

Os NEOs Descobertos Por Brasileiros

Rubens Damiglê Alves Marreira, Leonardo Scanferla Amaral,
Gerbison Ferreira de Sousa, Augusto César Barros Barbosa,
Antonio Carlos Santana dos Santos

RESUMO. A descoberta e monitoração dos *Near-Earth Objects* (NEO) é essencial para a sobrevivência humana a longo prazo. Os observatórios amadores brasileiros *Southern Observatory for Near Earth Asteroids Research* (SONEAR) e Observatório Campos dos Amarais (OCA) entre 2014 a julho de 2019 foram responsáveis pela descoberta de 36 NEOs. Dentre os 36, 8 foram classificados como PHAs, sendo esses potencialmente perigosos devido ao seu tamanho e sua aproximação com a Terra. Em todo o mundo, tais observatórios são os únicos que estão atualmente realizando buscas por asteroides em baixas declinações. Apesar de serem observatórios amadores, eles também figuram entre os melhores observatórios de busca de NEOs da atualidade.

Palavras-chave: NEOS. Asteroides. Descobertas.

INTRODUÇÃO

O estudo dos asteroides e cometas do nosso sistema solar é essencial para a sobrevivência humana a longo prazo. O impacto de um desses objetos com a terra pode gerar desde um pequena destruição local, causada por um objeto com poucos metros de diâmetro, a até um evento de extinção em massa, causado por um objeto com um ou mais quilômetros de diâmetro (RAUP, DAVID, 1986). É imprescindível então que a humanidade identifique e monitore todos os asteroides e cometas do sistema solar.

Os Asteroides em nosso sistema solar em sua maioria estão concentrados no cinturão principal, que está entre Marte e Júpiter. Geralmente são objetos grandes e que apresentam pouco risco de colisão com a terra. Contudo, existe uma classe de objetos que possuem maior potencial para colidirem com a terra. Esses objetos possuem órbitas que passam próximo a órbita da terra (possuem distância do periélio $< 1,3$ Astronomical Unit (AU)). Tais objetos são chamados de *Near-Earth Object* (NEO). Os NEOs são divididos em *Near-Earth Asteroids* (NEA) e *Near-Earth Comets* (NEC). Os NECs além de possuírem a distância do periélio $< 1,3$ AU, devem ser de curto período (menor que 200 anos).

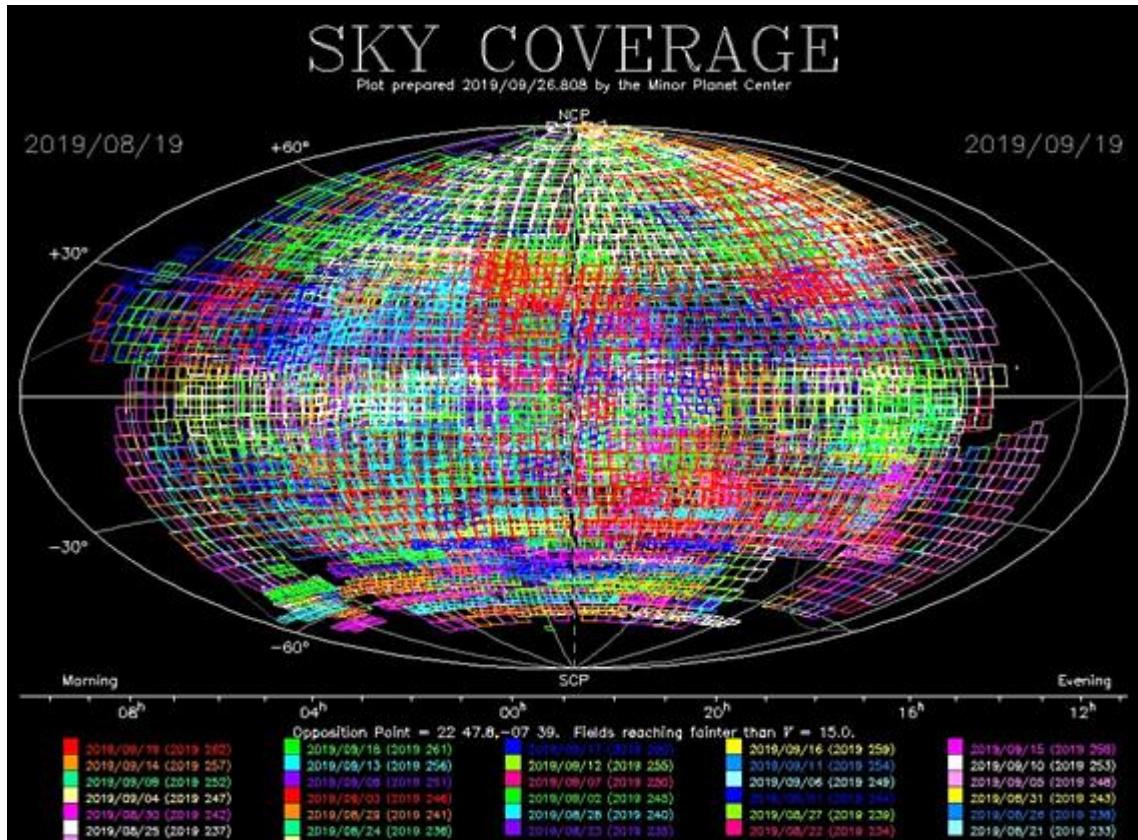
A descoberta e monitoração dos NEOs é o primeiro passo para detectar e evitar um possível impacto de um desses objetos. Esse trabalho é realizado em sua maioria por surveys profissionais (DRAKE, A. J. et al, 2009). Tais surveys concentram seus esforços na descoberta e monitoração dos NEOs. Além dos surveys profissionais, muitos amadores também participam desse trabalho, principalmente realizando o acompanhamento (*followup*) de objetos identificados pelos surveys. Esse acompanhamento é essencial para refinar a órbita dos objetos encontrados.

Devido a posição geográfica desses grandes surveys (a maioria está posicionado no hemisfério norte) eles encontram dificuldades para observar em declinações mais ao sul

(abaixo de declinação -48). Atualmente essa lacuna não observada pelos grandes surveys está sendo monitorada constantemente apenas por dois observatórios amadores brasileiros: o *Southern Observatory for Near Earth Asteroids Research* (SONEAR) localizado em Oliveira - MG e o Observatório Campos dos Amarais (OCA) localizado em Bilac - SP. Ambos sendo observatórios particulares.

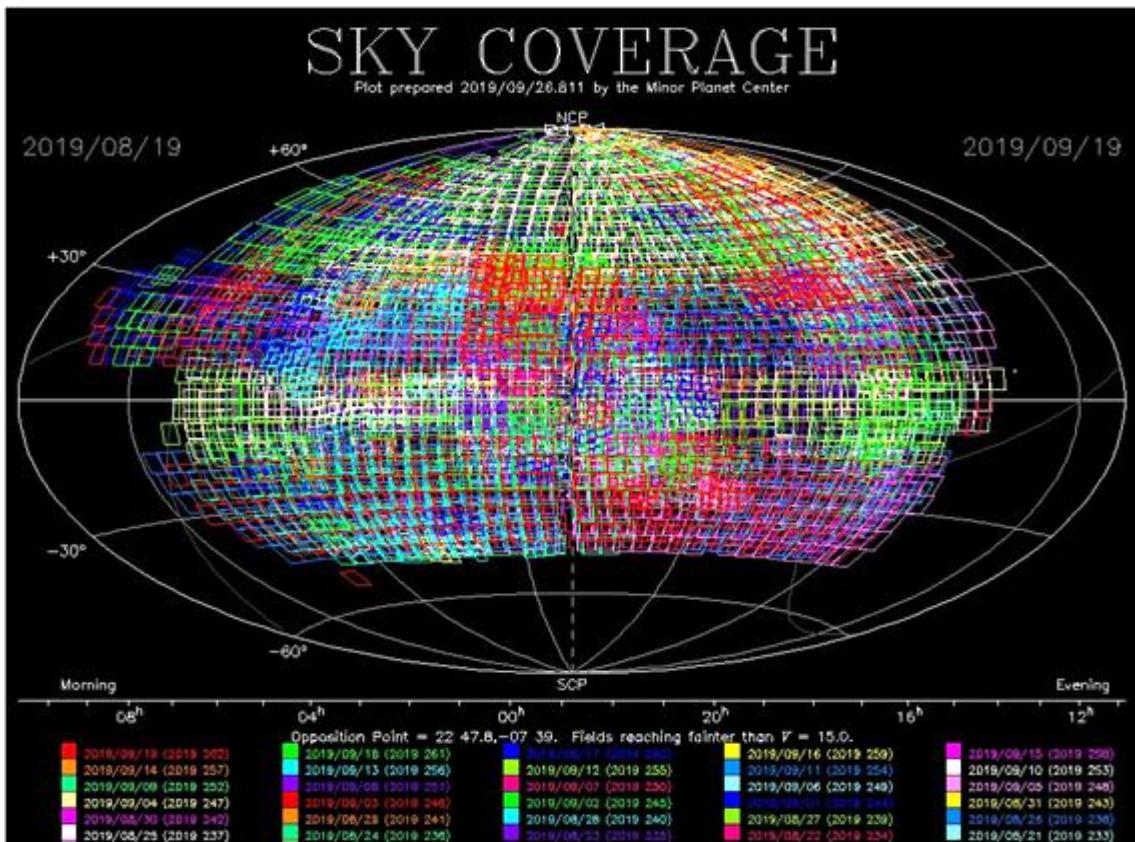
Na figura 1 é apresentada a cobertura do céu de um mês realizada por todos os observatórios do mundo. Na figura 2 podemos essa mesma a cobertura do céu realizada, mas agora sem a cobertura do SONEAR e OCA. Fica clara a falta de cobertura dos surveys profissionais em baixa declinação.

Figura 1: Cobertura do céu (de 19/08/2019 à 19/09/2019).



Fonte: MPC

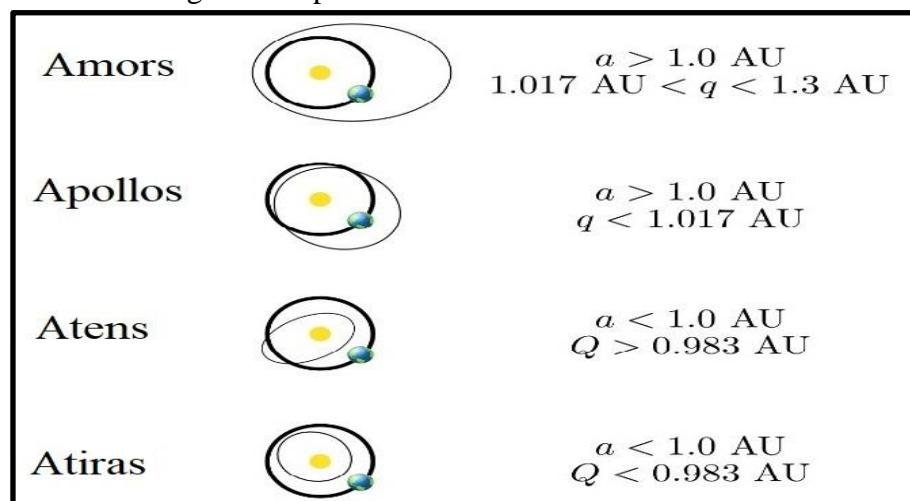
Figura 2: Cobertura do céu (de 19/08/2019 à 19/09/2019), sem SONEAR e OCA.



Fonte: MPC

O *Minor Planet Center* (MPC, 2019) é um órgão mantido pela União Internacional Astronômica e é responsável por manter uma base com todos os asteroïdes e cometas descobertos (MPC, 2019). Além dos dados orbitais, o MPC classifica cada NEO segundo alguns critérios, que levam em consideração alguns de seus elementos orbitais como: semi-eixo maior (a), distância do periélio (q) e distância do afélio (Q), onde todos são dados por AU. Como mostrado na figura 03.

Figura 3: Tipos de NEOS e suas características.



Fonte: CNEOS

Amors são objetos cuja as órbitas não cruzam a da Terra e estão entre a Terra e Marte. *Apollos* são objetos cuja as órbitas cruzam a da Terra, com seu semi-eixo maior sendo maior que o da Terra. *Atens* são objetos cuja as órbitas cruzam a da Terra, com seu semi-eixo maior sendo menor que o da Terra. Sendo os *Atiras* objetos, cuja as órbitas estão entre a órbita da Terra e a do Sol.

Além dessas classificações, os NEOs ainda podem ser classificados como *Potentially Hazardous Asteroids* (PHAs). Eles possuem o *Minimum Orbit Intersection Distance* (MOID) $\leq 0,05$ AU e Magnitude Absoluta (H) ≤ 22 . Assim sendo, sua órbita se aproxima muito da órbita da terra e além disso eles possuem um diâmetro H grande o que implica em um diâmetro grande, podendo assim causar um grande estrago em caso de um impacto (GEHRELS, 1994, p.149). Sendo assim os PHAs são os objetos mais procurados pelos surveys. A correspondência entre H e o diâmetro de um asteroide pode ser observado em (MPC Conversion, 2019).

METODOLOGIA

O SONEAR começou suas atividade em 2014. Ele conta com dois telescópios. Um com OTA de 0,45m em f/2,9 e outro OTA de 0,28m em f/2,2. O Telescópio maior possui um campo de visão de $\sim 2,5^\circ$ quadrados. Ele está voltado para a busca de asteroides lentos e de brilho mais fraco. Já o telescópio melhor possui um campo de visão maior ($\sim 19^\circ$ quadrados). Ele é empregado na busca de asteroides rápidos e brilhantes.

O OCA começou recentemente suas atividades em 2018 e conta com um telescópio com OTA de 0,3m em f/2,9. Ele possui em campo de $\sim 2,3^\circ$ quadrados e está voltado para a busca de objetos mais lentos e de brilho fraco.

Vale ressaltar que os equipamentos utilizados em ambos os observatórios são singelos quando comparados aos equipamento utilizados em profissionais (o custo também é de uma fração destes). A maior parte dos equipamentos são produtos de prateleira (com exceção do OTA de 0,45mm do SONEAR e foi construido especialmente para a busca de asteroides).

Na ocular de cada telescópio existe uma *charge-coupled device* (CCD) instalada. Essas CCDs registram imagens captadas pelos telescópios. Os telescópios executam rotinas automáticas de busca (o SONEAR executa uma rotina implementada através do software brasileiro *SkySift* (*SkySift*, 2019); Já o OCA implementou sua própria rotina de busca). Ambo os observatórios varrem o céu tirando 3 imagens de cadas posição. O intervalo entre as imagens depende da estratégia de busca de cada telescópio, mas os intervalos estão entre 2 e 20 minutos. As 3 imagens são processadas em ambos os observatórios pelo software *Skysift*.

O software *Skysift* realizar um processo de subtração entre as imagens e então aponta possíveis objetos móveis nas imagens subtraídas. Esse objetos são automaticamente verificados contra a base de objetos do MPC. Caso não seja um objeto já conhecido, ele será então indicado para análise manual. Essa análise é realizada pelos operadores do observatório fazendo um *blink* entre as 3 imagens.

Caso seja de um objeto real (e não um artefato) as observações são então enviadas para lista de confirmação do MPC. Essa lista é acompanhada por observatórios de todo o mundo. Tais observatórios realizam constantemente *followups* dos objetos presentes na lista. Essas observações são usada para refinar a órbita do objeto. Uma vez que a órbita esteja

relativamente estável, o MPC pública então uma *Minor Planet Electronic Circular* (MPEC) com os dados do objeto. Esse objeto é então inserido na base de dados do MPC.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Entre 2014 a julho de 2019, foram descobertos 36 NEOS pelos observatórios brasileiros. Como mostrado nas tabelas abaixo, cujos dados estão disponíveis em (SkySift Discovery, 2019).

Tabela 1: NEOS descobertos pelo observatório OCA X74

Objeto	Tipo	Data (UT)	Mag.	Movimento (deg/dia)	ELon. (deg)	Massa de ar	Lat. Galáctica (deg)
2019 NM4	NEO	2019 Jul. 6	17,5	6,64	148,7	1,20	-33,4
2019 NC1	NEO	2019 Jul. 1	18,1	0,96	143,9	1,25	-33,2
2019 MK2	NEO	2019 Jun. 29	18,6	1,08	139,6	1,38	-42,6

Fonte: MPEC/MPC

Tabela 2: NEOS descobertos pelo observatório SONEAR Y00

Objeto	Tipo	Data (UT)	Mag.	Movimento (deg/dia)	ELon. (deg)	Massa de ar	Lat. Galáctica (deg)
2019 OK	NEO	2019 Jul. 24	14,7	1,53	170,6	1,24	-35,4
2018 MG7	PHA	2018 jun. 20	16,1	7,85	145,3	1,02	-32,7
2018 NV	NEO	2018 Jul. 8	16,5	8,38	138,3	1,03	27,3
2018 HW1	NEO	2018 Abr. 23	15,2	24,2	137,2	1,09	4,08
2017 TA4	NEO	2017 Out. 12	18,2	0,97	122,6	1,25	-63,3
2017 NN6	PHA	2017 jul. 14	17,0	1,00	157,3	1,46	-20,5
2017 NT5	NEO	2017 Jul. 12	15,3	4,84	163,0	1,92	-28,8
2017 GK6	NEO	2017 Abr. 5	16,6	37,7	151,0	1,11	41,6
2016 QA2	NEO	2016 Ago. 27	15,5	10,6	131,2	1,07	-75,6
2016 PR8	PHA	2016 Aug. 7	19,4	0,63	154,6	1,12	-47,4
2016 OO	NEO	2016 Jul. 25	18,8	1,30	167,0	1,70	-29,8
2016 ON	NEO	2016 Jul. 23	19,0	0,21	151,2	1,70	-31,8
2016 NO56	NEO	2016 Jul. 6	16,5	44,5	141,8	1,00	-48,7
2016 NA	NEO	2016 Jul. 1	15,8	43,2	163,1	1,13	-18,1
2016 JC6	PHA	2016 mai. 3	16,2	4,61	126,9	1,49	-07,5
2016 HO	NEO	2016 Abr. 24	15,6	25,6	145,2	1,25	78,2
2016 HL	PHA	2016 abr. 19	15,4	3,98	147,7	1,18	17,1
2015 SA	NEO	2015 Set. 16	16,5	26,6	157,7	1,39	-42,0
2015 PK9	NEO	2015 Ago. 10	15,8	9,87	160,9	1,01	-22,5
2015 OM	NEO	2015 Jul. 18	18,5	2,40	153,2	1,18	-36,8
2015 KQ154	NEO	2015 Mai. 25	16,1	3,21	157,1	1,13	6,09
2015 BL311	PHA	2015 jan. 21	17,0	2,36	160,9	1,21	7,09

2014 TY33	PHA	2014 out. 10	16,5	7,27	171,3	1,35	-62,3
2014 TG18	NEO	2014 Out. 3	18,5	3,30	141,3	1,58	-81,5
2014 RP12	NEO	2014 Set. 6	19,0	0,54	123,5	1,13	-67,0
2014 QW296	NEO	2014 Ago. 16	18,9	0,33	156,5	1,04	-60,9
2014 QA33	NEO	2014 Ago. 19	16,2	2,57	143,1	1,13	-41,0
2014 PR62	NEO	2014 Ago. 14	18,0	1,57	165,7	1,17	-32,7
2014 PT59	NEO	2014 Ago. 13	17,4	1,27	166,8	1,20	-30,0
2014 PL51	NEO	2014 Ago. 4	18,2	0,99	133,3	1,36	-61,4
2014 OA2	NEO	2014 Jul. 23	18,4	0,70	175,8	1,01	-29,8
2014 NA64	NEO	2014 Jul. 15	17,2	0,95	165,4	1,04	-18,8
2014 KP4	PHA	2014 mai. 20	16,2	2,87	166,3	1,08	15,3

Fonte: MPEC/MPC

Sendo Mag. a magnitude observada no momento da descoberta, Elong. a elongação, Massa de ar é o ponto de observação do objeto entre a atmosfera da Terra e a estação, Lat. Galáctica a latitude galáctica. As tabelas 1 e 2 são dados no momento da descoberta.

A tabela 1 mostra os 3 NEOS observados pelo observatório OCA, apesar de serem apenas 3, é interessante ressaltar que foram encontrados com diferença de poucos dias. O NEO 2019 NC1 encontrado pelo OCA quase pode ser classificado como PHA (MOID 0,0591 e H 21,5).

A tabela 2 apresenta os 33 NEOs encontrado pelo SONEAR. Vale ressaltar na tabela 2 que os NEOS 2019 OK e 2016 QA2 são asteroides perigosos, mesmo não sendo classificados como PHAs. Eles passaram muito próximo da terra, 71,400 km e 81,000 km respectivamente, e possuem tamanho suficiente para destruir uma cidade. O 2019 OK é o maior asteroide conhecido que passou tão próximo da Terra em um século. Dos 36 NEOs encontrados por brasileiros, 8 foram classificados como PHAs, sendo potencialmente perigosos.

As tabelas 3 e 4 apresenta os dados orbitais atuais dos 36 NEOs.

Tabela 3: Dados Orbitais dos NEOS descoberto pelo OCA X74

Objeto	Tipo	M (deg)	ω (deg)	Ω (deg)	i (deg)	e	a (AU)	P (dias)	H	MOID
2019 NM4	Apollo	318,637	347,781	329,769	1,106	0,443156	1,77406	863,078	23,9	0,00307
2019 NC1	Aten	120,681	144,43	311,07	6,841	0,126995	0,993446	361,672	21,5	0,05911
2019 MK2	Amor	334,874	336,809	328,293	6,266	0,507462	2,2866	1262,94	20,5	0,11826

Fonte: NEODyS

Tabela 4: Dados Orbitais dos NEOS descobertos pelo SONEAR Y00

Objeto	Tipo	M (deg)	ω (deg)	Ω (deg)	i (deg)	e	a (AU)	P (dias)	H	MOID
2019 OK	Apollo	310,578	104,244	302,268	1,401	0,761994	1,94753	992,718	23,3	0,00037
2018 NV	Aten	192,112	145,659	283,058	11,66	0,15943	0,925693	325,311	22,7	0,01949
2018 MG7	Aten	250,87	132,271	270,569	25,123	0,32723	0,912347	318,302	21,2	0,02226

2018 HW1	Apollo	3,118	120,818	32,08	6,872	0,136241	1,09794	420,21	25,8	0,00162	
2017 TA4	Apollo	161,193	116,578	177,498	27,3534	0,708737	2,42616	1380,32	19,4	0,05943	
2017 NN6	Apollo	207,98	98,861	96,076	7,769	0,734932	2,23872	1223,48	20	0,01864	
2017 NT5	Apollo	232,478	88,933	293,592	6,039	0,676337	1,86844	932,86	22,9	0,00252	
2017 GK6	Apollo	92,497	138,418	15,789	14,913	0,340994	1,43184	625,807	25,7	0,00658	
2016 QA2	Aten	228,576	119,553	334,841	14,756	0,241879	0,945659	335,892	25,9	0,00032	
2016 PR8	Apollo	184,983	312,432	97,672	16,328	0,679287	2,83503	1743,55	18,9	0,04118	
2016 OO	Amor	280,479	344,142	309,46	17,482	0,463786	2,333382	1301,9	20,7	0,24338	
2016 ON	Amor	270,659	339,791	14,995	7,67	0,486476	2,2756	1253,84	19,2	0,17025	
2016 NO56	Apollo	274,816	261,022	104,045	6,088	0,409545	1,31186	548,82	25,7	0,00254	
2016 NA	Apollo	171,018	217,914	99,944	2,919	0,361803	1,50748	676,048	26,9	0,0007	
2016 JC6	Aten	206,675	174,04	236,901	6,794	0,282235	0,807245	264,915	21,4	0,01834	
2016 HO	Amor	231,74	355,315	210,025	1,562	0,3291321	1,5024	672,629	25,7	0,00413	
2016 HL	Apollo	107,503	251,909	232,869	5,151	0,615664	1,81314	891,751	19,9	0,00803	
2015 SA	Aten	26,205	207,804	352,099	13,188	0,252226	0,83988	281,141	25,3	0,0051	
2015 PK9	Apollo	328,476	296,819	316,217	11,127	0,234527	1,20773	484,788	23,7	0,01253	
2015 OM	Apollo	95,284	352,221	70,957	6,07	0,842615	2,01808	1047,15	20,6	0,08481	
2015 KQ154	Amor	43,24	18,294	244,827	28,624	0,496623	2,28771	1263,86	18,8	0,1539	
2015 BL311	Apollo	72,104	143,182	220,417	1,717	0,8439	2,36669	1329,87	21,1	0,01526	
2014 TG18	Apollo	223,394	125,782	180,497	13,092	0,5859	2,03011	1056,52	22,3	0,00548	
2014 TY33	Amor	253,698	180,519	196,563	18,663	0,261417	1,41286	613,404	21,8	0,04468	
2014 RP12	Apollo	38,095	96,466	38,812	21,091	0,486407	1,03651	385,441	18,3	0,09381	
2014 QW296	Amor	203,155	303,898	88,665	9,773	0,353104	2,00088	1033,78	18,8	0,33776	
2014 QA33	Apollo	30,223	147,624	87,969	4,275	0,757718	2,70814	1627,81	19,1	0,05529	
2014 PR62	Amor	175,645	358,11	321,153	8,331	0,468251	2,15286	1153,78	20,6	0,13113	
2014 PT59	Amor	114,251	174,265	143,5880	9,052	0,494564	2,33712	1305,03	20,2	0,16811	
2014 PL51	Amor	254,202	356,838	344,613	10,551	0,443644	1,95071	995,145	20,4	0,0771	
2014 OA2	Amor	123,553	184,557	118,763	6,179	0,26644	1,60254	740,988	21,5	0,15958	
2014 NA64	Amor	190,75	344,493	305,056	7,753	0,441286	2,13974	1143,25	19,8	0,18205	
2014 KP4	Apollo	156,279	235,759	249,1789	9,332	0,819788	2,32399	1294,04	19,3	0,04702	

Fonte: NEODyS

Sendo M a anomalia média, ω o periastro, Ω o nodo ascendente, i a inclinação, e a excentricidade e P é o período. Dados esses obtidos de acordo com a última atualização

orbital de cada objeto. Os *MOIDs* mais baixos ficaram também com os NEOs 2016 QA2 com 0,00032 AU e 2019 OK com 0,00037 AU, sendo eles um *Aten* e um *Apollo* respectivamente.

Dos 36 NEOs, 18 são Apollos e 6 são Atens. Ambos os objetos são muito perigosos, pois podem cruzar a órbita da Terra em dois pontos. Vale ressaltar os PHAs 2016 HL e 2016 JC6. O Apollo 2016 HL possui um período de 891,751 dias, tem *MOID* de 0,00803 AU e H de 19,9. Já o Aten 2016 JC6 tem um período de 264,915 dias, tem *MOID* de 0,01834 AU e H de 21,4. O Apollo 2014 RP12, que tem um diâmetro entre 600m a 1,3 km, é o maior NEO encontrado por brasileiros até o momento.

Em (MPC Yearly Breakdown, 2019) é possível ver o resumo anual das descobertas de todos os NEOs. Os observatórios são ordenados conforme a quantidade e importância de suas descobertas naquele ano. Desde 2014 é possível identificar o SONEAR (Y00) figurando entre os 10 melhores observatórios de busca de NEOs, ficando inclusive melhor posicionado que muitos observatórios profissionais. Em 2019 o OCA (X74) também apareceu nessa lista. Até 19/09/2019 o OCA figurava na 9º posição desse ranking para o ano de 2019.

É importante notar que além das descobertas, e tão importante quanto elas, milhares de observações de asteroides também foram realizadas por tais observatórios. Essas observações ajudam a refinar a órbita de milhares de asteroides.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de pouco tempo de funcionamento os dois observatórios já apresentam números expressivos em relação essa linha de pesquisa. Os 36 NEOs são apenas alguns dos milhares de NEOs já descobertos no sistema solar, contudo eles também requerem atenção e acompanhamento (vide o caso da descoberta do 2019 OK). A descoberta desses 36 NEOs colocou o Brasil no mapa dos surveys de busca de asteroides. Tanto o SONEAR quanto o OCA figuram entre os melhores observatórios de busca de NEOs da atualidade.

Uma vez que os surveys profissionais não conseguem observar em baixas declinações, boa parte do céu está sendo monitorada atualmente apenas pelos dois observatórios amadores brasileiros. Apesar dos equipamentos singelos e de todos os problemas de um observatório amador, o esforço de observação de tais observatórios é notável e seus resultados são de grande interesse para humanidade.

Diante disto, é preciso que mais observatórios participem do esforço de detecção e acompanhamento de asteroides. Isso é fundamental para que seja possível prever e criar medidas para evitar uma possível colisão com a Terra.

REFERÊNCIAS

CNEOS, CNEOS: NEO Basics. Disponível em: <https://cneos.jpl.nasa.gov/about/neo_groups.html>. Acesso em: 10 Set. 2019.

DRAKE, A. J. et al. First results from the catalina real-time transient survey. The Astrophysical Journal, v. 696, n. 1, p. 870, 2009.

GEHRELS, Tom; MATTHEWS, Mildred Shapley; SCHUMANN, A. M. (Ed.). **Hazards due to Comets and Asteroids**. University of Arizona Press, 1994.

MPC, Minor Planet Center. Disponível em: <<https://minorplanetcenter.net/iau/mpc.html>>. Acesso em: 10 Set. 2019.

MPC Conversion, Minor Planet Center: Conversion of Absolute Magnitude to Diameter. Disponível em: <<https://www.minorplanetcenter.net/iau/Sizes.html>>. Acesso em: 10 Set. 2019.

SkySift Discoverys. Disponível em:
http://sites.mpc.com.br/holvorcem/obs/SkySift_disc.html. Acesso em: 04 Set. 2019.

MPEC Database Search. Disponível em: <https://minorplanetcenter.net/db_search>. Acesso em: 05 Set. 2019.

RAUP, David M. Biological extinction in earth history. *Science*, v. 231, n. 4745, p. 1528-1533, 1986.

Sky Sift, SkySift pipeline. Disponível em: <<http://sites.mpc.com.br/holvorcem/>>. Acesso em: 04 Set. 2019.

MPC Yearly Breakdown. Disponível em:
<<https://www.minorplanetcenter.net/iau/lists/YearlyBreakdown.html>>. Acesso em: 18 Set.
2019.

Objeto	Tipo	M (deg)	ω (deg)	Ω (deg)	i (deg)	e	a (AU)	P (dias)	H	$MOID$
2018 MG7	Aten	250,87	132,271	270,569	25,123	0,32723	0,912347	318,302	21,2	0,02226
2017 NN6	Apollo	207,98	98,861	96,076	7,769	0,734932	2,23872	1223,48	20	0,01864
2016 PR8	Apollo	184,983	312,432	97,672	16,328	0,679287	2,83503	1743,55	18,9	0,04118
2016 JC6	Aten	206,675	174,04	236,901	6,794	0,282235	0,807245	264,915	21,4	0,01834
2016 HL	Apollo	107,503	251,909	232,869	5,151	0,615664	1,81314	891,751	19,9	0,00803
2015 BL311	Apollo	72,104	143,182	220,417	1,717	0,8439	2,36669	1329,87	21,1	0,01526
2014 TY33	Amor	253,698	180,519	196,563	18,663	0,261417	1,41286	613,404	21,8	0,04468
2014 KP4	Apollo	156,279	235,759	249,1789	9,332	0,819788	2,32399	1294,04	19,3	0,04702