

UM BILIÃO DE SÓIS

Jean~Pierre Petit

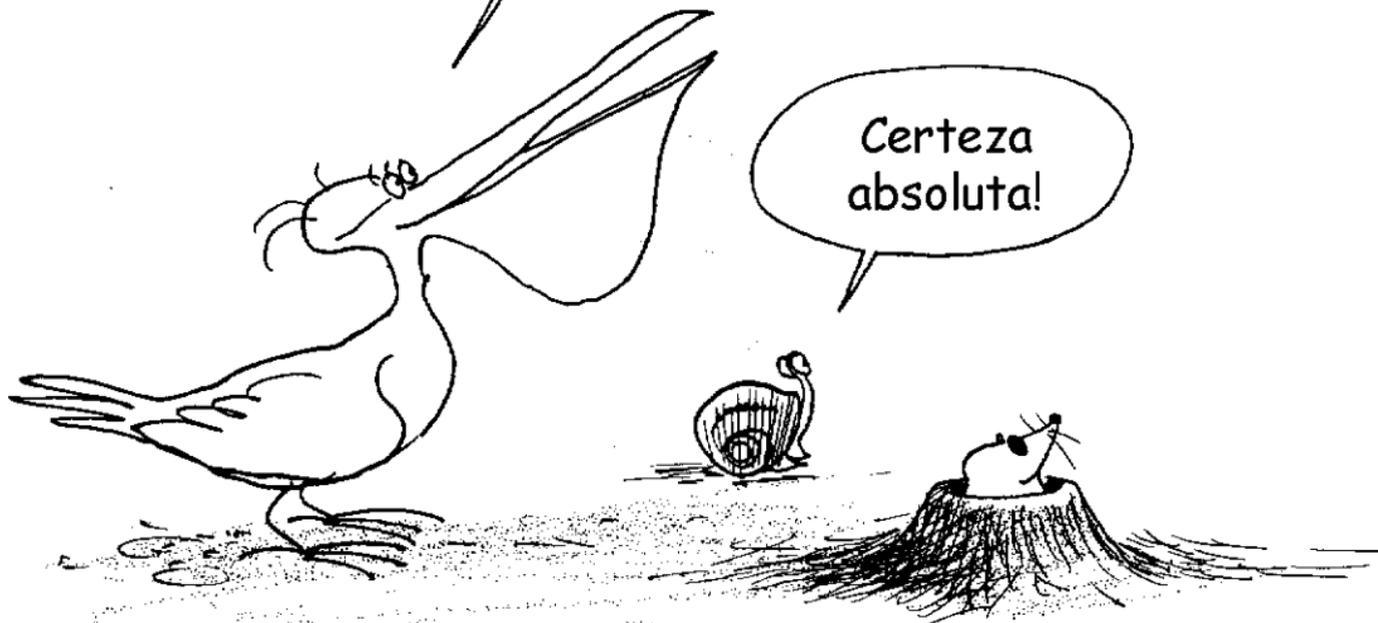
Traduzido por
Sónia da Costa

A ciência talvez seja
a forma mais elaborada
da literatura fantástica

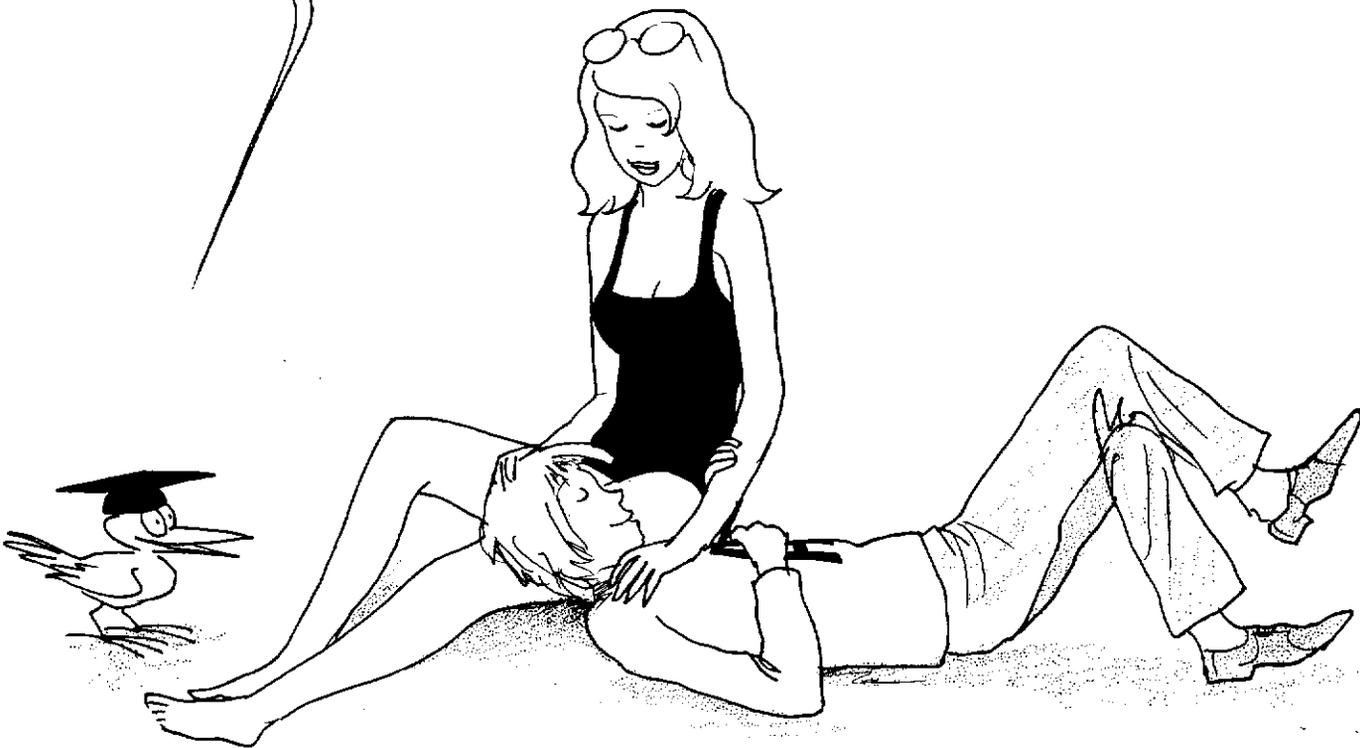


Tens a certeza, Tiresias,
de que se trata do cometa Halley?

Certeza
absoluta!



É possível que o Universo seja somente
uma vasta operação de vulgarização
científica: Deus a tentar fazer
com que entendamos qualquer coisa...



ADVERTÊNCIA

A **ASTROFÍSICA** é uma ciência **RECENTE**. Há bem pouco tempo ainda, o homem continuava a receber informações através da **JANELA OPACA DA ATMOSFERA**.



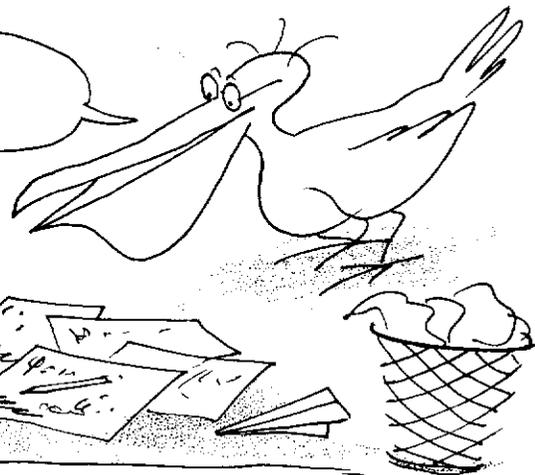
A **DINÂMICA GALÁCTICA** ainda aguarda por um novo **KEPLER** ou por um novo **LAPLACE**. Ainda não somos capazes de propor uma solução matematicamente satisfatória, quanto ao sistema de equações, para descrever o objecto denominado **GALÁXIA**.

Neste campo, os teóricos cogitam, cogitam e cogitam há já mais de um século para... nada!

Paradoxalmente, entende-se melhor a infância do Universo (o chamado **BIG BANG**) do que a sua adolescência, a qual permanece... nebulosa.

Estamos longe de chegar a um consenso, e existem teorias completamente contraditórias a respeito do nascimento e da evolução das galáxias.

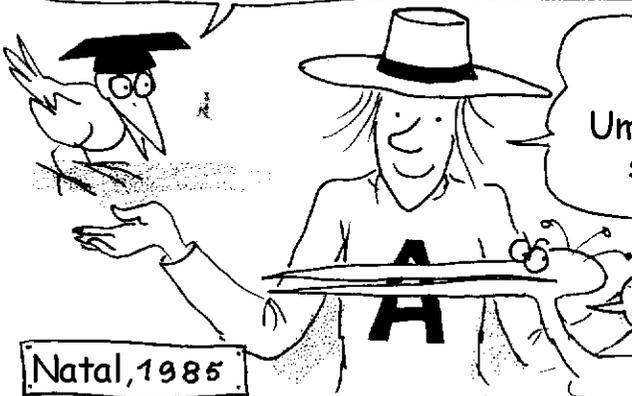
As informações obtidas graças ao recurso ao telescópio espacial, tratadas pelos mais potentes computadores, ajudar-nos-ão, quiçá, a chegar a uma conclusão globalizante coerente num futuro digamos mais ou menos próximo.

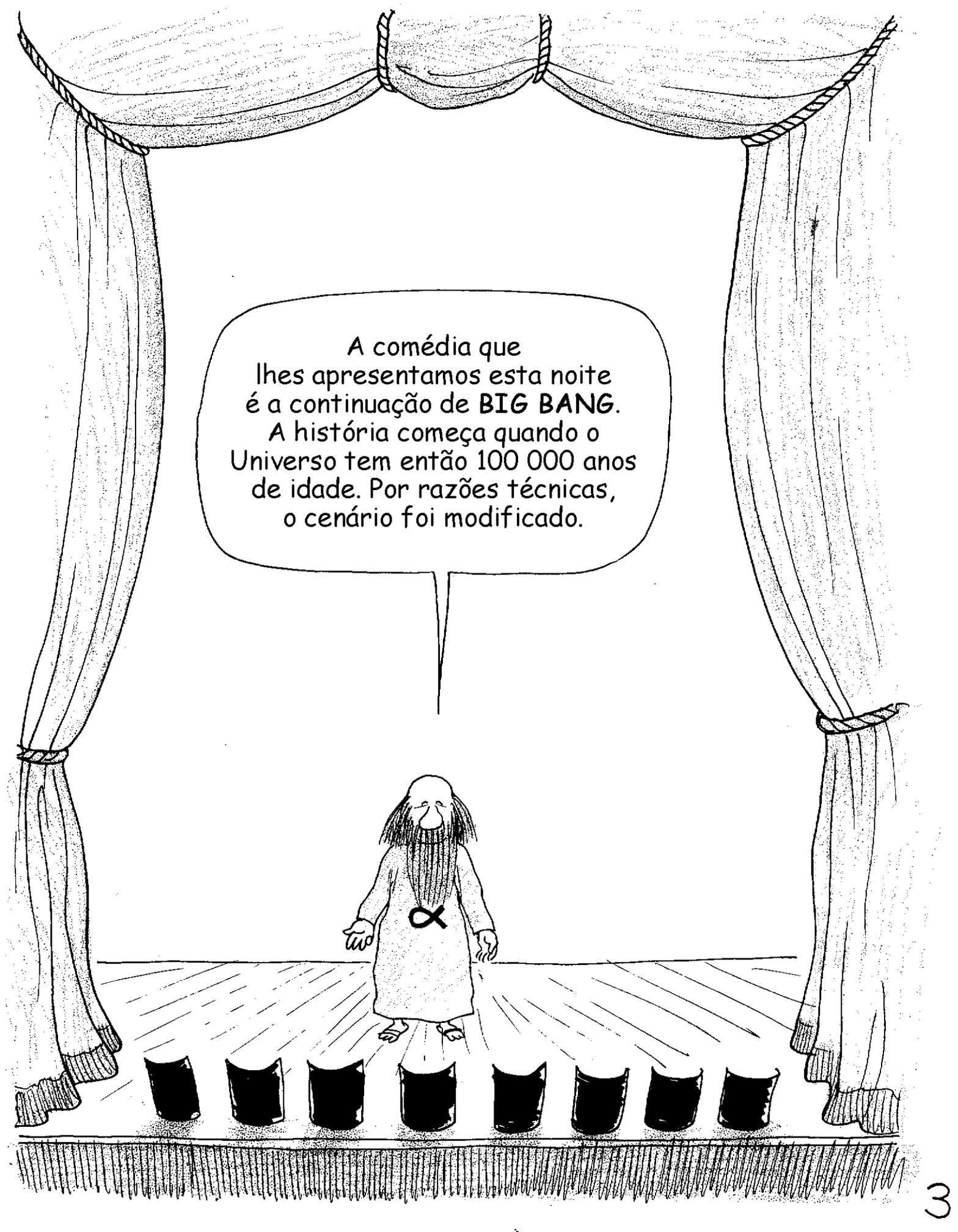


O autor fez, portanto, escolhas pessoais. Um dia, a história que seguidamente contaremos será considerada uma síntese clarividente...

Ou um total disparate.

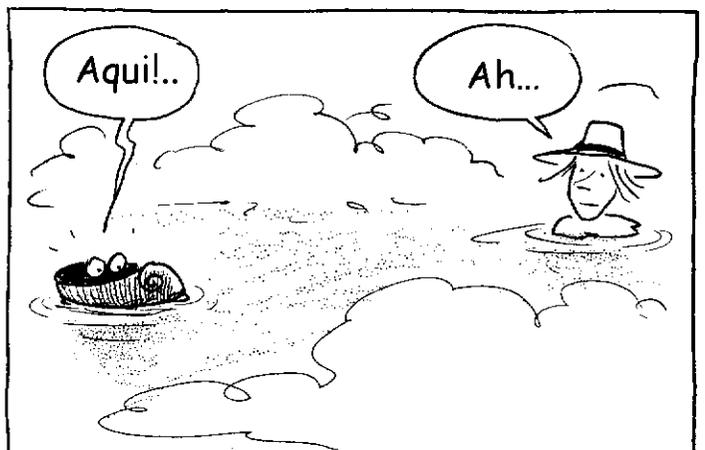
Natal, 1985





A comédia que
lhes apresentamos esta noite
é a continuação de **BIG BANG**.
A história começa quando o
Universo tem então 100 000 anos
de idade. Por razões técnicas,
o cenário foi modificado.

O PLANETA UNIVERSO



Esta sopa, meu caro amigo, é a **MATÉRIA**.

Ah, aqui está você outra vez!

Inicialmente, o espírito de Deus sobrevoava as águas...

Rápido...

Já chega, seu iconoclasta!

Oh! Vejam, é um milagre!

Qual milagre, qual quê?!
Tem pé, só isso!..

Olha! Pois é!

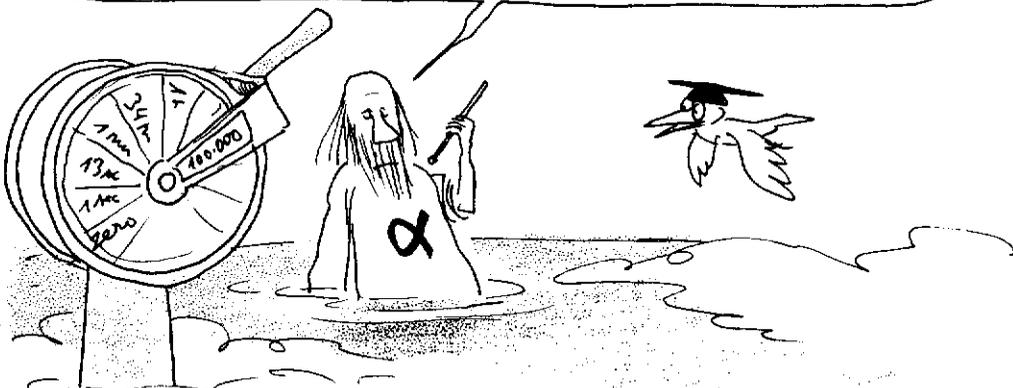


Já sabes, é o **CRONOTRÃO (*)**

O que data é hoje?



Sim, e a temperatura do Universo é de **8000°**.



O **FLUIDO-MATÉRIA** é estranho. É como se aderisse ao **FUNDO**.





À primeira vista, o mundo é redondo?

Sim, é uma espécie de "soufflé" esférico que incha, incha...

Mas que cozinha!..

Na superfície, a **MATÉRIA** comporta-se como um **FLUIDO**.

Mas, o **QUE** está por baixo ?

Por baixo, está o **ESPAÇO**. Há bem mais espaço do que matéria.

Está a dizer que este **PLANETA-UNIVERSO** é oco?

Minha cara amiga, como sabe, o **VAZIO** não existe. O "vazio cósmico" é, na realidade, um conjunto, um bulício de **FOTÕES**, juntinhos uns aos outros. São os **FOTÕES ORIGINAIS**, criados aquando do **BIG BANG**. Desde então, há mil milhões desses fotões por cada partícula de matéria.

Ou seja, este "soufflé" esférico consiste numa espécie de espuma **ELÁSTICA**, cujos alvéolos representam, cada um, um fotão. (*)

MATÉRIA

**ESPAÇO
= RADIAÇÃO
= FOTÕES**

ELÁSTICO? Acha mesmo que isto é elástico? Esta espuma parece, mas é, betão!

A compacidade desta espuma deve-se à **PRESSÃO DE RADIAÇÃO**.

(*) O diâmetro do alvéolo corresponde ao **COMPRIMENTO DE ONDA** do fotão.

A **PRESSÃO**, é algo ligado aos **FLUIDOS**, não é?

Sim, mas um conjunto de fotões é igualmente um gás que tem a sua própria pressão...

Mas, o **VAZIO** é um conjunto de fotões. Logo, o **VAZIO** é um **GÁS**! E esta, hã?..

Na realidade, a **MATÉRIA** e o "**VAZIO**", ou seja, este gás de fotões originais, formam uma **MISTURA HOMOGÉNEA**. Mas, neste modelo, se entendi correctamente, separou esses dois meios. A **EXPANSÃO** deste **PLANETA-UNIVERSO**, que funciona como um "soufflé", faz com que a **PRESSÃO DE RADIAÇÃO** diminua. Por outro lado, a espessura do "fluido-matéria" simula a **MASSA VOLUMÉTRICA**, que diminui igualmente.

De que forma interagem estes dois meios?

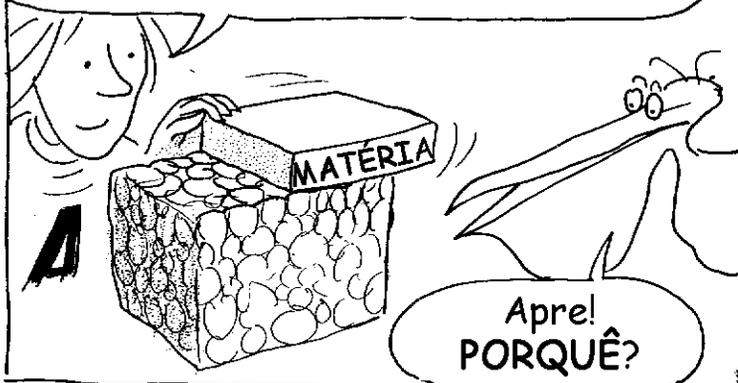
INTERACÇÃO MATÉRIA RADIAÇÃO

Quando o universo tem uma temperatura superior a **3 000°**, a matéria está estreitamente **ACOPLADA** ao fundo de radiação, com os fotões originais.

No fundo, é como se a matéria estivesse "colada" ao vazio...

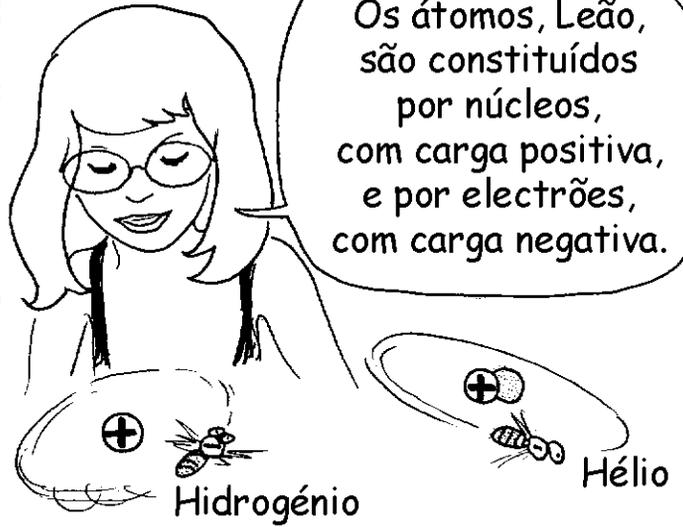
O QUÊ?

Abaixo dos $3\ 000^\circ$, a **MATÉRIA** desliza livremente no fundo de **RADIAÇÃO COSMOLÓGICA**.

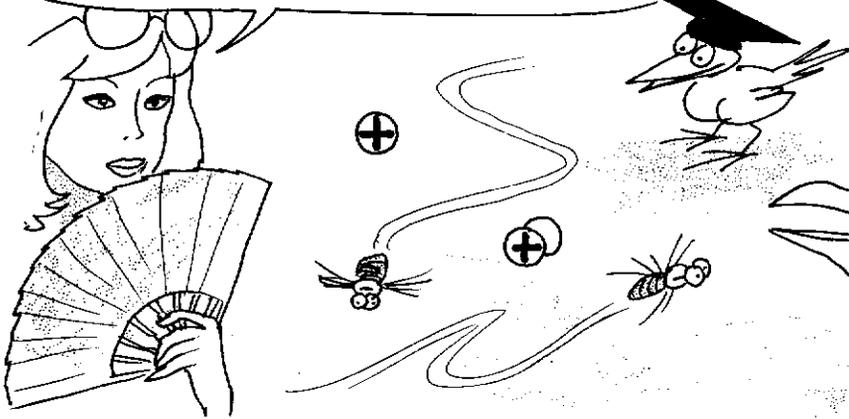


Apres! **PORQUÊ?**

Os átomos, Leão, são constituídos por núcleos, com carga positiva, e por electrões, com carga negativa.

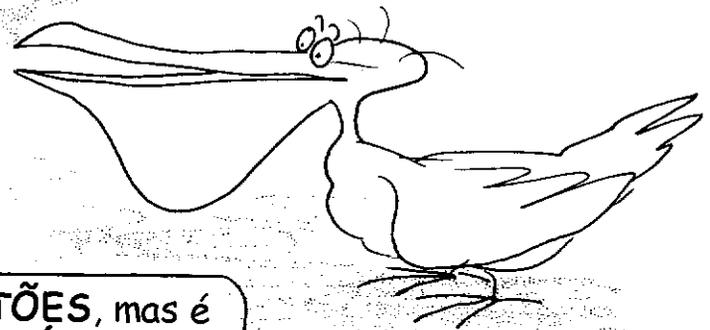


Acima dos $3\ 000^\circ$, a **AGITAÇÃO TÉRMICA** intensifica-se e as **COLISÕES** entre os átomos impedem os electrões de orbitarem tranquilamente à volta dos núcleos.

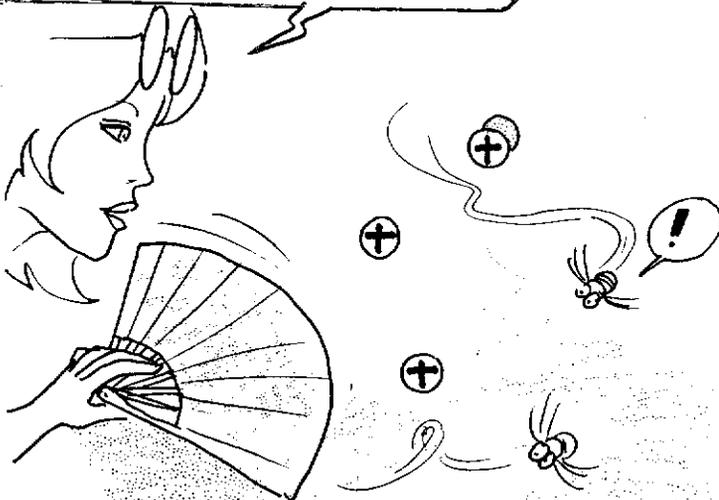


Os electrões são então **LIVRES** e diz-se então que a **MATÉRIA** está **IONIZADA**.

Sim, e então?



A **LUZ** corresponde a um movimento de **FOTÕES**, mas é **IGUALMENTE** uma **ONDA ELECTROMAGNÉTICA**, uma oscilação do espaço.

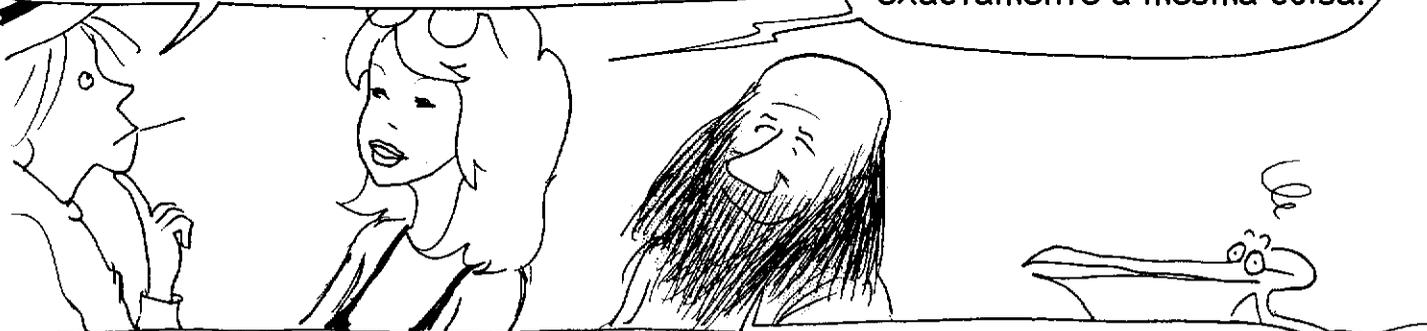


E esta oscilação é sentida mais intensamente pelos leves electrões do que pelos núcleos pesados.



Num gás, uma oscilação que se propaga corresponde a uma onda de pressão, (*) a uma onda sonora. Podemos então dizer que a luz é uma onda de... pressão de radiação, que se propaga a uma velocidade de 300 000 km/s.

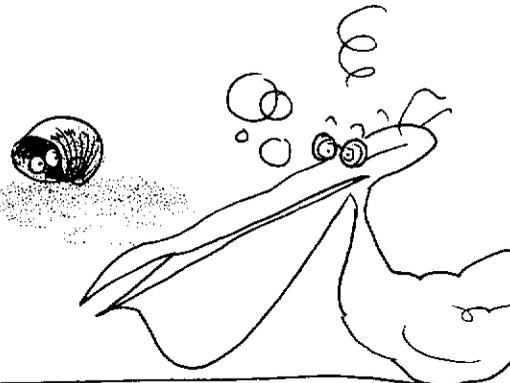
Num gás, a velocidade de agitação dos elementos equivale, sensivelmente, à velocidade do som. Quanto ao "gás de fotões" é exactamente a mesma coisa.



Reconheço que este gás de fotões é uma das minhas melhores invenções. Neste caso, as ondas e as partículas **SÃO UMA E A MESMA COISA**.

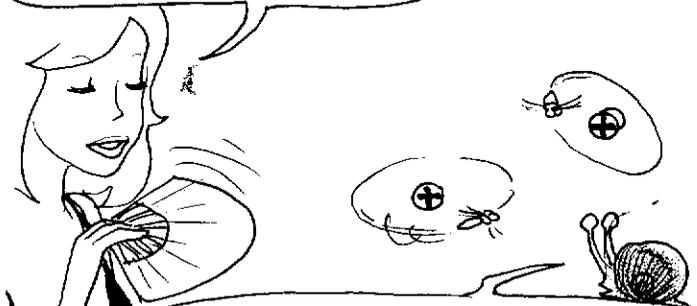
Ora, admitamos que:

- 1) um **GÁS IONIZADO** interage fortemente com um "gás de fotões";
- 2) o **VAZIO** é, na realidade, um "gás de fotões". Por conseguinte, a matéria ionizada "adere" ao vazio.



Quando a temperatura da matéria, no Universo, desce abaixo dos 3 000°, os electrões ligam-se aos átomos e tornam-se assim muito menos sensíveis às oscilações electromagnéticas.

O vínculo entre a **MATÉRIA** e o **FUNDO DE RADIAÇÃO** afrouxa e os átomos podem deslizar livremente no **VAZIO**.

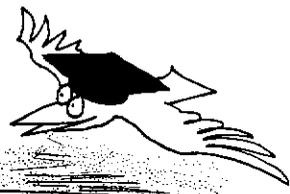


Ficam "retidos" pelos núcleos.

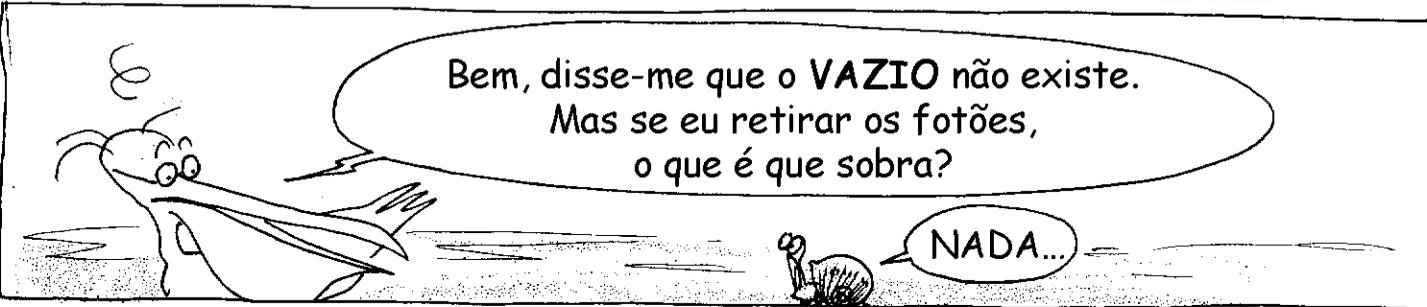




Hum... Mas, está a dizer-me
que debaixo das minhas patas tenho
espuma com alvéolos.
Não entendo...
Os **FOTÕES**
não estão... fixos?!



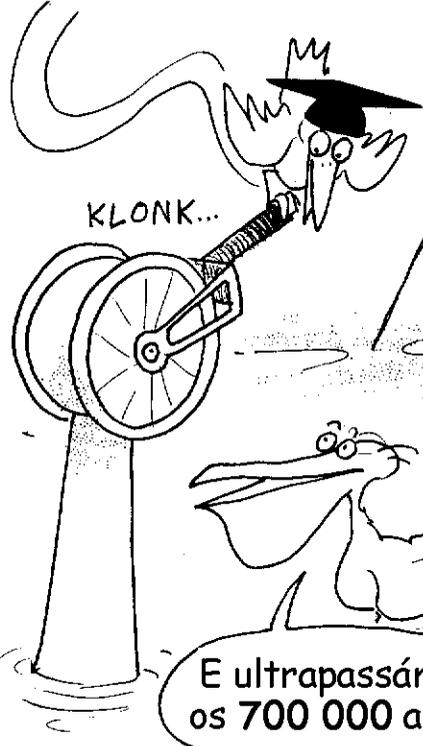
Leão, aquilo da espuma não é mais do que
uma maneira mais simples de perspectivar o espaço
e a **RADIAÇÃO PRIMITIVA** que contém.



Bem, disse-me que o **VAZIO** não existe.
Mas se eu retirar os fotões,
o que é que sobra?

NADA...

DESEMPARELHAMENTO



Ei, voltaste a pôr o **CRONOTRÃO** a funcionar!!

Sim, o nível baixou.
A temperatura da **MATÉRIA**
caiu abaixo dos 3 000°.

Muito
bem!

E ultrapassámos
os 700 000 anos!

A **MATÉRIA** desliza doravante livremente
no **FUNDO**. Parece que se descolou...



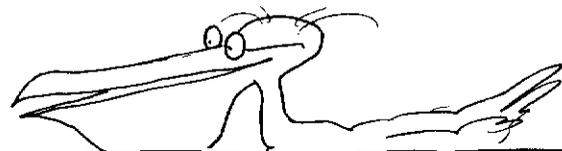
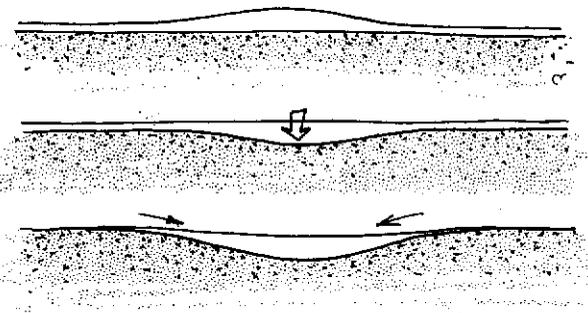
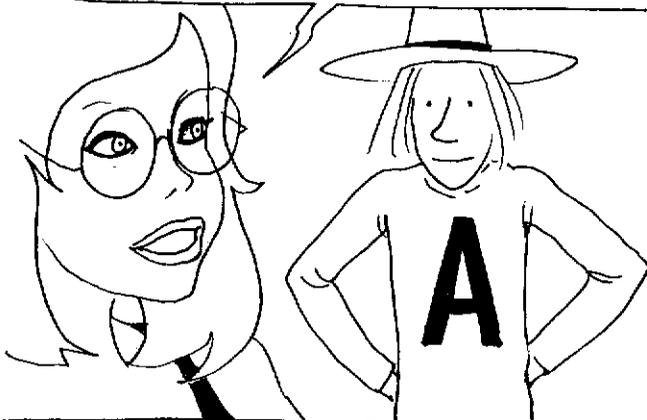
E não é só isso. Eis a matéria que se junta novamente em charcos.

O fundo fica mais maleável. É como se se encovasse em determinados pontos e é aí que a matéria se acumula.

O fluído-matéria é pesado. Pesa sobre o suporte que se afunda.

A INSTABILIDADE GRAVITACIONAL

É assim mesmo. Quando uma concentração de matéria surge, esta **CURVA O ESPAÇO**. E a matéria vizinha é atraída (*).



Forma-se assim um sistema de charcos de **CONDENSAÇÃO DE MATÉRIA**.



De facto, as concavidades são muito pouco acentuadas.



Isto tudo é deveras estagnante.



A espuma está ainda demasiado **COMPACTA** para que se formem concavidades profundas. Até os charcos de grandes dimensões criam somente ínfimas curvaturas. Será necessário esperar que o Universo se distenda para que o suporte adquira uma maleabilidade satisfatória...

A **PRESSÃO DE RADIAÇÃO** é ainda de três dez milésimas de atmosfera.

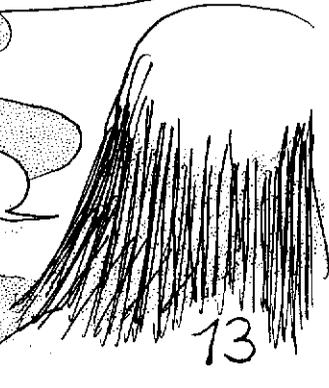
Três dez milésimas de atmosfera!..
Chama a isso uma pressão excessiva?

A **FORÇA GRAVITACIONAL** é tão fraca que essa pressão é suficiente para contrariar os seus efeitos.

Ah, pois...
Esta força é a mais fraca de todas as que animam o Universo.

A compacidade da espuma (a pressão de radiação) impede, portanto, que o suporte ceda e que a matéria se condense. A dilatação do Universo diminui esta compacidade, esta pressão. Mas quanto tempo será necessário até que a gravidade vença?

Mais ou menos 4.5 mil milhões de anos.



Até lá, gostaria de saber por que razão os charcos têm, mais coisa menos coisa, o mesmo diâmetro, e porquê este diâmetro e não outro qualquer...

O que representam estas condensações?

Entre dez a cem mil massas solares.

O COMPRIMENTO DE JEANS

Aliás, porquê estes charcos? Por que é que o Universo não permanece uniforme? Gostaria de conhecer uma razão satisfatória quanto a este fenómeno.

Ora aí está. Nada melhor do que uma boa experiência.

Vou, antes de mais, verificar como se comporta uma concentração de matéria num suporte **RÍGIDO**.

Demora algum tempo para se espalhar, para se disseminar.

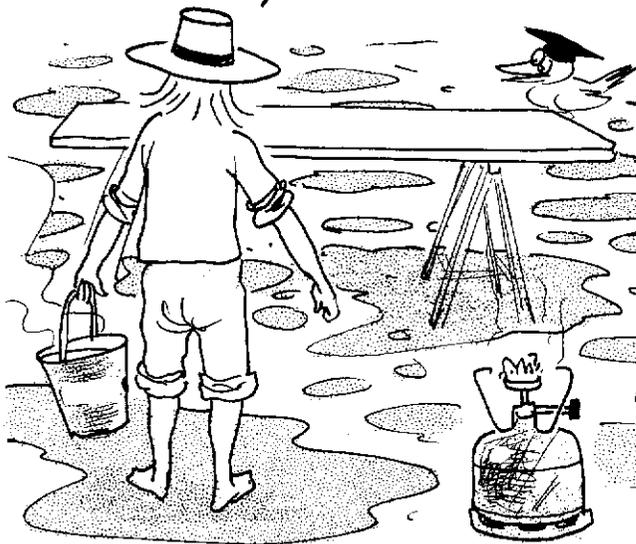
A força responsável pela disseminação da matéria é a **PRESSÃO**, que incita aquela a ocupar a maior quantidade de espaço possível.

Aparentemente, o tempo que o charco leva para se espalhar e para duplicar o seu tamanho é proporcional ao seu raio inicial.

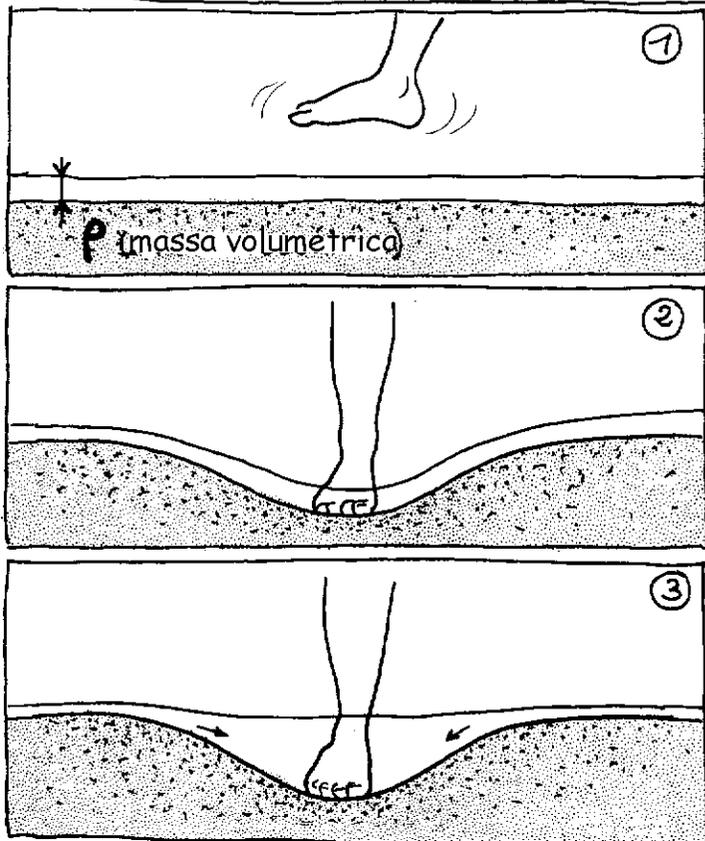
Por outro lado, quanto mais **QUENTE** é a matéria, mais **RAPIDAMENTE** esta se espalha.

É evidente visto que a temperatura é igual à pressão: quanto mais quente for o meio, mais intensas serão as forças (as forças de pressão) que procuram espalhá-lo.

Meu deus!
Que trapalhada!

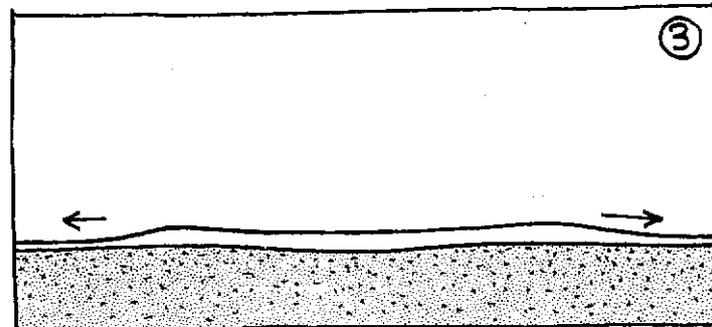
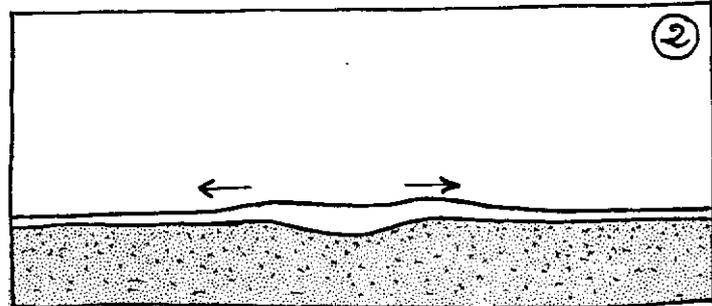
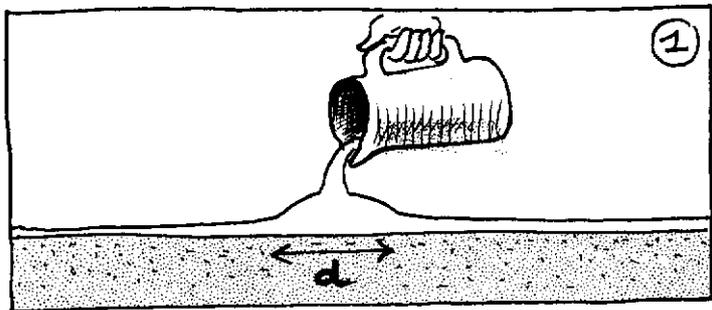


Agora, sendo assim, já sei um pouco mais quanto à forma do charco de matéria se espalhar. Bom, fase número dois: não estou a criar nenhuma **SOBRE-DENSIDADE**, mas acentuo artificialmente a curvatura do suporte elástico.



Esta depressão, criada artificialmente, preenche-se num tempo denominado **TEMPO DE ACREÇÃO**, tanto mais que quanto mais curto for este último, maior será a espessura do fluido (que simula a massa volumétrica).

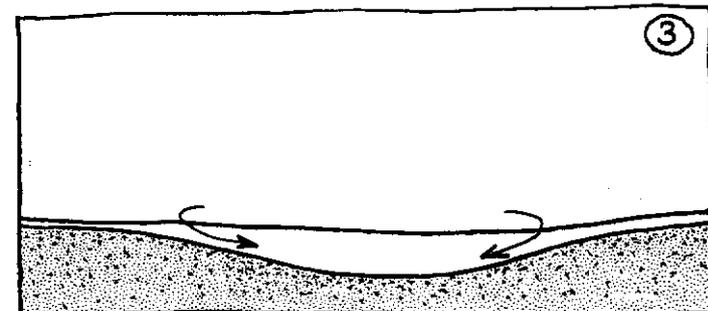
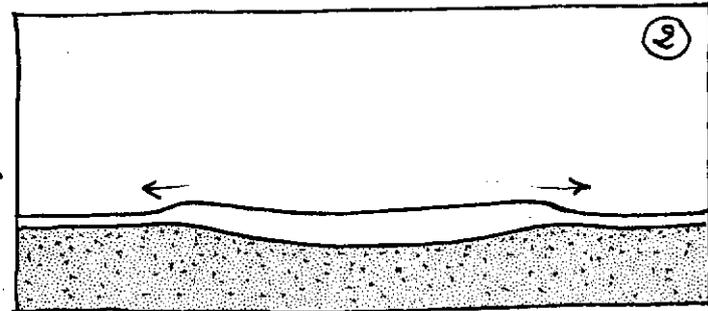
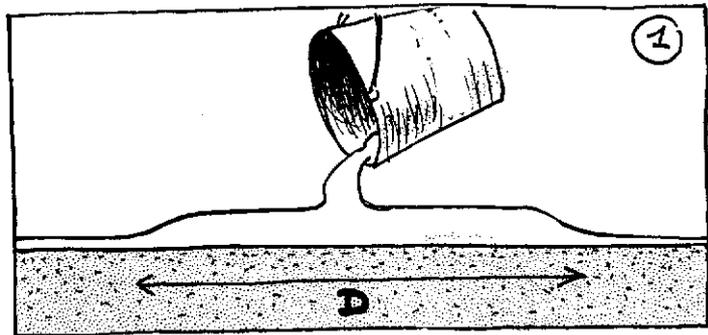
Agora, só nos resta
conjuguar os dois efeitos...



Uma perturbação de pequenas dimensões terá um tempo de dispersão curto. Essa perturbação não terá tempo suficiente para se amplificar e a concavidade esvaziar-se-á mais rapidamente do que se encherá.



Em contrapartida, uma perturbação **AMPLA** terá um tempo de dispersão mais **EXTENSO**. Encher-se-á mais rapidamente do que se esvaziará e, portanto, terá tendência para se amplificar.



E suponho que existe um raio crítico para além do qual isso se amplifica.

Exactamente, trata-se do **RAIO** (ou da distância) de **JEANS** (*). E os charcos que então se formaram têm todos eles um raio próximo desse raio crítico.

Pronto, está bem. Este fenómeno de **INSTABILIDADE GRAVITACIONAL** provoca a fragmentação da matéria nestas espécies de grumos, cujos raios são semelhantes ao de Jeans. E então?

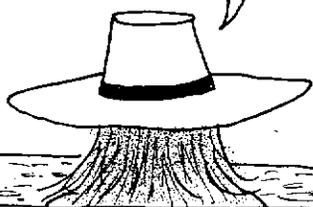
Nesses grumos, a matéria está comprimida e aquecida. A sua temperatura eleva-se até aos **3000°**. Resultado: a matéria ioniza e fica repleta de electrões livres. A junção entre a matéria e o **FUNDO DE RADIAÇÃO** volta a aparecer. A matéria «adere» novamente ao "vazio".

A matéria esforçar-se-á por arrastar com ela o suporte, o gás de fotões. Mas, tendo em conta que a este fundo de radiação ainda falta alguma maleabilidade, isso fará com que os grumos não possam prosseguir o seu movimento de condensação.

Ou seja, o Universo vai encher-se deste tipo de coisas, cuja temperatura avizinha os **3 000°**, e a massa as dez mil ou cem mil massas solares.

(*) Sir James JEANS, astrónomo inglês (1877-1946).

Bem, já não acontece muito mais. A expansão afasta só e progressivamente esses grumos uns dos outros. Antes, o Universo consistia numa mistura de átomos de hidrogénio de hélio; agora, assemelha-se a uma emulsão que se estende até se perder de vista.

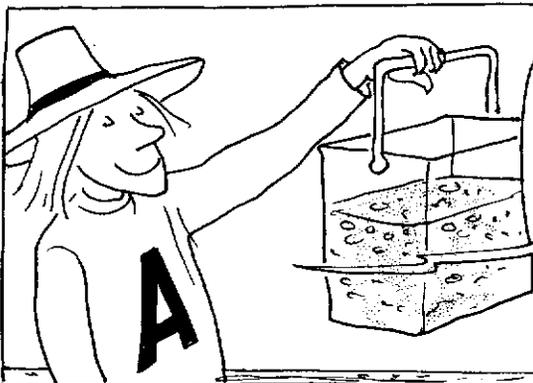
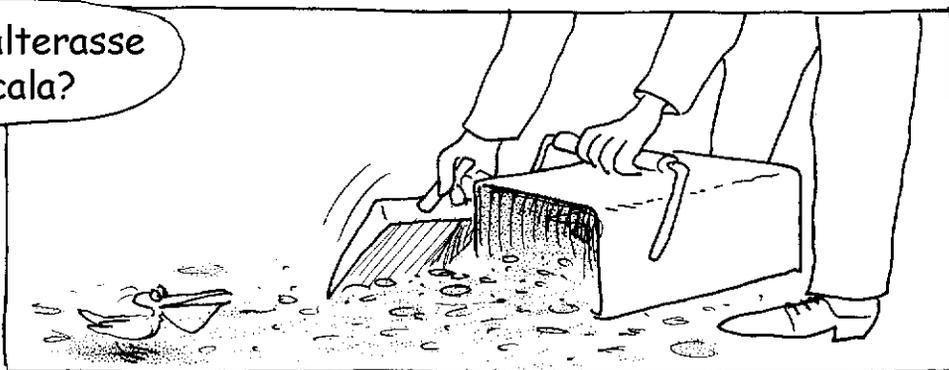
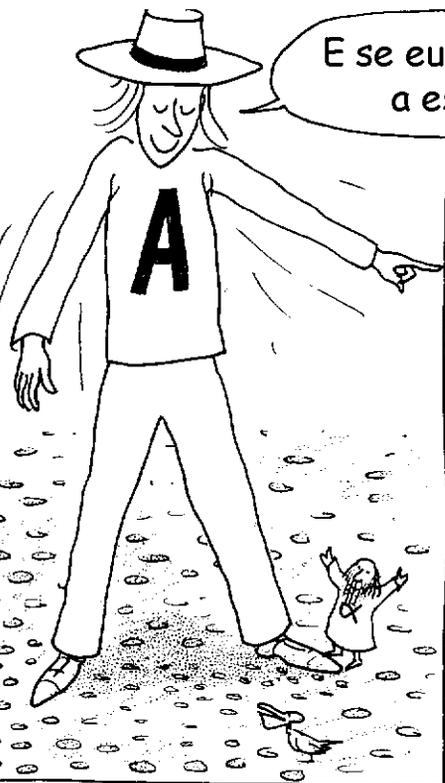


Universo,
triste planície...



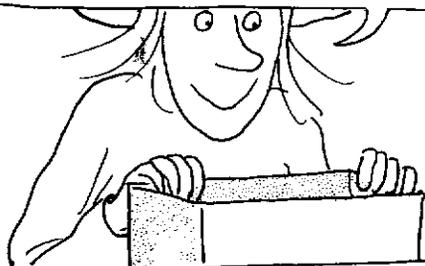
O MACROCOSMOS

E se eu alterasse
a escala?



A esta escala, a
matéria não é mais
do que este tipo de
emulsão de grumos.

Vou verter novamente esta num suporte rígido para verificar quanto tempo demora a espalhar-se. Seguidamente, farei o mesmo sobre o suporte maleável...



Por outras palavras,
vais voltar a fazer, mas a uma
escala maior, as mesmas
experiências que realizaste
há pouco.



O novo meio tem igualmente a sua própria temperatura, que se deduz, na emulsão, da velocidade de agitação dos grumos (*).

Ou seja, tens uma nova tendência para a fragmentação numa escala maior.

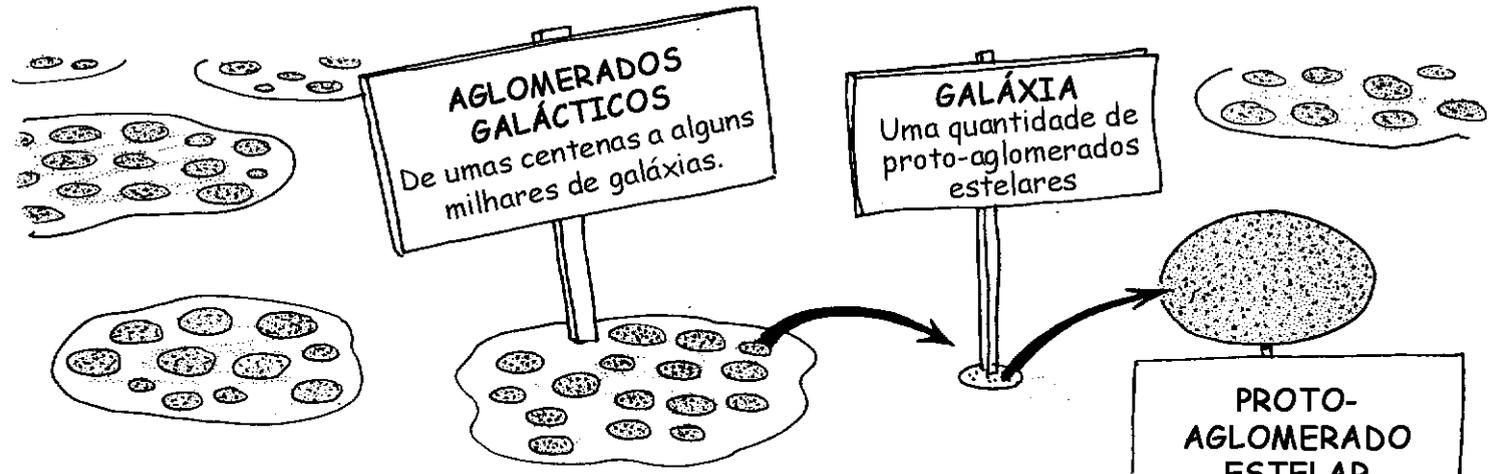
E é assim que se formam as **GALÁXIAS**. É giro, não achas?

Vamos mudar, mais uma vez, de escala.

É simples: este fluido, considerado uma emulsão de galáxias, dará lugar a um novo fenómeno de **FRAGMENTAÇÃO** numa escala ainda maior.

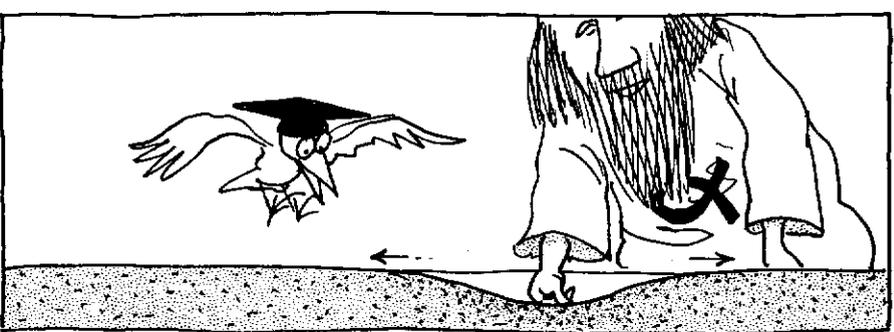
Esta fragmentação produzirá os **AGLOMERADOS GALÁCTICOS**.

(*) A **TEMPERATURA** é a medida de energia cinética média de agitação dos elementos, num meio fluido.



O Universo é a sede de um fenômeno de **FRAGMENTAÇÃO HIERÁRQUICA**.

Suponho que isso continua indefinidamente.



... essa deformação, essa **CURVATURA** do suporte, propagar-se-á à volta, a uma velocidade de 300 000 km/s.

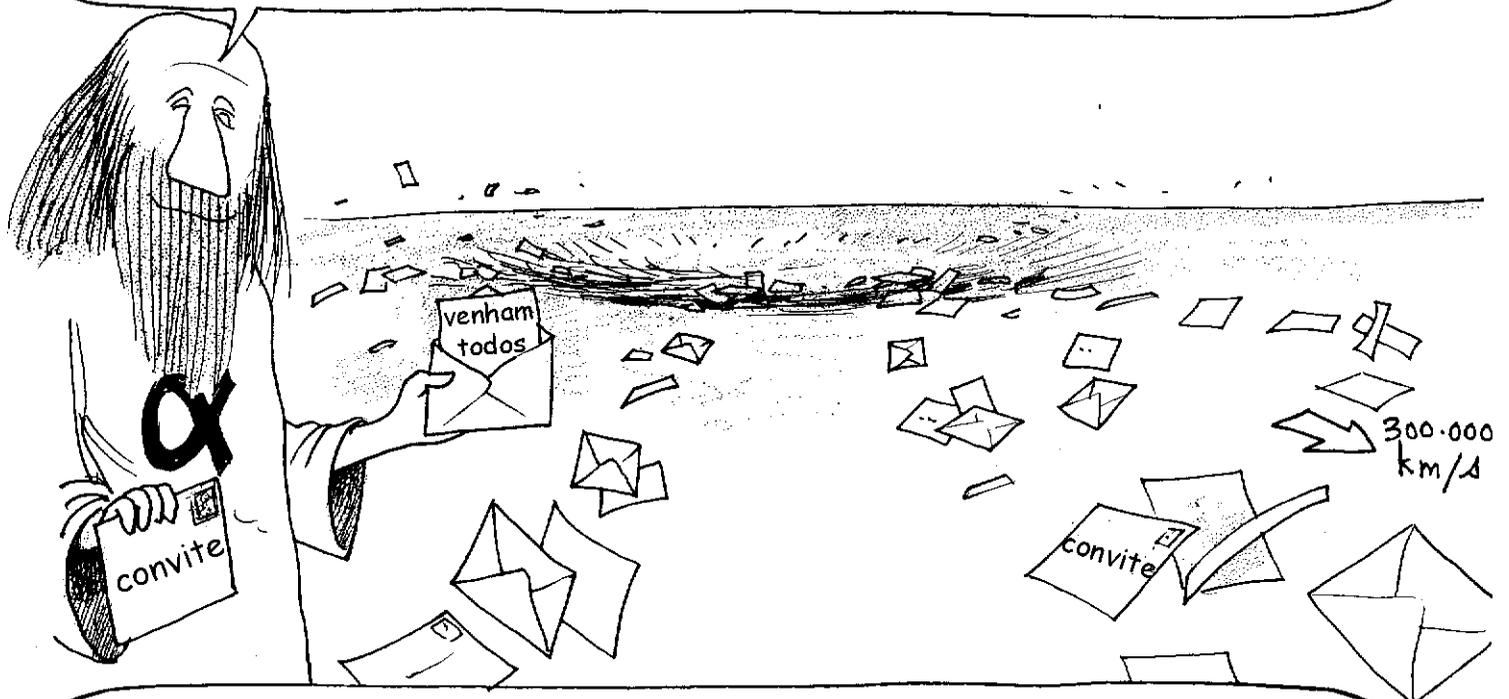


Então, o que se propaga, é... luz?

Não, é uma onda de curvatura,
uma onda de gravidade.

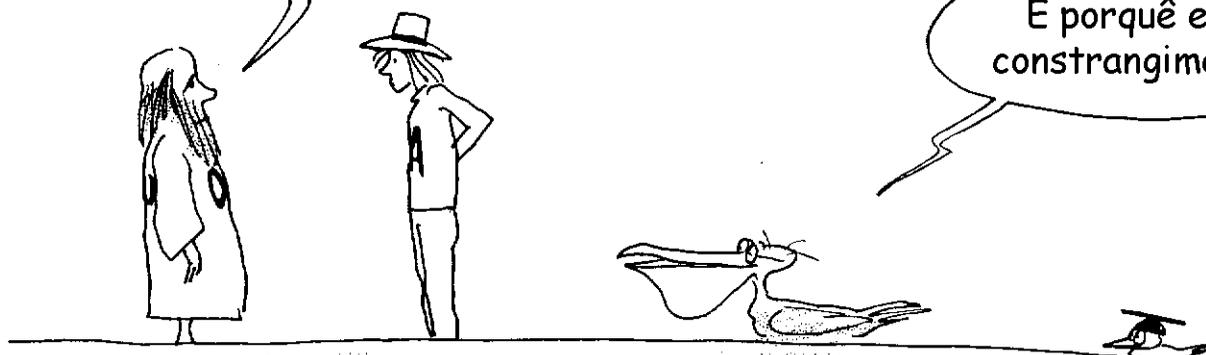
O CAMPO DE GRAVITAÇÃO propaga-se
à mesma velocidade do que a luz.

Pela propagação da curvatura, qualquer condensação de matéria
"convida" a matéria circundante a juntar-se a ela.



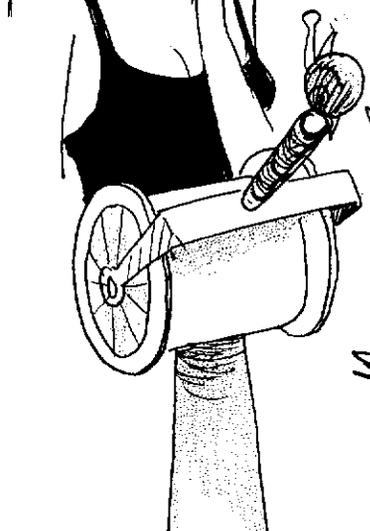
Se um fenómeno de instabilidade gravitacional ocorrer, dizendo respeito a
uma região do espaço de diâmetro D , este será necessariamente inferior a
 Ct , sendo que C é a velocidade da luz e t a idade do Universo.

E porquê este
constrangimento?

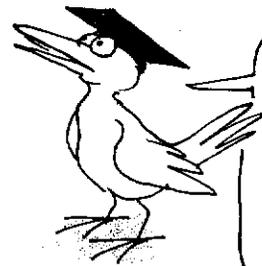




Eu, já percebi. Imagina que queiras convocar, por correio, pessoas para uma reunião que ocorrerá daqui a 4 dias. Poderás, em último caso, convidar aqueles que residem no teu país. Mas, mais do que isso, seria impossível devido ao tempo.



Claro! Não podemos pretender convocar pessoas para uma reunião num prazo mais curto do que o tempo de propagação do correio.



O **CRONOTRÃO** indica cem milhões de anos. **PORTANTO**, as estruturas mais vastas que podem existir actualmente devem ter menos de cem milhões de anos-luz de diâmetro. O que nos limita aos **AGLOMERADOS GALÁCTICOS**.

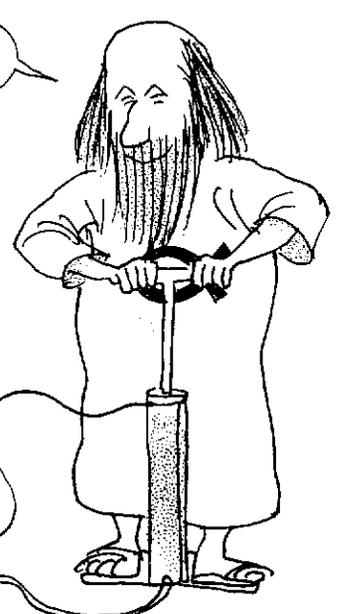


Aqueles que forem suficientemente pacientes para esperarem uns dez mil milhões de anos poderão assistir à constituição de **SUPERAGLOMERADOS** (conjuntos de aglomerados galácticos).



Mas o Universo está em **EXPANSÃO**. Em termos gerais, dilata-se e, localmente, contrai-se...

Já vão ver...



Não sabe ao certo o que quer!



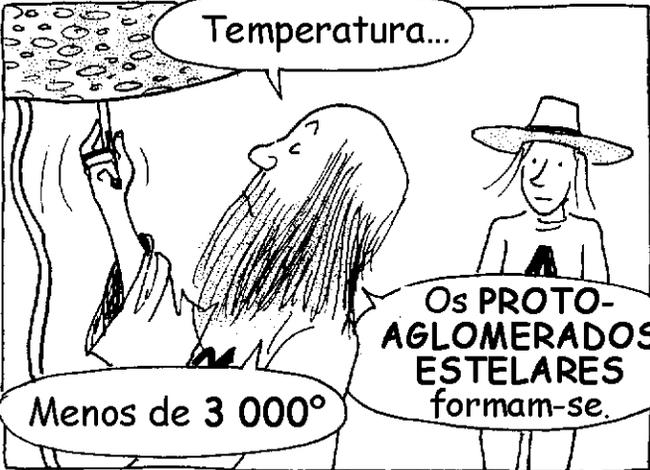
100 000 anos,
o Universo é quente e
liso como um ovo.



Incho um
pouco...



700 000 anos...
primeiros estalidos.



Temperatura...

Menos de 3 000°

Os **PROTO-AGLOMERADOS ESTELARES** formam-se.



Cem milhões de anos.

Mais uma vez,
estalidos.



São as **GALÁXIAS.**

Continue a dar à bomba.
É interessantíssimo.



Ei, o Universo está
mais uma vez a fazer estalidos.

É como se
estivesse a recusar
crescer.



E aqui estão os
AGLOMERADOS GALÁCTICOS.

Não teme que...





Estamos a $t = 500$ milhões de anos. As galáxias estão assim formadas, embora ainda estejam constituídas por grumos de gás a $3\ 000^\circ$, os proto-aglomerados estelares. Estão reunidas em depressões: os aglomerados galácticos. Aqui, comportam-se um pouco como as moléculas de gás e são animadas por movimentos erráticos.

AGLOMERADOS GALÁCTICOS
Experiências a decorrer

O Universo está ainda muito amontado e as galáxias vão interagir, sofrendo **COLISÕES**.

EFEITOS DAS COLISÕES

Repara, estas duas galáxias, melhor dizendo, as **PROTO-GALÁXIAS** vão roçar uma na outra.

Uma espécie de ponte surge entre elas.

Essa ponte está a ruir.

Estes encontros induzem movimentos de **ROTAÇÃO** nas **GALÁXIAS**.

O mesmo aconteceria com qualquer tipo de **GÁS**. Ocorrem as mesmas leis, quer à escala do infinitamente grande, quer à escala do infinitamente pequeno. As **COLISÕES** colocam as **GALÁXIAS-MOLÉCULAS** em **ROTAÇÃO**. A energia individual das galáxias terá, portanto, tendência a distribuir-se em partes iguais em **ENERGIA DE TRANSLAÇÃO** ($1/2 M V^2$) e em **ENERGIA DE ROTAÇÃO**. Esta situação de partição equitativa das energias, ou de **EQUILÍBRIO TERMODINÂMICO**, é aquela para a qual tendem, naturalmente, todos os fluidos. (*)

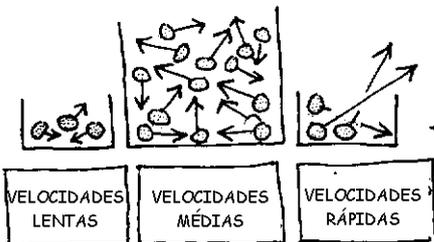
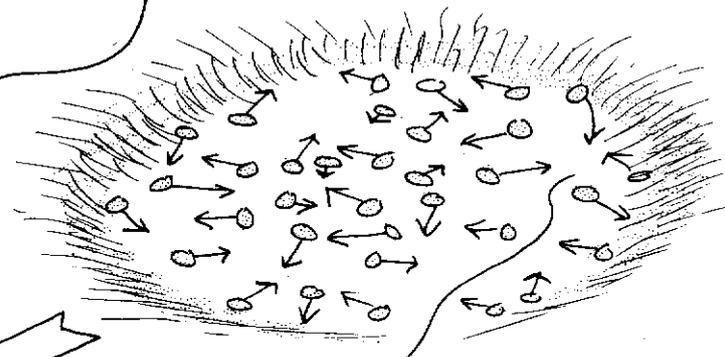
Isso significa que são esses encontros inter-galácticos que **CRIAM** o seu movimento de rotação?

Mas somente no início. As jovens galáxias sofrem colisões frequentes. No entanto, muito rapidamente, a **EXPANSÃO CÓSMICA** afastá-las-á umas das outras e esses encontros tornar-se-ão raríssimos.

Ou seja, o movimento de rotação verificado, hoje em dia, corresponde somente à lembrança de uma época em que o Universo, **MAIS DENSO**, constituía um **CONJUNTO COLISIONAL**.

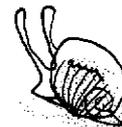
(*) Segundo Princípio da Termodinâmica.

Os elementos têm **VELOCIDADES DE AGITAÇÃO** próximas de um valor médio. Mas o acaso inerente às colisões cria, por vezes, elementos muito rápidos e elementos muito lentos.



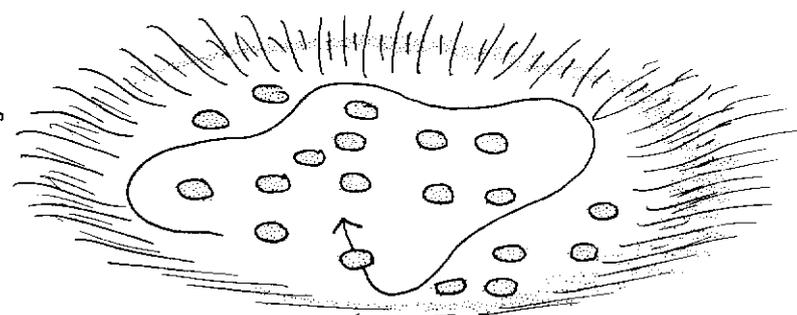
FUI!

Os elementos que adquiriram uma velocidade super rápida conseguem sair da concavidade e abandonar o aglomerado. Isto ocorrerá quando a sua velocidade ultrapassar a **VELOCIDADE DE LIBERTAÇÃO DO AGLOMERADO**.

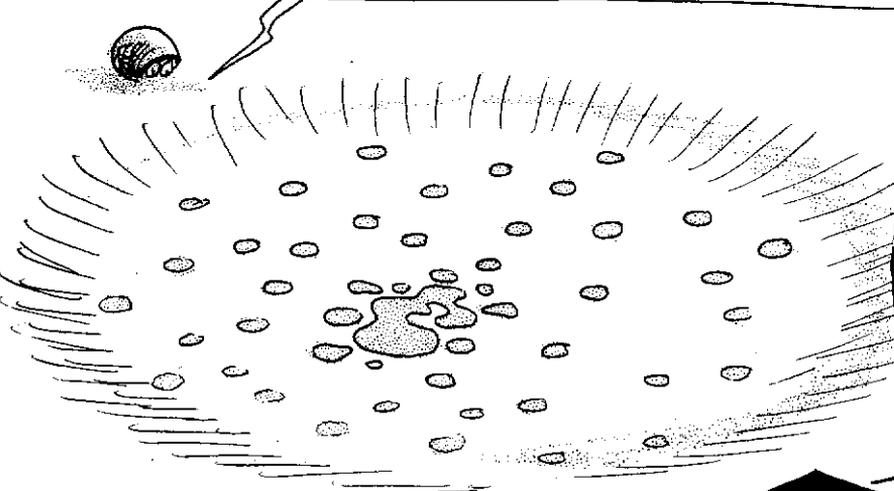


Visto que este tipo de elementos super rápidos está em constante criação, devido a colisões sucessivas, um **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE** deste tipo terá uma tendência natural para perder, mais ou menos rapidamente, os seus elementos. (*)

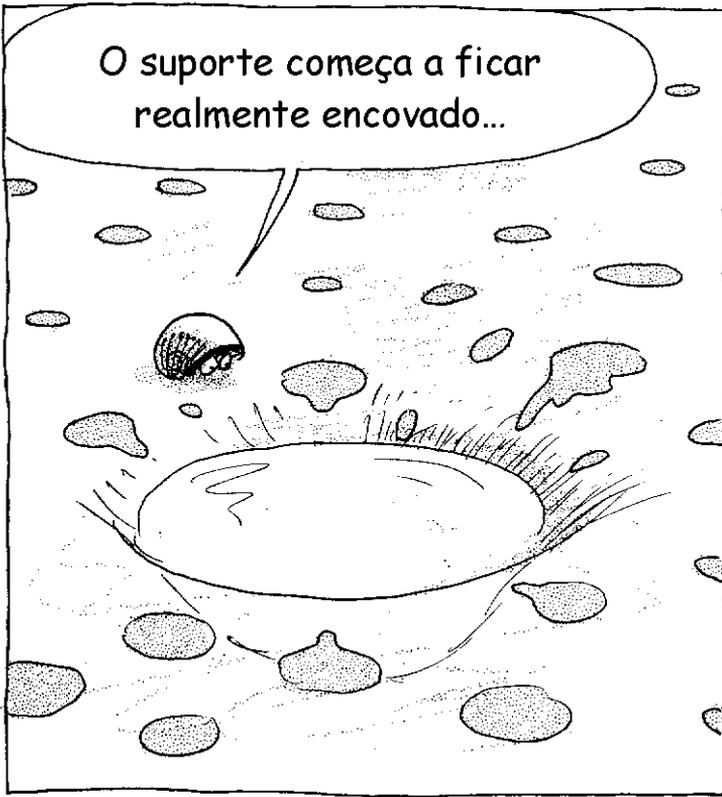
Grande parte dos elementos contentar-se-á de fazer um percurso de vaivém na concavidade.



Inversamente, o mesmo acaso inerente às colisões vai criar **ELEMENTOS SUPER LENTOS**, que terão tendência a "cair" no centro desse **SISTEMA AUTO-GRAVITANTE COLISIONAL** e a aglutinarem-se aí. O centro dos **AGLOMERADOS COLISIONAIS** (onde os elementos se encontram) terá, portanto, tendência a ganhar elementos cada vez mais **MACIÇOS**.



Vejam, por exemplo, o que acontece no centro deste **AGLOMERADO GALÁCTICO**. As galáxias **LENTAS** aglutinam-se aí para dar lugar a uma **GALÁXIA CARNÍVORA!**



O suporte começa a ficar realmente encovado...



Ai meu Deus! Parece que o suporte está a ceder!..

BURACOS NEGROS

Socorro! Max, isto está a DEMORONAR-SE!

Valha-me Deus! Tiresias, aguenta!

KRAAÂK



Estou a sentir estalidos na minha concha, rápido!



Mas, não muito longe...

Oh! Conseguem sentir o mesmo que eu?

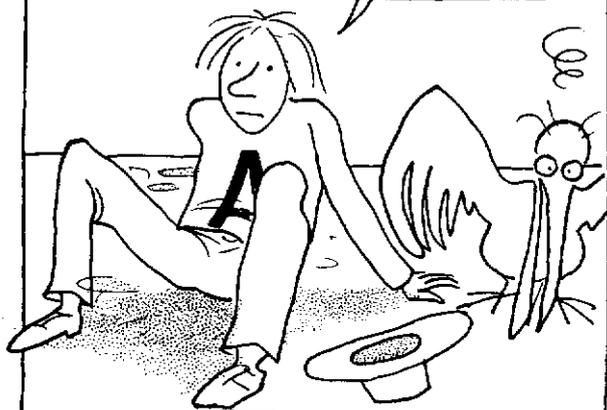
O que é? Um terramoto?

O suporte é alvo de ondulações amplas, como se se tratasse de ondas de curvatura!

Deve ter ocorrido um **DESABAMENTO** algures...

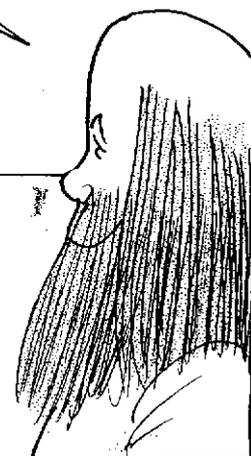
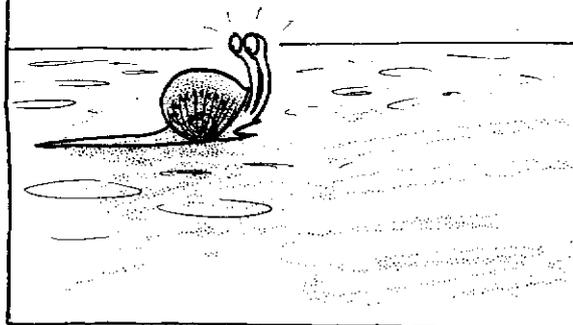
SÃO ondas de curvatura, ou seja, **ONDAS GRAVITACIONAIS.**

Parece que as coisas estão a ficar um pouco mais calmas.



O Max e o Tiresias estão de volta.

Parece que o nosso amigo escapou por pouco a um **BURACO NEGRO**.



A solidez do suporte do planeta-Universo não é um dado adquirido. Se o carregarmos em demasia, este cede...



Que abismo! Não se vê o **FUNDO**...



Claro, nem mesmo os fotões conseguem sair de lá...



Foi o **DESABAMENTO** que gerou estas **ONDAS GRAVITACIONAIS**, há bocado...

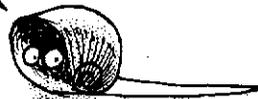
Que coisa estranha!

Não avances mais!

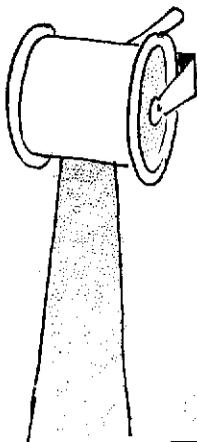


Nunca na vida conseguirei sair daqui. Estou a esgotar **TODA A MINHA ENERGIA**.

Em suma, não somente este Universo está prestes a desmoronar-se, como, ainda por cima, relativamente à impermeabilidade, é um zero à esquerda!



O GRANDE FOGO DE ARTIFÍCIO



O **CRONOTRÃO** indica que já passaram milhares de anos. O Universo fragmentou-se. As **COLISÕES** colocaram as **GALÁXIAS** em **ROTAÇÃO**.



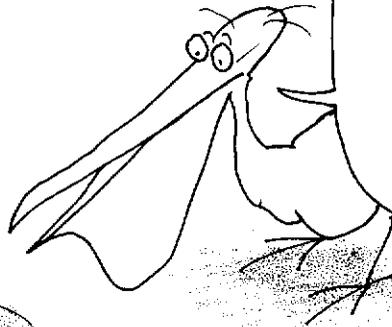
A **EXPANSÃO** afastou todos estes objectos uns dos outros, de tal forma que actualmente ignoram-se completamente.

Nestas "**PROTO-GALÁXIAS**", o elemento de base continua a ser esta concentração de átomos ionizados, o **PROTO-AGLOMERADO ESTELAR**, cuja temperatura se aproxima dos **3000°**, e que não pode desmoronar-se sobre si mesmo devido à essa tal "aderência" no **FUNDO DE RADIAÇÃO**.

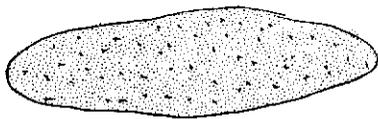
Se alguém pudesse contemplar o Universo nessa altura, veria nebulosidades pouco perceptíveis, as quais emitiriam uma luz difusa...



O suporte tornou-se mais maleável.
A expansão do universo reduziu
consideravelmente a **PRESSÃO
DE RADIAÇÃO**.

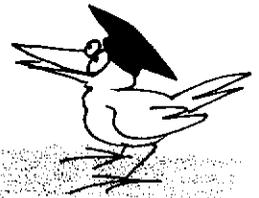


Como é que a **CONDENSAÇÃO**
da **MATÉRIA** voltará a produzir-se,
um dia desses? Se os grumos se
condensarem, a sua temperatura
subirá automaticamente acima dos
3 000°, pelo que a aderência no
FUNDO jamais cessará, e esse
fundo será sempre arrastado nesse
movimento de condensação, não é?

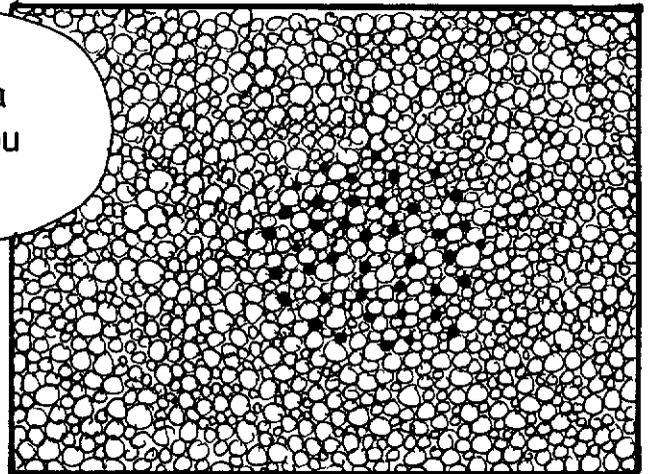


PROTO-AGLOMERADO ESTELAR

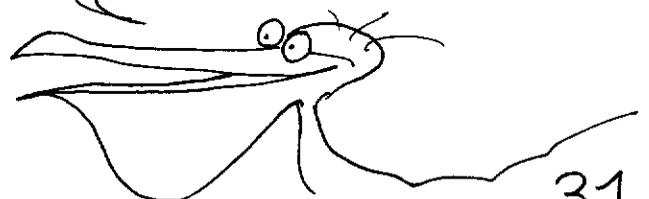
Leão, mas, agora, as forças de gravidade,
no proto-aglomerado, vão poder "comprimir
o **VAZIO**", constituído por fótons muito pouco
energéticos.



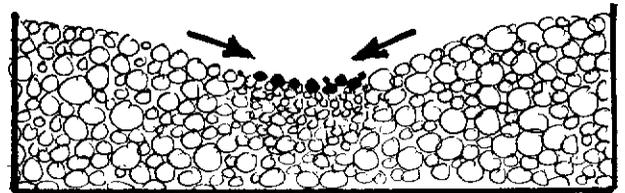
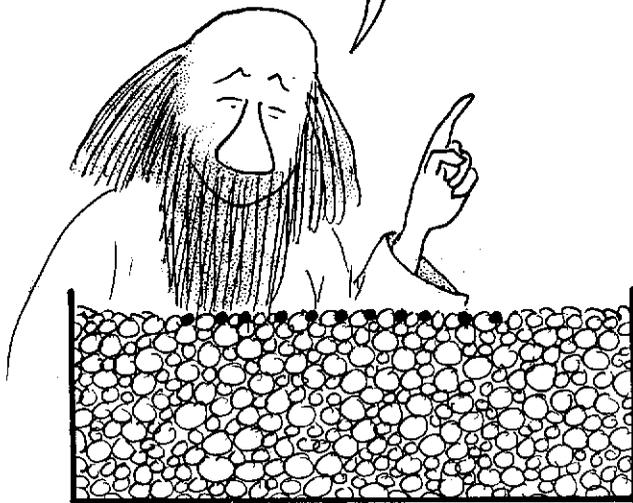
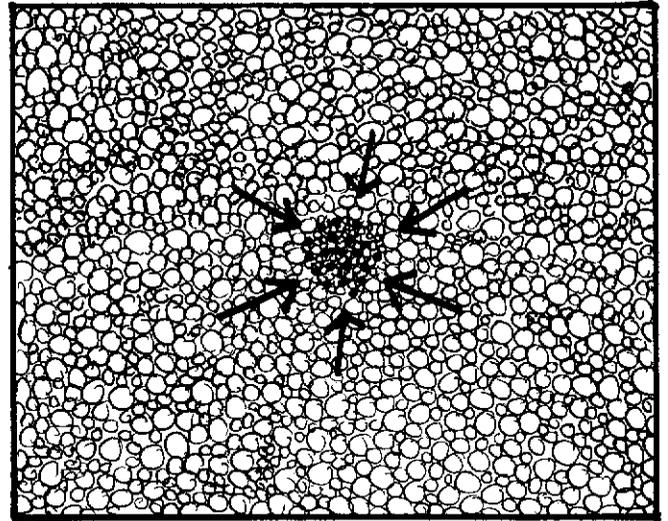
A região onde se situa o grumo, o **PROTO-
AGLOMERADO ESTELAR**, assemelha-se a
uma mistura de **MATÉRIA** com "**VAZIO**", ou
seja, de fótons originais, sendo que o todo
está a uma temperatura de **3 000°**.



E quando é que se condensa?



A matéria não vai deslizar no espaço, o fundo de radiação cosmológica, mas vai sim arrastá-lo consigo, como se pode ver aqui.



Espere, isso ocorrerá precisamente quando a pressão de radiação tiver diminuído abaixo de um determinado valor crítico. Salvo erro, quando isso acontecer, ocorrerá **AO MESMO TEMPO** nos quatro cantos do Universo.

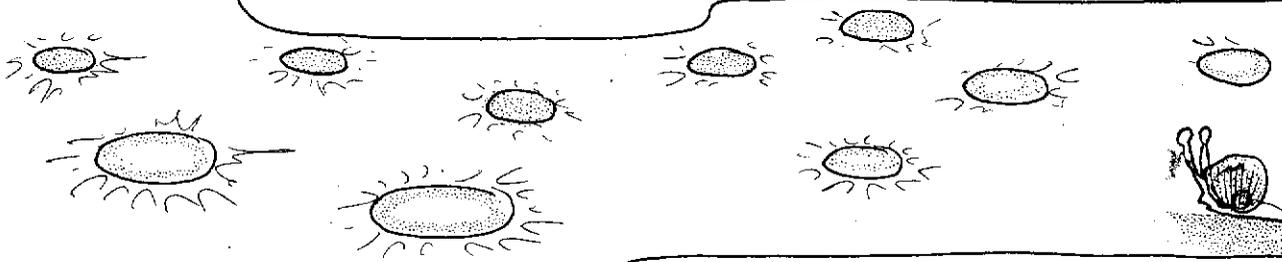
Será o **FIAT LUX** (*).
Ora, tome, coloque estes óculos.
Não deve faltar muito...

Devo confessar que estou bastante satisfeito com este brinquedo, que permite dar o sinal de partida ao mesmo tempo em todo o Universo.

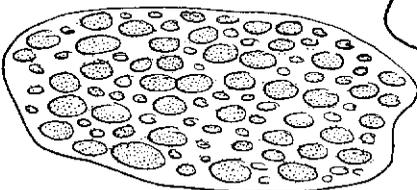
Fantástico.
De facto, está a começar.



Os **PROTO-AGLOMERADOS CONTRAEM-SE**.
A temperatura deles sobe em flecha. Os átomos emitem muita energia em ultravioletas e esta consegue escapar.



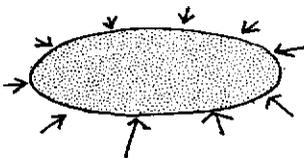
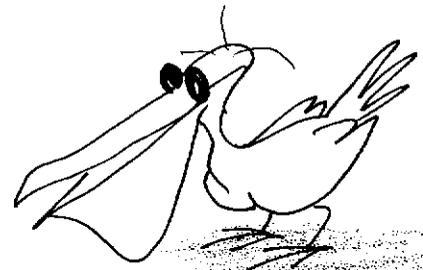
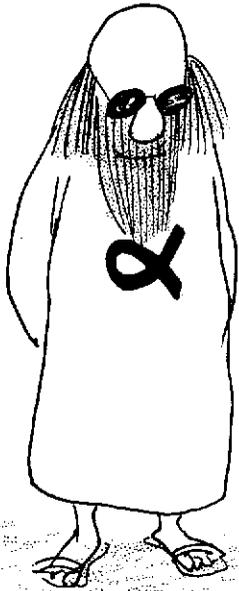
Olha, os **PROTO-AGLOMERADOS ESTELARES** estão a fragmentar-se.



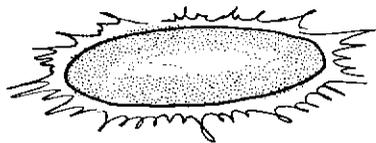
Porquê?!

Sob o efeito das forças de gravidade, a matéria tem, naturalmente, tendência a **FRAGMENTAR-SE** em "células", que têm um raio idêntico ao **RAIO DE JEANS**.

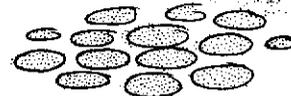
Quanto maior for este, maior é a temperatura. Se se registar uma queda brutal da temperatura, então o raio de Jeans diminui e torna-se inferior ao raio do objecto. Ocorre então uma fragmentação imediata.



O grumo contrai-se e aquece.



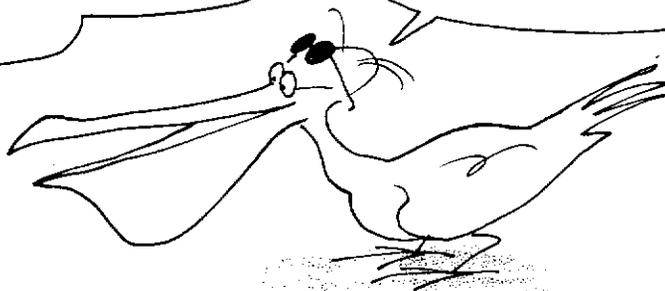
Emite brutalmente uma radiação UV.



Isso faz com que arrefeça e se fragmente.

Estamos, portanto, a assistir a um fenómeno de **FRAGMENTAÇÃO HIERÁRQUICA**, mas em sentido inverso.

E até onde é que isso vai?



A FUSÃO

O mais simples, é experimentar. Neste cilindro, vou comprimir matéria. Depois, logo se vê...

Já estou a ver...

BAOUM

O que é que aconteceu?

A **FUSÃO**, meu querido, a fusão. Ao comprimi-res hidrogénio, os núcleos entram em fusão, o que faz com que a energia se propague. Se me tivesses consultado, valha-te Deus...

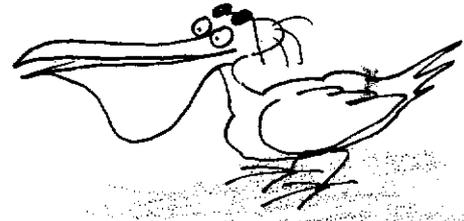
Veja! Isto deita cá uma luz!

As estrelas estão a acender-se.

Vai demorar muito tempo?

A este ritmo desenfreado, as nossas jovens ficariam rapidamente sem hidrogénio, mas isto não vai demorar muito a acalmar-se.

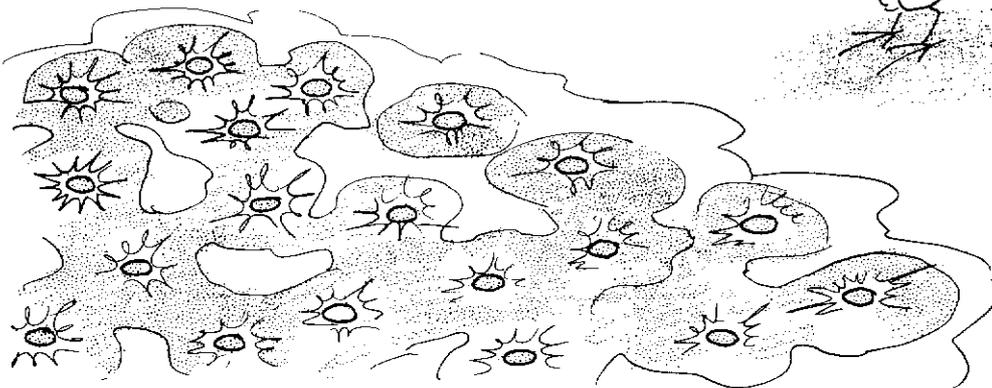
Ah!
Fico mais descansado!



Toda a matéria transforma-se assim em estrelas?

Não obrigatoriamente. Quando uma estrela nasce, esta emite imediatamente brilho e, também, matéria. Assim sendo, aquece (e, por conseguinte, estabiliza) a matéria circundante ou dispersa o que estava a formar-se, com muito custo, à sua volta.

Ou seja, nesta fase, a **GALÁXIA** é uma mistura de estrelas extremamente emissivas e de **GÁS RESIDUAL**.



As estrelas irradiam energia e aquecem o gás.
Desta forma, aumentam a PRESSÃO...

GALÁXIA

E essas FORÇAS DE PRESSÃO dilatam o halo gasoso.

GÁS

GALÁXIA DE ESTRELAS

Esta "ATMOSFERA GALÁCTICA"
extravasa a fronteira da
"GALÁXIA DE ESTRELAS".

GÁS RESIDUAL

Parece que esta
galáxia, extremamente
maciça (um bilhão de
estrelas), perdeu a
totalidade do gás.
Porquê?

Realmente! Onde está
o **GÁS RESIDUAL**?

36

Se calhar, até
nem havia nenhum ...

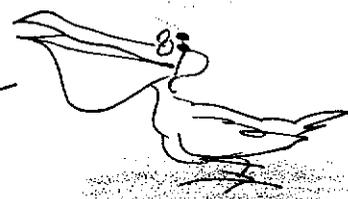
Isto agora já está mais calmo.
Mas quando o bilhão de estrelas desta
galáxia se acenderam todas de uma vez,
isto parecia um autêntico FORNO.

Por conseguinte, a **VELOCIDADE DE AGITAÇÃO TÉRMICA** (*) atingiu várias centenas de quilómetros por segundo, valor superior à **VELOCIDADE DE LIBERTAÇÃO**. Todos os átomos do gás residual abandonaram, então, esta vasta concavidade que representa a galáxia.

De certa forma, as **FORÇAS DE PRESSÃO** expulsaram o gás desta concavidade.



Suponho que, um dia, este vai regressar à concavidade, não?

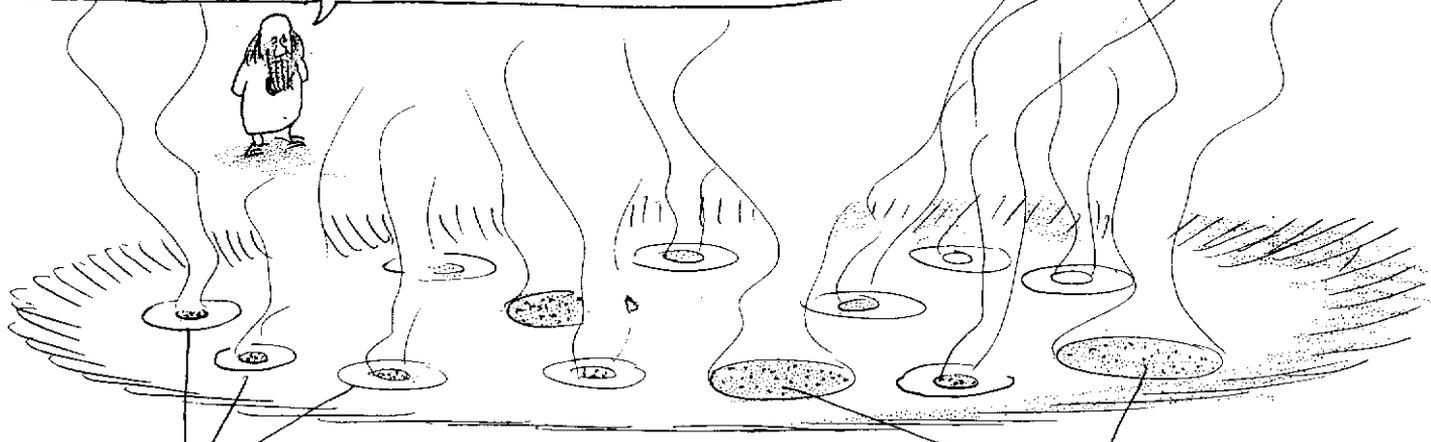


Neste caso concreto, as partículas do gás residual adquiriram demasiada velocidade e partiram para longe. Nunca regressarão. Por outro lado, ao distender-se, este gás tornou-se bastante rarefeito.

O que significa que os átomos jamais se voltarão a encontrar e que, portanto, conservarão... eternamente, a sua velocidade.



O conjunto das galáxias de um **AGLOMERADO** vai, por conseguinte, estar imerso nesse meio difuso, cuja temperatura é elevada a milhões de graus, mas bastante rarefeito, emitido pelas galáxias pesadas.



GALÁXIAS LEVES

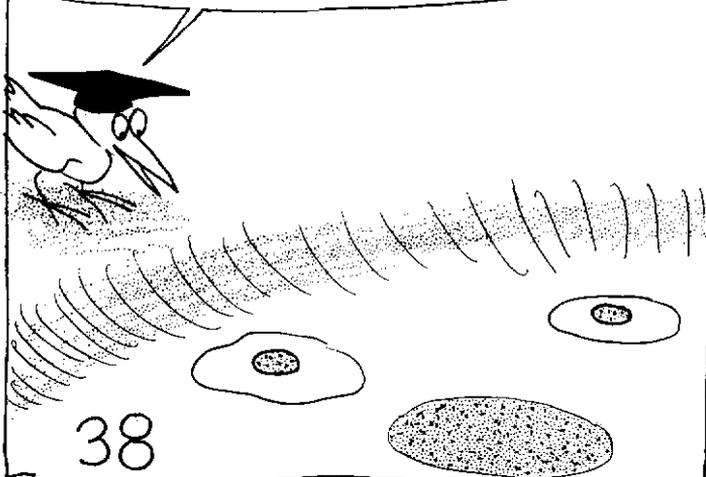
GALÁXIAS PESADAS

As galáxias leves são fornos menos violentos. Conservarão o gás.

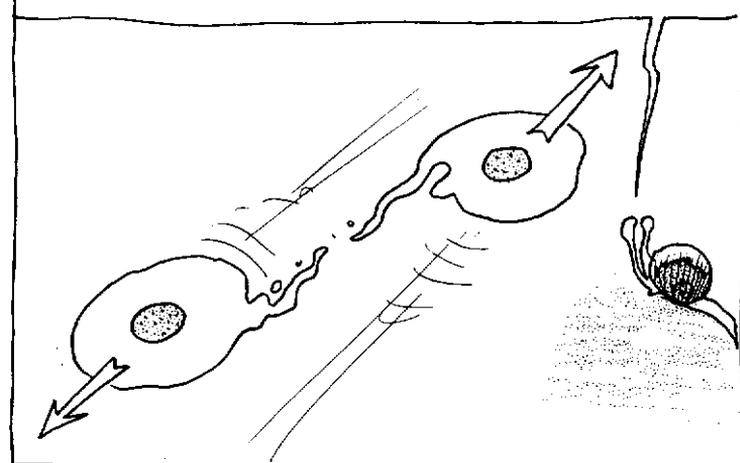


Evoluem na depressão-aglomerado como se fossem ovos numa frigideira quente.

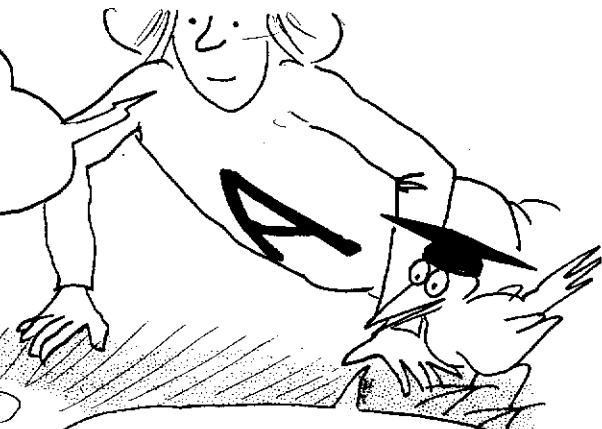
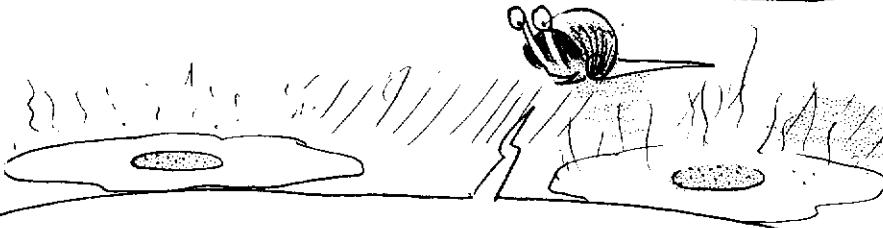
As galáxias leves têm uma "clara" e uma "gema"; em contrapartida, as galáxias pesadas, chamadas **ELÍPTICAS**, têm somente uma grande gema.



Os halos de gás residual das galáxias leves aumentam as hipóteses que estes objectos têm de interagir. O movimento de rotação dos halos de gás é acentuado.



As estrelas já estão bastante mais calmas. Comparado com o que eram aquando do seu nascimento, parecem agora meras brasas.



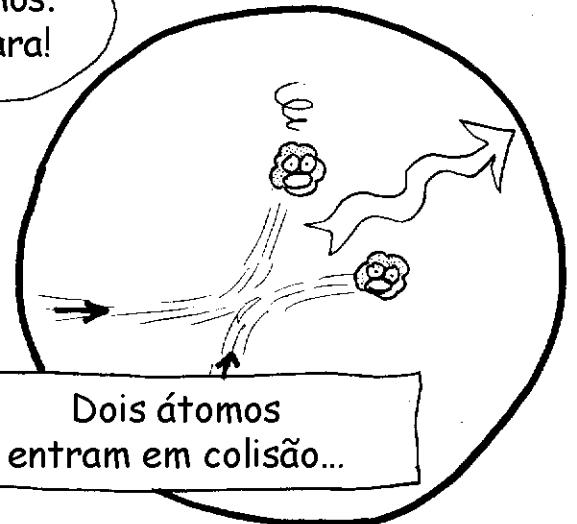
Se tivessem continuado àquele ritmo, não teriam durado muito tempo.

O gás residual das galáxias leves emite uma radiação.

De onde vem esta radiação?



Dos átomos. Ora repara!



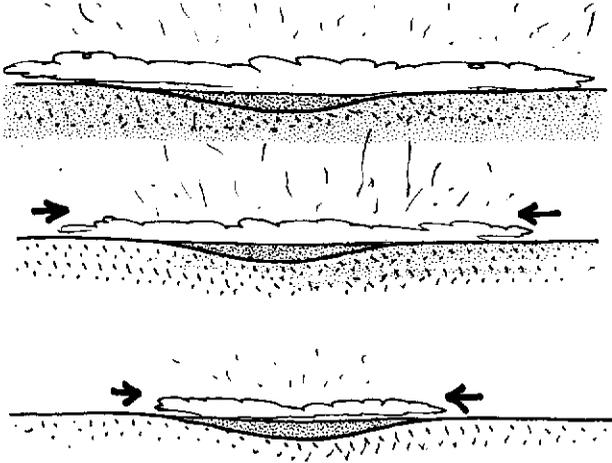
Dois átomos entram em colisão...

... e isso é acompanhado por uma emissão de radiação. Durante esta operação, uma parte da energia cinética dos átomos é convertida em energia radiativa.

A velocidade da agitação térmica dos átomos diminui. Esta massa gasosa **ARREFECE**, e, por conseguinte, quando se fala em **TEMPERATURA**, falamos igualmente em **PRÉSSAO**.



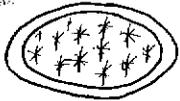
ARREFECIMENTO RADIATIVO DO GÁS



Quando a força de pressão enfraquecer, o gás residual, **INTERESTELAR**, ocupará novamente o seu lugar, como se nada fosse, na "conca-estrelar".

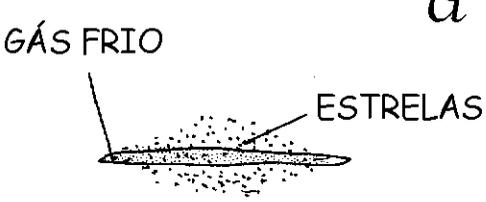
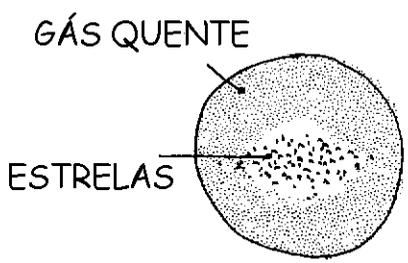


A "clara" virou-se para a "gema".



O **MODELO** aqui apresentado é uma descrição em **2 DIMENSÕES** (sendo que a terceira dimensão é utilizada para representar a curvatura, o campo gravitacional, etc.). As **GALÁXIAS** são objectos tridimensionais. As galáxias, que não giram, ou pouquíssimo, terão uma forma muito semelhante à **ESFERA**. Pelo contrário, as galáxias em rotação rápida serão planas que nem uma tábua. A nossa, a **VIA LÁCTEA**, completa uma volta em **200 milhões de anos**.

Quando o gás residual cai novamente na sua galáxia, a força centrífuga impede a contracção num sentido radial. Pelo contrário, nada impedirá a contracção em conformidade com o eixo de rotação. O gás interestelar, nas galáxias, terá a forma de um **DISCO MUITO ACHATADO**:



A Direcção.

Se percebi bem as coisas, no Universo há, essencialmente, dois tipos de galáxias:

- galáxias pesadas, elípticas, que não têm praticamente gás nenhum;
- galáxias mais leves, que vão de dez a cem mil milhões de estrelas, que se apresentam como sendo uma **MISTURA** de dois gases:
 - o **GÁS DE ESTRELAS** e
 - o **GÁS INTERESTELAR**.

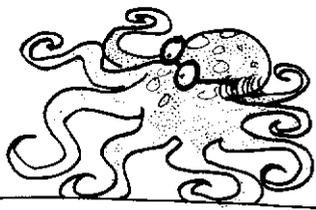
A **SOPA ESTELAR** contém, de facto, tantas estrelas que estas são assimiláveis às **MOLÉCULAS DE UM "GÁS DE ESTRELAS"**.

A ESTRUTURA ESPIRAL

Repare, está a acontecer algo bastante singular: os gases interestelares e o "gás de estrelas" não têm a mesma velocidade. Por isso, o meio interestelar torna-se **HETEROGÉNEO**.

O gás residual anda mais rápido.

Distribui-se em filamentos, cuja forma se assemelha a uma **ESPIRAL**.



Sou... astrofísico.

Olha, quem é este sujeito?



E esses tentáculos todos, servem para quê?

Para melhor captar todos os fenômenos que ocorrem nas galáxias.

Já que está aqui, talvez nos possa dizer qual a razão suficiente da **ESTRUTURA ESPIRAL DAS GALÁXIAS.**

Ah! Um especialista!

A ESTRUTURA ESPIRAL?!

Exactamente.

Desapareceu!..

Coisas do diabo...

FLOUP!

Que resposta nebulosa!

Percebeu o que ele disse?

Eu até gostava de perceber.

Disse FLOUP!

Acho que tenho uma ideia.

Em primeiro lugar,
vou alterar o fundo da
frigideira, assim...

Fixaste este objecto no
prato do gramofone. Porquê?

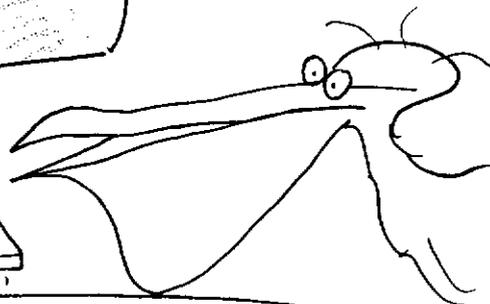
Já vais ver !

Não pesco nada...



Vou encher o prato com líquido e coloco tudo em rotação.

Já está!



A frigideira representa o meio estelar e o café representa o gás interestelar residual. Se eu travar o prato, o café girará **MAIS RAPIDAMENTE** do que a frigideira e surgirão **ONDAS ESPIRAIS**.



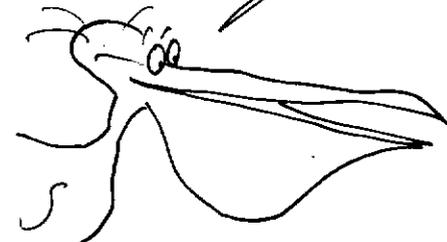
A **ESTRUTURA ESPIRAL** das galáxias que possuem gás residual dever-se-á, portanto, a um fenómeno de **FRICÇÃO DINÂMICA**, dois conjuntos fluidos: o **GÁS INTERESTELAR** e o "**GÁS DE ESTRELAS**", que andam a velocidades diferentes, "**ROÇAM**" um no outro, da mesma forma que o líquido roça no fundo da frigideira...



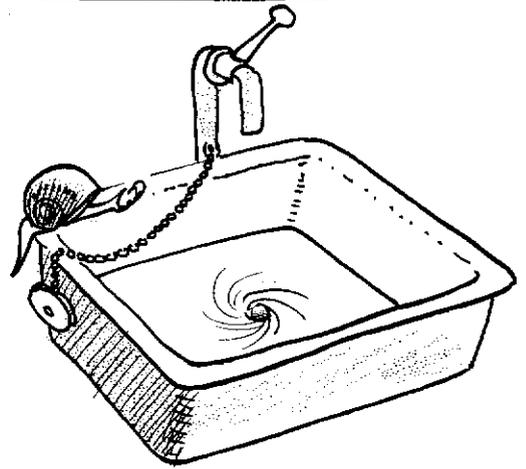
... como o café roça no fundo da chávena.

Mas, por que razão é que as galáxias **ELÍPTICAS** não têm uma estrutura espiral?

É simples: porque não têm **GÁS RESIDUAL**. Perderam-no aquando do acendimento das suas **ESTRELAS PRIMÁRIAS**.

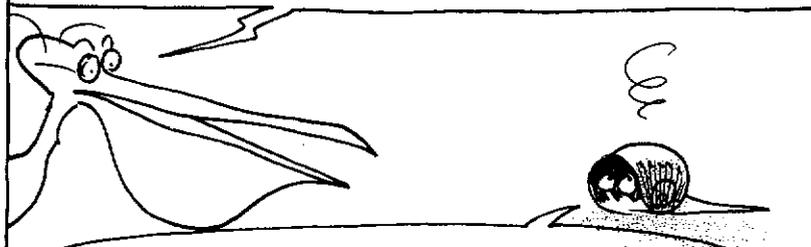


Trata-se igualmente de um fenómeno de **FRICÇÃO DINÂMICA**, que gera a estrutura espiral aquando do despejo de uma banca de cozinha.

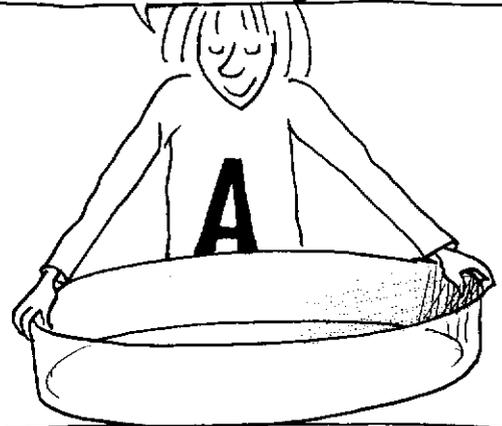


Diga-me uma coisa, o que está a dizer é grave. Por conseguinte, a chave do mistério das galáxias poderá estar no fundo das chávenas de café ou das pias?!?

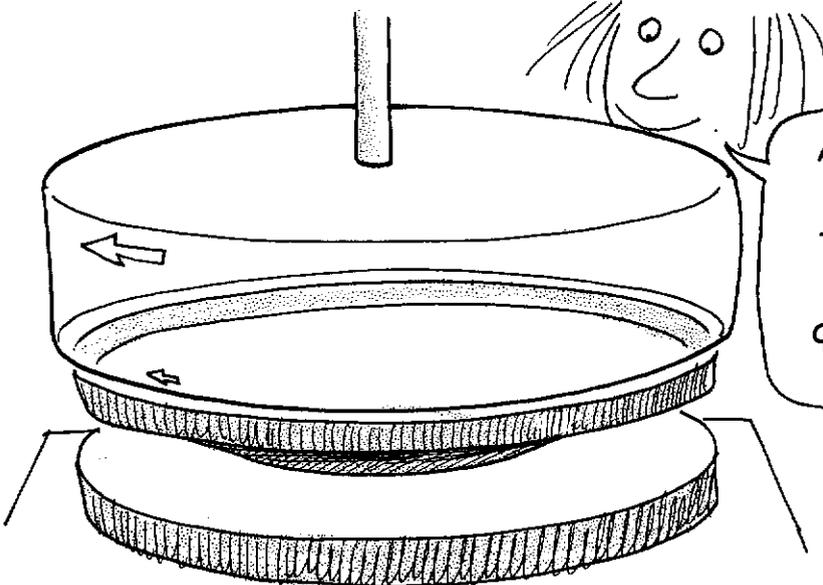
Neste caso, estávamos a fazer com que um fluido e uma superfície sólida interagissem. Vamos experimentar com um sistema onde duas massas fluidas interagem.



As galáxias serão os orifícios de escoamento do cosmos?



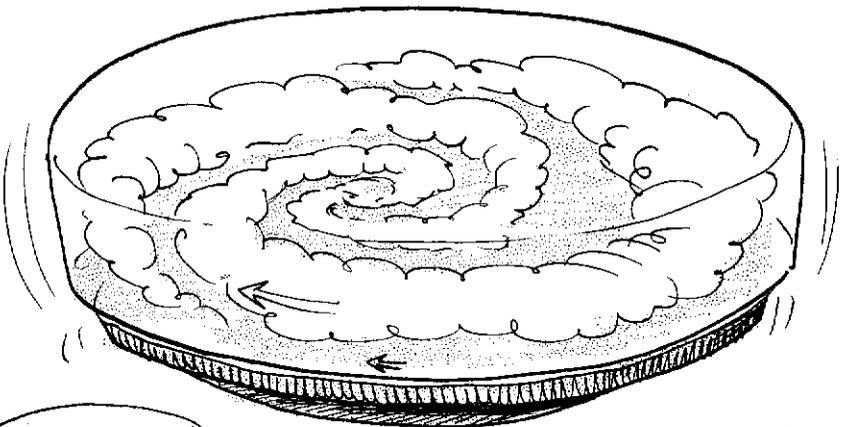
Aprisionei gás sob esta campânula e coloquei um líquido na minha frigideira. Graças a este sistema, posso estudar o que acontece quando uma massa gasosa interage com outra massa fluida.



Esta fricção líquido/gás é relativamente fraca. Vais criar flutuações locais da temperatura e da pressão, bastante moderadas: uma fraca percentagem no máximo...

Mas o meu gás está sobrecarregado com vapor de água. Esta só pede uma coisa: **CONDENSAR-SE** à mínima ocorrência de perturbação da temperatura. (*)

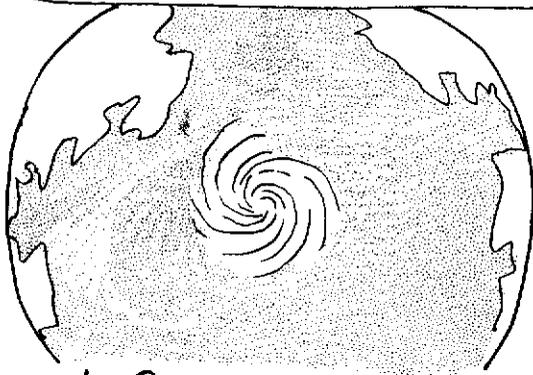
Veja! O Anselmo construiu um fantástico **CICLONE ARTIFICIAL**.



Muito giro!

Meu deus, Max, tens razão! Num ciclone, uma massa de ar sobrecarregada de humidade "roça" no seu suporte líquido, o que acaba por criar perturbações quanto à **PRESSÃO**, à **TEMPERATURA**, perturbações essas que **PROVOCAM** a condensação do vapor de água. E esse fenómeno **SECUNDÁRIO** revela, de forma violenta, o fenómeno espiral **PRIMÁRIO**. (**)

Tudo bem, mas qual é a relação com as galáxias? Só faltava a estrutura espiral ser ela também uma nuvem de vapor de água...



46

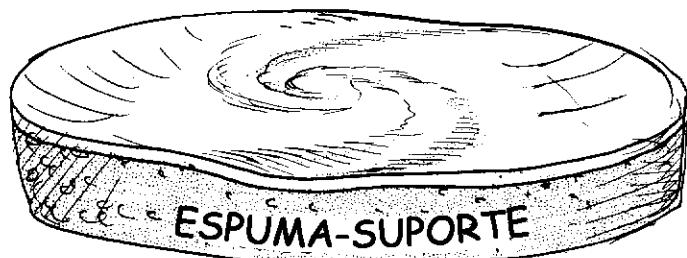
(*) Vapor **SUPERCRÍTICO**.

(**) Fenómeno que, por outro lado, liberta calor e alimenta o ciclone em energia (mas isto já é outra história).

Voltemos ao nosso **MODELO** de galáxia. Uma massa fluida que representa o "**GÁS DE ESTRELAS**" gira na sua "**CONCAVIDADE**". Por cima, está uma massa de **GÁS RESIDUAL** que anda um pouco mais rápido. A seguir, surge um fenómeno de **FRICÇÃO DINÂMICA** e a distribuição da **MASSA** varia, sendo que a perturbação tem uma forma geométrica em **ESPIRAL**.

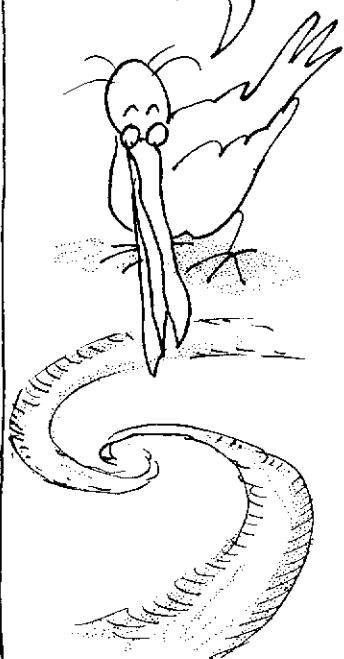


Qualquer concentração de **MATÉRIA** (estrela ou gás) cria, de imediato, a espuma-suporte. Onde há **MASSA** há forçosamente **CURVATURA**.



Ou seja, surgirá algo parecido com **VALES** em espiral, onde o gás terá tendência a juntar-se.

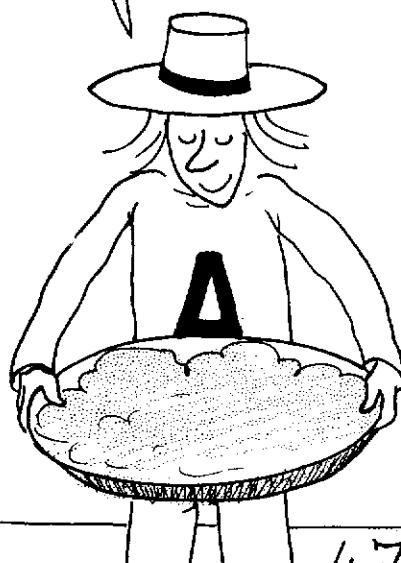
Mas ainda não estou a ver nenhuma concentração de vapor de água.



Vamos apanhar um pouco de gás interestelar.



Vejam o que acontece ao gás interestelar quando "cai" nestas espécies de vales...

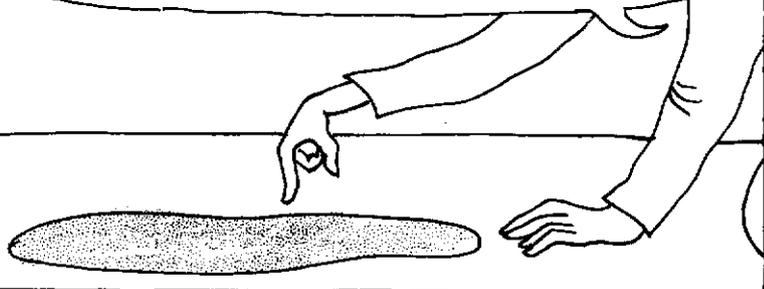


O METABOLISMO GALÁCTICO

Vamos para um cantinho sossegado, longe de qualquer galáxia.



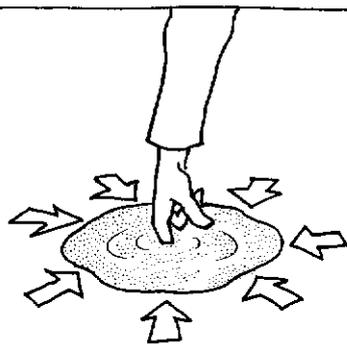
O que é que acontece se eu criar uma concavidade na espuma-suporte? O gás vai "cair" lá dentro...



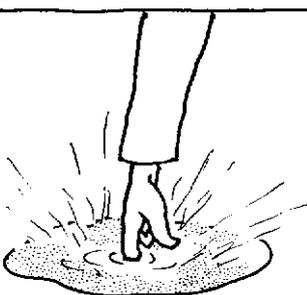
Aqui vamos!



Vamos encontrar todos os fenômenos que foram descritos nas páginas 32 a 35.



O gás contrai-se e aquece.

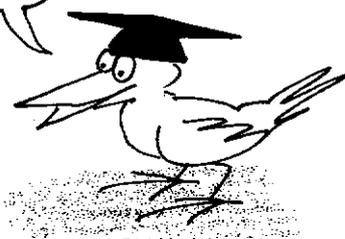
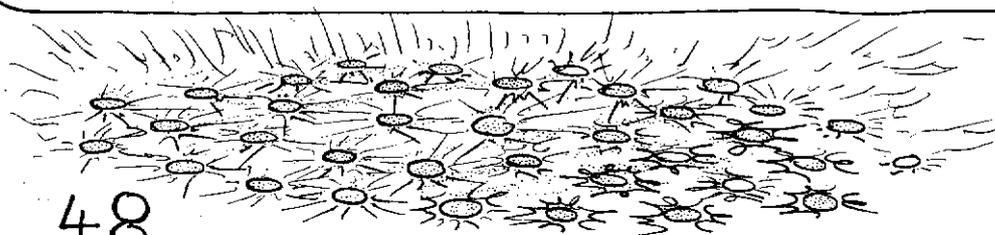


A seguir, arrefece rapidamente por radiação.

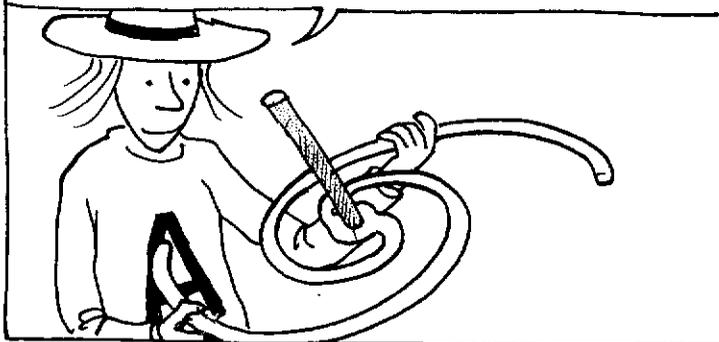
Destabilizado, fragmenta-se numa miríade de proto-estrelas que vão logo...



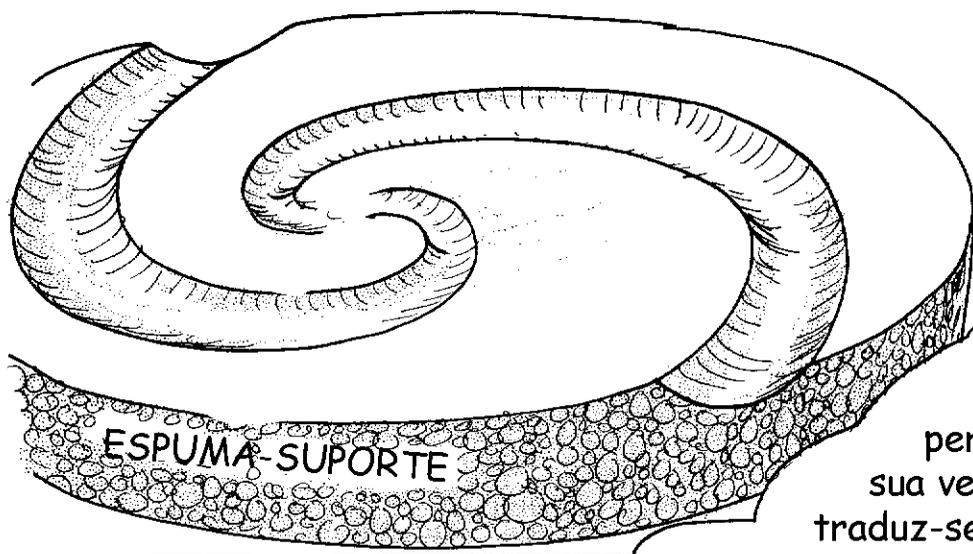
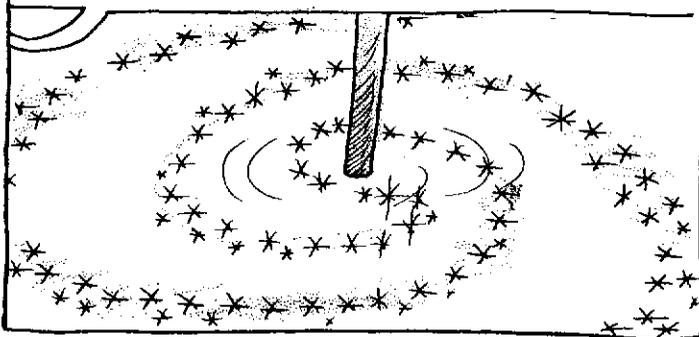
... acender-se dando lugar às ESTRELAS SECUNDÁRIAS.



Com esta espécie de réguazinha, vou agora criar um VALE.

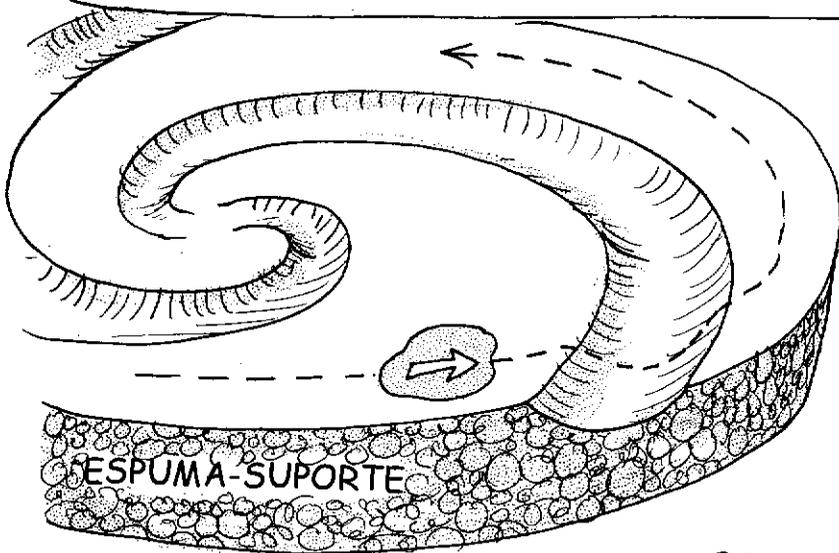


É a mesma coisa: as estrelas nascem nas concavidades, neste vale.



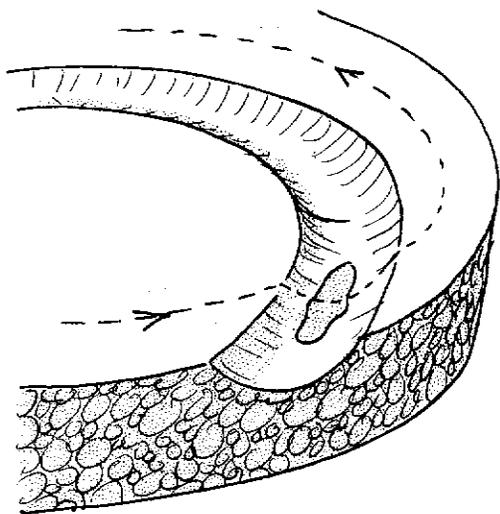
O Anselmo tem razão: a perturbação espiral que, por sua vez, gira muito lentamente, traduz-se por estes conjuntos de vales relativamente pouco acentuados (uma fraca percentagem da concavidade geral da "concavidade-galáxia").

(uma fraca percentagem da concavidade geral da "concavidade-galáxia").



O gás interestelar anda mais rápido do que a perturbação espiral. Vemos aqui um elemento de gás que está prestes a penetrar nesta espécie de "vale".

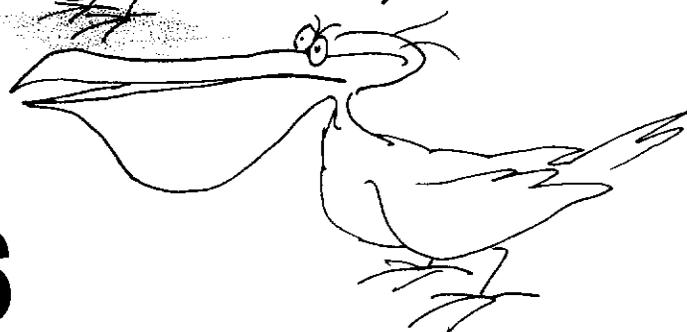




Quando chega ao fundo deste valezinho, encontra-se comprimido e dá lugar, ao passar, a algumas **ESTRELAS DE SEGUNDA GERAÇÃO**. A seguir, sai tranquilamente. Esses **BRAÇOS ESPIRAIS** são, portanto, locais onde ocorre o nascimento de novas estrelas.



Hum...

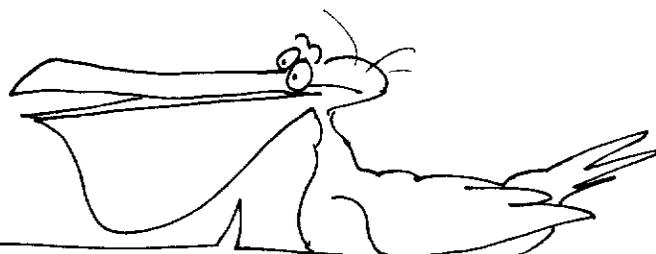


OS CICLONES DO UNIVERSO

Relativamente aos ciclones terrestres, a perturbação inicial é fraca, mas a atmosfera, carregada de humidade e, por conseguinte, **INSTÁVEL**, revela o fenómeno por condensação do vapor de água.

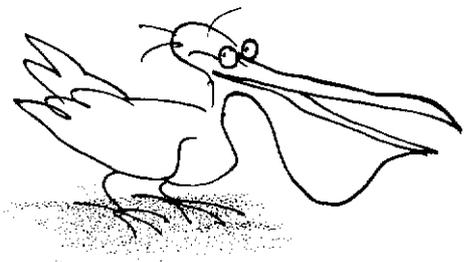


Nas galáxias, a perturbação espiral primitiva é igualmente fraca, mas o gás interestelar, **INSTÁVEL**, revela o fenómeno por accionamento da condensação da matéria.





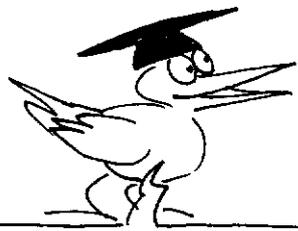
Ora, essas estrelas jovens, muito quentes, só as encontramos nos braços espirais, onde assinalam a sua presença iluminando fortemente o gás interestelar...



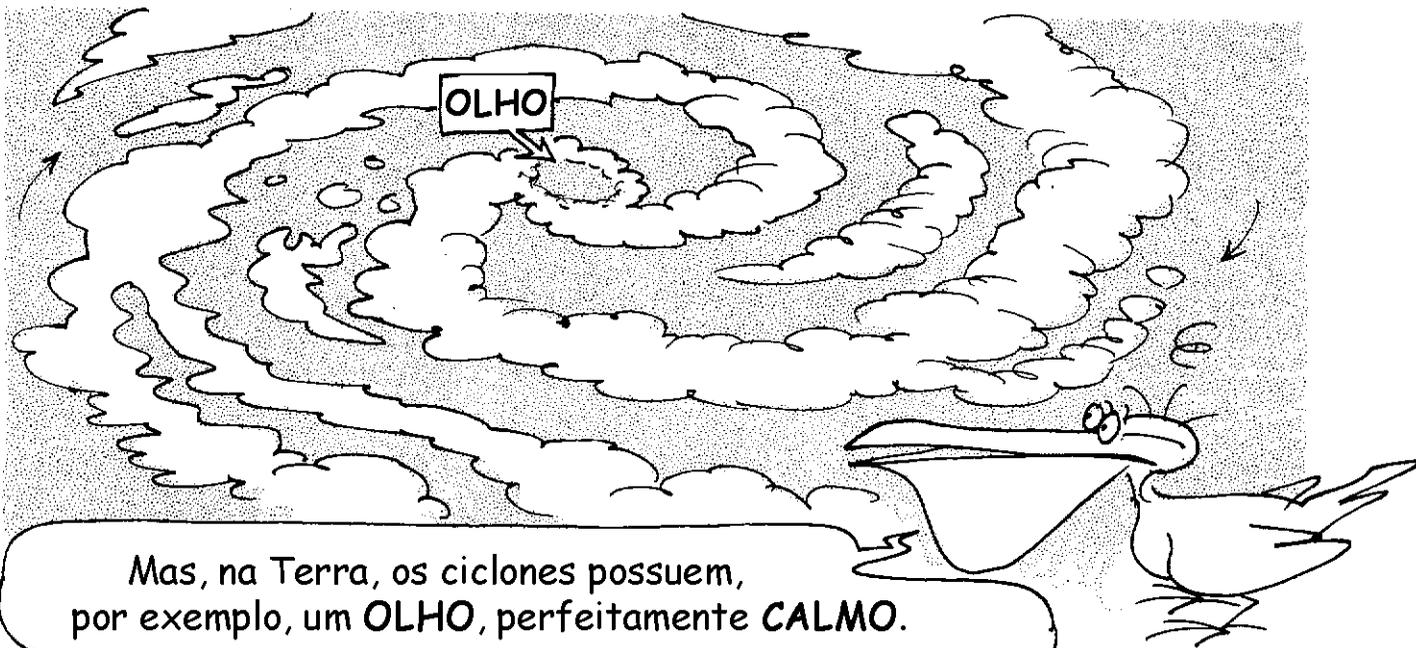
Leão, não te esqueças que essas estrelas não permanecem jovens por muito tempo. São-no durante dez mil anos, no máximo. É o tempo suficiente para queimar o máximo de hidrogénio. Quando deixam os braços, já estão **MORIBUNDAS**, já são meras brasas.



E já não as detectamos.



O **GÁS INTERESTELAR** também só é bem visível nos braços, onde é iluminado, violentamente, pelas jovens estrelas. Uma vez deixados os braços, torna-se novamente sombrio.



Ora, caso não saibas, as galáxias espirais, os ciclones do **PLANETA-UNIVERSO**, têm igualmente um **OLHO CENTRAL**!



A ROTAÇÃO DIFERENCIAL

Voltemos à nossa chávena de café.

Como acontece com a chávena de café, numa galáxia, os objectos não giram à mesma **VELOCIDADE ANGULAR**. O Sol, que se situa no periélio galáctico, leva 200 milhões de anos para girar em volta da nossa galáxia.



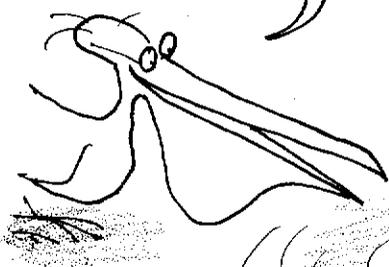
Uma volta em cem milhões de anos

Sol : uma volta em 200 milhões de anos

Uma volta em cinquenta milhões de anos



Resumindo e concluindo: a parte central de uma galáxia gira mais rapidamente do que a sua periferia.



Como pode ver, são canos de despejo!

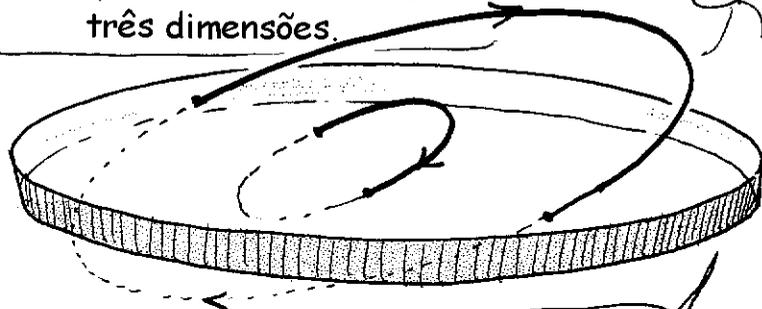


Desde que o Tiresias quase desapareceu num buraco negro, ficou com esta ideia na cabeça!



Até que não é uma ideia parva. Há muitas pessoas de bem que acham que existe um grande buraco negro no centro das galáxias...

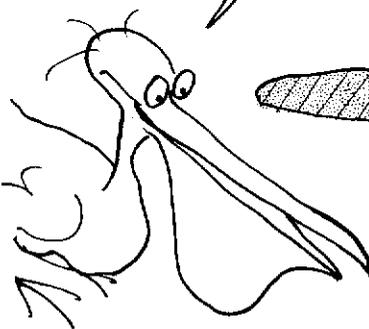
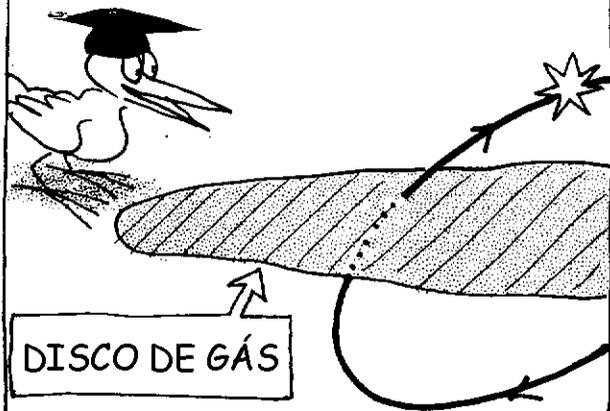
Aqui está uma "VERDADEIRA" galáxia, com movimentos nas três dimensões.



Esquemáticamente, as estrelas, que são elementos do "gás de estrelas" (e, por essa razão, assimiláveis a "moléculas"), atravessam em cada volta os DISCOS DE GÁS, ultra planos.

Isto explica por que razão a interacção entre o meio estelar e o meio interestelar é relativamente fraca.

Suponho que isso se deva ao facto de interagirem com o gás somente quando atravessam esse disco plano?



Exacto!



No centro das galáxias, em primeiro lugar, há mais estrelas e, em segundo lugar, o seu período de rotação é mais curto.

Portanto, nesta região de interacção, a fricção do meio estelar no meio interestelar é mais importante.

Uma volta em 50 milhões de anos

Por conseguinte, esta estrutura estará mais marcada na região central, a qual poderá até transformar-se numa **BARRA**.

Regressemos ao assunto do gás. O que acontece se eu deixar ao deus dar um grumo de **GÁS INTERESTELAR**?

Agora, não vamos intervir!

Ficamos apenas a ver.

O gás arrefece naturalmente por irradiação. A distância de Jeans diminui e o gás fragmenta-se.

Nos braços das galáxias, o gás tem também tendência a juntar-se em grumos, grossos, cujo raio é igual ao **RAIO DE JEANS**. (*)

Mas, estes grumos de gás vão continuar a arrefecer emitindo irradiações?

Sim, mas as estrelas jovens que nascem nessas nuvens injectam aí novamente, e de forma contínua, energia.

Já vais ver. Vamos agora fazer uma experiência. Pego numa lâmpada de ultravioletas.

Vais bronzear um grumo de matéria interestelar?

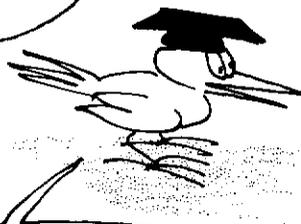
Com este tipo de radiação, que simula a que é emitida pelas jovens estrelas, muito quentes, aqueço o grumo. Quando se fala em **CALOR**, estamos também a falar em **PRESSÃO**, e o aumento da pressão interna dilata o grumo de gás.

No caso de a injeção de energia ser demasiado violenta, posso até dispersar a matéria do grumo deslocando-o.

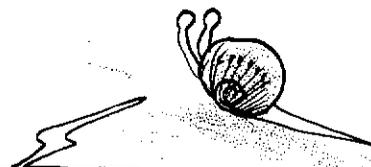
Tenho, no entanto, mais uma dúvida: o **QUE** é uma **ESTRELA**?

FENÓMENO ESTELAR

No centro de um grumo de gás, as condições de temperatura e de pressão são de tal ordem que o hidrogénio **FUSIONA**, libertando muita energia.

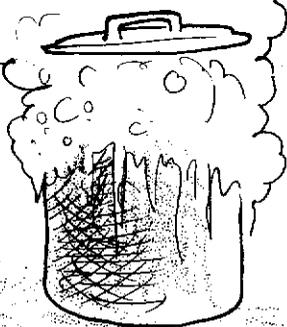


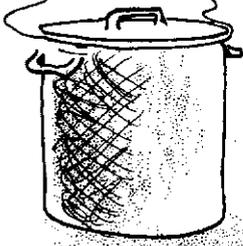
Isso aumenta a **PRESSÃO** no centro da estrela. Não devemos esquecer uma coisa: a pressão representa somente a medida de uma quantidade de energia por unidade de volume.



Em suma, uma **ESTRELA** é, digamos, uma panela que se acende e que aquece sozinha.

O **DIÂMETRO** da estrela depende da quantidade de energia libertada. Imediatamente após o seu nascimento, a estrela é rica em hidrogénio. A estrela "carbura" então que nem uma louca e dilata bastante.



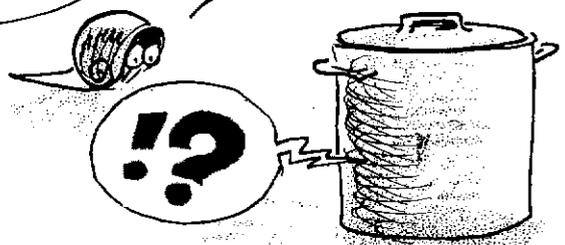


A seguir, as coisas ficam mais calmas e a estrela conhece uma fase longa de uma tranquilidade relativa.

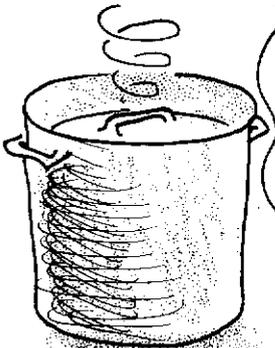


Coze lentamente.

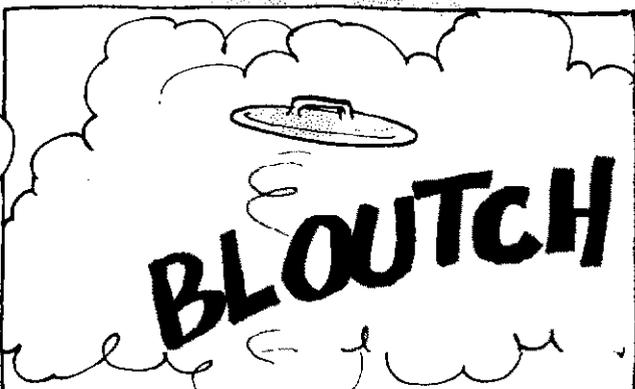
Um dia, o hidrogénio acaba por faltar.



!?



A "tampa" cai, ou seja, a estrela **CONTRAI-SE**. A densidade e a temperatura sobem, sobem.

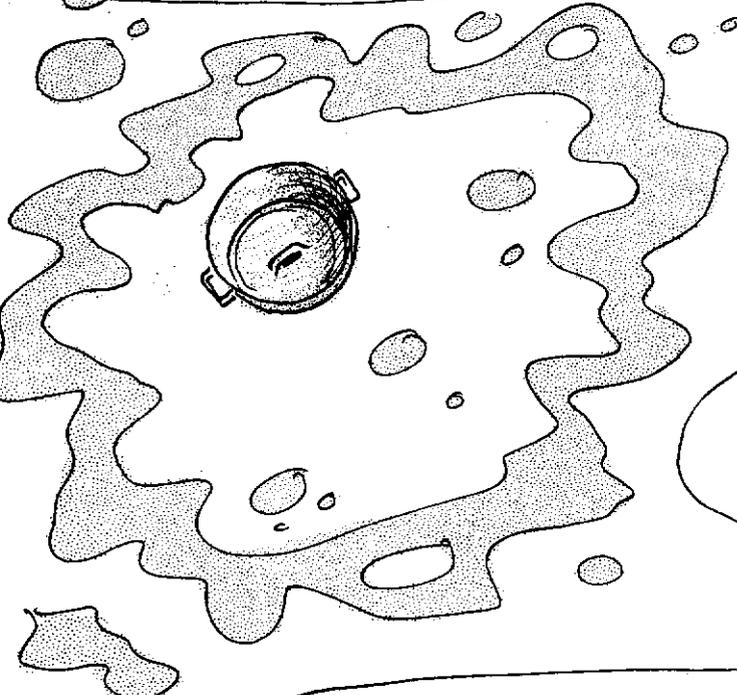


BLOUTCH

Muitas vezes, a estrela explode devido a reacções de fusão, o hélio é consumido e, seguidamente, o carbono e o silício começam a funcionar brutalmente.



A estrela torna-se uma **SUPERNOVA**.



Felizmente, este tipo de coisas só acontece uma vez por século numa galáxia!

A tampa caiu novamente no fundo da panela. Fica então um mísero objecto. É um final triste!

Mas, uma vez por século, Leão, verifica-se um ritmo MUITO rápido. Lembra-te que uma galáxia gira sobre si própria em 200 milhões de anos.

Diacho, isso dá dois milhões de SUPERNOVAS por ... volta?

As SUPERNOVAS projectam os seus destroços a centenas de anos-luz. (*)

Ao explodirem em qualquer sítio e em qualquer altura, as supernovae sustentam uma bela desarrumação no meio interestelar...

E essas supernovae realimentam também o gás interestelar em termos energéticos?

CHPAF!

Mais uma que rebentou!

CHPAF!

Vamos para um sítio mais calmo.

(*) Uma galáxia tem um diâmetro de cem mil anos-luz.

TIPOS DE ESTRELAS





Boa! Um **BURACO NEGRO!**

A estrela-tipo não é mais do que meia massa solar.

Ah pois! É verdade! Com este espaço que não é sólido...



Já está! Após a fase um pouco seca no momento de se acender, a estrela atinge a sua velocidade de cruzeiro.



**FLOTCH
FLOTCH
FLOTCH**

O que é que aconteceu agora?

CEFEIDAS



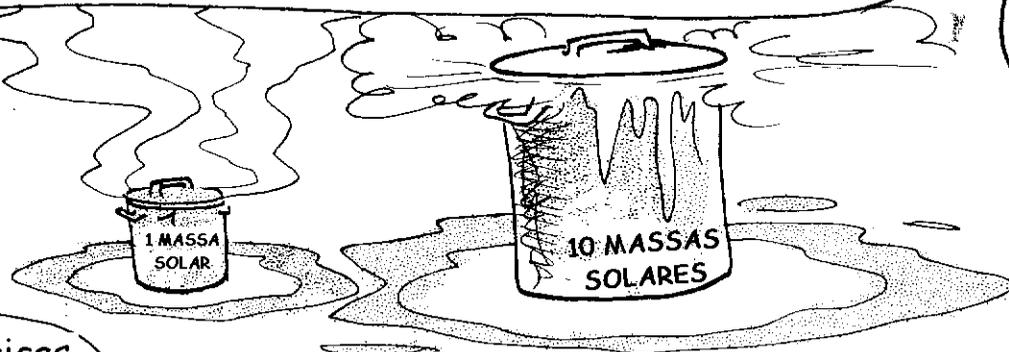
**FLOTCH
FLOTCH**

Construíste uma **ESTRELA VARIÁVEL**. O seu diâmetro oscila e, a cada contracção, exala alguma irradiação.

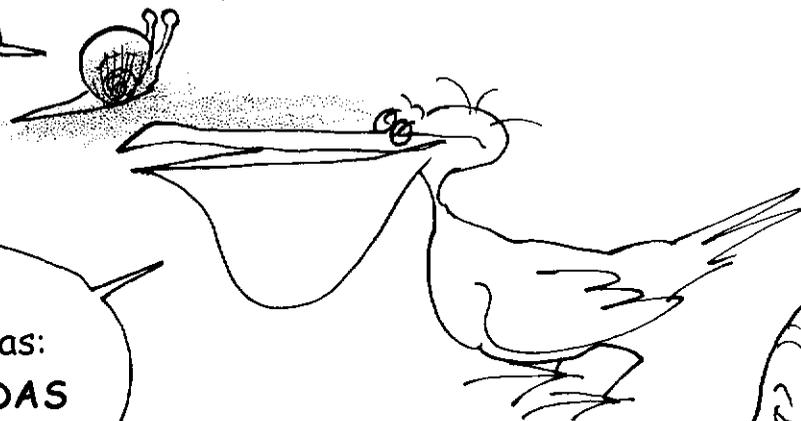
Quanto mais forte for a massa de uma **CEFEIDA**, maior será o seu período. Uma aferição (paralaxe) em termos de distância permitiu a utilização destas estrelas para medir a distância que nos separava da galáxia de Andrómeda.

A Direcção.

Quanto mais **MACIÇA** for uma estrela, mais esta evoluirá **RAPIDAMENTE**. Uma estrela de tipo solar pode carburnar calmamente durante umas centenas de milhões de anos, enquanto uma jovem estrela, maciça, consome o seu hidrogénio durante um milhão de anos. Conhece, então, um final explosivo.



As estrelas maciças são estrelas portadoras de riscos.



Vou colocar uma pergunta ao Tiresias:
QUAL A UTILIDADE DAS ESTRELAS?

EIS UMA EXCELENTE PERGUNTA!

No coração das estrelas, os núcleos dos átomos estão submetidos a pressões muito fortes. A **FUSÃO** dos quatro núcleos de hidrogénio gera...



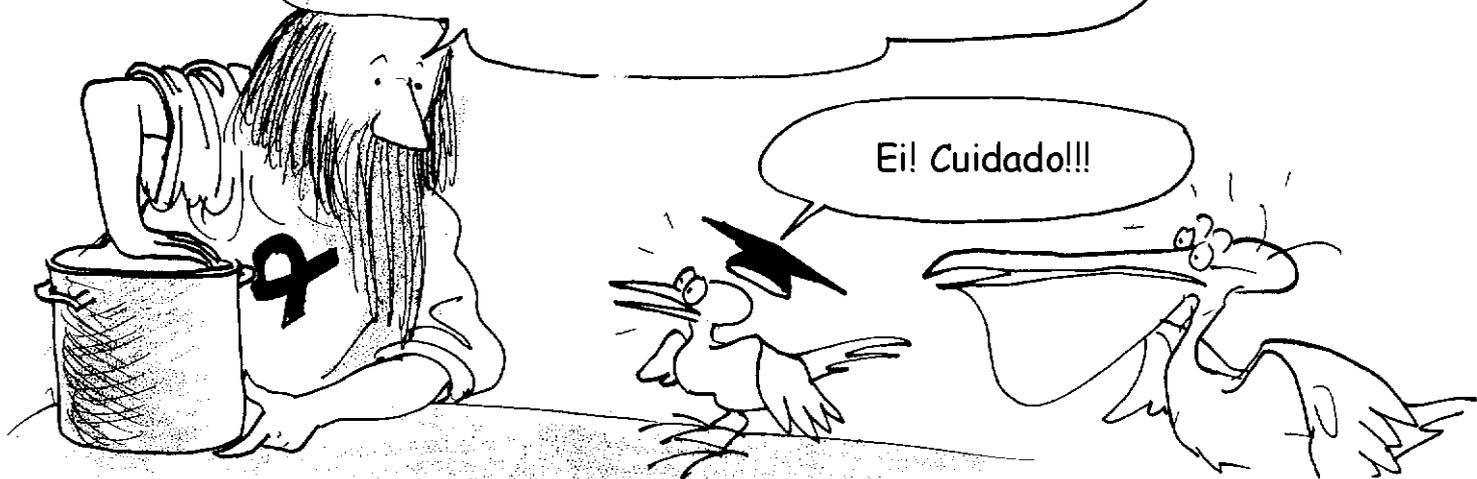
... hélio.



OS ESPOROS DO UNIVERSO

Esta estrela está muito perto de atingir o seu ponto de instabilidade. Já consumiu todo o hidrogénio. Afastede-se, vou desengrená-la.

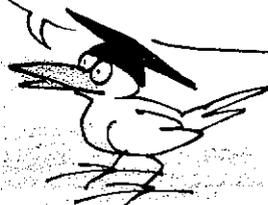
Ei! Cuidado!!!



Os átomos pesados aglomeram-se para dar lugar a **POEIRAS** microscópicas...



... que serão usadas como **CATALISADOR NATURAL** para sintetizar as **PRIMEIRAS MOLECULAS**.



NUVENS & CHUVA

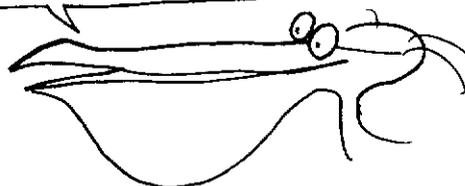
Esta matéria rejeitada pelas estrelas, quer numa lenta emanção, quer através de uma morte violenta, enriquece novamente a massa do gás interestelar.



Em suma, um átomo, escolhido de forma aleatória, pode perfeitamente ter vivido numa grande quantidade de estrelas diferentes, sobretudo se o seu núcleo for pesado.

Este ciclo de passagem dos átomos nas estrelas é acompanhado por um enriquecimento constante em termos de **ELEMENTOS PESADOS**, por exemplo, em metais: Ferro, Níquel e Cobre.

Por conseguinte, quanto mais **JOVENS** forem as estrelas, mais estas serão ricas em **METAIS**!



Anselmo, o que estás a fazer?



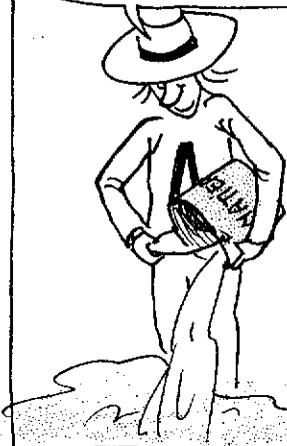
Venham comigo.

Chegou o momento de fazermos uma síntese de tudo o que sabemos acerca das galáxias.

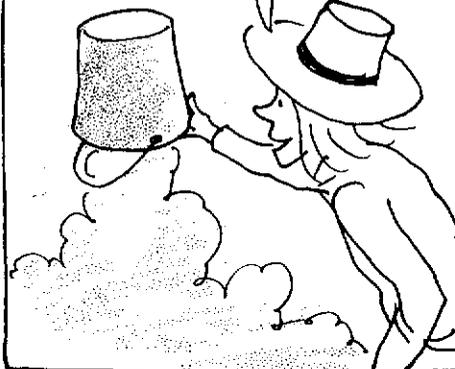


Tenho aqui os melhores dados de observação.

Da matéria. Para começar, dois biliões de estrelas.



Um pouco de gás inter-estelar.



Fazemos girar tudo.

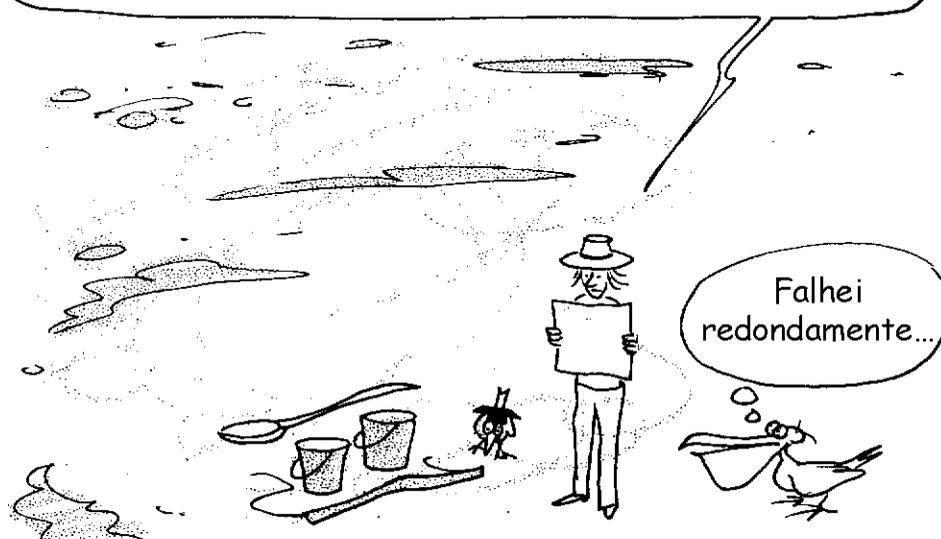


Mas... O que é que está a acontecer?!



Foi tudo pelos ares?!?

Sofia, tenho muita pena. A minha galáxia explodiu toda. Mas olhe que eu tinha utilizado os mais recentes dados de observações.



Falhei redondamente...

A MASSA EM FALTA

Nesta representação, a força centrífuga é mais forte do que a força de atracção gravitacional. A **MASSA** em questão é **2 VEZES DEMASIADO FRACA**.



Se tivermos em conta os dados de observação, o modelo não bate certo. Que chatice...

Ou seja:
200 MIL MILHÕES DE ESTRELAS PERDIDAS. QUALQUER INFORMAÇÃO QUE PERMITA ENCONTRAR NOVAMENTE ESTA MASSA EM FALTA É BEM-VINDA.



Só contabilizamos aquilo que vemos.

No final da sua existência, ao expulsar uma quantidade da sua massa, a estrela somente subsistirá sob a forma de um resíduo denominado **ANÃ BRANCA** ou **ANÃ NEGRA**, geralmente muito pouco emissivo para ser detectado.



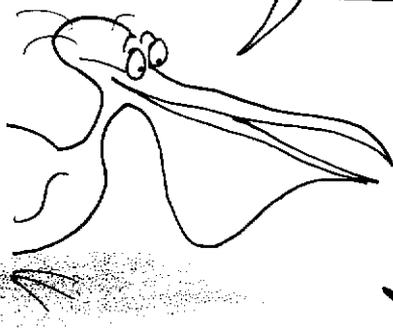
O que equivale a dizer que somos incapazes de detectar a **MASSA INVISÍVEL** representada por estas cinzas de estrelas primitivas, que se terão formado ao mesmo tempo do que a galáxia.

Num final do tipo **SUPERNOVA**, a camada externa da estrela explode. A retrocompressão resultante pode comprimir o núcleo central a ponto de a transformar em **BURACO NEGRO**.

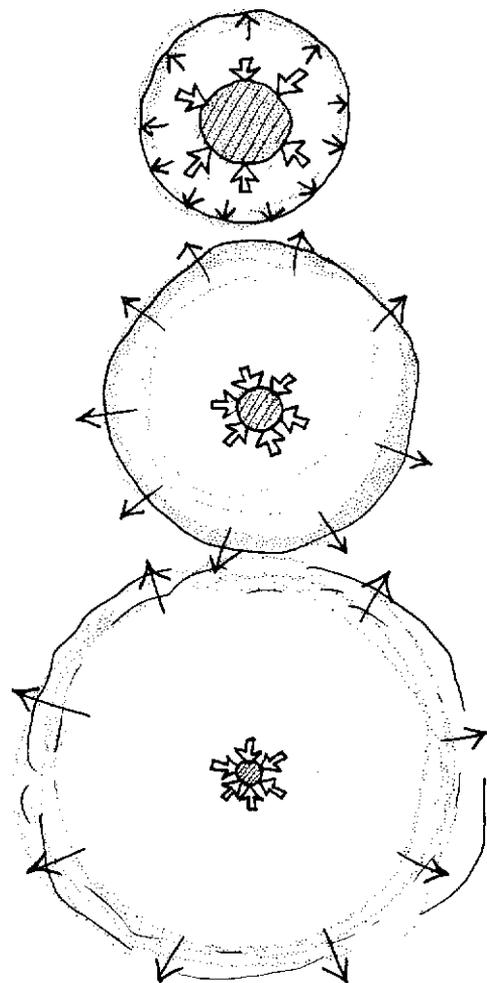


O que também não se verá.

Ainda há estrelas primitivas, nascidas aquando do nascimento da galáxia e que são, no entanto, detectáveis?



De facto, existem, nas galáxias, estrelas muito velhas reagrupadas nos **AGLOMERADOS GLOBULARES**, e que estão a queimar há já quinze mil milhões de anos. E isso, acontece em todas as galáxias, sendo que todas nasceram na mesma altura.



Quanto às outras, foram dispersas em todas as direcções, ou então transformaram-se em anãs, brancas ou negras, ou em buracos negros indetectáveis.

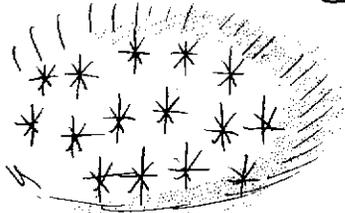


AGLOMERADOS ESTELARES

Um aglomerado globular é uma estrutura constituída por cem mil estrelas que persistiu desde o nascimento das galáxias. (*)



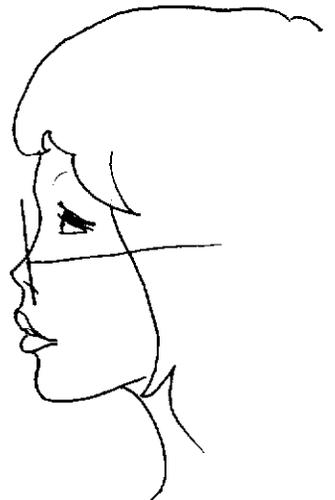
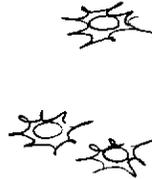
Mas as galáxias são disseminadas por pequenos aglomerados recentes, que estão numa fase de dispersão relativamente célere.



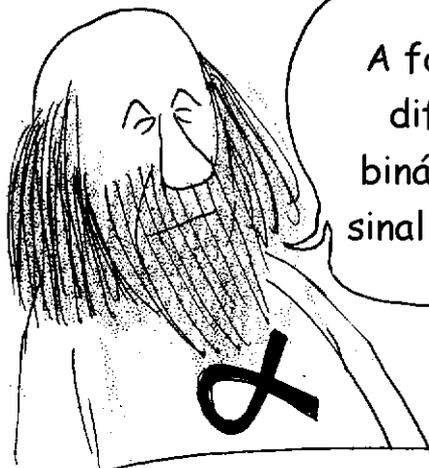
Estes mini-aglomerados representam concavidades com rebordos pouco acentuados de onde as estrelas, aceleradas pelo jogo do azar protagonizado pelas colisões, poderão evadir-se bastante facilmente.



Quando o aglomerado está deslocado, as estrelas partem, de forma aleatória, para a galáxia, sozinhas ou aos pares (**ESTRELAS DUPLAS**).



(*) O tempo de evaporação de um aglomerado colisional é proporcional à massa.



A formação de duas estrelas, de massas semelhantes ou diferentes, são sistemas **ESTÁVEIS**. Estes sistemas binários, muito numerosos nas galáxias, são meramente o sinal de uma antiga pertença a um aglomerado de estrelas.

Suponho que as galáxias devem também perder, lentamente, as suas estrelas?



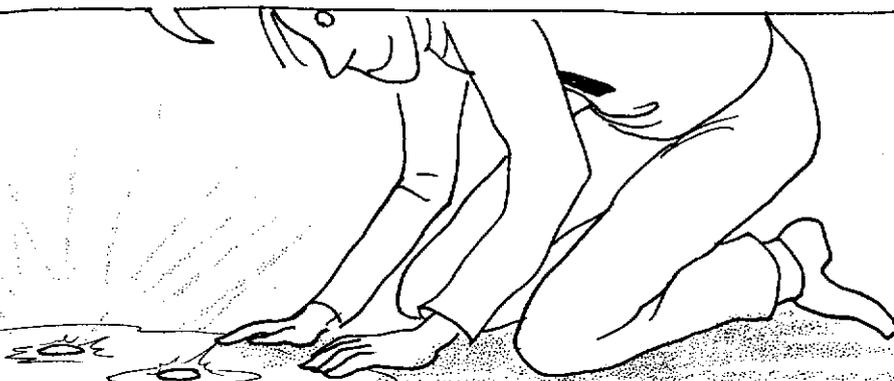
Para isso, seria necessário que algumas estrelas adquirissem super-velocidades, superiores à velocidade de evasão, através do jogo das **COLISÕES**. Mas, estando dispersas através da galáxia, as estrelas formam um conjunto totalmente **NÃO COLISIONAL**. Praticamente, já não se encontram umas às outras. Por essa razão, as galáxias não perdem estrelas.



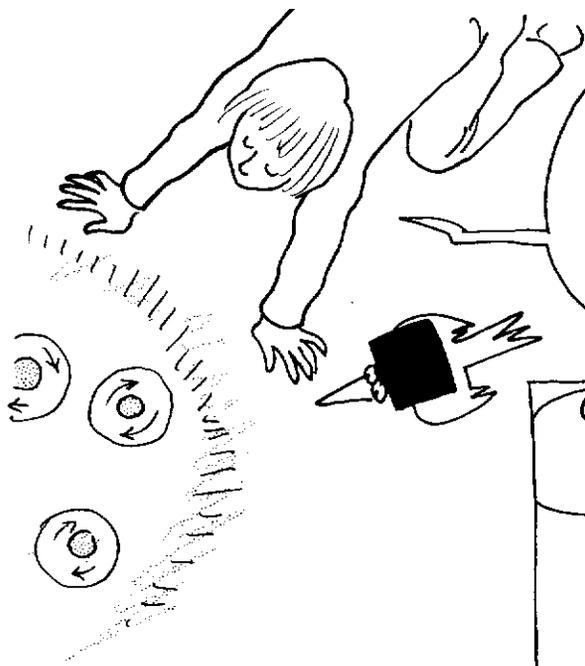
Bem, tendo que escolher, até prefiro assim...



Estou a observar este pequeno aglomerado de estrelas que acabam de nascer. De certa forma, comportam-se como as nossas jovens galáxias. Estão quentes, envoltas num pequeno halo de gás e de poeira: podemos até dizer que é a sua atmosfera...

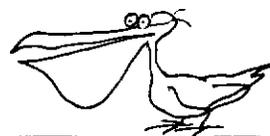


OS PLANETAS

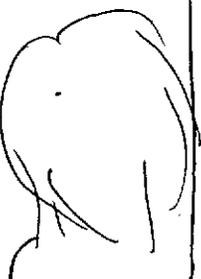
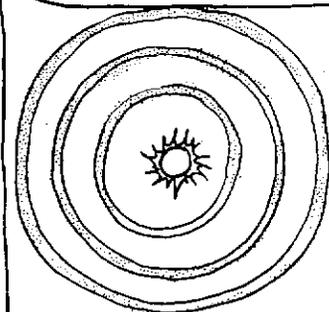


As nossas jovens estrelas fazem um movimento de vaivém no interior do seu mini-aglomerado, como ovos estrelados numa frigideira com bastante óleo. As colisões fazem com que os seus pequenos halos iniciem uma rotação.

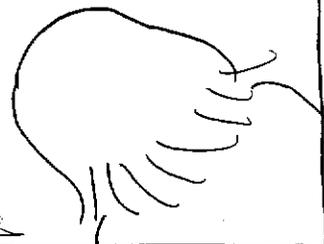
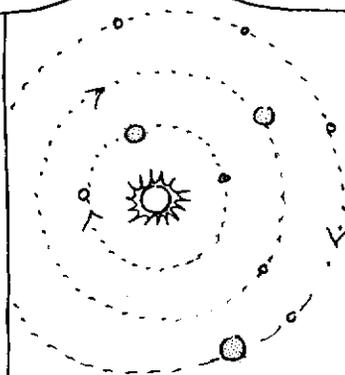
O aglomerado deslocou-se como se se tratasse de um esporo. As estrelas acalmaram-se. Estou a seguir uma delas.



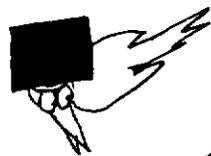
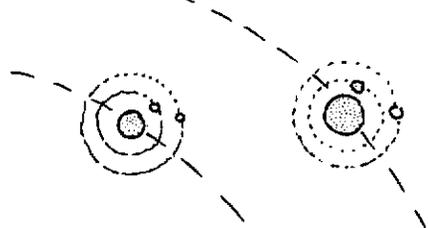
A força centrífuga impede as poeiras do halo de caírem novamente sobre a estrela. Juntam-se em anéis concêntricos.



Em cada círculo, cada órbita, formam-se os PLANETAS.

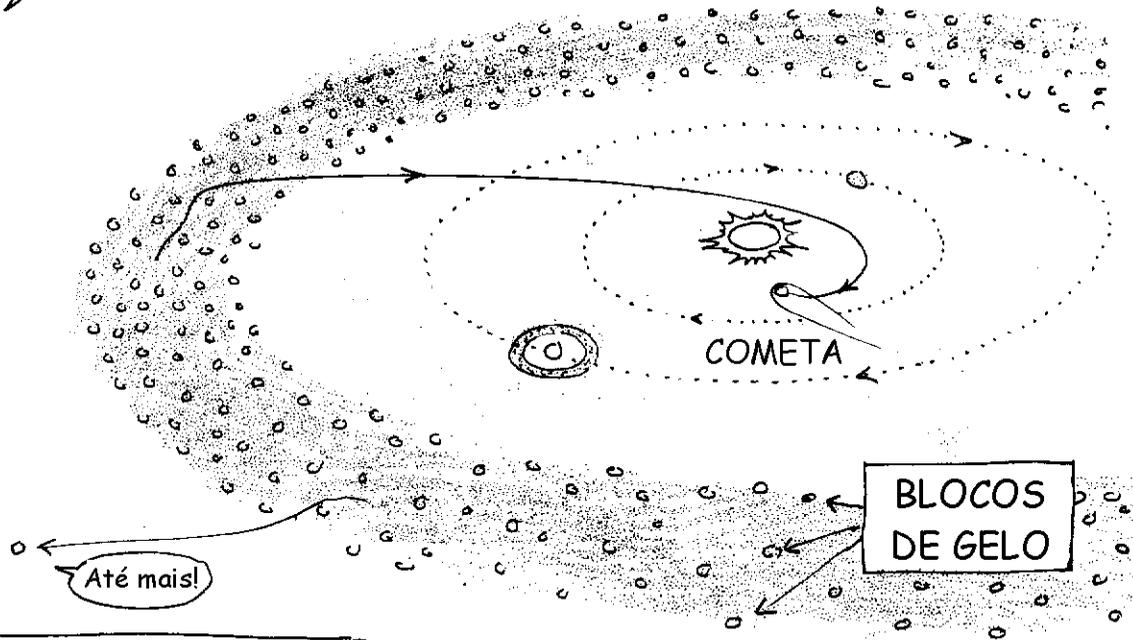


Numa mesma órbita, o maior planeta capturará os planetas mais leves fazendo destes últimos os seus satélites.



Já está. A volta está dada.

A parte **GASOSA** desta **ATMOSFERA ESTELAR PRIMITIVA** vai condensar-se numa espécie de **HALO DE NEVE SUJA**. De vez em quando, ocorre uma colisão entre dois elementos deste cinto. Então, ou o bloco acelera e acaba por abandonar o **SISTEMA SOLAR**, ou abranda e, ao "cair" em direcção ao centro do sistema, transforma-se num **COMETA**.



E se fossemos ver esses **PLANETAS** de perto?



Está a digerir o **URÂNIO 235** **RADIOACTIVO** que capturou aquando da sua formação.



Ena! No momento da sua formação,
os planetas eram **REACTORES
NUCLEARES?!**

Porquê **ERAM?**
Ainda o são! De que modo a
Terra manteria o seu
núcleo em fusão?

PLOTCH!

Espera!

Também é aquecida por todos
esses meteoritos que embatem
nela quando esta "**FAZ AS
LIMPEZAS**".

Vamos ver isso melhor.

Anselmo, espera por mim!!
Cuidado, o vulcanismo é ainda
muito intenso.

Ai este tipo!..
Ora vejam só,
cabeça para
baixo!

Então, Tirésias... O seu rabo
recuperou a sua curvatura?

Hum!

Cá estamos então, num **PLANETA**.
As chuvas torrenciais apagam a pouco e pouco
as cicatrizes provocadas pelos meteoritos.
Estamos a $t =$ dez mil milhões de anos e a
temperatura da irradiação cosmológica caiu
para os 4 graus Kelvin.

Vamos poder partir rumo a uma nova história:
OS MISTÉRIOS DA BIOLOGIA.
Sofia, em directo do Cosmos.

FIM