



MASSA ELEVADA Galáxias com massa superior a 70 bilhões de sóis, como a NGC 6411, formam a maioria de suas estrelas em 5 bilhões de anos, a partir do centro



MASSA CRÍTICA Galáxias com massa em torno de 70 bilhões de sóis, como a NGC 4047, produzem suas estrelas em menos de 3 bilhões de anos, a partir do centro



MASSA BAIXA Galáxias de baixa massa, inferior a algumas dezenas de bilhões de sóis, como a UGC 9476, geram estrelas de modo contínuo em toda a sua extensão

Arqueologia de estrelas

Levantamento identifica três padrões de evolução das galáxias

Um estudo pioneiro começa a traçar a história evolutiva das galáxias. Liderado pelo espanhol Enrique Pérez, do Instituto de Astrofísica da Andaluzia, esse trabalho identificou onde e quando se formaram as estrelas de uma centena de galáxias que surgiram nos últimos 10 bilhões de anos e se encontram relativamente próximas à Via Láctea, que abriga o Sol e a Terra. Publicado em janeiro deste ano na revista *Astrophysical Journal Letters*, o estudo comparou diferentes tipos de galáxias e permitiu compreender como a massa delas afeta o ritmo de formação de suas estrelas. Dessa equipe participaram os astrofísicos brasileiros Roberto Cid Fernandes, da Universidade Federal de Santa Catarina, que desenvolveu em 2005 o Starlight, *software* que analisa a luz emitida pelas galáxias para reconstruir a história de suas populações estelares e fazer uma espécie de arqueologia estelar, e seu aluno de doutorado André Luiz de Amorim.

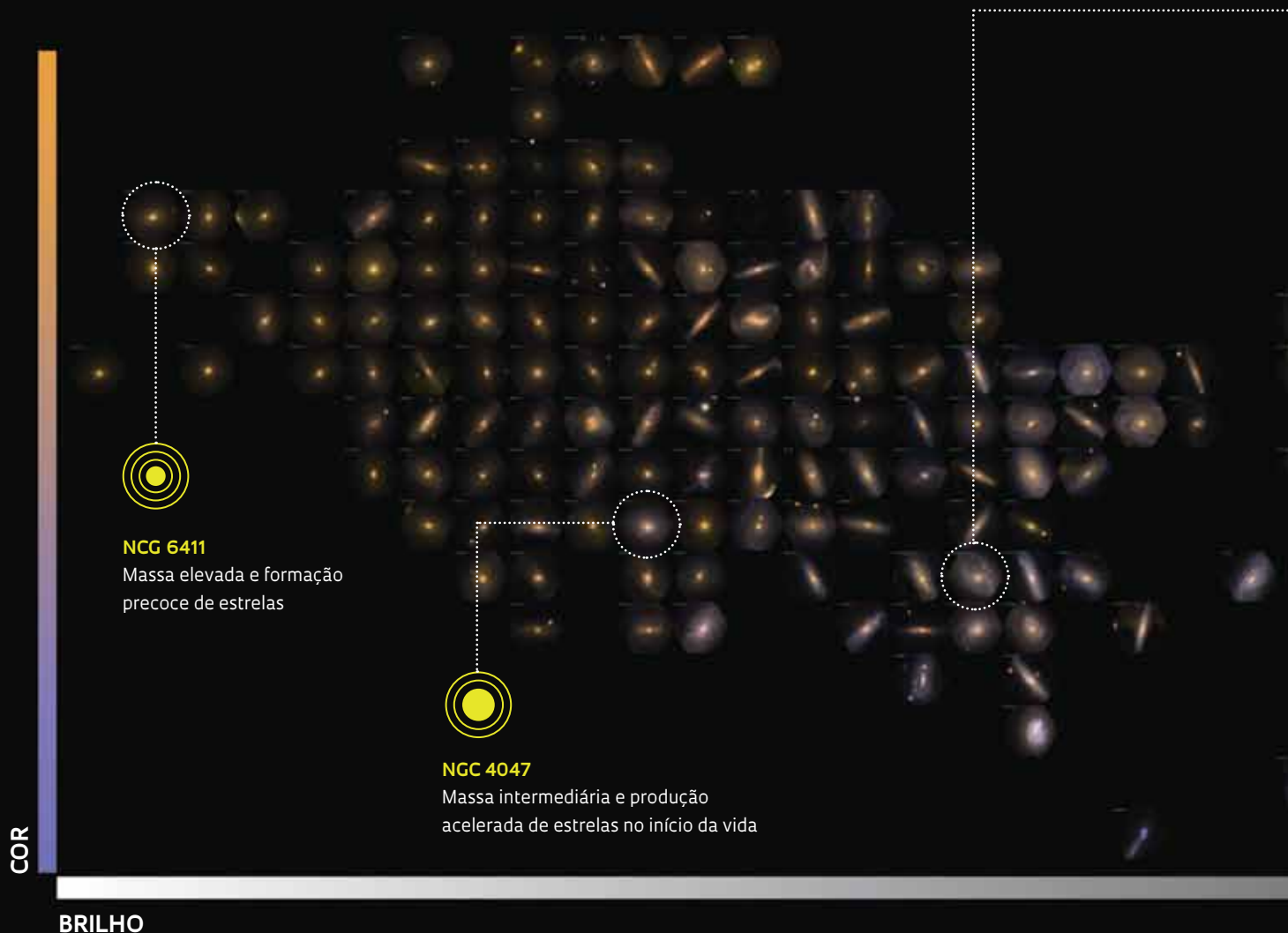
A pesquisa confirmou que as galáxias com centenas de bilhões de estrelas e massa muito elevada formaram a maioria delas há mais de 5 bilhões de anos, primeiro no centro e depois na periferia, e hoje são verdadeiros asilos estelares. Já as galáxias menores, com poucos bilhões de estrelas, continuam, depois de velhas, produzindo estrelas em todas as suas regiões.

O estudo se baseou em dados do levantamento Califa (Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey), uma colaboração de 80 pesquisadores de 13 países que pretende observar em detalhes a formação de estrelas em cerca de 600 galáxias. Iniciado em 2010, o projeto usa um telescópio do Observatório de Calo Alto, na Andaluzia, Espanha.

Perfil evolutivo

Massa das galáxias influencia o ritmo de formação de estrelas

As galáxias com massa mais elevada formaram suas estrelas mais cedo e aparecem com cor amarelo-avermelhada na parte esquerda superior do diagrama. As galáxias com baixa massa (cor azulada) situam-se na porção direita e inferior



A amostra de 105 galáxias, descrita na *Astrophysical Journal Letters*, é ínfima se comparada aos bilhões de galáxias que existem no Universo visível. Também é pequena se comparada ao total de galáxias – quase 1 milhão – já observadas pelo maior levantamento astronômico já feito, o Sloan Digital Sky Survey (SDSS), resultado do esforço de outro consórcio internacional, que usa um telescópio nos Estados Unidos. Mas, enquanto o SDSS analisou a luz das galáxias como se ca-

da uma fosse um ponto no céu, o Califa usa uma técnica mais cara e complexa, que divide cada galáxia em mil pedaços e analisa a luz deles em separado. O resultado é um mapa que revela diferenças nas propriedades químicas e físicas das várias partes da galáxia.

O Califa observa galáxias situadas a distâncias relativamente próximas – entre 70 milhões e 400 milhões de anos-luz – da Via Láctea. Elas não ficam nem tão longe a ponto de serem observadas

105 galáxias distantes entre 70 milhões e 400 milhões de anos-luz do Sol foram analisadas no projeto

"As galáxias de menor massa continuam formando estrelas, enquanto para as de massa elevada a festa já acabou", diz Fernandes



UGC 9476

Baixa massa e geração contínua de estrelas



como eram no passado remoto do Universo, nem tão próximas que se possa identificar suas estrelas individualmente.

MASSA CRÍTICA

Mas o critério de seleção mais importante foi observar galáxias das mais variadas cores e brilhos. Vistas a mais ou menos a mesma distância, as galáxias jovens são azuladas e as mais velhas, avermelhadas. Já o brilho funciona como um indicador da massa da galáxia: quanto

mais brilhante, mais estrelas possuem. "A intenção foi garantir a diversidade de galáxias, para ter uma visão global delas", conta Fernandes.

Analisando os dados do Califa com o Starlight, os pesquisadores determinaram qual combinação de estrelas jovens e velhas contribuía para a luz de cada pedaço das galáxias. Assim, os astrofísicos identificaram quando e com que frequência as estrelas se formaram nas várias regiões galácticas.

A primeira diferença confirmada pelo estudo refere-se ao ritmo de produção de estrelas. Galáxias com massa superior a 70 bilhões de sóis condensaram todo o seu gás em estrelas rapidamente na juventude e produziram a maioria de suas estrelas há mais de 5 bilhões de anos. Já as galáxias de mesma idade, mas com menos de 10 bilhões de massas solares, gastam o seu gás com parcimônia. "As galáxias de menor massa continuam formando estrelas a uma taxa respeitável, enquanto para as de massa elevada a festa já acabou", diz Fernandes.

Outra diferença está na ordem de formação das estrelas. As galáxias de baixa massa geraram suas estrelas mais ou menos ao mesmo tempo em toda a sua extensão, começando um pouco mais cedo nas partes mais externas. Nas galáxias de grande massa, entretanto, aconteceu o contrário: a formação estelar começou mais cedo no centro e avançou para a periferia. Esse padrão, aliás, parece ter ocorrido na própria Via Láctea, uma galáxia com cerca de 60 bilhões de massas solares. "As regiões mais distantes do centro da Via Láctea são mais pobres em elementos químicos pesados do que a parte interna", explica o astrofísico Hélio J. Rocha-Pinto, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que estuda os vestígios de colisão da Via Láctea com galáxias anãs. "Isso é uma evidência indireta de que as estrelas da parte interna se formaram

primeiro e enriqueceram quimicamente essa parte da galáxia mais rapidamente."

Essa diferença entre centro e borda, porém, não aumenta sempre com a massa da galáxia. Ela alcança seu máximo nas galáxias com massa em torno de 70 bilhões de massas solares, nas quais as estrelas da região central se formaram mais de duas vezes mais rápido do que as da borda.

"Essa massa crítica tem algo de especial", diz Fernandes. Mas ninguém sabe exatamente o que é esse algo especial. Rocha-Pinto sugere que a massa crítica represente a massa a partir da qual as galáxias não crescem isoladamente. Acredita-se que as galáxias maiores nasceram da fusão de galáxias menores, eventos nos quais a formação estelar aumenta na parte central da galáxia recém-formada.

Fernandes, no entanto, chama a atenção para outra possibilidade. Galáxias grandes têm buracos negros tão gigantes em seu centro que atralhariam a formação estelar. Já em galáxias pequenas, menos estrelas se formam porque parte do gás é expelido da galáxia durante as explosões de supernovas. Ambos os efeitos poderiam ser menores em galáxias com a massa crítica e aumentar a formação estelar. "A questão", pondera Rocha-Pinto, "é provar que os efeitos que propomos têm a magnitude para explicar o que observamos".

No ano que vem, os astrônomos do SDSS esperam iniciar um levantamento semelhante, batizado de MaNGA, que mapeará 10 mil galáxias. "O aumento de 100 vezes da amostra será transformacional", diz o astrofísico Kevin Bundy, da Universidade de Tóquio, Japão, coordenador do MaNGA. "Vamos testar as conclusões do Califa e muito mais". ■ Igor Zolnerkevic

Artigo científico

PÉREZ, E. *et al.* The evolution of galaxies resolved in space and time: an inside-out growth view. *The Astrophysical Journal Letters*, v. 763, jan. 2013.