

João Muranho | Rui Cardoso

Trabalho Prático - Sistema de Monitorização de Objetos Próximos da Terra (NEOs)
Versão 3.0 (2025-11-18)

1. Contexto

A monitorização de objetos próximos da Terra (Near-Earth Objects - NEOs) é uma área crítica para a defesa planetária e investigação astronómica. A história do nosso planeta está marcada por encontros dramáticos com objetos celestes, como o asteroide que causou a extinção dos dinossauros há 66 milhões de anos, o evento de Tunguska em 1908, ou mais recentemente o incidente de Chelyabinsk em 2013. Estes eventos comprovam a natureza real desta ameaça. Atualmente, entidades como o Near-Earth Object Coordination Centre (NEOCC) da ESA na Europa (<https://neo.ssa.esa.int/>) e o Center for Near-Earth Object Studies (CNEOS) da NASA (<https://eyes.nasa.gov/apps/asteroids/#/home>) gerem extensos repositórios de dados sobre estes objetos.

2. Objetivo

O objetivo do trabalho é desenvolver um sistema de monitorização de Objetos Próximos da Terra que seja uma solução robusta e integrada composta por uma base de dados e aplicações. Para processar, analisar e monitorizar estes corpos celestes, a base de dados deve armazenar a informação complexa proveniente de várias fontes, incluindo ficheiros CSV com registos detalhados e fornecidos (filesender.fccn.pt).

3. Trabalho

Desenvolver um sistema de informação para monitorização de Objetos Próximos da Terra, vulgarmente designados por NEOs. O sistema deverá integrar de forma coerente múltiplas dimensões de dados astronómicos, observacionais e de alerta, exigindo uma modelação cuidada da base de dados. O domínio do problema centra-se na representação da entidade Asteroide, que constitui o núcleo do sistema. Cada asteroide deve possuir identificadores únicos, tanto internos como os fornecidos pela NASA, e um conjunto de atributos descriptivos que incluem o seu nome completo, classificação e flags que assinalam o seu estatuto como objeto próximo da Terra ou potencialmente perigoso. Para além destes elementos fundamentais, é crucial registar as suas características físicas, como o diâmetro, magnitude absoluta e albedo, com as respetivas margens de erro. Uma complexidade adicional reside na natureza temporal e evolutiva dos parâmetros orbitais. O mesmo asteroide pode possuir múltiplos conjuntos de parâmetros orbitais ao longo do tempo, cada um destes registos deve ser identificado de forma única e conter uma panóplia de elementos, desde a época de cálculo até aos elementos keplerianos – excentricidade, semieixo maior, periélio, inclinação, entre outros –, todos acompanhados das suas incertezas. Métricas de risco, como a distância mínima de interseção orbital, e indicadores de qualidade dos dados, como o valor RMS, completam esta informação orbital. O sistema deve ainda modelar o contexto observacional. Isso implica gerir centros de observação com a sua localização, os equipamentos neles existentes, o software utilizado e os astrónomos com as suas afiliações. Cada observação realizada, registando data, duração e modo, deve ligar explicitamente um astrónomo, o equipamento que utilizou, o software e o asteroide observado, garantindo assim a total rastreabilidade da proveniência dos dados.

Um componente crítico do sistema é o módulo de alertas. Estes devem ser gerados automaticamente com base em critérios dinâmicos e complexos que avaliam, por exemplo, aproximações iminentes, objetos de trajetória incerta ou a descoberta de novos asteroides de grande porte. Estes alertas serão categorizados por níveis de prioridade, baseados em parâmetros como o diâmetro do objeto, a distância prevista de aproximação e a precisão orbital conhecida. Em termos de implementação, o sistema será suportado por uma base de dados relacional em SQL Server e uma aplicação cliente em Python. A modelação conceptual, através do Diagrama Entidade-Relacionamento, e lógica, através do Modelo Relacional, deve refletir fielmente todos estes requisitos. Os alunos devem prestar particular atenção aos relacionamentos fundamentais, tais como a associação de múltiplas órbitas e imagens a um asteroide, a ligação de múltiplas observações a um asteroide e as conexões entre observações, astrónomos, equipamentos e software. O modelo deve estar normalizado até à Terceira Forma Normal e deve ser implementado com os mecanismos usuais de uma base de dados – chaves primárias e estrangeiras, restrições de integridade, índices para performance, *stored procedures*, *triggers* e *views* – para garantir a eficiência e robustez do sistema. A aplicação Python deverá depois permitir as operações de CRUD e a visualização das estatísticas e alertas definidos. Sucintamente, o trabalho consistirá em traduzir esta descrição contextual num modelo de dados preciso e funcional, criando as estruturas necessárias para suportar esta complexa rede de informação sobre a população de asteroides que circunda o nosso planeta.

Adicionalmente sobre os alertas e respetivos níveis de prioridade a implementar, estes devem gerar e gerir alertas automaticamente com base nos seguintes critérios:

Alertas:

Alta Prioridade (Intervenção Imediata): aproximação iminente: Asteroides que passarão a menos de 1 distância lunar nos próximos 7 dias e com diâmetro > 10m; objetos potencialmente perigosos com trajetória incerta: PHAs com diâmetro > 100m, rms > 0.8 e moid_ld < 20.

Média Prioridade (Monitorização Intensiva): novos asteroides de grande porte: diâmetro > 500m, descobertos no último mês, e moid_ld < 50; mudanças orbitais significativas: variação > 0.05 na excentricidade ou > 2 graus na inclinação.

Baixa Prioridade (Análise Contínua): agrupamentos temporais: >5 aproximações a <10 distâncias lunares num único mês; características anómalas: albedo >0.3, excentricidade >0.8, inclinação >70° e diâmetro >200m.

Sistema de Classificação de Alertas (Baseado na Escala de Torino Modificada):

Nível 1 (Verde): PHAs com diâmetro 50-500m e moid_ld entre 20-100.

Nível 2 (Amarelo): Diâmetro >100m e moid_ld entre 5-20 nos próximos 180 dias.

Nível 3 (Laranja): Diâmetro >50m, moid_ld < 5 e rms < 0.3.

Nível 4 (Vermelho): Diâmetro >30m, moid_ld < 1 nos próximos 30 dias.

O sistema deve incluir a visualização de:

Estatísticas de Alerta: Número de alertas vermelhos, laranja e total de PHAs monitorizados com diâmetro > 100m.

Próximos Eventos Críticos: Data da próxima aproximação a menos de 5 distâncias lunares.

Estatísticas de Descoberta: Número de novos NEOs descobertos no último mês.

Evolução da Precisão: Tendências da precisão orbital (ex: evolução do rms médio ao longo do tempo).

4. Tarefas – Com base nesta descrição detalhada, o grupo deve:

1. Criar o Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) representando todas as entidades, os seus atributos e relacionamentos (assumir para as situações não especificadas as soluções que pareçam mais plausíveis. Indicar explicitamente as escolhas efetuadas;
2. Desenvolver o Modelo Relacional completo com:
 - o Definição de chaves primárias e estrangeiras,
 - o Tipos de dados apropriados para cada atributo,
 - o Restrições de integridade referencial,
 - o Normalização até à 3^a Forma Normal;
3. Considerar a natureza temporal dos dados orbitais e a necessidade de manter histórico das alterações que possam ocorrer;
4. Implementar mecanismos para suportar os critérios de geração de alertas;
5. Operações CRUD devem ser implementadas de modo que seja possível efetuar eficientemente as operações de inserção, consulta e análise necessárias para o sistema integrado de monitorização de NEOs;
6. Produzir *scripts* para: criar a base de dados (Microsoft SQL Server); criar as tabelas e restrições tendo em conta o modelo de dados desenvolvido; não se esqueça de definir em cada tabela a sua chave primária, use IDENTITY(1,1) sempre que possível e as chaves estrangeiras, se existirem;
7. Outras restrições podem e devem ser incluídas como *UNIQUE/CHECK/NOT NULL* caso sejam necessárias para validar a informação. Tenha também em atenção a gama de valores que os atributos podem assumir;
8. Criar procedimentos armazenados e funções definidas pelo utilizador (UDFs);
9. Criar *triggers* para gerar alertas;
10. Criar *views* para visualizar respostas específicas nas aplicações, como por exemplo: os últimos 5 asteroides detetados, os asteroides pha e neo, os centros como mais observações, o ranking dos asteroides maiores e que sejam pha;
11. Criar índices de acordo as necessidades;
12. Popular a base de dados utilizando os dados fornecidos e dados adicionais nas tabelas para as quais não haja informação nos CSV (mínimo 10 registo por tabela, se não houverem dados disponíveis nos CSV).
13. Construir três aplicações que permitam:
 - a) Inserção (para processar dados): carregar e processar ficheiros CSV com dados de NEOs e órbitas, validando e inserindo a informação na base de dados.
 - b) Alertas (para gerir os alertas): apresentar uma lista de alertas ativos, filtrável por prioridade e nível. Deve permitir a ativação/desativação de notificações para novos alertas de alta prioridade.
 - c) Monitorização (para monitorizar e gerar estatísticas): apresentar os dados estatísticos (eventuais gráficos de tendência), precisão orbital ao longo do tempo e novas descobertas.
14. Elaborar um relatório com a descrição pormenorizada do trabalho realizado recomenda-se usar o template dos trabalhos de projeto em Latex usado no DI.

5. Dados nos Datasets fornecidos – O conjunto de dados no ficheiro *neo.csv* contém informações sobre aproximadamente 958.000 asteroides, incluindo 46 atributos detalhados no dicionário de dados do relatório e no ficheiro *MPCORB.DAT* aproximadamente 1477222 (ver Anexo com o dicionário de dados). Os principais atributos são:

identificadores: id, spkid, full_name, pdes, name, prefix.

- Parâmetros físicos: diameter (diâmetro em km), albedo (refletividade), H (magnitude absoluta), diameter_sigma.
- Parâmetros orbitais: e (excentricidade), a (semieixo maior), q (distância do periélio), i (incli-

nação), om (longitude do nodo ascendente), w (argumento do periélio), ma (anomalia média), moid, moid_ld, sigma_e, sigma_a, sigma_q, sigma_i, sigma_om, sigma_w.

- Classificações: neo (Objeto Próximo da Terra), pha (Asteroide Potencialmente Perigoso), orbit_id, class (classe orbital).

- Dados temporais: epoch, epoch_mjd, epoch_cal, tp, tp_cal, per, per_y.

- Outros: equinox, orbit_uncertainty, condition_code, n, ad, rms.

No ficheiro neo.csv cerca de 22.000 asteroides são NEOs, e 2.200 são PHAs, exigindo uma modelagem que facilite análises detalhadas e operações transacionais.

Estes datasets estão ambos disponíveis para download através do Filesender da FCCN no URL <https://filesender.fccn.pt>.

Outras fontes de dados para analisar, processar e integrar:

<https://neo.ssa.esa.int/> (plataforma da ESA com informação sobre NEO)

<https://eyes.nasa.gov/apps/asteroids/#/home> (plataforma da NASA para visualização 3D de órbitas e renderização 3D dos asteroides)

https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sb_ident.html#/ (plataforma da NASA/JPL para downloads)

<https://minorplanetcenter.net/iau/info/MPCORB.DAT> (Minor Planet Center Dataset)

<https://www.kaggle.com/datasets/basu369victor/prediction-of-asteroid-diameter> (Kaggle Dataset)

6. Datas – Datas de submissão e de avaliação (a confirmar)

Entrega: domingo, 4 de janeiro de 2026 até às 23h59. Submeter no Moodle.

Defesa: na primeira semana aulas de janeiro de 5 a 9 de janeiro 2026 (a agendar posteriormente).

7. Documentação – Elementos a incluir na documentação a submeter: através do Moodle um ficheiro de texto aXXXX-aXXXX-aXXXX-er.txt com a indicação do URL da pasta partilhada no FileSender onde o grupo colocou os vários elementos do trabalho realizado que permita recriar a base de dados num ficheiro em SQL com os vários elementos da estrutura da base de dados e os dados aXXXX-aXXXX-aXXXX-bd.sql ou o ficheiro de backup do SQL Server aXXXX-bXXXX-cXXXX-bd.bak; incluir também um ficheiro zipado como o código fonte da aplicação desenvolvida aXXXX-aXXXX-aXXXX-app.zip e o relatório em pdf aXXXX-aXXXX-aXXXX-rel.pdf.

Se existir algum problema na submissão através do Moodle pode enviar por email até à hora indicada para rcardoso@ubi.pt incluindo o link para o [FileSender](#) onde devem constar todos os ficheiros e indicando no assunto [BD2526] TP aXXXX-bXXXX-cXXXX.

8. Avaliação – Os componentes avaliados são: o modelo entidade relacionamento e o respetivo modelo relacional, o modelo de dados implementado, as funcionalidades implementadas na aplicação, o relatório e a apresentação. O trabalho será defendido pelo grupo na primeira semana de janeiro a partir do dia 5 de janeiro. Cada aluno pode ter uma classificação diferente da dos colegas de grupo, refletindo deste modo o seu desempenho no trabalho e na discussão do mesmo. Todos os trabalhos serão demonstrados e defendidos perante o docente em sessões de defesa do trabalho específicas para cada grupo. As defesas dos trabalhos têm duração aproximada de 15 a 20 minutos.

9. Grupos – O trabalho é efetuado por grupos de dois ou três elementos.

10. – Relatório

Estrutura do Relatório:

Capa

- Imagem UBI/FE/DI
- Licenciatura em...
- UC: Bases de Dados
- Título
- Imagem ilustrativa/representativa do trabalho
- Elementos do grupo, ordenados por ordem crescente do número de aluno.
- Local e data.

i. Agradecimentos

- Incluir eventuais agradecimentos.

ii. Resumo

- Incluir um breve resumo (300 palavras).
- Palavras-chave: 5 palavras ordenadas alfabeticamente.

iii. Índice Geral

iv. Lista de Abreviaturas

v. Lista de Figuras

vi. Lista de Tabelas

1. Introdução

- Enquadramento
- Motivação
- Objetivos
- Organização do documento

2. Desenvolvimento da aplicação cliente/servidor sobre bases de dados

- Introdução
- Aplicação cliente/servidor
- SQL Server
- Configuração do acesso ao servidor
- Frontend Python (ou outro ambiente de desenvolvimento)

3. Modelação

- Introdução (incluir a notação usada) - Fazer uma breve introdução à modelação de dados.
- Descrição da organização: indicar e justificar as opções tomadas para as situações não especificadas no enunciado.
- Modelo de dados: Incluir imagens de progresso (ERD Plus).
- Esquema relacional
- Considerações: descrever as opções sobre o modelo final e sua implementação.

4. Aplicação

5. Distribuição de tarefas

- Incluir uma lista com as tarefas (para a execução do trabalho prático) e quem ficou encarregue de as realizar.

5. — *Notas finais*

- Cada aluno pode ter uma classificação diferente.
- Nas aulas práticas vai sendo avaliado o desempenho de cada aluno. Nesta avaliação pretende-se aferir a qualidade e a quantidade de trabalho realizado vs. previsto. A identificação das tarefas a desempenhar por cada aluno deve ser decidida dentro do grupo de trabalho. A estimativa dos prazos para a conclusão das tarefas é feita por cada

- Descrição precisa das tarefas (cada elemento do grupo faz a sua)

- Cada elemento do grupo deve incluir uma subsecção com uma descrição muito precisa das suas tarefas. Pode incluir pseudo-código se tal for necessário, que pode detalhar e desenvolver nos apêndices.

6. Acesso à base de dados

- Documentar, devidamente, a forma como foi efetuado o acesso à base de dados. Incluir excertos de código ilustrativos.

7. Funcionalidade

- Descrição geral
- Descrição da funcionalidade global, incluindo uma representação esquemática de como funciona a solução.

8. Aplicação

- Descrição da funcionalidade sob os pontos de vista do utilizador (incluir imagens representativas - screenshots) e do programador (incluir excertos de código e SQL). Incluir os cenários descritos para cada aplicação.
- Requisitos funcionais e não funcionais

9. Conclusões

- Indicar o que foi conseguido.
- Indicar o que não foi conseguido. Indicar a(s) razão(ões).

10. Epílogo

- Incluir uma reflexão crítica sobre a disciplina (pontos a manter, a alterar e a eliminar).

11. Referências Bibliográficas

- Usar uma norma para as referências.

12. Anexos

- Colocar aqui o que for acessório para a leitura do trabalho (não desenvolvido pelos autores).

13. Apêndices

- Scripts (criar bd, criar tabelas e restrições, excerto dos dados inseridos).
- Outros elementos desenvolvidos pelos autores, mas acessórios para a leitura do trabalho.

aluno em colaboração com o grupo em que está inserido. Cada aluno deve realizar o seu conjunto de tarefas de modo a não perturbar o trabalho dos restantes elementos do grupo - e isto vai ser aferido (e classificado) pelos docentes.

- As aplicações devem ser desenvolvidas em *Python*. Cada estudante deve desenvolver uma aplicação, devendo coordenar a sua atividade com os restantes membros da equipa.
- Todos os estudantes têm de participar em todos os elementos de avaliação: relatório, aplicação, modelação e scripts.
- Todos os estudantes têm de participar na discussão final do trabalho (trata-se de um dos critérios para obter a classificação de Frequência)

DICIONÁRIO DE DADOS

Dicionário de Dados - Ficheiro neo.csv

O conjunto de dados incluídos no ficheiro neo.csv que devem transpor para a base de dados são compostos pelos seguintes 46 parâmetros que descrevem as características dos asteroides. Na tabela seguinte é apresentada uma explicação breve do significado de cada um:

Tabela 1: Elementos no ficheiro neo.csv

Parâmetro	Descrição	Unidade	Exemplo
id	Número único que identifica cada asteroide na base de dados.	-	bJ95S75G
spk_id	Código único usado pela NASA para identificar objetos no sistema solar.	-	3884266
full_name	Nome completo do asteroide, incluindo números ou letras.	-	(1995 SG75)
pdes	Código principal do asteroide, geralmente um número ou combinação.	-	1995 SG75
name	Nome próprio do asteroide, se existir, normalmente é atribuído em homenagem a pessoas.	-	Bennu
prefix	Letra ou código que indica o tipo de designação do asteroide.	-	B
neo	Indica se o asteroide é um Near-Earth Object (próximo da Terra).	-	N (Não) / Y (Sim)
pha	Indica se o asteroide é Potentially Hazardous Asteroid (potencialmente perigoso).	-	N (Não) / Y (Sim)
H	Brilho do asteroide visto da Terra, medido numa escala chamada magnitude absoluta (menor o valor, mais brilhante).	mag	16.6
diameter	Tamanho do asteroide.	km	1.2
albedo	Percentagem de luz solar que o asteroide reflete (ex.: superfícies brilhantes têm albedo alto).	-	0.15
diameter_sigma	Margem de erro na medição do tamanho do asteroide.	km	0.1
orbit_id	Código único que identifica a órbita específica de um asteroide.	-	E2019-UR1
epoch	Momento exato (data e hora) usado como referência para calcular a órbita do asteroide.	JD	2458600.5
epoch_mjd	Data de referência em formato de dias contados desde 1858 (Data Juliana Modificada).	dias	58600
epoch_cal	Data de referência no formato de calendário.	data	20190427
equinox	Ponto de referência no céu usado para calcular a posição do asteroide.	-	J2000
e	Forma da órbita do asteroide (ex.: 0 é um círculo perfeito, valores maiores indicam órbitas mais alongadas).	-	0.3309536
a	Tamanho médio da órbita.	UA	3.0739748
q	Distância mínima do asteroide ao Sol.	UA	2.0566318
i	Inclinação da órbita do asteroide em relação ao plano do sistema solar.	graus	13.83928
om	Ângulo que indica a posição de um ponto específico da órbita (nodo ascendente).	graus	304.08253

w	Ângulo que define onde a órbita está mais próxima do Sol (argumento do periélio).	graus	46.82946
ma	Posição do asteroide na sua órbita em um momento específico.	graus	120.75702
ad	Distância máxima do asteroide ao Sol.	UA	4.0913178
n	Velocidade média com que o asteroide se move na sua órbita.	graus/dia	0.1828747
tp	Momento exato em que o asteroide está mais próximo do Sol (periélio).	JD	2457940.1734485
tp_cal	Data do periélio no formato de calendário.	data	20170705.6734485
per	Tempo que o asteroide leva para completar uma órbita.	dias	1968.5609874
per_y	Tempo que o asteroide leva para completar uma órbita.	anos	5.38962624887064
moid	Distância mínima entre a órbita do asteroide e a órbita da Terra.	UA	0.05
moid_id	Distância mínima entre a órbita do asteroide e a da Terra.	LD	19.5
sigma_e	Margem de erro na medição da excentricidade da órbita.	-	0.000001
sigma_a	Margem de erro na medição do semieixo maior da órbita.	UA	0.000001
sigma_q	Margem de erro na medição da distância do periélio.	UA	0.000001
sigma_i	Margem de erro na medição da inclinação da órbita.	graus	0.0001
sigma_om	Margem de erro na medição da longitude do nodo ascendente.	graus	0.0001
sigma_w	Margem de erro na medição do argumento do periélio.	graus	0.0001
sigma_ma	Margem de erro na medição da anomalia média.	graus	0.0001
sigma_ad	Margem de erro na medição da distância do afélio.	UA	0.000001
sigma_n	Margem de erro na medição do movimento médio diário.	graus/dia	0.000001
sigma_tp	Margem de erro na medição do tempo de periélio.	JD	0.000001
sigma_per	Margem de erro na medição do período orbital.	dias	0.0001
class	Classificação do asteroide baseada na sua órbita e características.	-	MBA
rms	Raiz quadrada média do ajuste orbital, indicando a qualidade dos dados.	-	0.33
class_description	Descrição detalhada da classe do asteroide.	-	Main-Belt Asteroid

Dicionário de Dados - Ficheiro MPCORB.DAT

O ficheiro MPCORB.DAT contém informação complementar que podem adicionar também à base de dados.

Tabela 2: Elementos no ficheiro MPCORB.DAT

Parâmetro	Descrição	Unidade	Exemplo
Des'n	Número de designação do asteroide no catálogo oficial	-	00001
H	Magnitude absoluta - brilho intrínseco do asteroide	magnitude	3.35
G	Parâmetro de magnitude de fase (coeficiente de inclinação)	-	0.15
Epoch	Época de referência para os elementos orbitais	JD	K25BL
M	Anomalia média - posição angular na órbita	grau	231.53975
Peri.	Argumento do periélio - orientação orbital	graus	73.29974
Node	Longitude do nó ascendente	graus	80.24963
Incl.	Inclinação orbital em relação ao plano da eclíptica	graus	10.58789
e	Excentricidade orbital - medida do "achatamento" da órbita	-	0.0795763
n	Movimento médio diário - velocidade angular média	graus/dia	0.21429712
a	Semi-eixo maior - distância média do Sol	UA	2.7656157
Reference	Código da referência/publicação dos dados	texto	MPO950947
#Obs	Número total de observações utilizadas	-	7369
#Opp	Número de oposições observadas	-	126
Arc	Período temporal coberto pelas observações	anos	1801-2025
rms	Raiz quadrada média dos resíduos - qualidade do ajuste	segundos de arco	0.69
Perts	Tipo de perturbações consideradas nos cálculos	código	M-v
Computer	Software/método usado para cálculo orbital	texto	MPCORBFIT
Nome	Nome próprio do asteroide	texto	(1) Ceres
Data	Data da última atualização dos dados	anomesdia	20251003

Legenda das Unidades:

#Ops	representa as oposições. Períodos em que o asteroide está em posição oposta ao Sol, ideal para observação
anos	anos terrestres
dias	dias terrestres
E	representa a Excentricidade, 0 = órbita circular, próximo de 1 = órbita muito alongada
graus	Unidade angular
H	representa a Magnitude Absoluta. Quanto menor o valor de H, maior e/ou mais refletivo é o asteroide
JD	Data Juliana
Km	Quilómetros
LD	Indica a distância Lunar (distância média entre a Terra e a Lua = 384.400 km)
mag	Magnitude astronómica
Perts	indica as perturbações que incluem efeitos gravitacionais de planetas (ex: M-v = Vénus, Marte)
rms	Mede a precisão do modelo orbital - valores menores indicam maior precisão
UA	Unidade astronómica representa a distância média entre a Terra e o Sol (~149,6 milhões de km)