TÉCNICO LISBOA

Fundamentos da Programação
Ano letivo 2024-25
Segundo Projeto
16 de Outubro de 2024

Orbito-n

O segundo projeto de Fundamentos da Programação consiste em escrever um programa em Python que permita jogar a uma adaptação do jogo Orbito[1]. Para este efeito, deverá definir um conjunto de tipos abstratos de dados que deverão ser utilizados para manipular a informação necessária no decorrer do jogo, bem como um conjunto de funções adicionais.

1 Descrição do jogo

O Orbito é um jogo comercial de tabuleiro abstrato para dois jogadores. Trata-se dum caso particular de jogo m, n, k com $m = n = k = 4$, onde as posições formam duas órbitas. Os jogadores em turnos alternados podem movimentar uma pedra do jogador contrário e a seguir colocar uma pedra própria numa posição livre. No fim de cada turno, todas as pedras rodam uma posição em sentido anti-horário nas suas órbitas. O primeiro jogador que obtiver no fim de um turno $k = 4$ pedras seguidas da sua cor, horizontalmente, verticalmente ou diagonalmente, é o vencedor. Neste projeto desenvolverá uma versão adaptada do jogo com n órbitas e sem movimentação de pedras do contrário.

1.1 Tabuleiro, posições e pedras

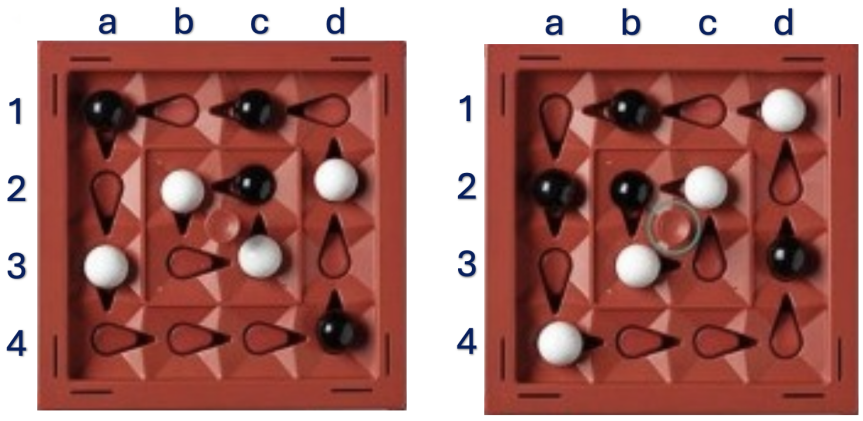
O **tabuleiro** de Orbito-n é uma estrutura quadrangular formado por $2 \leq n \leq 5$ órbitas. Cada **posição** dum tabuleiro é identificada pela coluna (letra minúscula) e a linha (número) que ocupa. Duas posições são ditas **adjacentes** se estiverem na horizontal, vertical ou diagonal uma da outra, sem outras posições entre elas, e **adjacentes ortogonais** se estiverem na horizontal ou na vertical. Uma posição pode estar livre ou ocupada pela **pedra** de um dos jogadores (branca ou preta, dependendo do jogador). A Figura 1 mostra vários exemplos de tabuleiros de Orbito-n. A **ordem de leitura** das posições dum tabuleiro é de menor órbita (mais interior) a maior órbita (mais exterior), e em caso de empate, da esquerda para a direita seguida de cima para baixo.

1.2 Regras do jogo

Para a realização deste projeto, consideraremos as seguintes regras adaptadas do jogo:

1. **Início:** No início do jogo, o tabuleiro está vazio. O jogador com pedras pretas é o primeiro a jogar. A seguir, os jogadores alternam em turnos subsequentes com o objetivo de obter $k = 2 \times n$ pedras seguidas próprias.

[1] `https://flexiqgames.com/en/product/orbito/`



a) b)

Figura 1: a) Tabuleiro de Orbito-n ($n = 2$) com pedras brancas e pretas. b) Resultado de rodar uma posição todas as pedras do tabuleiro a). A ordem de leitura das posições do tabuleiro é `b2`, `c2`, `b3`, `c3`, `a1`, `b1`, `c1`, `d1`, `a2`, `d2`, `a3`, `d3`, `a4`, `b4`, `c4`, `d4`.

2. **Turno:** Um turno de um jogador consiste nas seguintes ações (realizadas em ordem):

   (a) *Colocar:* Coloca uma pedra da sua cor numa posição vazia.

   (b) *Rodar:* Roda todas as pedras do tabuleiro uma posição sobre a sua órbita em sentido anti-horário.

3. **Fim:** O jogo termina se não existem posições livres no tabuleiro ou, se ao finalizar o turno de um dos jogadores, existe uma linha com k pedras seguidas iguais, horizontalmente, verticalmente ou diagonalmente.

4. **Vencedor** O jogador com k pedras próprias seguidas é o vencedor. Se os dois jogadores têm k pedras seguidas ou se nenhum jogador as têm, o jogo termina em empate.

1.3 Estratégia de jogo automático

O programa a desenvolver escolherá a jogada de acordo com a estratégia selecionada. No caso de existir mais de uma posição que cumpra o critério definido pela estratégia selecionada, a posição escolhida é a primeira posição em ordem de leitura do tabuleiro.

Estratégia fácil
A posição para colocar a pedra própria é escolhida da seguinte maneira:

> **Se** existir no tabuleiro pelo menos uma posição livre que no fim do turno (após rotação) fique adjacente a uma pedra própria, jogar numa dessas posições;
>
> **Se não**, jogar numa posição livre.

Estratégia normal
A posição para colocar a pedra própria é escolhida da seguinte maneira:

> **Determinar** o maior valor de $L \leq k$ tal que o próprio jogador conseguir colocar L peças consecutivas que contenha essa jogada no fim do turno atual, ou seja, após uma rotação; ou que o conseguir o adversário no fim do seu seguinte turno, ou seja, após duas rotações. Para esse valor:
>
> > **Se** existir pelo menos uma posição que permita no fim do turno obter uma linha que contenha essa posição com L pedras consecutivas próprias, jogar numa dessas posições;
> >
> > **Se não**, jogar numa posição que impossibilite o adversário no final do seu próximo turno de obter L pedras consecutivas numa linha que contenha essa posição.

2 Trabalho a realizar

Um dos objetivos deste segundo projeto é definir e implementar um conjunto de Tipos Abstratos de Dados (TAD) que deverão ser utilizados para representar a informação necessária, bem como um conjunto de funções adicionais que permitirão executar corretamente o jogo Orbito-n.

2.1 Tipos Abstratos de Dados

Atenção:

- Apenas os construtores e as funções para as quais a verificação da correção dos argumentos é explicitamente pedida devem verificar a validade dos argumentos.
- Os modificadores, e as funções de alto nível que os utilizam, alteram de modo destrutivo o seu argumento.
- As barreiras de abstração devem ser sempre respeitadas.

2.1.1 TAD *posicao* (1,5 valores)

O TAD imutável[2] *posicao* é usado para representar uma posição do tabuleiro de Orbito-n. As operações básicas associadas a este TAD são:

- Construtor
  - *cria_posicao*: $str \times int \mapsto posicao$
    cria_posicao(col,lin) recebe um caracter e um inteiro correspondentes à coluna *col* e à linha *lin* e devolve a posição correspondente. O construtor verifica

[2] A representação interna dos elementos do tipo deve ser imutável e *hashable*.

a validade dos seus argumentos, gerando um `ValueError` com a mensagem `'cria_posicao: argumentos invalidos'` caso os seus argumentos não sejam válidos.

- Seletores
  - *obtem_pos_col*: *posicao* $\mapsto$ *str*
    obtem_pos_col(p) devolve a coluna *col* da posição p.
  - *obtem_pos_lin*: *posicao* $\mapsto$ *int*
    obtem_pos_lin(p) devolve a linha *lin* da posição p.
- Reconhecedor
  - *eh_posicao*: *universal* $\mapsto$ *booleano*
    eh_posicao(arg) devolve `True` caso o seu argumento seja um TAD *posicao* e `False` caso contrário.
- Teste
  - *posicoes_iguais*: *universal* $\times$*universal* $\mapsto$ *booleano*
    posicoes_iguais(p1, p2) devolve `True` apenas se $p1$ e $p2$ são posições e são iguais, e `False` caso contrário.
- Transformador
  - *posicao_para_str*: *posicao* $\mapsto$ *str*
    posicao_para_str(p) devolve a cadeia de caracteres que representa o seu argumento, como mostrado nos exemplos.
  - *str_para_posicao*: *str* $\mapsto$ *posicao*
    str_para_posicao(s) devolve a posição representada pelo seu argumento.

As funções de alto nível associadas a este TAD são:

- *eh_posicao_valida*: *posicao* $\times$ *inteiro* $\mapsto$ *booleano*
  eh_posicao_valida(p, n) devolve `True` se p é uma posição válida dentro do tabuleiro de Orbito-n e `False` caso contrário.
- *obtem_posicoes_adjacentes*: *posicao* $\times$ *inteiro* $\times$ *booleano* $\mapsto$ *tuplo*
  obtem_posicoes_adjacentes(p, n, d) devolve um *tuplo* com as posições do tabuleiro de Orbito-n adjacentes à posição p se d é `True`, ou as posições adjacentes ortogonais se d é `False`. As posições do tuplo são ordenadas em sentido horário começando pela posição acima de p.
- *ordena_posicoes*: *tuplo* $\times$ *inteiro* $\mapsto$ *tuplo*
  ordena_posicoes(t, n) devolve um *tuplo* de posições com as mesmas posições de t ordenadas de acordo com a ordem de leitura do tabuleiro de Orbito-n.

Exemplos de interação:

```
>>> p1 = cria_posicao('a', 21)
Traceback (most recent call last): <...>
ValueError: cria_posicao: argumentos invalidos
>>> p1 = cria_posicao('a', 2)
>>> p2 = cria_posicao('b', 3)
>>> posicoes_iguais(p1, p2)
False
>>> posicao_para_str(p2)
'b3'
>>> posicoes_iguais(p1, str_para_posicao('a2'))
True
>>> tuple(posicao_para_str(p) \
    for p in obtem_posicoes_adjacentes(p1, 2, False))
('a1', 'b2', 'a3')
>>> tuple(posicao_para_str(p) \
    for p in obtem_posicoes_adjacentes(p1, 2, True))
('a1', 'b1', 'b2', 'b3', 'a3')
>>> tup = (cria_posicao('a',1), cria_posicao('a',3),
           cria_posicao('b',1), cria_posicao('b',2))
>>> tuple(posicao_para_str(p) for p in ordena_posicoes(tup, 2))
('b2', 'a1', 'b1', 'a3')
```

2.1.2 TAD *pedra* (1,5 valores)

O TAD imutável[3] *pedra* é usado para representar as pedras do jogo. As pedras podem pertencer ao jogador branco (`'O'`) ou ao jogador preto (`'X'`). Por conveniência, é também definido o conceito pedra *neutra*, que é uma pedra que não pertence a nenhum jogador. As operações básicas associadas a este TAD são:

- Construtor
  - *cria_pedra_branca*: {} ↦ *pedra*
    cria_pedra_branca() devolve uma pedra pertencente ao jogador branco.
  - *cria_pedra_preta*: {} ↦ *pedra*
    cria_pedra_preta() devolve uma pedra pertencente ao jogador preto.
  - *cria_pedra_neutra*: {} ↦ *pedra*
    cria_pedra_neutra() devolve uma pedra neutra.
- Reconhecedor

[3] A representação interna dos elementos do tipo deve ser imutável e *hashable*.

  - *eh_pedra*: *universal* $\mapsto$ *booleano*
    eh_pedra(arg) devolve `True` caso o seu argumento seja um TAD *pedra* e `False` caso contrário.
  - *eh_pedra_branca*: *pedra* $\mapsto$ *booleano*
    eh_pedra_branca(p) devolve `True` caso a *pedra p* seja do jogador branco e `False` caso contrário.
  - *eh_pedra_preta*: *pedra* $\mapsto$ *booleano*
    eh_pedra_preta(p) devolve `True` caso a *pedra p* seja do jogador preto e `False` caso contrário.

- Teste
  - *pedras_iguais*: *universal* $\times$*universal* $\mapsto$ *booleano*
    pedras_iguais(p1, p2) devolve `True` apenas se $p1$ e $p2$ são pedras e são iguais.

- Transformador
  - *pedra_para_str*: *pedra* $\mapsto$ *str*
    pedra_para_str(p) devolve a cadeia de caracteres que representa o jogador dono da pedra, isto é, `'O'`, `'X'` ou `' '` para pedras do jogador branco, preto ou neutra respetivamente.

As funções de alto nível associadas a este TAD são:

- *eh_pedra_jogador*: *pedra* $\mapsto$ *booleano*
  eh_pedra_jogador(p) devolve `True` caso a pedra p seja de um jogador e `False` caso contrário.

- *pedra_para_int*: *pedra* $\mapsto$ *int*
  pedra_para_int(p) devolve um *inteiro* valor 1, -1 ou 0, dependendo se a pedra é do jogador preto, branco ou neutra, respetivamente.

Exemplos de interação:

```
>>> b = cria_pedra_branca()
>>> eh_pedra(b)
True
>>> p = cria_pedra_preta()
>>> pedras_iguais(b, p)
False
>>> pedra_para_str(b), pedra_para_str(p)
('O', 'X')
>>> eh_pedra_jogador(cria_pedra_neutra())
False
>>> pedra_para_int(b), pedra_para_int(p)
(-1, 1)
```

2.1.3 TAD *tabuleiro* (4,0 valores)

O TAD *tabuleiro* é usado para representar um tabuleiro do jogo Orbito-n e as pedras dos jogadores que nele são colocadas. As operações básicas associadas a este TAD são:

- Construtor
  - *cria_tabuleiro_vazio*: *int* $\mapsto$ *tabuleiro*
    cria_tabuleiro_vazio(n) devolve um *tabuleiro* de Orbito com n órbitas, sem posições ocupadas. O construtor verifica a validade do argumento, gerando um `ValueError` com a mensagem `'cria_tabuleiro_vazio: argumento invalido'` caso os seu argumento não seja válido. Considere que o número mínimo de órbitas de um tabuleiro de Orbito é 2 e o máximo 5.
  - *cria_tabuleiro*: *int* $\times$*tuplo* $\times$*tuplo* $\mapsto$ *tabuleiro*
    cria_tabuleiro(n, tp, tb) devolve um *tabuleiro* de Orbito com n órbitas, com as posições do tuplo *tp* ocupadas por pedras pretas e as posições do tuplo *tb* ocupadas por pedras brancas. O construtor verifica a validade dos argumentos, gerando um `ValueError` com a mensagem `'cria_tabuleiro: argumentos invalidos'` caso os seus argumentos não sejam válidos. Considere que o número mínimo de órbitas de um tabuleiro de Orbito é 2 e o máximo 5.
  - *cria_copia_tabuleiro*: *tabuleiro* $\mapsto$ *tabuleiro*
    cria_copia_tabuleiro(t) recebe um *tabuleiro* e devolve uma cópia do *tabuleiro*.
- Seletores
  - *obtem_numero_orbitas*: *tabuleiro* $\mapsto$ *int*
    obtem_numero_orbitas(t) devolve o número de órbitas do tabuleiro t.
  - *obtem_pedra*: *tabuleiro* $\times$ *posicao* $\mapsto$ *pedra*
    obtem_pedra(t, p) devolve a pedra na posição p do tabuleiro t. Se a posição não estiver ocupada, devolve uma pedra *neutra*.
  - *obtem_linha_horizontal*: *tabuleiro* $\times$ *posicao* $\mapsto$ *tuplo*
    obtem_linha_horizontal(t, p) devolve o tuplo formado por tuplos de dois elementos correspondentes à *posicao* e o valor de todas as posições da linha horizontal que passa pela posição p, ordenadas de esquerda para a direita.
  - *obtem_linha_vertical*: *tabuleiro* $\times$ *posicao* $\mapsto$ *tuplo*
    obtem_linha_vertical(t, p) devolve o tuplo formado por tuplos de dois elementos correspondentes à *posicao* e o valor de todas as posições da linha vertical que passa pela posição p, ordenadas de cima para a baixo.
  - *obtem_linhas_diagonais*: *tabuleiro* $\times$ *posicao* $\mapsto$ *tuplo* $\times$ *tuplo*
    obtem_linhas_diagonais(t, p) devolve dois tuplos formados cada um deles por tuplos de dois elementos correspondentes à *posicao* e o valor de todas as posições que formam a diagonal (descendente da esquerda para a direita) e antidiagonal (ascendente da esquerda para a direita) que passam pela posição p, respetivamente.

  - *obtem_posicoes_pedra*: *tabuleiro* × *pedra* ↦ *tuplo*

    obtem_posicoes_pedra(t, j) devolve o tuplo formado por todas as posições do tabuleiro ocupadas por pedras j (brancas, pretas ou neutras), ordenadas em ordem de leitura do tabuleiro.

- Modificadores

  - *coloca_pedra*: *tabuleiro* × *posicao* ×*pedra* ↦ *tabuleiro*

    coloca_pedra(t, p, j) modifica destrutivamente o tabuleiro t colocando a pedra j na posição p, e devolve o próprio *tabuleiro*.

  - *remove_pedra*: *tabuleiro* × *posicao* ↦ *tabuleiro*

    remove_pedra(t, p) modifica destrutivamente o tabuleiro p removendo a pedra da posição p, e devolve o próprio *tabuleiro*.

- Reconhecedor

  - *eh_tabuleiro*: *universal* ↦ *booleano*

    eh_tabuleiro(arg) devolve `True` caso o seu argumento seja um TAD *tabuleiro* e `False` caso contrário.

- Teste

  - *tabuleiros_iguais*: *universal* × *universal* ↦ *booleano*

    tabuleiros_iguais(t1, t2) devolve `True` apenas se $t1$ e $t2$ forem *tabuleiros* e forem iguais.

- Transformador

  - *tabuleiro_para_str*: *tabuleiro* ↦ *str*

    tabuleiro_para_str(t) devolve a cadeia de caracteres que representa o *tabuleiro* como mostrado nos exemplos.

As funções de alto nível associadas a este TAD são:

- *move_pedra*: *tabuleiro* × *posicao* ×*posicao* ↦ *tabuleiro*

  move_pedra(t, p1, p2) modifica destrutivamente o tabuleiro t movendo a pedra da posição *p1* para a posição *p2*, e devolve o próprio *tabuleiro*.

- *obtem_posicao_seguinte*: *tabuleiro* × *posicao* × *booleano* ↦ *posicao*

  obtem_posicao_seguinte(t, p, s) devolve a posição da mesma órbita que p que se encontra a seguir no tabuleiro t em sentido horário se s for `True` ou anti-horário se for `False`.

- *roda_tabuleiro*: *tabuleiro* ↦ *tabuleiro*

  roda_tabuleiro(t) modifica destrutivamente o tabuleiro t rodando todas as pedras uma posição em sentido anti-horário, e devolve o próprio *tabuleiro*.

- *verifica_linha_pedras*: *tabuleiro* $\times$ *posicao* $\times$ *pedra* $\times$ *int* $\mapsto$ *booleano*

  verifica_linha_pedras(t, p, j, k) devolve `True` se existe pelo menos uma linha (horizontal, vertical ou diagonal) que contenha a posição p com k ou mais pedras consecutivas do jogador com pedras j, e `False` caso contrário.

Exemplos de interação:

```
>>> t = cria_tabuleiro_vazio(12)
Traceback (most recent call last): <...>
ValueError: cria_tabuleiro_vazio: argumento invalido
>>> t = cria_tabuleiro_vazio(2)
>>> p1 = cria_posicao('c',2)
>>> pedra_para_str(obtem_pedra(t, p1))
' '
>>> b, p = cria_pedra_branca(), cria_pedra_preta()
>>> ib = 'c1', 'c2', 'd2', 'd3', 'd4'
>>> ip = 'a3', 'a4', 'b1', 'b3', 'c3'
>>> ib = tuple(str_para_posicao(i) for i in ib)
>>> ip = tuple(str_para_posicao(i) for i in ip)
>>> for i in ib: coloca_pedra(t, i, b)
>>> for i in ip: coloca_pedra(t, i, p)
>>> print(tabuleiro_para_str(t))
    a   b   c   d
01 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[O]-[O]
    |   |   |   |
03 [X]-[X]-[X]-[O]
    |   |   |   |
04 [X]-[ ]-[ ]-[O]
>>> linha = obtem_linha_vertical(t, cria_posicao('c',3))
>>> tuple((posicao_para_str(c), pedra_para_str(v)) for c, v in linha)
(('c1', 'O'), ('c2', 'O'), ('c3', 'X'), ('c4', ' '))
>>> col = obtem_linha_horizontal(t, cria_posicao('c',3))
>>> tuple((posicao_para_str(c), pedra_para_str(v)) for c, v in col)
(('a3', 'X'), ('b3', 'X'), ('c3', 'X'), ('d3', 'O'))
>>> diag, anti = obtem_linhas_diagonais(t, cria_posicao('c',3))
>>> tuple((posicao_para_str(c), pedra_para_str(v)) for c, v in diag)
(('a1', ' '), ('b2', ' '), ('c3', 'X'), ('d4', 'O'))
>>> tuple((posicao_para_str(c), pedra_para_str(v)) for c, v in anti)
(('b4', ' '), ('c3', 'X'), ('d2', 'O'))
>>> tuple(posicao_para_str(c) for c in obtem_posicoes_pedra(t, p))
('b3', 'c3', 'b1', 'a3', 'a4')
>>> verifica_linha_pedras(t, cria_posicao('d',1), b, 3))
```

```
False
>>> verifica_linha_pedras(t, cria_posicao('d',2), b, 3))
True
>>> t2 = cria_tabuleiro(2, ip, ib)
>>> tabuleiros_iguais(t, t2)
True
>>> print(tabuleiro_para_str(roda_tabuleiro(t)))
    a   b   c   d
01 [X]-[O]-[ ]-[O]
    |   |   |   |
02 [ ]-[O]-[X]-[O]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[X]-[O]
    |   |   |   |
04 [X]-[X]-[ ]-[ ]
>>> tabuleiros_iguais(t, t2)
False
```

2.2 Funções adicionais

2.2.1 eh_vencedor: *tabuleiro* × *pedra* ↦ *booleano* (0,5 valores)

eh_vencedor(t, j) é uma função auxiliar que recebe um *tabuleiro* e uma *pedra* de jogador, e devolve `True` se existe uma linha completa do tabuleiro de pedras do jogador ou `False` caso contrário.

```
>>> ib = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('c1','c2','d2','d3','d4'))
>>> ip = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('a3','a4','b1','b3','c3'))
>>> t = cria_tabuleiro(2, ip, ib)
>>> b, p = cria_pedra_branca(), cria_pedra_preta()
>>> eh_vencedor(t, p), eh_vencedor(t, b)
(False, False)
>>> _ = coloca_pedra(t, cria_posicao('d',1), b)
>>> eh_vencedor(t, p), eh_vencedor(t, b)
(False, True)
```

2.2.2 eh_fim_jogo: *tabuleiro* ↦ *booleano* (0,5 valores)

eh_fim_jogo(t) é uma função auxiliar que recebe um *tabuleiro* e devolve `True` se o jogo já terminou ou `False` caso contrário.

```
>>> eh_fim_jogo(cria_tabuleiro_vazio(2))
False
>>> ib = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('c1','c2','d2','d3','d4'))
>>> ip = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('a3','a4','b1','b3','c3'))
>>> t = cria_tabuleiro(2, ip, ib)
>>> _ = coloca_pedra(t, cria_posicao('d',1), cria_pedra_branca())
>>> eh_fim_jogo(t)
True
```

2.2.3 escolhe_movimento_manual: *tabuleiro* $\mapsto$ *posicao* (1,0 valores)

escolhe_movimento_manual(t) é uma função auxiliar que recebe um *tabuleiro* t e permite escolher uma posição livre do tabuleiro onde colocar uma pedra. A função não modifica o seu argumento e devolve a posição escolhida. A função deve apresentar as mensagens do exemplo a seguir, repetindo as mensagens até o jogador introduzir a representação externa de uma jogada válida.

```
>>> ib = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('c1','c2','d2','d3','d4'))
>>> ip = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('a3','a4','b1','b3','c3'))
>>> t = cria_tabuleiro(2, ip, ib)
>>> print(tabuleiro_para_str(t))
    a   b   c   d
01 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[O]-[O]
    |   |   |   |
03 [X]-[X]-[X]-[O]
    |   |   |   |
04 [X]-[ ]-[ ]-[O]
>>> move = escolhe_movimento_manual(t)
Escolha uma posicao livre:d1
>>> posicao_para_str(move)
'd1'
>>> print(tabuleiro_para_str(t))
    a   b   c   d
01 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[O]-[O]
    |   |   |   |
03 [X]-[X]-[X]-[O]
    |   |   |   |
04 [X]-[ ]-[ ]-[O]
>>> move = escolhe_movimento_manual(t)
```

```
Escolha uma posicao livre:c1
Escolha uma posicao livre:c3
Escolha uma posicao livre:c4
>>> posicao_para_str(move)
'c4'
```

2.2.4 escolhe_movimento_auto: *tabuleiro* × *pedra* × *str* ↦ *posicao* (1,5 valores)

escolhe_movimento_auto(t, j, lvl) é uma função auxiliar que recebe um *tabuleiro* t (em que o jogo não terminou ainda), uma *pedra* j, e a cadeia de carateres *lvl* correspondente à estratégia, e devolve a posição escolhida automaticamente de acordo com a estratégia selecionada para o jogador com pedras j. A função não modifica nenhum dos seus argumentos. As estratégias a seguir devem ser as descritas na seção 1.3 e identificadas pelas cadeias de carateres `'facil'` ou `'normal'`.

```
>>> ib = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('c1','c2','d2','d3','d4'))
>>> ip = tuple(str_para_posicao(i) for i in ('a3','a4','b1','b3','c3'))
>>> t = cria_tabuleiro(2, ip, ib)
>>> print(tabuleiro_para_str(t))
    a   b   c   d
01 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[O]-[O]
    |   |   |   |
03 [X]-[X]-[X]-[O]
    |   |   |   |
04 [X]-[ ]-[ ]-[O]
>>> move_p = escolhe_movimento_auto(t, cria_pedra_preta(), 'facil')
>>> move_b = escolhe_movimento_auto(t, cria_pedra_branca(), 'facil')
>>> posicao_para_str(move_p), posicao_para_str(move_b)
('b2', 'b2')
>>> move_p = escolhe_movimento_auto(t, cria_pedra_preta(), 'normal')
>>> move_b = escolhe_movimento_auto(t, cria_pedra_branca(), 'normal')
>>>  posicao_para_str(move_p), posicao_para_str(move_b)
('d1', 'c4')
>>> _ = roda_tabuleiro(roda_tabuleiro(t))
>>> print(tabuleiro_para_str(t))
    a   b   c   d
01 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[O]-[O]
    |   |   |   |
```

```
03 [X]-[X]-[X]-[O]
    |   |   |   |
04 [X]-[ ]-[ ]-[O]
>>> move_p = escolhe_movimento_auto(t, cria_pedra_preta(), 'normal')
>>> move_b = escolhe_movimento_auto(t, cria_pedra_branca(), 'normal')
>>> posicao_para_str(move_p), posicao_para_str(move_b)
('d3', 'b1')
```

2.2.5 orbito: *int* × *str* × *str* ↦ *int* (1,5 valores)

orbito(n, modo, jog) é a função principal que permite jogar um jogo completo de Orbito-*n*. A função recebe o número de órbitas do tabuleiro, uma cadeia de carateres que representa o modo de jogo, e a representação externa de uma *pedra* (preta ou branca), e devolve um inteiro identificando o jogador vencedor (1 para preto ou -1 para branco), ou 0 em caso de empate. O jogo começa sempre com o jogador com pedras pretas e se desenvolve até o fim como descrito na seção 1.2. Os modos de jogo possíveis são:

- `'facil'`: Jogo de um jogador contra o computador que utiliza a estratégia fácil (sec. 1.3). O jogador joga com as pedras com representação externa *jog*. No fim do jogo a função mostra o resultado obtido pelo jogador: `VITORIA`, `DERROTA` ou `EMPATE`.
- `'normal'`: Jogo de um jogador contra o computador que utiliza a estratégia normal (sec. 1.3). O jogador joga com as pedras com representação externa *jog*. No fim do jogo a função mostra o resultado obtido pelo jogador: `VITORIA`, `DERROTA` ou `EMPATE`.
- `'2jogadores'`: Jogo de dois jogadores. No fim do jogo a função mostra o resultado do jogo: `VITORIA DO JOGADOR 'X'`, `VITORIA DO JOGADOR 'O'` ou `EMPATE`.

A função deve verificar a validade dos seus argumentos, gerando um `ValueError` com a mensagem `'orbito: argumentos invalidos'` caso os seus argumentos não sejam válidos.

Exemplo 1

```
>>> orbito(2, 'facil', 'O')
Bem-vindo ao ORBITO-2.
Jogo contra o computador (facil).
O jogador joga com 'O'.
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
```

```
03 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (facil):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:d1
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (facil):
    a   b   c   d
01 [ ]-[O]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:c1
    a   b   c   d
01 [O]-[O]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (facil):
    a   b   c   d
```

```
01 [O]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [O]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:b1
    a   b   c   d
01 [O]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [O]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [O]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (facil):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [O]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [O]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [O]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:b4
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [O]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [O]-[O]-[O]-[ ]
Turno do computador (facil):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [X]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[X]-[ ]
```

```
    |   |   |   |
04 [O]-[O]-[O]-[O]
VITORIA
-1
```

Exemplo 2

```
>>> orbito(2, 'normal', 'X')
Bem-vindo ao ORBITO-2.
Jogo contra o computador (normal).
O jogador joga com 'X'.
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:c2
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (normal):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[O]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:a3
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
```

```
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[O]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [X]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (normal):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[O]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[X]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:b2
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[X]-[ ]
Turno do computador (normal):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [O]-[O]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[X]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:a2
Escolha uma posicao livre:a3
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[O]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [O]-[O]-[X]-[X]
    |   |   |   |
```

```
04 [X]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do computador (normal):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[X]-[X]-[X]
    |   |   |   |
03 [O]-[O]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
04 [O]-[X]-[ ]-[ ]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:a2
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[X]
    |   |   |   |
02 [ ]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
03 [X]-[X]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
04 [O]-[O]-[X]-[ ]
Turno do computador (normal):
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
02 [O]-[O]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[X]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
04 [X]-[O]-[O]-[X]
Turno do jogador.
Escolha uma posicao livre:b1
    a   b   c   d
01 [X]-[X]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[O]-[X]-[ ]
    |   |   |   |
03 [O]-[O]-[X]-[X]
    |   |   |   |
04 [ ]-[X]-[O]-[O]
Turno do computador (normal):
    a   b   c   d
01 [X]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
```

```
02 [X]-[X]-[X]-[X]
    |   |   |   |
03 [O]-[O]-[O]-[O]
    |   |   |   |
04 [O]-[ ]-[X]-[O]
EMPATE
0
```

Exemplo 3

```
>>> orbito(2, '2jogadores', 'X')
Bem-vindo ao ORBITO-2.
Jogo para dois jogadores.
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador 'X'.
Escolha uma posicao livre:a1
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [X]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador 'O'.
Escolha uma posicao livre:b2
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [X]-[O]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
Turno do jogador 'X'.
Escolha uma posicao livre:a4
```

```
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
04 [X]-[X]-[ ]-[ ]
Turno do jogador 'O'.
Escolha uma posicao livre:c4
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[O]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
04 [ ]-[X]-[X]-[O]
Turno do jogador 'X'.
Escolha uma posicao livre:a4
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[O]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[O]
    |   |   |   |
04 [ ]-[X]-[X]-[X]
Turno do jogador 'O'.
Escolha uma posicao livre:b3
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[ ]
    |   |   |   |
02 [ ]-[ ]-[ ]-[O]
    |   |   |   |
03 [ ]-[O]-[O]-[X]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[X]-[X]
Turno do jogador 'X'.
Escolha uma posicao livre:b4
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[ ]-[O]
    |   |   |   |
```

```
02 [ ]-[ ]-[O]-[X]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[O]-[X]
    |   |   |   |
04 [ ]-[ ]-[X]-[X]
Turno do jogador 'O'.
Escolha uma posicao livre:a3
    a   b   c   d
01 [ ]-[ ]-[O]-[X]
    |   |   |   |
02 [ ]-[O]-[O]-[X]
    |   |   |   |
03 [ ]-[ ]-[ ]-[X]
    |   |   |   |
04 [O]-[ ]-[ ]-[X]
VITORIA DO JOGADOR 'X'
1
```

3 Condições de Realização e Prazos

- A entrega do 2º projeto será efetuada exclusivamente por via eletrónica. Para submeter o seu projeto deverá realizar pelo menos uma atualização do repositório remoto GitLab fornecido pelo corpo docente, até às **17:00 do dia 28 de Outubro de 2024**. Depois desta hora, qualquer atualização do repositório será ignorada. Não serão aceites submissões de projetos por outras vias sob pretexto algum.

- A solução do projeto deverá consistir apenas num único ficheiro com extensão *.py* contendo todo o código do seu projeto.

- Cada aluno tem direito a **15 submissões sem penalização**. Por cada submissão adicional serão descontados 0,1 valores na componente de avaliação automática.

- Será considerada para avaliação a **última** submissão (mesmo que tenha pontuação inferior a submissões anteriores). Deverá, portanto, verificar cuidadosamente que a última entrega realizada corresponde à versão do projeto que pretende que seja avaliada.

- Submissões que não corram nenhum dos testes automáticos por causa de pequenos erros de sintaxe ou de codificação, poderão ser corrigidos pelo corpo docente, incorrendo numa penalização de três valores.

- Não é permitida a utilização de qualquer módulo ou função não disponível built-in no Python 3, ou seja, não são permitidos `import`, com exceção da função `reduce` do `functools`.

- Pode, ou não, haver uma discussão oral do trabalho e/ou uma demonstração do funcionamento do programa (será decidido caso a caso).
- Lembre-se que no Técnico, a fraude académica é levada muito a sério e que a cópia numa prova (projetos incluídos) leva à reprovação na disciplina e eventualmente a um processo disciplinar. Os projetos serão submetidos a um sistema automático de deteção de cópias[4], o corpo docente da cadeira será o único juiz do que se considera ou não copiar num projeto.
- A submissão do projeto por parte dos alunos, é interpretada pelo corpo docente como uma declaração de honra conforme cada aluno (ou grupo) é o autor único de todo o trabalho apresentado.

4 Submissão

A submissão do projeto de FP é realizada atualizando o repositório remoto GitLab privado fornecido pelo corpo docente para cada aluno (ou grupo de projeto). O endereço web do repositório do projeto dos alunos é `https://gitlab.rnl.tecnico.ulisboa.pt/ist-fp/fp24/prj2/(curso)/(grupo)`, onde:

- `(curso)` pode ser `leic-a`, `leic-t`, `leti` ou `leme`;
- `(grupo)` pode ser:
  - o ist-id para os alunos da LEIC-A, LEIC-T e LETI (ex. `ist190000`);
  - `g` seguido dos dois dígitos que identificam o número de grupo de projeto dos alunos da LEME (ex. `g00`).

Sempre que é realizada uma nova atualização do repositório remoto é desencadeado o processo de avaliação automática do projeto e é contabilizada uma nova submissão. Quando a submissão tiver sido processada, poderá visualizar um relatório de execução com os detalhes da avaliação automática do seu projeto em `http://fp.rnl.tecnico.ulisboa.pt/fp24p2/reports/(grupo)/`. Adicionalmente, receberá no seu email o mesmo relatório. Se não receber o email ou o relatório web aparentar não ter sido atualizado, contacte o corpo docente. Note que o sistema de submissão e avaliação não limita o número de submissões simultâneas. Um número elevado de submissões num determinado momento, poderá ocasionar a rejeição de alguns pedidos de avaliação. Para evitar problemas de último momento, **recomenda-se que submeta o seu projeto atempadamente**.

Detalhes sobre como aceder ao GitLab, configurar o par de chaves SSH, executar os comandos de Git e recomendações sobre ferramentas, encontram-se na página da disciplina na seção "Material de Apoio - Ambiente de Desenvolvimento"[5].

[4] `https://theory.stanford.edu/~aiken/moss`

[5] `https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/disciplinas/FProg11/2024-2025/1-semestre/ambiente-de-desenvolvimento`

5 Classificação

A nota do projeto será baseada nos seguintes aspetos:

1. **Execução correta (60%).** A avaliação da correta execução será feita com um conjunto de testes unitários utilizando o módulo de Python pytest[6].
   Serão usados um conjunto de testes públicos (disponibilizados na página da disciplina) e um conjunto de testes privados. Como os testes de execução valem 60% (equivalente a 12 valores) da nota do projeto, uma submissão obtém a nota máxima de 1200 pontos por esta componente.
   O facto de um projeto completar com sucesso os testes públicos fornecidos não implica que esse projeto esteja totalmente correto, pois estes não são exaustivos. É da responsabilidade de cada aluno garantir que o código produzido está de acordo com a especificação do enunciado usando testes próprios adicionais, de forma a completar com sucesso os testes privados.

2. **Respeito pelas barreiras de abstração (20%).** A avaliação do respeito pelas barreiras de abstração também será feita automaticamente utilizando o módulo de Python pytest. Para este fim, serão usados um conjunto de testes (diferentes dos testes de execução) especificamente definidos para testar que o código desenvolvido pelos alunos respeita as barreiras de abstração. Como os testes de abstração valem 20% (equivalente a 4 valores) da nota do projeto, uma submissão obtém a nota máxima de 400 pontos por esta componente.

3. **Avaliação manual (20%).** Estilo de programação e facilidade de leitura. Em particular, serão consideradas as seguintes componentes:

   - Boas práticas (1,5 valores): serão considerados entre outros a clareza do código, elementos de programação funcional, integração de conhecimento adquirido durante a UC, a criatividade das soluções propostas e a escolha da representação adotada nos TADs.
   - Comentários (1 valor): deverão incluir a assinatura dos TADs (incluindo representação interna adotada e assinatura das operações básicas), assim como a assinatura de cada função definida, comentários para o utilizador (*docstring*) e comentários para o programador.
   - Tamanho de funções, duplicação de código e abstração procedimental (1 valor)
   - Escolha de nomes (0,5 valores).

6 Recomendações e aspetos a evitar

As seguintes recomendações e aspetos correspondem a sugestões para evitar maus hábitos de trabalho (e, consequentemente, más notas no projeto):

[6] `https://docs.pytest.org/en/7.4.x/`

- Leia todo o enunciado, procurando perceber o objetivo das várias funções pedidas. Em caso de dúvida de interpretação, utilize o horário de dúvidas para esclarecer as suas questões.
- No processo de desenvolvimento do projeto, comece por implementar as várias funções pela ordem apresentada no enunciado, seguindo as metodologias estudadas na disciplina.
- Para verificar a funcionalidade das suas funções, utilize os exemplos fornecidos como casos de teste. Tenha o cuidado de reproduzir fielmente as mensagens de erro e restantes *outputs*, conforme ilustrado nos vários exemplos.
- Não pense que o projeto se pode fazer nos últimos dias. Se apenas iniciar o seu trabalho neste período irá sentir a Lei de Murphy em funcionamento (todos os problemas são mais difíceis do que parecem; tudo demora mais tempo do que nós pensamos; e se alguma coisa puder correr mal, ela vai correr mal, na pior das alturas possíveis).
- Não duplique código. Se duas funções são muito semelhantes é natural que estas possam ser fundidas numa única, eventualmente com mais argumentos.
- Não se esqueça que as funções excessivamente grandes são penalizadas no que respeita ao estilo de programação.
- A atitude "vou pôr agora o programa a correr de qualquer maneira e depois preocupo-me com o estilo" é totalmente errada.
- Quando o programa gerar um erro, preocupe-se em descobrir qual a causa do erro. As "marteladas" no código têm o efeito de distorcer cada vez mais o código.