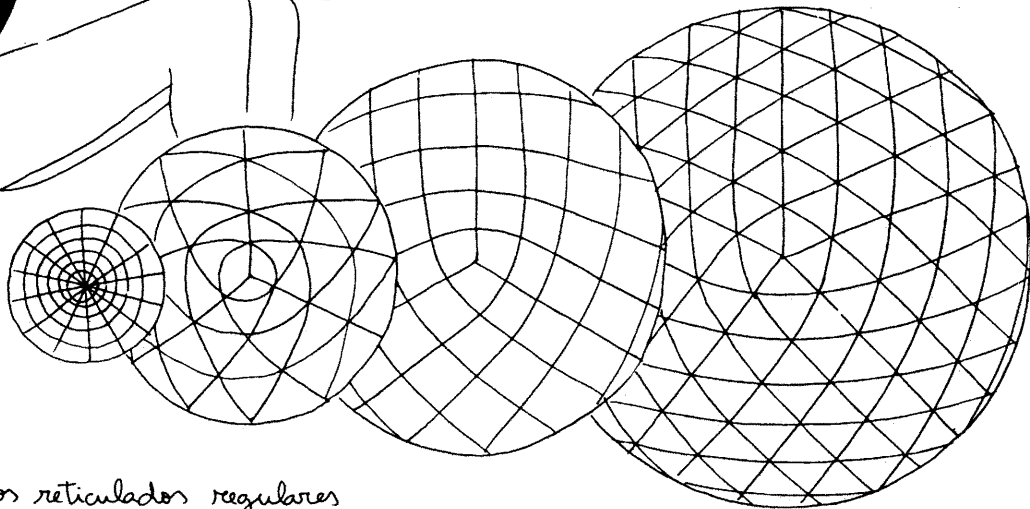


cilindro

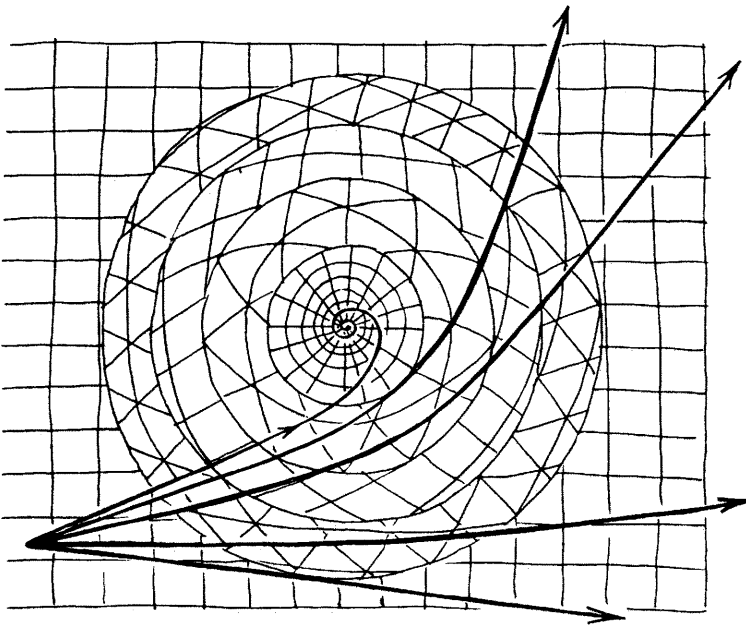
VARIANTES



Esta é outra maneira de figurar um BURACO NEGRO, com a ajuda de reticulados.



Utilizámos reticulados regulares unicamente por razões estéticas.

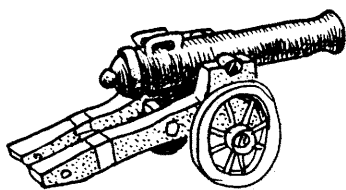


A regra do jogo consiste em intersecar estes reticulados sucessivos segundo um ângulo constante, assegurando, uma ligação, uma continuidade, em todas as fronteiras circulares. Quanto mais nos aproximamos do buraco negro, mais a sua atracção se faz sentir. No interior da circunferência do HORIZONTE, a trajectória envola-se em espiral. De notar que o reticulado central, foliar, pode assemelhar-se ao reticulado de um cilindro por meio de geodésicas, visto em perspectiva.

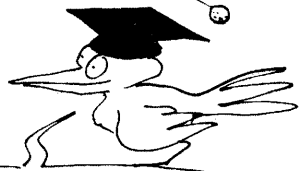


Atenção!
Há qualquer coisa que não bate certo na nossa história!

Substituem massas por curvaturas e as trajectórias por geodésicas. mas, o que é que fazem à VELOCIDADE INICIAL?

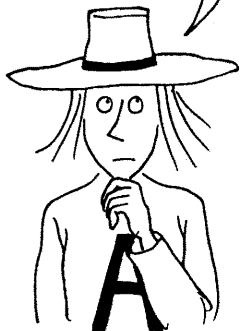


A trajectória de um objecto no campo de forças criado por uma ou várias massas depende da sua velocidade inicial v_0 .



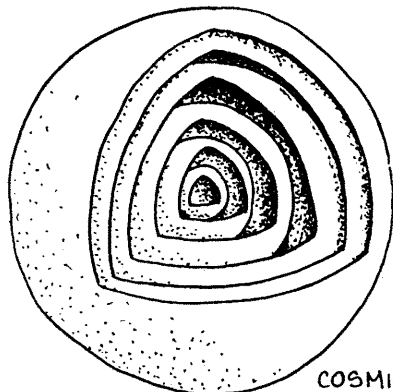
Exemplo: o obus do canhão e a atracção terrestre.

Então os desenhos que vimos há pouco correspondiam a um valor particular da velocidade inicial V_0 ?



DE MERGULHO

Imaginemos um mundo construído como uma cebola, isto é, em camadas concêntricas (*).

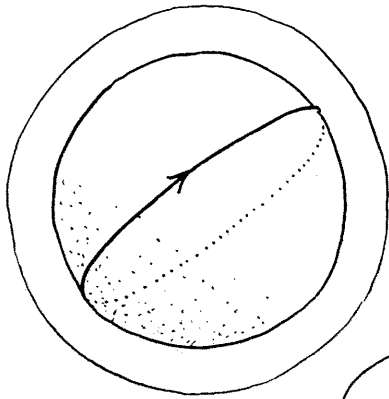


À cada camada corresponde uma intensidade V da velocidade. E, quanto mais depressa vamos, mais mergulhamos.

À velocidade da luz, chegamos ao centro da cebola.



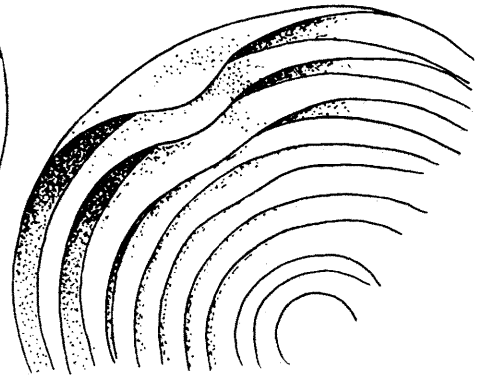
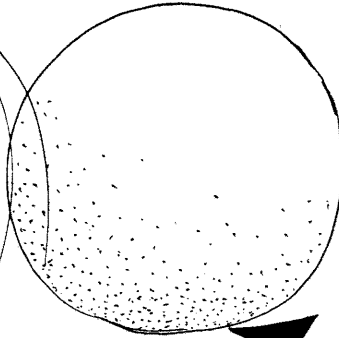
(*). Este modelo já foi apresentado em TUDO É RELATIVO, sob a designação de COSMIC PARK (mesmo autor, PUBLICAÇÕES DOM QUIXOTE).



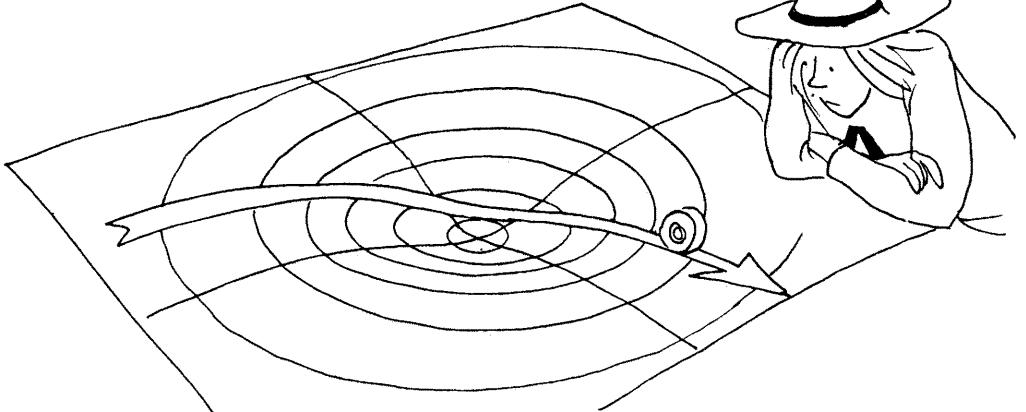
Na ausência de FORÇAS, um objecto conserva a sua velocidade V (mantém-se, portanto, à mesma distância do centro da esfera). Descreve uma GEODÉSICA da ESFERA correspondente, isto é, um GRANDE CÍRCULO.



E agora olhem bem!

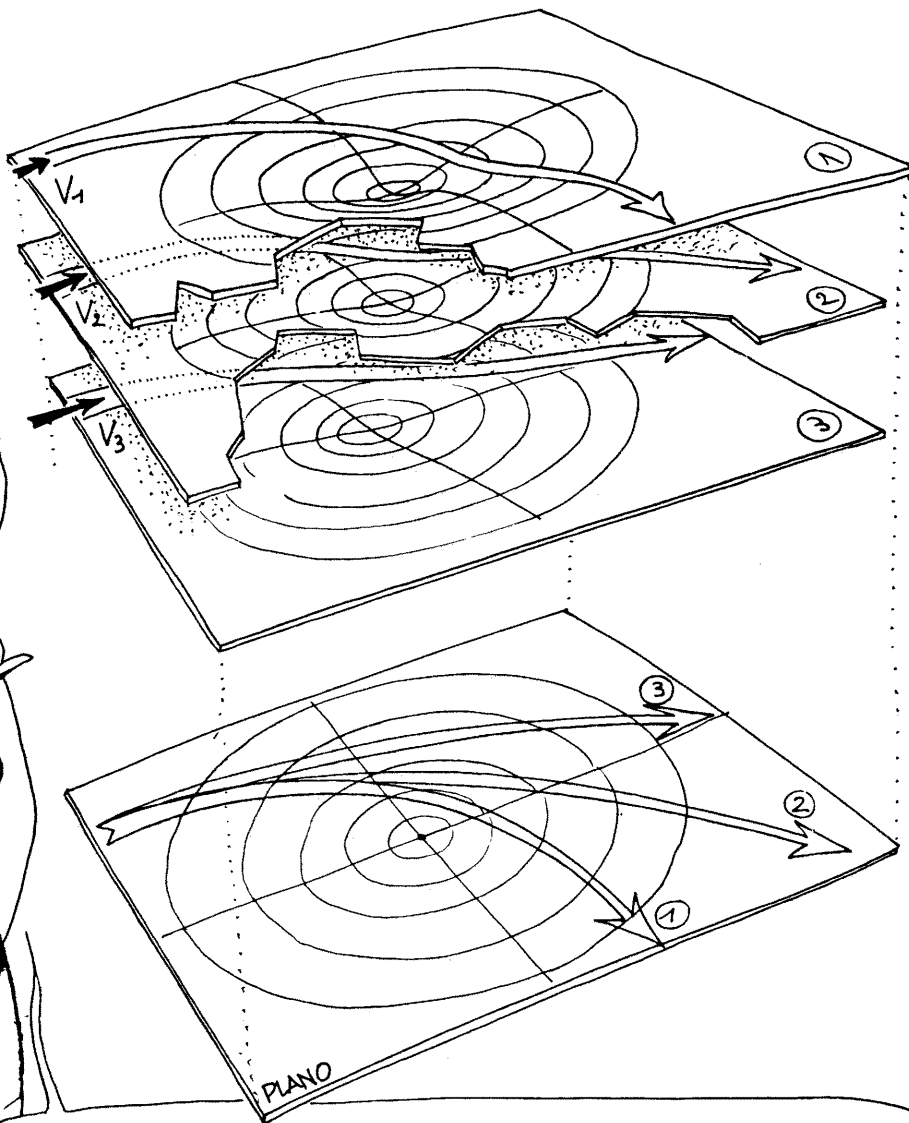


É este o resultado da martelada do Sr. Alberto. Como vemos, o efeito atenua-se em direcção ao centro.

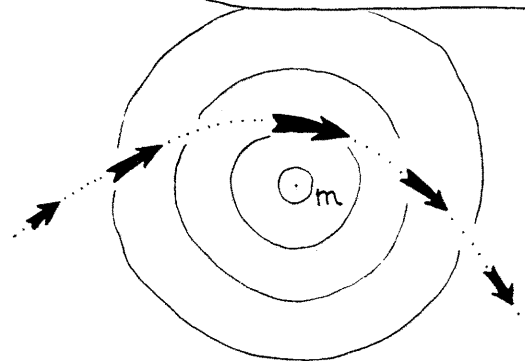


Temos agora uma cavidade (ou uma bolsa, é o mesmo...). Estão representadas as linhas de nível (que NÃO são geodésicas!) e uma geodésica particular.

$$V_1 < V_2 < V_3$$



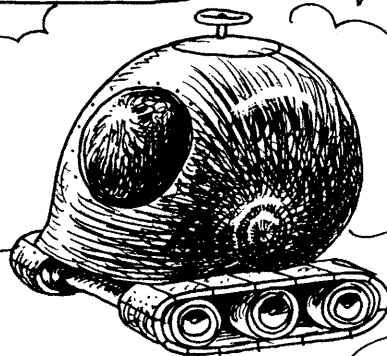
Quanto mais fraca é a velocidade inicial, mais acentuada é a deformação e mais encurvada é a trajetória.



Sob o efeito da atração gravitacional, a velocidade de um objecto começa por aumentar, decrescendo em seguida. A velocidade máxima é atingida quando a distância entre o objecto e a massa atractiva é mínima (periélio).

Que aparelho é este?

É o
CRONOSCAPE.



Permite seguir as
geodésicas do cosmic park.

Mas por que é que
temos de nos meter
no cronoscape?



Todo o conjunto
do Cosmic park está
mergulhado num
fluido: o CRONOL.



À mim é que
não me apantam
lá dentro!



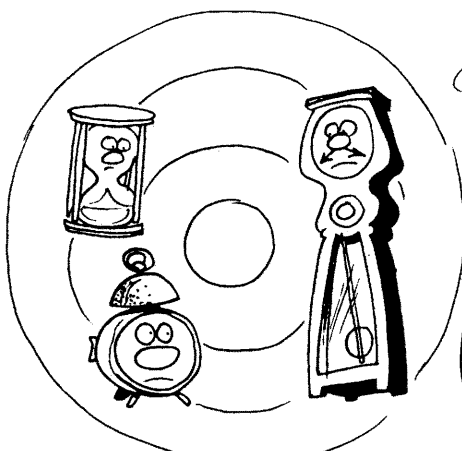
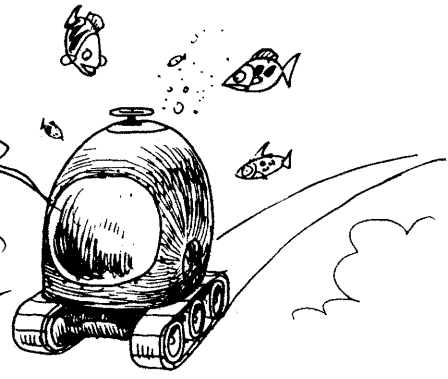
O trajecto seguido
pelo CRONOSCAPE
chama-se DESTINO.



(*) Nota de SERVIÇO: O SEGUNDO PRINCÍPIO diz-nos que é impossível seguir as geodésicas do espaço-tempo (COSMIC PARK) em sentido contrário.

A Direcção

Como a pressão P_R é superior à P_E , o cronômetro corre e o contador indica o tempo que passa.



Quanto mais mergulhamos no cronômetro, mais aumenta a pressão P_E . Como o débito é proporcional à diferença $(P_R - P_E)$, o tempo para mais devagar.

E a profundidade, É a velocidade. Portanto, quanto mais depressa formos menos tempo para (*).



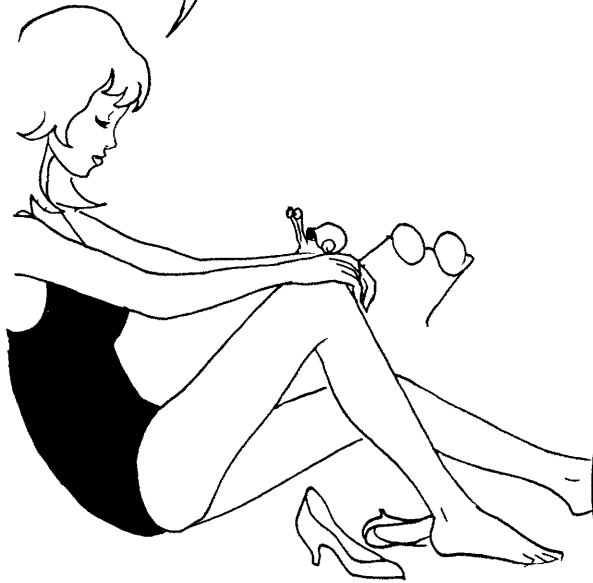
E quando atingimos a velocidade da luz, P_E torna-se precisamente igual a P_R , e o tempo para.



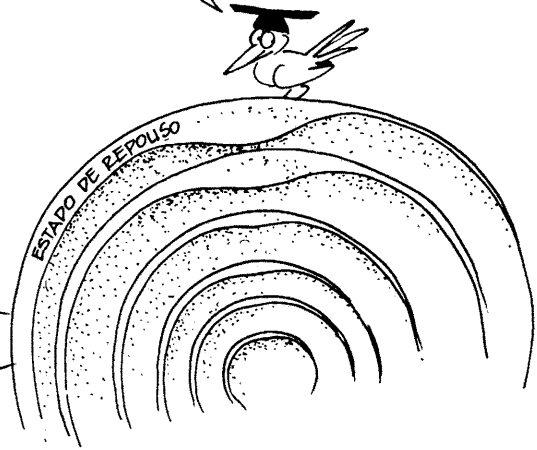
Não se pode ultrapassar a velocidade da luz, assim como não é possível ir mais fundo do que o centro do Cosmic Park.

(*). Ver TUDO É RELATIVO, mesmo autor, PUBLICAÇÕES DOM QUIXOTE.

A superfície do Cosmic Book é a imobilidade, o repouso.



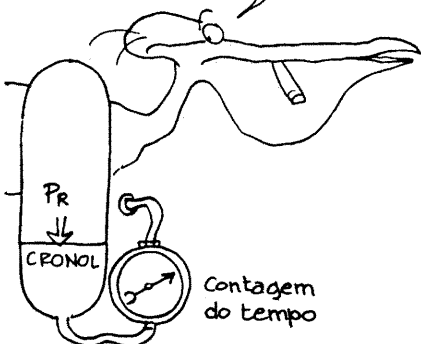
É ficando imóveis que envelhecemos mais!



Quando um corpo tem uma massa muito elevada, encorva grandemente o espaço-tempo. O que significa que, nesta região, mesmo em repouso, os objectos estarão mergulhados num CRONOL a uma pressão mais elevada. E o seu tempo passará mais devagar do que o de um objecto igualmente em repouso, mas longe de qualquer massa. É o que aconteceria na vizinhança de um objecto superdenso como uma estrela de neutrões.

Que aconteceria se saíssemos bruscamente do cronoscape?

Talvez apinhássemos uma relíquia?



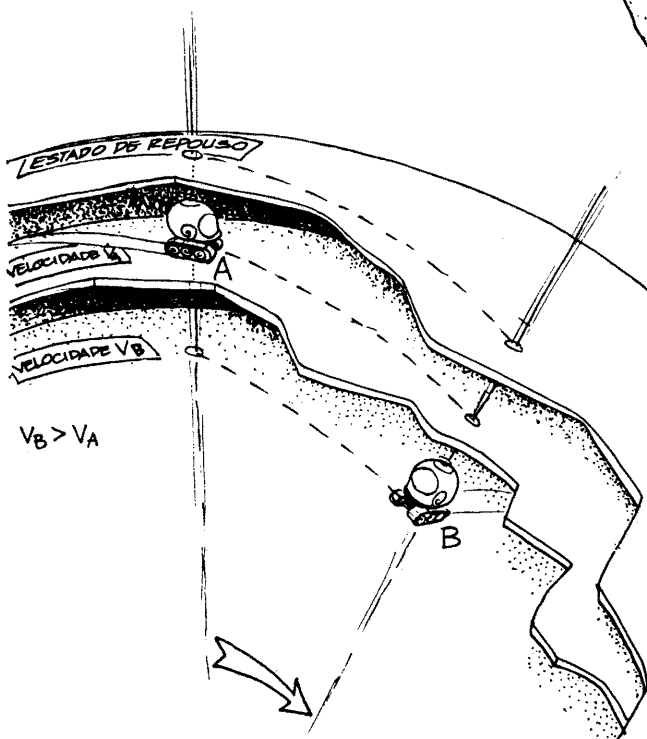
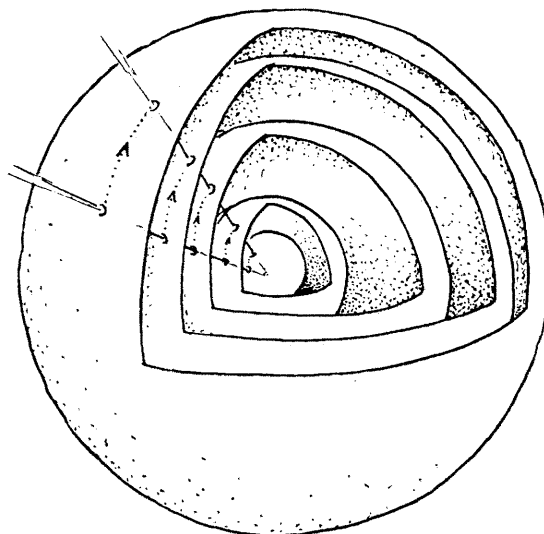
E quando o cronol do reservatório se esgotar completamente... é... a morte?...

COMUNICAR

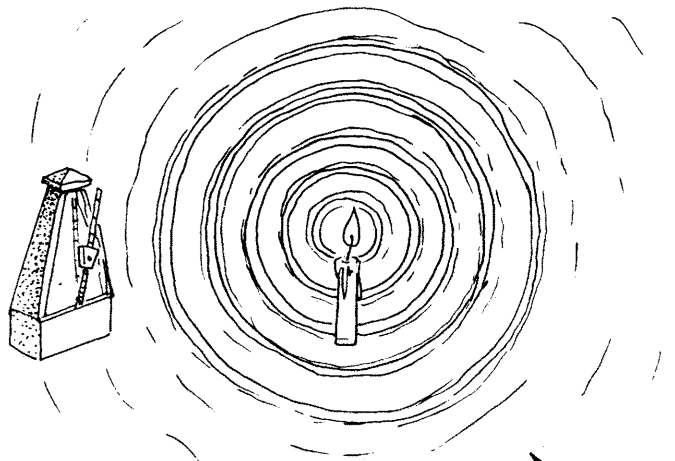
Está estamos nós fechados nestes ocoscafes. Mas, como poderemos comunicar?

Utilizando FOTÕES.

Os fotões são como feixes de luz que varrem todas as camadas do Cosmic Park a uma velocidade angular constante.



Um objecto A, deslocando-se a uma velocidade V_A , pode desencadear a partida de um desses feixes de luz em direcção a um objecto B que se desloque à velocidade V_B .

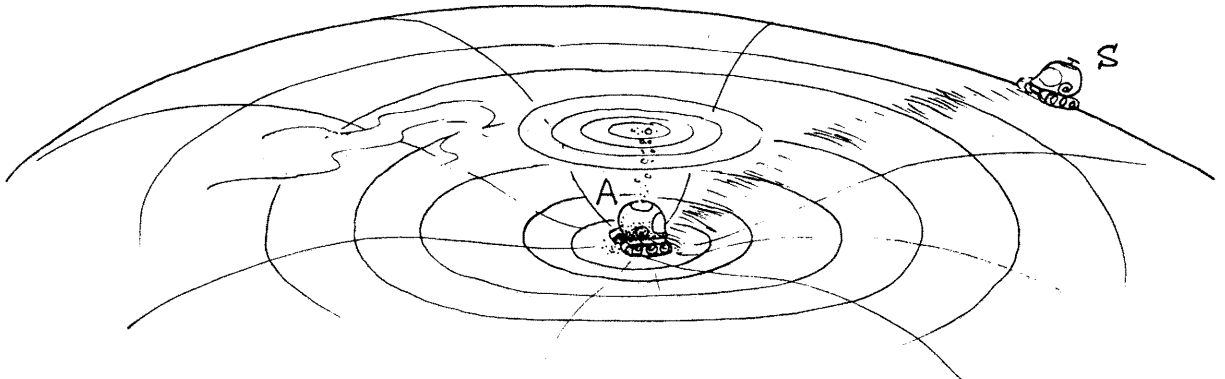


← Baixas frequências

→ Altas frequências

E a cor é determinada por esta frequência.

INFRAVERMELHO VERMELHO LARANJA AMARELO VERDE AZUL VIOLETA ULTRAVIOLETA

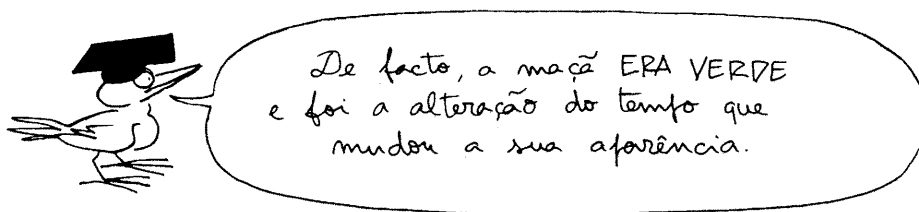


As frequências (emitidas ou recebidas) são medidas em relação ao tempo que passa no cronoscape do emissor ou do receptor. No cronoscape A, Anselmo emite luz azul. Encontra-se numa região do espaço em que reina uma forte curvatura. Por exemplo, está perto de uma estrela de neutrões (de massa muito elevada).

Sofia, no cronoscape S, recebe esta luz. Encontra-se longe deste objecto de massa supergrande. Portanto, o seu tempo vai passar mais depressa e ela medirá uma frequência mais fraca, a fonte desta luz se lhe apresentar desviada para vermelho.

É o que se chama RED SHIFT (deslocamento para vermelho) de origem gravitacional.

Anselmo encontra-se numa estrela de neutros.
(Liberámos-lo dos constrangimentos da gravidade para evitar que se sinta instantaneamente esbarrachado contra a sua superfície sob o efeito do seu próprio peso.)



SEGUNDA ABORDAGEM DO BURACO NEGRO

Vamos continuar a explorar o cosmic park

OK, vou com o Spéon.
Boa geodésica!...

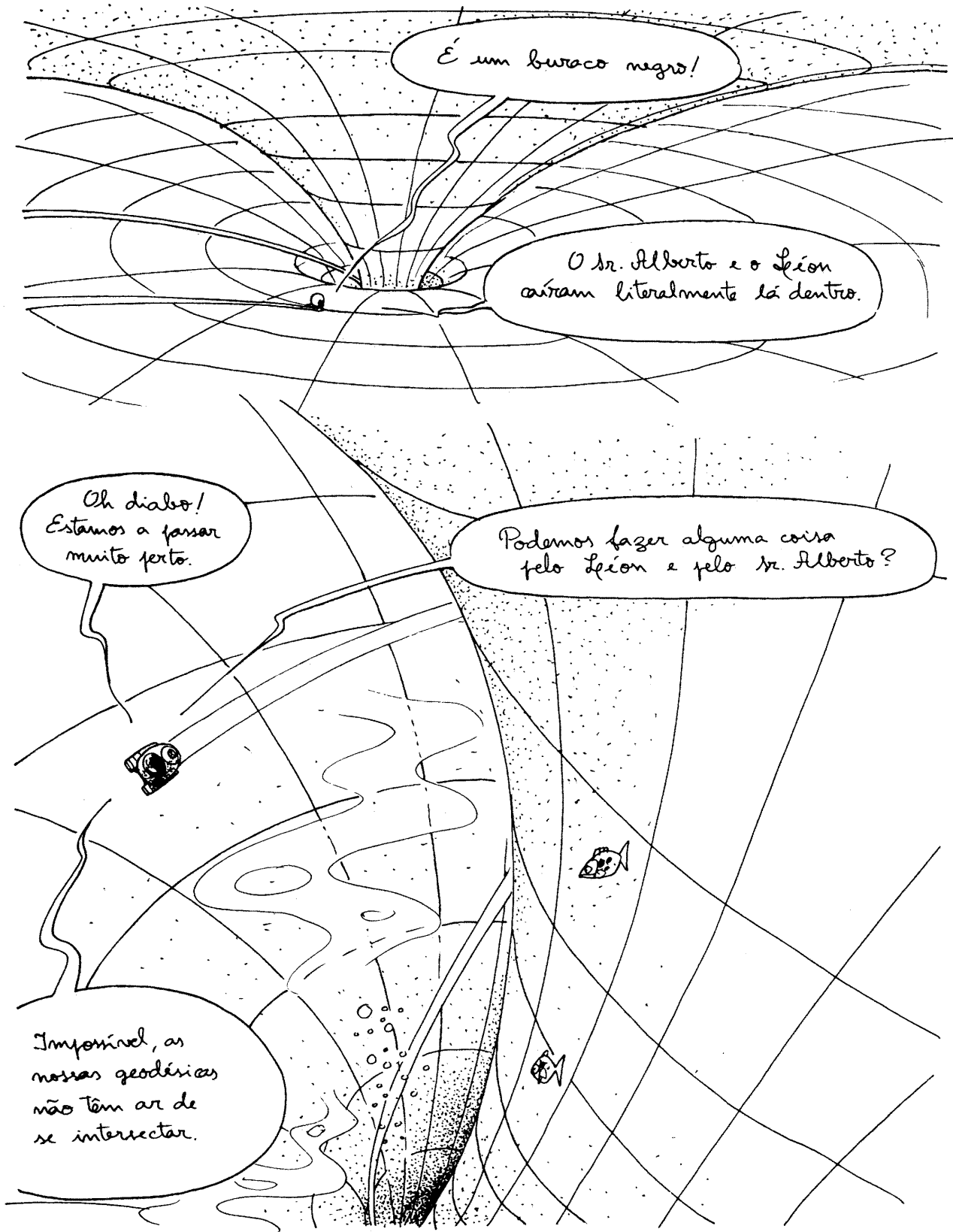
Spéon, Sr. Alberto, estou a vê-los, lá adiante.

E estou a receber um contacto fónico, pela rádio (*).

Olha, o que é aquilo, lá longe

Parece uma tromba.

(*). As ondas rádio são da mesma natureza que as ondas luminosas. mesma velocidade de propagação c , mas frequências mais baixas.



É um buraco negro!

O sr. Alberto e o León caíram literalmente lá dentro.

Oh diabo!
Estamos a passar
muito perto.

Podemos fazer alguma coisa
pelo León e pelo sr. Alberto?

Impossível, as
nossas geodésicas
não têm ar de
se intersectar.

Estás a vê-los?

O fundo do braco negro parece completamente opaco.

Ainda os estou a ver, mas o seu cronoscape tornou-se vermelho-escuro.

Está lá, Sr. Alberto, León, estão a ouvir-me?

Não compreendo nada. A sua voz tornou-se super-aguda e fala muito depressa.

A sua voz está cada vez mais grave. Parece um disco prestes a forar!?!

AHHHTEUHHH...

Quando se vive em "bolhas de tempo" os problemas de comunicação são muito diferentes.

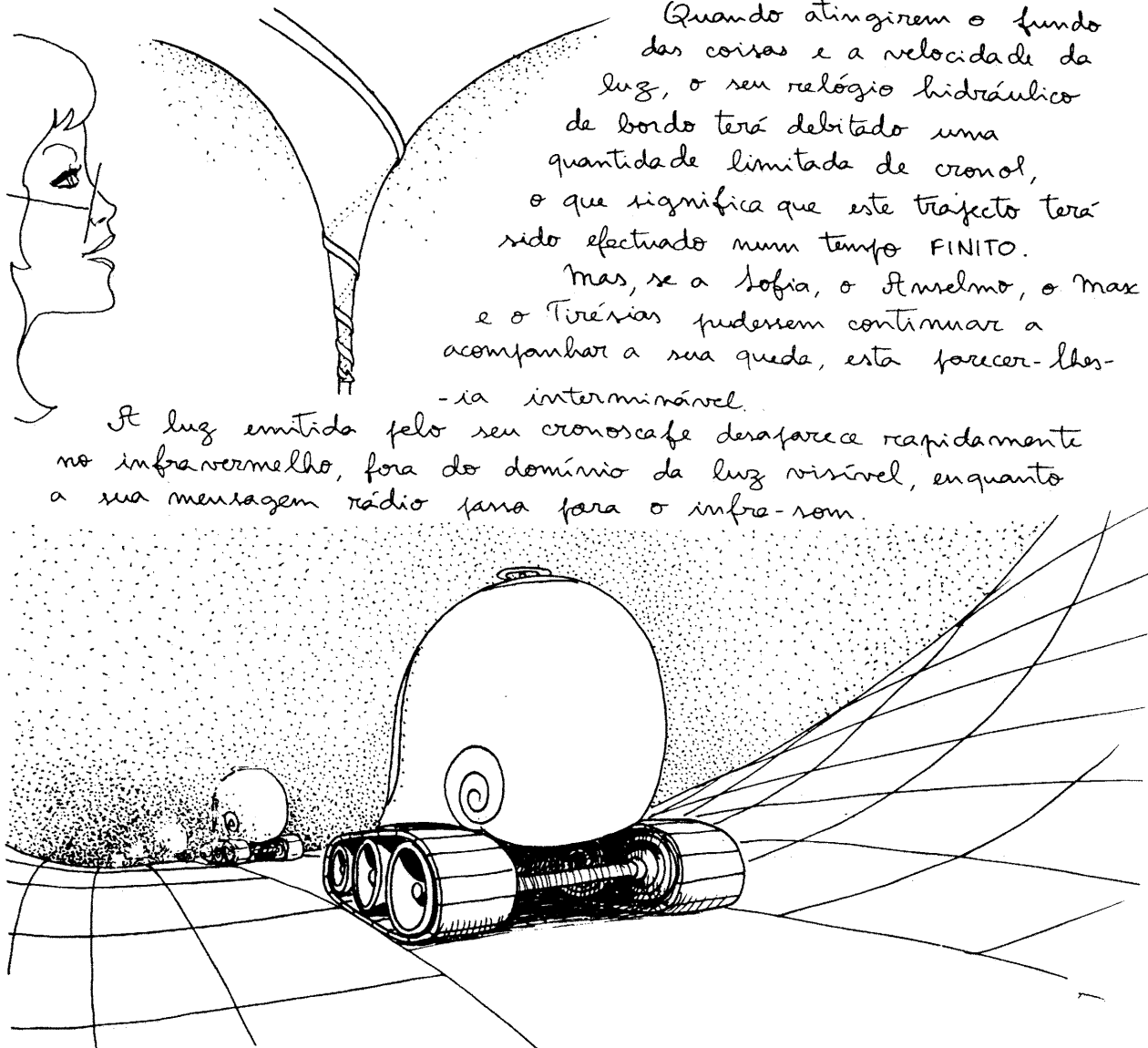
QUESTÃO DE TEMPO

Quanto mais profundamente Alberto e Dion mergulham no CEONOL e mais aumenta a pressão exterior PE, menos debita a sua elipsóide, portanto, e menos tempo passa no seu cronoscafe.

Quando atingirem o fundo das coisas e a velocidade da luz, o seu relógio hidráulico de bordo terá debitado uma quantidade limitada de cronol, o que significa que este trajecto terá sido efectuado num tempo FINITO.

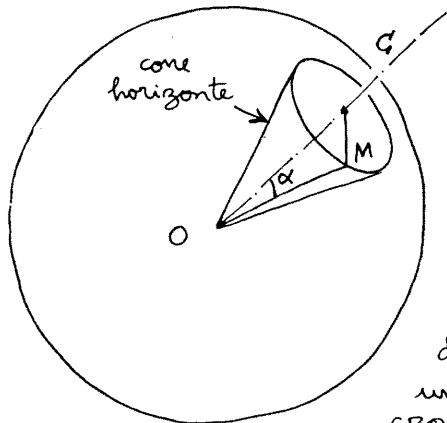
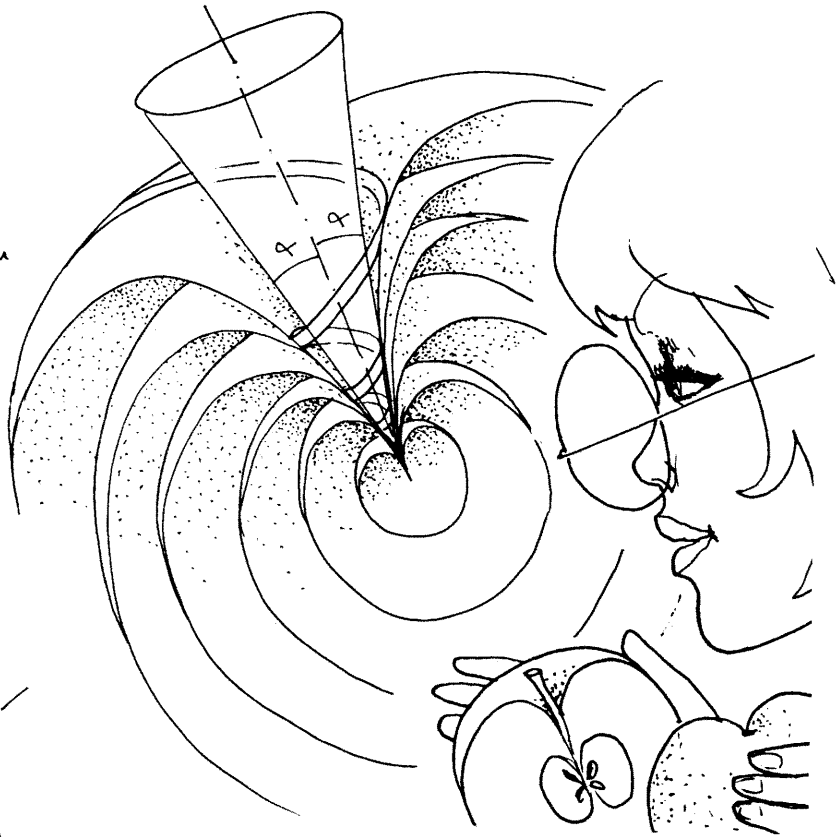
Mas, se a Sofia, o Anselmo, o Max e o Tiresias pudessem continuar a acompanhar a sua queda, esta parecer-lhes-ia interminável.

A luz emitida pelo seu cronoscafe desaparece rapidamente no infravermelho, fora do domínio da luz visível, enquanto a sua mensagem rádio para para o infra-son.

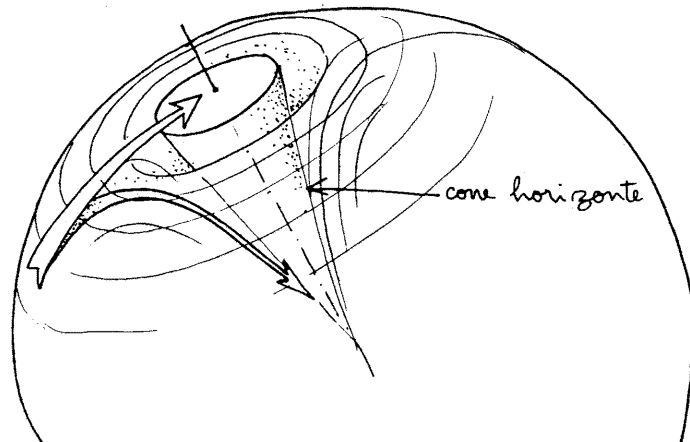
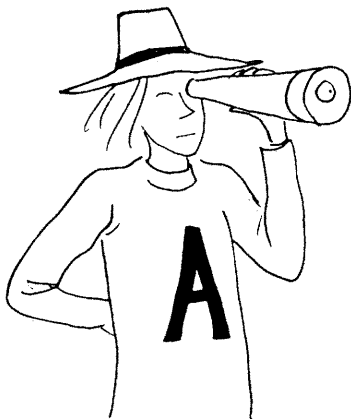


Isto recorda-me o paradoxo de Aquiles, que tenta aproximar-se da tartaruga reduzindo SEMPRE PARA METADE a distância que os separa. Consegue-o num tempo finito.

Neste modelo do COSMIC PARK podemos ver uma imagem do buraco negro. O ponto penetrou totalmente no espaço-tempo até ao centro, onde reina a velocidade da luz. Todas as superfícies curvas se tornam tangentes neste ponto a um cone de semi-ângulo α no vértice.



Neste modelo, a distância é de facto um ÂNGULO entre dois raios vectoriais: exemplo \vec{OM} e \vec{OC} . Observando a figura de cima, vemos que não é possível penetrar no interior do cone de semi-ângulo α no vértice. Para um observador situado na superfície do CRONOL, isto é, em estado de repouso, e que não conhecesse esta curvatura do espaço-tempo, esta fronteira do buraco negro, chamada HORIZONTE, apresentaria-se-lhe como uma CIRCUNFERÊNCIA transposta à velocidade da luz.





Oh, sem ver, voltámos ao mesmo ponto de partida, perto do cronoscafe n.º 3, que permanecem imóvel.

A nossa excursão em volta do buraco negro retardou o nosso envelhecimento. Se um de nós tivesse ficado neste cronoscafe em repouso, talvez tivesse esperado pelo nosso regresso durante centenas de milhares de anos!

Onde não dar os buracos negros?

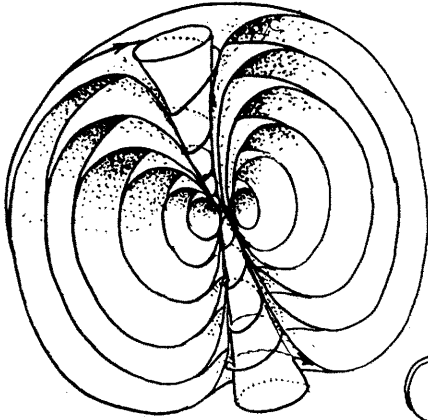


Isto é, um objecto onde nunca se poderia entrar. Só se poderia sair.

Ninguém sabe. A teoria mostra-nos que pode existir um antiburaco negro.



Uma FONTE BRANCA.



No modelo do COSMIC PARK, é a isto que se poderia assemelhar um faro buraco negro - fonte branca.

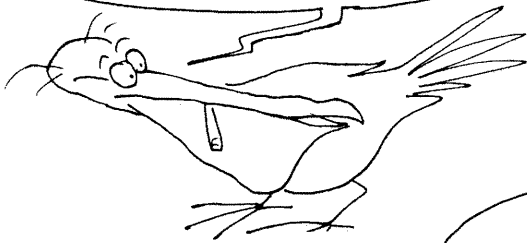


É o MESMO objecto, mas com uma orientação inversa das geodésicas.



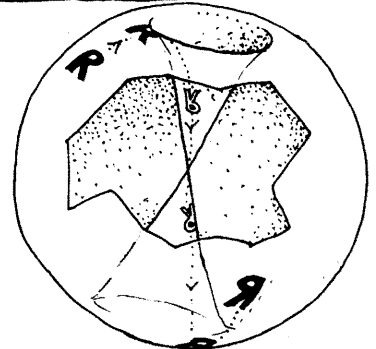
mas, o que é que há DENTRO do buraco negro, para lá do HORIZONTE? Será que não há... NADA?!?

O interior do buraco negro poderá ser o NADA no estado puro?...



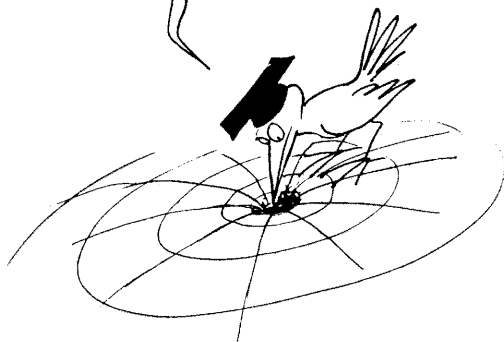
Claro que não! "O interior" do buraco negro seria simplesmente o exterior da fonte branca associada.

De notar que, neste modelo, a estrutura BURACO NEGRO - FONTE BRANCA confere a todas as folhas do Cosmic Park o aspecto de superfícies não orientáveis, de um só lado, em que a "passagem" inverte os objectos. Por exemplo um **R** passa a ser um **Я**.

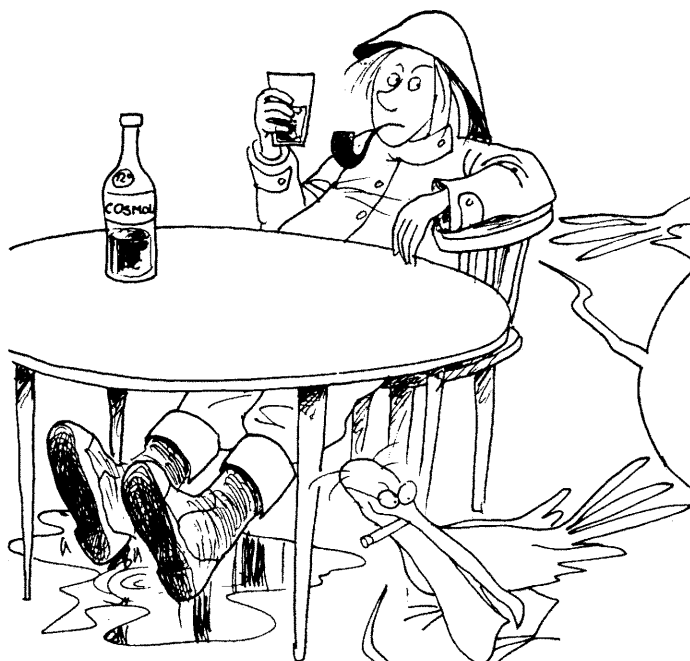


A GARRAFA DE TINTA

Mas, há outras teorias. Há quem pense que os buracos negros estabelecem a comunicação entre o nosso universo e um UNIVERSO GÊMEO.



Ou até com um mundo em que tudo se apresentaria como que enviado por um espelho, incluindo o tempo.



O que é verdade é que, se existem corajosos que já se tenham aproximado de um buraco negro, nunca nenhum voltou para contar como é.

No fundo, a concha do Tiresias talvez não fosse de um buraco negro!



Mamã!

León, deixa o
Tirésias em paz!

Deixa lá, Tirésias,
afinal o que importa
é que te sintas bem
na tua concha.

mi!...

EPÍLOGO

Oh. lá lá, o cosmol!
Que dores de cabeça...

Vejam os. O vazio e a
matéria são a mesma coisa!
O espaço pode fechar-se sobre
si mesmo e nós só podemos
caminhar em frente!