

# Termômetro da evolução

Diferença de temperatura nos ouvidos sugere a existência de um cérebro complexo em sagüi

**U**m termômetro parecido com o usado pelas mães para medir a febre dos filhos forneceu um indício de que o cérebro de uma pequena espécie de primata encontrada no Brasil, o *Callithrix penicillata*, popularmente conhecida como sagüi do Cerrado, ou sagüi-dos-tufos-pretos, pode ser mais desenvolvido do que se pensava. Quando submetidos a uma situação de intensa pressão psicológica, como a captura efetuada por um ser humano com o auxílio de uma rede, alguns desses animais apresentam uma temperatura significativamente mais baixa – poucos décimos de grau Celsius a menos – no ouvido direito do que no esquerdo. “Esse dado sugere que o estresse provoca uma grande ativação de estruturas neurais no hemisfério direito do cérebro dos sagüis”, diz Carlos Tomaz, do Centro de Primatologia da Universidade de Brasília (UnB), principal autor do trabalho com os bichinhos, que pesam entre 250 gramas e 450 gramas e não passam de 25 centímetros de comprimento.

O registro de uma temperatura menor no tímpano direito indica que houve uma ativação maior de estruturas nervosas situadas nesse lado do cérebro. Como se deduz isso? É que as áreas ativas do cérebro são ligeiramente mais frias do que as não-ativas. Isso ocorre porque a atividade neuronal atrai um maior fluxo de sangue, o qual tem um efeito refrescante sobre as áreas ativadas. Portanto, se um evento estressante fez a temperatura do ouvido direito dos sagüis do Cerrado ser um pouco mais baixa do que a verificada no ouvido esquerdo, os pesquisadores podem deduzir que esse hemisfério cerebral, o direito, é o mais usado nesse tipo de situação. Essa conclusão leva a uma outra, ainda mais interessante. “Nosso trabalho é uma evidência fisiológica de que existe especialização ou assimetria cerebral nos sagüis”, afirma Tomaz. Os resultados das medições feitas pela equipe da UnB, que registrou a temperatura de 24 sagüis do Cerrado (14 machos e 10 fêmeas) mantidos em cativeiro no centro de primatas da UnB, foram publicados na edição de julho do *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*.





O estudo também fornece indícios de que há uma relação inversamente proporcional entre a temperatura no ouvido direito dos sagüis e o número de vezes que os animais tinham sido capturados pelo homem ao longo de sua vida. Os macacos que haviam sido pegos entre 5 e 9 vezes tinham uma temperatura média no ouvido direito em torno dos 38º Celsius – um grau a menos do que a média dos sagüis que tinham sido capturados no máximo 4 vezes. É como se a experiência de repetidas capturas tivesse ensinado os sagüis a ativar de forma mais intensa a porção de seu cérebro envolvida na resposta ao estresse, no caso o hemisfério direito. Como se eles tivessem aprendido a acionar esse lado do cérebro em eventos ameaçadores.

**Estratégia de sobrevivência** - Se um dos lados do cérebro de um animal é mais utilizado do que o outro durante o desempenho de uma tarefa ou em resposta a um estímulo, os cientistas dizem que esse bicho apresenta especialização hemisférica ou lateralização cerebral. Esse traço denota uma certa complexidade operacional do sistema nervoso central e costuma ser associado a pri-

matas antropóides, com formas assemelhadas às do homem, como o chimpanzé – além, é claro, do próprio ser humano. “A lateralização cerebral torna mais refinadas as respostas emocionais”, comenta Tomaz. “Isso seria vantajoso para o comportamento defensivo dos animais.” Segundo uma teoria conhecida como hierarquização das funções cerebrais, a especialização hemisférica é de muita valia numa situação de grande estresse, como o risco de captura por um possível agente agressor. Diante do perigo, o cérebro de animais dotados de tal capacidade ativa prioritariamente as estruturas implicadas na formulação de uma estratégia de sobrevivência. Os demais circuitos cerebrais, que não estão diretamente ligados à resposta ao estresse, mas, sim, a outros tipos de estímulos, somente serão acionados mais tarde, num momento mais oportuno. Dessa forma, evita-se a competição entre as diversas funções e estruturas cerebrais, o que geraria perda de tempo e indecisão num momento crítico.

Por ser um representante dos chamados macacos do Novo Mundo (um grupo de símios surgidos há 40 milhões de anos na América Central e do Sul

que, evolutivamente, estão mais distantes do homem e dos primatas antropóides), os sagüis raramente são encarados como candidatos naturais a apresentarem especialização cerebral, uma característica típica de um sistema nervoso central mais sofisticado. De acordo com a visão ainda dominante sobre esses animais, o funcionamento de seu cérebro deveria ser mais primitivo do que o de primatas mais próximos do ser humano. Ou seja, embora dividido anatomicamente em dois hemisférios, o cérebro dos sagüis deveria operar de forma mais primária, deveria funcionar como se um fosse uma entidade única, sem exibir especialização hemisférica. Ao mostrar, com o auxílio de um termômetro, traços de complexidade na resposta neuronal ao estresse em exemplares de *C. penicillata*, o trabalho da UnB lança dúvidas sobre a percepção mais difundida a respeito do funcionamento do cérebro de macacos do Novo Mundo e esquentava o debate sobre os primórdios da especialização hemisférica nos animais. “Nossos dados com sagüis do Cerrado podem ser importantes para se entender melhor a origem da assimetria cerebral em primatas”, diz Tomaz. •

Sagüi do Cerrado (*Callithrix penicillata*): respostas emocionais mais refinadas em situações de estresse



# O lado escuro do Universo

Físicos selecionam as partículas candidatas a compor a matéria que ainda não pode ser detectada

RICARDO ZORZETTO

**S**impzillas e wimpzillas. Nada a ver com Godzilla, o monstro japonês pré-histórico em forma de dragão que há quase 50 anos aterroriza a população de Tóquio, ao menos no cinema. Simpzilla e wimpzilla são duas famílias de partículas subatômicas especiais que nos últimos anos têm provocado a imaginação dos físicos. Não sem motivo: elas poderiam explicar a estrutura atual do Universo. Ainda não foram encontradas, mas caso realmente existam, devem resolver um problema antigo, lançado em 1933 pelo astrofísico búlgaro Fritz Zwicky. Estudioso de conjuntos de galáxias, Zwicky afirmou que apenas a matéria comum (formada por prótons, nêutrons e elétrons) era insuficiente para explicar como as galáxias permaneciam unidas apenas pela gravidade, a única força capaz de agir em espaços tão vastos. Tal coesão só seria possível se existisse cem vezes mais matéria do que era possível observar. Zwicky chamou o que não pôde ver de matéria escura, por não absorver nem emitir luz.

Partículas hipotéticas, as simpzillas e as wimpzillas podem ser justamente os tão procurados componentes da matéria escura, responsável por 85% da massa do Universo – seis vezes a quantidade de matéria comum concentrada em planetas, estrelas e nuvens de gás. Ainda que não se tenha detectado a existência dessas partículas exóticas, já se avançou na seleção de hipóteses que possam explicar do que a matéria escura é feita. Em um estudo publicado em 6 de junho na *Physical Review Letters*, uma das mais

importantes revistas científicas da área, a física brasileira Ivone Freire da Mota e Albuquerque, atualmente na Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos, praticamente elimina a possibilidade de as simpzillas até mesmo existirem, ao menos como se imaginava, já que até agora não foram registradas pelos atuais telescópios de neutrinos e detectores de partículas.

Desse modo, as wimpzillas saem fortalecidas, embora ainda não se saiba como possam ser reconhecidas. Essa perspectiva valoriza a construção de novos observatórios, como o IceCube, que os norte-americanos devem inaugurar em dois anos na Antártida, e o Pierre Auger, projeto multinacional em fase final de construção na Argentina, com a participação de grupos de pesquisa de São Paulo, do Rio de Janeiro e da Bahia. “Existe uma real possibilidade de detectarmos as partículas formadoras da matéria escura”, afirma o físico Brian Fick, da Universidade de Utah, Estados Unidos, que há dez anos acompanha o avanço do Auger.

Independentemente de comprovações, há indícios de que a matéria escura realmente existe. Concentrada em uma espécie de esfera ao redor das galáxias, funcionaria como um tipo de cola que mantém o Universo unido. Dois anos atrás, físicos franceses, a partir de informações coletadas em um telescópio no Havaí, elaboraram um mapa tridimensional de um trecho do Universo que mostra o desvio na trajetória da luz provocada pela matéria escura, apresentada como uma rede que sustenta as galáxias. O mais difícil ainda





Efeito agregador: matéria escura mantém a nuvem de gás (*em rosa*) e as galáxias unidas e girando em torno de um eixo imaginário

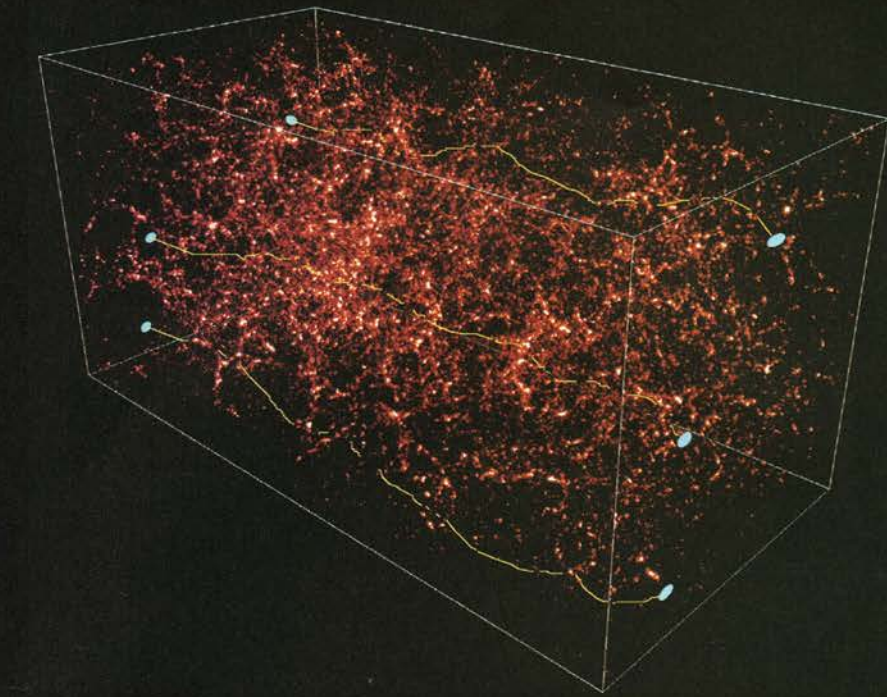


é resolver o problema posto há 70 anos: de que a matéria escura é feita?

Como numa campanha eleitoral, existem vários tipos de partículas candidatas. As simpzillas e as wimpzillas, bastante populares entre os físicos, diferem apenas na forma como interagem com a matéria comum. As simpzillas interagem fortemente com a matéria comum, como indica seu próprio nome, abreviação de *Strongly Interacting Massive Particle*. Já com as wimpzillas, sigla de *Weakly Interacting Very-Massive Particle*, ocorre o contrário. A porção zilla indica apenas que tem massa muito elevada, até 100 bilhões de vezes superior à de um próton, que é de 1 gigaeletron-volt ou 1 GeV – originalmente usado como unidade de energia, o eletron-volt também indica a massa das partículas, obedecendo à equivalência entre massa e energia proposta por Einstein na famosa fórmula ( $E=mc^2$ ), que estabelece que a energia (E) corresponde à massa da partícula (m) multiplicada pela velocidade da luz (c) elevada ao quadrado.

**Neutralinos em alta** - Invisíveis aos telescópios por não emitirem luz, as duas zillas só poderiam ser identificadas de maneira direta quando, ao atravessarem a Terra, colidirem com detectores de partículas instalados em laboratórios a centenas de metros abaixo da superfície. Ou, de modo indireto, pelo reconhecimento de outro tipo de partículas bastante energéticas, os neutrinos, emitidos quando as simpzillas se chocam e se aniquilam no centro do Sol, o mesmo acontecendo com as wimpzillas. Como por enquanto só é possível observar as candidatas à matéria escura quando interagem com a matéria comum, ao menos em tese seria mais fácil detectar as simpzillas que as wimpzillas.

No artigo da *Physical Review Letters*, escrito em parceria com Laura Baudis, da Universidade Stanford, nos Estados Unidos, Ivone analisou as características de dois principais observatórios de partículas componentes da matéria escura já em funcionamento: o Edelweiss (*Expérience pour Detecter les Wimps en Site Souterrain* ou Experimento Subterrâneo para Detecção de Wimps), dotado de detectores de germânio puríssimo instalados a 1.600 metros de profundidade nos Alpes franceses, e o CDMS (*Cryogenic Dark Matter Search*,



Teia cósmica: entre uma e outra galáxia (em azul), a luz sofre desvios ao passar por regiões com mais matéria escura (vermelho e branco). O lado maior representa 1 bilhão de anos-luz

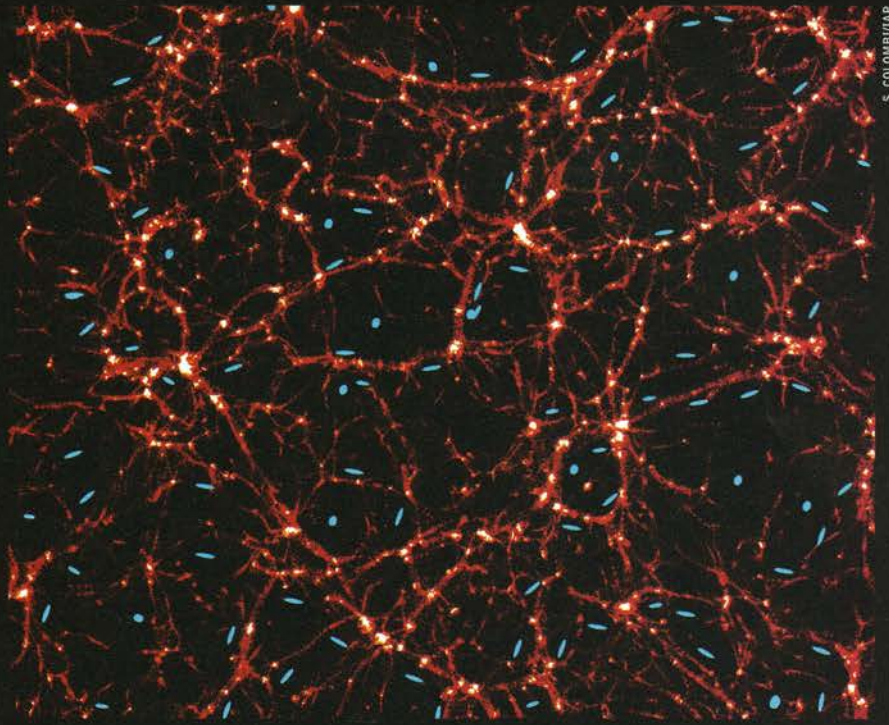
Busca Criogênica de Matéria Escura), com detectores de germânio e silício montados a 12 metros de profundidade sob o campus da Universidade Stanford. Projetados para detectar um terceiro tipo de partícula candidata a compor a matéria escura – o neutralino, semelhante à wimpzilla por interagir pouco com a matéria comum, mas com massa milhões de vezes menor –, esses dois laboratórios poderiam também observar facilmente as simpzillas em sua forma supostamente mais natural, com uma massa de 1.000 GeV.

Depois de comparar os dados recentes captados pelos equipamentos com as previsões teóricas para as simpzillas, Laura e Ivone concluíram: as simpzillas não devem existir. Ao menos, não com a massa prevista. “Caso existissem com essa massa, já teriam sido detectadas”, afirma Ivone. Mas esse raciocínio não exclui totalmente a chance de as simpzillas existirem. Pode ser que tenham uma massa pelo menos mil vezes maior e só seriam captadas pelos dois outros observatórios ainda em construção, o Pierre Auger, na Argentina, e o IceCube, na Antártida, que teriam melhores condições de filtrar as partículas mais energéticas.

**M**esmo assim, as chances das simpzillas parecem pequenas. Saem fortalecidos os modelos que prevêem uma matéria escura composta por partículas que interagem pouco com a matéria comum, como as wimpzillas e seus similares de menor massa, os neutralinos, também chamados de wimps (partículas de massa elevada que interagem fracamente). São os neutralinos que atualmente respondem melhor às exigências impostas pelas simulações em computador e pelo modelo mais aceito hoje para explicar a origem do cosmos, o Big Bang, a gigantesca explosão que teria ocorrido 13,7 bilhões de anos atrás e originado o Universo. Teoricamente, os neutralinos seriam partículas estáveis o suficiente – não se transformariam facilmente em outras – a ponto de existirem desde o Big Bang. Por se movimentarem a velocidades inferiores à da luz, seriam capazes de interagir entre si e se aglomerar, gerando força gravitacional suficiente para unir a matéria comum em galáxias.

Bem cotada pelos físicos, a hipótese dos neutralinos explica bem a estrutura dos aglomerados com milhares de galá-





S. COLOMBIATAP

Visão frontal: o desvio da luz faz com que as galáxias apareçam alongadas quando observadas na direção do eixo mais longo do paralelepípedo

xias, mas não muito bem as galáxias isoladas. Era de esperar que a concentração da massa – tanto a matéria comum como a matéria escura – aumentasse progressivamente da borda em direção ao centro em galáxias espirais como a Via Láctea, até atingir o valor máximo no núcleo, onde a densidade de matéria é comprovadamente maior. As observações mostram que, a partir de um determinado ponto, a concentração de matéria escura nessas galáxias se torna constante, numa indicação de que o modelo teórico dos neutralinos talvez precise de ajustes. As propostas alternativas – há pelo menos outras quatro – também não resolvem esse impasse.

Foi exatamente porque a teoria ainda não consegue concordar com a realidade que Fritz Zwicky lançou a idéia da matéria escura. De lá para cá, não houve mais consenso sobre a composição do cosmos. Já se fala até em vários tipos de matéria escura, que, de acordo com a preferência dos físicos, pode ser fria, formada pelas zillas e pelos neutralinos, que viajariam relativamente devagar; quente, com partículas tão velozes que não se agrupariam jamais em galáxias; repulsiva; de outro tipo, que interage fortemente entre si, ou mesmo

de uma categoria que se aniquilaria emitindo radiação. A escolher.

“Sem a matéria escura, o Universo teria permanecido uniforme demais para permitir a formação de galáxias, estrelas e planetas”, comentam os físicos Jeremiah Ostriker e Paul Steinhardt, ambos da Universidade Princeton, Estados Unidos, em um artigo da revista *Science* de 20 de junho. A maioria dos físicos aposta: se o modelo do Big Bang estiver mesmo correto e o Universo em expansão, cerca 27% do cosmos é composto de matéria escura e 70% de uma forma de energia também desconhecida, a energia escura. A matéria comum, que forma tudo o que conhecemos, somaria os 3% restantes.

**Corrigindo Newton** - Mas há físicos – um grupo restrito, é verdade – que duvidam da existência da matéria escura. Como alternativa, propõem uma saída que soou como heresia quando foi apresentada, há 20 anos, pelo físico israelense Mordehai Milgrom, hoje no Instituto Weizmann, em Israel. Segundo ele, nada haveria de errado com a massa das galáxias em rotação. O erro estaria onde poucos ousariam apontar: na fórmula da força de atração entre os

corpos, a Lei da Gravitação Universal, deduzida em 1665 pelo físico inglês Isaac Newton.

A velocidade das nuvens de gás de uma galáxia, que giram em torno de um eixo imaginário, diminui conforme aumenta a distância em relação ao centro, segundo a lei da gravidade. Mas Milgrom constatou que essa velocidade se tornava constante a partir de uma determinada distância – eis um detalhe incoerente com a Lei de Newton. “Análisei as propriedades das galáxias e procurei as que apresentavam grandes diferenças em relação ao que se observa no Sistema Solar, onde a Lei da Gravitação de Newton reconhecidamente funciona bem”, comentou Milgrom à *Pesquisa FAPESP*. “Percebi que em sistemas galácticos a aceleração é muito inferior à observada no Sistema Solar ou na Terra. A atração gravitacional nas extremidades da Via Láctea é 100 bilhões de vezes menor que a de um corpo em queda livre na Terra.” A conclusão a que chegou é de que a lei de Newton funcionava bem em regiões do espaço com aceleração muito elevada, mas não em regiões onde a aceleração é pequena, como os aglomerados de galáxias.

A alternativa foi alterar a lei de Newton, rebatizada de Dinâmica de Newton Modificada ou simplesmente *Mond* (*Modified Newtonian Dynamics*), que até agora tem explicado de maneira satisfatória as observações de galáxias espirais feitas por satélites como o Chandra. Mas também não é perfeita e emperra na hora de analisar os aglomerados contendo milhares de galáxias. “Os resultados da aplicação de *Mond* nos aglomerados indicam que ela atenua o problema da matéria escura, mas não o resolve”, comenta o físico Reuven Opher, da Universidade de São Paulo (USP), que emprega essa abordagem no estudo de aglomerados de galáxias. “A diferença entre usar *Mond* e a gravitação newtoniana é que a quantidade de matéria escura que se infere existir é menor no primeiro caso.” Enquanto Milgrom tenta aperfeiçoar seu modelo, os físicos que acreditam na matéria escura planejam testes que revelem finalmente a natureza dessa enigmática porção do Universo. No artigo da *Science*, Ostriker e Steinhardt estimulam a busca de alternativas variadas: às vezes pistas importantes aparecem onde menos se espera. •