Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Programação 2
2008

JOGO DE TABULEIRO

QUARTO

Implementação em C++

Relatório Final

Turma 12. Grupo 5.
Gonçalo Bernardo
Ismael Miranda
Nuno Oliveira

Resumo. Neste trabalho apresenta-se uma implementação em C++ do Quarto, um jogo de tabuleiro para duas pessoas. A partir do código base fornecido e seguindo a mesma estrutura foi desenvolvido o programa que permite a dois jogadores defrontarem-se segundo as regras do jogo e visualizarem o estado actual do tabuleiro através de uma representação em modo texto. Neste relatório são apresentados os aspectos internos da mecânica de jogo e da arquitectura do sistema. É também fornecido o código fonte completo.

Índice

1. Introdução

No âmbito da disciplina de Programação 2 (1º ano, 2º semestre) foi proposta a realização de um trabalho de grupo envolvendo a implementação de um jogo de tabuleiro em C++ para dois jogadores que não dependesse do factor sorte.

Esperava-se obter uma aplicação para execução em ambiente de linha de comandos fiável e amiga do utilizador que permitisse a dois jogadores defrontarem-se segundo as regras de jogo. Para tal foi preciso desenvolver o modo de representação interna da mecânica de jogo e o modo de vizualização do tabuleiro que permitisse fazer a comunicação com os utilizadores.

Ao longo deste relatório apresenta-se primeiro o jogo e as suas regras, depois mostra-se a forma como o problema foi abordado e finalmente descrevem-se as classes implementadas.

2. Descrição do Problema

O jogo a implementar é o Quarto. Este jogo, inventado por Blaise Müller, desenvolve-se num tabuleiro 4x4, possui 16 peças e só permite a participação de dois jogadores.

2.1 Peças

Cada peça tem quatro atributos: grande ou pequena, branca ou preta, redonda ou quadrada e maciça ou oca. Não existem peças iguais.

2.2 Dinâmica de jogo

Cada jogador lança um dado e o que obtiver maior pontuação será o primeiro a colocar uma peça no tabuleiro.

À vez os jogadores escolhem uma das peças que ainda não está colocada no tabuleiro para o seu adversário colocar na posição que entender.

Tabuleiro e Peças do Quarto. Situação de vitória: numa das linhas todas as peças são grandes

2.3 Terminação de jogo

Um jogador é declarado vencedor se ao colocar a peça consegue formar uma linha, coluna, diagonal ou quadrado 2x2 em que as quatro peças são representativas de um mesmo atributo (todas grandes, todas brancas, etc). O jogo termina em empate se todas as posições do tabuleiro tiverem sido ocupadas e não se verificar nenhuma situação de vitória.

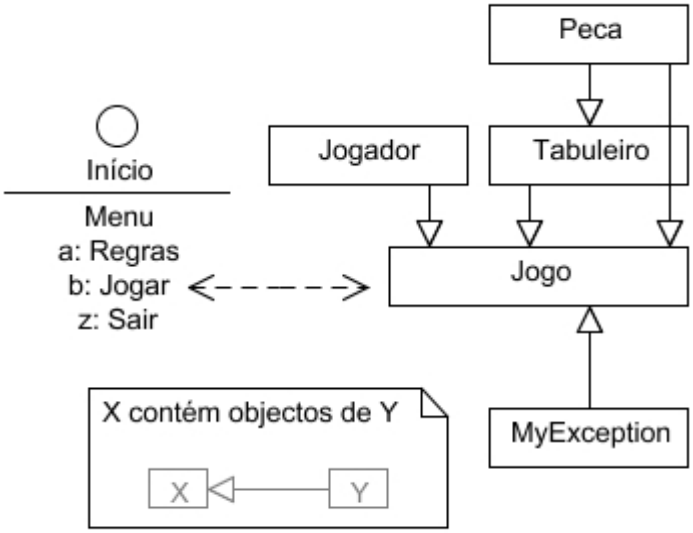
Uma das características invulgares do Quarto é o facto de existir um mesmo conjunto de peças para os dois jogadores e não dois conjuntos distintos para cada um deles. Este é considerado um jogo totalmente imparcial onde apenas é testada a inteligência e perícia bem como a capacidade de antecipação dos jogadores.

3. Arquitectura do Sistema

Na implementação da aplicação foi seguido o ideal de programação orientada a objectos. O que se fez foi criar uma representação da realidade numa versão computável. Assim distinguiram-se três agentes físicos a representar: os jogadores (classe *Jogador*), o tabuleiro (classe *Tabuleiro*) e as

peças (classe *Peca*). Um quarto elemento não físico diz respeito às regras de jogo e à dinâmica deste (classe *Jogo*). Para tornar a aplicação robusta tornou-se necessário a introdução de um último elemento que fosse capaz de tratar erros cometidos pelos utilizadores na introdução de dados (classe *MyException*).

No esquema seguinte mostram-se as relações de interdependência entre as várias classes.



Visão geral da arquitectura do sistema

Pode-se acrescentar que:

- O menu recebe os utilizadores e desencadeia o jogo;
- As peças fazem parte do jogo antes de serem jogadas e do tabuleiro depois;
- Os jogadores são os intervenientes na dinâmica de jogo e as suas opções reflectem-se no tabuleiro;
- Se ocorrerem problemas na comunicação com os utilizadores são lançadas excepções que fazem com que seja interrompida a lógica normal de jogo e se volte atrás na execução.

Partindo do princípio que toda a representação interna dos vários elementos físicos é coerente a codificação do jogo resume-se a traduzir em linguagem C++ a sua ordem natural. No Quarto, de uma forma abstracta, esta ordem será: um jogador escolhe a peça a ser jogada, o seu adversário coloca-a numa casa vazia do tabuleiro e o jogo continua invertendo os papéis dos jogadores a cada ciclo a menos que seja detectada uma situação vencedora ou o tabuleiro esteja já totalmente preenchido.

4. Módulo de Lógica do Jogo

4.1 Representação do Estado do Jogo

A representação interna do estado do jogo depende das classes *Peca* e *Tabuleiro*.

- Classe: *Peca*

Os objectos desta classe pretendem ser uma representação das peças reais de jogo. Como tal têm obviamente quatro membros-dado que definem a peça representada. Cada característica da peça é dada por um valor booleano. Assim, as variáveis *bool branca*, *bool grande*, *bool redonda* e *bool macica* tomam valores *true* ou *false* conforme a peça em questão. Por exemplo, se a peça for preta,

grande, redonda e oca a sua representação interna na forma de objecto da classe *Peca* será feita da seguinte forma: *branca = false*; *grande = true*; *redonda = true*; e *macica = false*.

A estas quatro variáveis foi acrescentado um quinto membro-dado *bool naoPeca*. Para peças reais esta variável terá de assumir obrigatoriamente o valor *false*. A variável *naoPeca* assumirá o valor *true* quando for necessário "preencher" a matriz tabuleiro com casas vazias. O que se faz é preenchê-lo com peças que não têm um paralelo na realidade (não-peças) e que servem apenas para reservar a posição sem permitir a proliferação de valores desconhecidos.

O construtor sem argumentos da classe cria não-peças em que a variável *naoPeca* toma o valor *true* e ás demais variáveis é atribuído por defeito o valor *false*. O construtor com argumentos recebe por valor os atributos da peça a criar e por defeito atribui a *naoPeca* o valor *false*.

O método *string representacaoPeca() const* retorna a informação do objecto do tipo *Peca.* Se o objecto for uma não-peça são retornados três espaços. Caso o objecto seja a representação de uma peça real são concatenados três caracteres de acordo com o seguinte modelo:

- 1º caracter (Forma): '(' redonda, '[' quadrada;
- 2º caracter (Tamanho e Cor): 'b' branca, 'p' preta; <maiúscula> grande, <minúscula> pequena;
- 3º caracter (Preenchimento): '!' macica, ';' oca.

Para finalizar a definição da classe foram implementados os operadores == e << para realizar as tarefas normalmente a eles atribuídas. O operador << imprime o resultado da invocação de *string representacaoPeca() const.*

- Classe: *Tabuleiro*

Internamente o tabuleiro é visto como uma matriz 4x4 de objectos da classe *Peca*. De notar que os índices da matriz estão totalmente encapsulados devendo as classes exteriores usar a numeração natural começada em 1. Ás classes exteriores é também exigido que passem apenas valores válidos aos métodos de *Tabuleiro* uma vez que estes não procedem a qualquer tipo de verificação explícita de coerência dos dados.

Na definição da classe incluiram-se dois membros-dado. Um *const Peca naoPeca* que guarda uma representação de não-peças (útil para comparações) e a própria matriz como vector de vectores de objectos da classe *Peca*, *vector< vector<Peca> > matriz*.

Os métodos definidos nesta classe destinam-se essencialmente a servir a classe *Jogo* actualizando e verificando o estado da matriz tabuleiro:

- Construtor *Tabuleiro(const Peca&)*: gera a matriz preenchida com copias da peça referenciada como parâmetro (em situação normais, uma não-peça);
- *void imprimeTabuleiro() const*: imprime tabuleiro como discutido na secção 4.2;
- *bool estaLivre(int, int) const*: testa se posição do tabuleiro está livre;
- *void inserePeca(int, int, const Peca&)*: insere peça na posição indicada;
- *bool vencedor() const*: detecta situações vencedoras;
- *bool estaCheio() const*: testa se tabuleiro está cheio percorrendo a matriz e chamando *bool estaLivre(int, int) const* para cada célula.

Todos os métodos têm uma implementação simples e intuitiva. Pensa-se que apenas o método *bool vencedor() const* merece uma explicação mais aprofundada. A detecção de situações vencedoras aproveita a representação booleana das características das peças. O que se faz é percorrer as linhas, colunas, diagonais e quadrados 2x2 com cinco variáveis auxiliares que vão sendo incrementadas ou mantidas conforme a peça existente na célula em questão. Tomemos como

exemplo a variável *int grd* (grande) que é colocada a 0 a cada leitura de um novo bloco. Em cada célula a variável é incrementada se a peça aí existente for grande (equivalente a *grande = true*) e mantida se a peça em questão for pequena (equivalente a *grande = false*). Considerem-se três situações:

- *grd*, depois de ser lido o bloco, apresenta um valor diferente de 0 ou 4. Ficamos a saber que as peças nem são todas grandes nem são todas pequenas;
- *grd*, depois de ser lido o bloco, apresenta um valor igual a 0 ou 4. Ficamos a saber que uma das características, grande ou pequena, se manteve e estamos portanto numa situação de vitória;
- Salvaguarde-se a situação em que a variável *int npc* (não-peca) apresente valor não nulo. Daí concluímos que o bloco não está totalmente preenchido e invalida-se a situação anterior.

Esta análise é feita também para as restantes varíaveis: *int brc* (branca), *int red* (redonda) e *int mac* (maciça). O método usa a variável *bool win* para aglomerar toda esta informação e retorna *true* se encontrar uma situação vencedora em algum dos blocos – correspondente a alguma das variáveis *grd*, *brc*, *red*, *mac* apresentar um valor igual a 0 ou 4 e a variável *npc* se manter nula (*win = true*).

4.2 Visualização do Estado do Jogo

A materialização do tabuleiro está implementada em *void Tabuleio::imprimeTabuleiro() const* que gera uma grelha em modo texto como a apresentada. A materialização das peças nele contidas é o resultado da simples utilização do operador << sobre objectos da classe *Peca*.

```
#__A__#__B__#__C__#__D__#
|     |     |     |     |
1     |     |     |     1
|     |     |     |     |
#-----|-----|-----|-----#
|     |     |     |     |
2     |     | (B; |     2
|     |     |     |     |
#-----|-----|-----|-----#
|     |     |     |     |
3 (P; |     |     |     3
|     |     |     |     |
#-----|-----|-----|-----#
|     |     |     |     |
4     |     | [p; |     4
|     |     |     |     |
#__A__#__B__#__C__#__D__#
```

Visualização do Estado do Jogo

Como seria de esperar a nomenclatura utilizada no tabuleiro, para linhas de 1 a 4 e para colunas de A a D, é a que é pedida ao utilizador aquando da introdução dos dados relativos à posição em que quer jogar a peça escolhida.

4.3 Validação de Jogadas

A forma como o jogo se desenvolve internamente é descrita na classe *Jogo* que depende das duas já apresentadas e de outras duas, *Jogador* e *MyException*. A classe *Jogo* é ainda responsável pela interface que permite a comunicação entre jogadores e máquina, bem como pelo tratamento de

erros cometidos por estes na introdução dos dados. Far-se-á primeiro uma breve descrição destas classes e de seguida serão descritos os procedimentos para validação de jogadas.

- Classe: *Jogador*

Esta é uma classe bastante simples cujos objectos pretendem representar os jogadores. No Quarto as peças são independentes dos jogadores e por isso como membro-dado apenas se definiu *string nome*. Para operar com estes objectos codificaram-se métodos básicos. Um construtor sem parâmetros que cria jogadores com nome vazio, *get*s e *set*s. Definiu-se também o operador << .

- Classe: *MyException*

Para auxiliar a classe *Jogo* no tratamento de excepções foi criada a classe *MyException* cujos objectos são lançados aquando da ocorrência de alguma situação anormal. Estes objectos têm como membro-dado *const string mensagem* que é utilizado para comunicar ao utilizador o tipo de erro quando a excepção for interceptada.

- Classe: *Jogo*

Se as três primeiras classes apresentadas representavam os elementos físicos presentes no jogo a classe *Jogo* agrupa estes elementos e estabelece a dinâmica segundo a qual se relacionam.

Como membros-dado da classe definiram-se:

- *Tabuleiro Tab;*
- *Jogador jogadores[2]*;
- *int jogadorActivo* que guarda o índice (0 ou 1) do jogador que está a executar a jogada (relativamente ao array destes);
- *vector<Peca> pecas* que guarda as peças ainda não jogadas.

Os métodos aqui implementados gerem a dinâmica de jogo:

- Construtor *Jogo()*: cria um objecto para um novo jogo. Inicializa o tabuleiro com não-peças, pede os nomes dos jogadores e actualiza os elementos de *jogadores*, atribui um valor aleatório (0 ou 1) a *jogadorActivo* e coloca as 16 peças iniciais do jogo em *pecas*;
- *void jogar()*: desencadeia a acção do jogo propriamente dita;
- *void trocaJogador()*: dá a vez ao jogador seguinte alterando o membro-dado *jogadorActivo*;
- *void listarPecas()*: imprime os elementos de *pecas* para que os jogadores saibam que peças ainda podem jogar;
- *bool executaJogada()*: executa uma jogada pedindo a um dos jogadores a peça a ser jogada e ao seu adversário a posição do tabuleiro onde esta deve ser colocada.

Existem ainda 3 membros-função - *int interChar1(char), int interChar2(char), int interChar3(char)* – que se destinam a interpretar caracteres introduzidos pelo utilizador em várias situações: caracter lido para peça, caracter lido para linha e caracter lido para coluna, respectivamente. Se esse caracter for válido as funções retornam um valor significativo. Se não, lançam uma excepção com a mensagem de erro apropriada. Optou-se por receber todos os dados do utilizador em forma de *string* uma vez que assim é possível ao programador controlar mais eficazmente a ocorrência de erros sem que a execução do programa seja afectada.

É possível agora apresentar o mecanismo de validação de jogadas implementado em *bool executaJogada()*. Este método recebe os dados introduzidos pelos jogadores e desencadeia os processos que levam à actualização do estado do jogo. Por ser aqui que é pedida a intervenção dos utilizadores este é o ponto mais sensível da aplicação e no qual é fundamental antever situações anómalas. Para isso foi implementado um mecanismo de detecção de dados inválidos que impede que o programa os assimile, avisa o utilizador e volta a pedir os dados. Basicamente esta rotina intercepta as excepções lançadas pelos métodos discutidos no parágrafo anterior e não deixa o programa avançar enquanto não conseguir informação dentro do âmbito definido. Este mecanismo impede também que uma peça seja jogada numa casa já ocupada.

4.4 Execução de Jogadas

Assumindo jogadores ideais que não cometem erros e que introduzem sempre a informação adequada podemos simplificar a descrição de *bool Jogo::executaJogada()* da seguinte forma:

- Lista peças por jogar invocando *void Jogo::listarPecas()*;
- Pede a um dos jogadores a peça a ser jogada aproveitando o facto de na listagem das peças ser atribuido a cada uma delas um caracter identificativo;
- Calcula índice da peça no vector *pecas*;
- Pede ao outro jogador a posição do tabuleiro em que quer jogar a peça;
- Insere a peça escolhida na posição indicada do tabuleiro;
- Retira a peça do vector *pecas* (relembra-se que este vector apenas contém peças que ainda não foram jogadas.

4.5 Avaliação do Tabuleiro e Final do Jogo

O decorrer do jogo processa-se em *void Jogo::jogar()* com um laço incondicional que é quebrado a partir de dentro em situações de final de jogo conforme a lógica seguinte:

- Executa jogada (*bool Jogo::executaJogada()*);
- Imprime tabuleiro resultante (*void Tabuleiro::imprimirTabuleiro()*);
- Avalia se o estado do tabuleiro representa uma vitória (*bool Tabuleiro::vencedor()*). Se sim declara o jogador actual vencedor e quebra;
- Avalia se o estado do tabuleiro representa um empate (*bool Tabuleiro::estaCheio()*). Se sim anuncia empate e quebra;
- Dá a vez ao jogador seguinte (*void Jogo::trocaJogador()*).

5. Conclusões e Perspectivas de Desenvolvimento

Fica assim descrita toda a lógica de jogo implementada. Pensa-se que o módulo de jogo propriamente dito se encontra já num estádio de maturação bastante elevado. No entanto, apesar de se considerar que o desenvolvimento da representação interna está terminado, reconhece-se que esta não é uma aplicação apresentável ao público e que carece de uma boa interface bem como de mais opções a nível do menu como a possibilidade de guardar o jogo para continuar mais tarde, etc.

A. Bibliografia

Harvey & Paul Deitel. C++ How to Program (5th Edition). Alexandria, VA: Prentice Hall, 2005.

“C++ Reference” 15 Maio. 2008
<http://www.cppreference.com>

“Quarto (board game) - Wikipedia, the free encyclopedia.” 15 Maio. 2008
<http://en.wikipedia.org/wiki/Quarto_(board_game)>.

“Programação 2 Wiki” 15 Maio. 2008
<http://gnomo.fe.up.pt/~pmcm/pmwiki.php/Disciplinas/PROG2>

B. Anexos – Código Fonte

```
// Peca.h
// Definição da classe Peca

#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

#ifndef PECA_H_
#define PECA_H_

class Peca {
      public:
            Peca();          // Cria não-peças que preenchem o tabuleiro inicial
            Peca(bool,bool,bool,bool);
                  // Cria peças reais segundo descrição passada por valor
            ~Peca();
            string representacaoPeca() const;
                  // Retorna representação (3 caracteres)
            bool operator==(const Peca&) const;
                  // Compara descrição de duas peças

                                    // Dados:
            bool grande,            // Descrição total da peça
                  branca,
                  redonda,
                  macica,
                  naoPeca;   // true apenas para nÃ£o-peÃ§as
};

ostream& operator<<(ostream &,Peca); // Declaração

#endif /*PECA_H_*/

/* ========================================================================
      Representação de peças reais de jogo;
      Permite também criação de não-peças para preenchimento do tabuleiro;

      Cada peça tem uma de duas característica relativa a quatro qualidades:
       - Tamanho: Grande ou Pequena;
       - Cor: Branca ou Preta;
       - Forma: Redonda ou Quadrada;
```

```
       - Preenchimento: Maciça ou Oca;
      Acrescentou-se uma 5Âª qualidade:
       - Tipo: não-peça ou Peça
                  O objectivo é poder usar peças que não o são no preenchimento
                  inicial da matriz tabuleiro;

      Nota relativa ao construtor de não-peças: os valores dados a grande,
       branca, redonda e macica servem apenas para simplificar situações de
       comparação não tendo nenhum significado real;

      Modo de representação:
       1º Caracter (Forma): '(' redonda, '[' quadrada
       2º Caracter (Tamanho + Cor): 'b' branca, 'p' preta
                                  : <maiúscula> grande, <minúscula> pequena
       3º Caracter (Preenchimento): '!' macica, ';' oca

      Implementação permite utilização de "<<" para imprimir representação
      da peça e "==" para comparar peças.

      Nota relativa à política de privacidade: Gets e Sets foram
       considerados desnecessários uma vez que dificultariam o uso da classe
       e se verificou que não é possível atribuir valores inválidos aos
       membros-dado da classe. É possível atribuir valores que não
       queremos mas não é possível atribuir valores inválidos.
   ========================================================================== */

// Peca.cpp
// Implementação dos métodos da classe Peca

#include "Peca.h"

Peca::Peca() { // Cria não-peças
      grande = false; branca = false; redonda = false;
      macica = false; naoPeca = true;
}

Peca::Peca(bool grd, bool brc, bool red, bool mac) {
      grande = grd; branca = brc; redonda = red;
      macica = mac; naoPeca = false;
}

Peca::~Peca(){ }

string Peca::representacaoPeca() const {
      string ret; // Variável a retornar

      if(naoPeca) return "   ";
      else {
            if(redonda) ret += "(";
            else ret += "[";

            if(branca) {
                  if(grande) ret += "B";
                  else ret += "b";
            } else {
                  if(grande) ret += "P";
                  else ret += "p";
            }

            if(macica) ret += "!";
            else ret += ";";
```

```
	}
	return ret;
}

bool Peca::operator== (const Peca &piece) const {
	if ( grande == piece.grande &&
		branca == piece.branca &&
		redonda == piece.redonda &&
		macica == piece.macica &&
		naoPeca == piece.naoPeca )
		return true;
	else
		return false;
}

ostream& operator<<(ostream& os, Peca p) {
	os << p.representacaoPeca();
	return os;
}
```

```
// Tabuleiro.h
// Definição da classe Tabuleiro

#include <vector>
#include "Peca.h"
using namespace std;

#ifndef TABULEIRO_H_
#define TABULEIRO_H_
#define TABULEIRO_DIM 4		// Tabuleiro 4x4

class Tabuleiro {
	public:
		Tabuleiro(const Peca &);
	// Cria tabuleiro preenchido com cópias da peça passada por referência
		~Tabuleiro();
		void imprimeTabuleiro() const;		// Imprime tabuleiro
		bool estaLivre(int row, int col) const;
			// Testa se posição (row-1,col-1) está vazia
		void inserePeca(int row, int col, const Peca &p);
			// Insere peça p na posição (row-1,col-1)
		bool vencedor() const;
			// Determina se tabuleiro se encontra em estado vencedor
		bool estaCheio() const;		// Testa se tabuleiro está cheio
	private:
						// Dados:
		const Peca naoPeca;	// Guarda a descrição de não-peças
		vector< vector<Peca> > matriz;
			// Matriz tabuleiro como vector de vectores de peças
};

#endif /*TABULEIRO_H_*/

/* ========================================================================
    Representação do tabuleiro real de jogo;

    O tabuleiro é visto como uma matriz de peças. Ele deve ser inicialmente
    preenchido com não-peças (abstracção adoptada para impedir valores
    desconhecidos). Os índices da matriz estão totalmente encapsulados
    devendo as classes exteriores usar a numeração natural começada em
```

```
    1 e não em 0. As classes exteriores só podem passar valores válidos;

    Antes de se colocar uma peça numa determinada posição devemos
    assegurar-mo-nos que ela não está já preenchida com uma peça real.

    A detecção de situações vencedoras aproveita a representação booleana
    das características das peças. O que se faz Ã© percorrer linhas, colunas,
    diagonais e quadrados 2x2 com 5 variáveis auxiliares que vão sendo
    incrementadas ou mantidas conforme a peça existente na célula em questão.
    Tomemos como exemplo a variável grd (grande). Em cada célula a variável é
    incrementada se a peça aí existente for grande e mantida se a peça em
    questão for pequena (equivalente a grande = false). Consideremos duas
    situações:
     - A variável, depois de ser lido o bloco apresenta um valor
       diferente de 0 ou 4. Ficamos a saber que as peças nem são todas grandes
       nem são todas pequenas;
     - A variável, depois de ser lido o bloco
       apresenta um valor igual a 0 ou 4. Ficamos a saber que
       uma das características, grande ou pequena, se manteve
       ao longo de todas as peças do bloco e estamos portanto numa situação
       de vitória.
     - Salvaguarde-se a situação em que a variável npc (naoPeca) apresente
       valor positivo. Daí concluímos que o bloco não está totalmente
       preenchido e invalida-se a afirmação do ponto anterior.

    As situações de empate estão cobertas por estaCheio cuja função é
    determinar se o tabuleiro se encontra totalmente preenchido com peças
    reais.
   ========================================================================== */

// Tabuleiro.cpp
// Implementação dos métodos da classe Tabuleiro

#include "Tabuleiro.h"

Tabuleiro::Tabuleiro(const Peca &my_naoPeca)
      : naoPeca(my_naoPeca)
{
      matriz.resize(TABULEIRO_DIM); // Dimensiona linhas da matriz

      for(int row = 0; row < TABULEIRO_DIM; row++) {
            matriz[row].resize(TABULEIRO_DIM);
                  // Dimensiona colunas para cada linha da matriz

            for(int col = 0; col < TABULEIRO_DIM; col++) {
                  matriz[row][col] = naoPeca;   // Preenche com naoPeca
            }
      }
}

Tabuleiro::~Tabuleiro() {}

void Tabuleiro::imprimeTabuleiro() const {
      cout << "   #";
      for(int i = 0; i < TABULEIRO_DIM; i++) {
            cout << "__" << (char)(i+(int)'A') << "__#";
                  /* "   #__A__#__B__#__C__#__D__#" */
      }
      cout << endl;

      for(int i = 1; i <= TABULEIRO_DIM; i++) {
```

```
            cout << "    |";
            for(int j = 1; j <= TABULEIRO_DIM; j++) {
                  cout << "     |";
                  /* "    |     |     |     |     |" */
            }
            cout << endl;

            cout << "    " << i;
            for (int j = 1; j <= TABULEIRO_DIM; j++) {
                        cout << " " << matriz[i-1][j-1];
                  /* "    1 [p; |     | [B! |     1" */
                        if(j < TABULEIRO_DIM) cout << " |";
            }
            cout << " " << i << endl;

            cout << "    |";
            for(int j = 1; j <= TABULEIRO_DIM; j++) {
                  cout << "     |";
                  /* "    |     |     |     |     |" */
            }
            cout << endl;

            if(i < TABULEIRO_DIM) {
                  cout << "    #";
                  for(int j = 1; j <= TABULEIRO_DIM; j++) {
                        if(j < TABULEIRO_DIM) cout << "-----|";
                        else cout << "-----#";
                  /* "    #-----|-----|-----|-----#" */
                  }
                  cout << endl;
            }
      }

      cout << "    #";
      for (int i = 0; i < TABULEIRO_DIM; i++) {
            cout << "__" << (char)(i+(int)'A') << "__#";
            /* "    #__A__#__B__#__C__#__D__#" */
      }
      cout << endl;
}

bool Tabuleiro::estaLivre(int row, int col) const {
      return matriz[row-1][col-1] == naoPeca;
            // Posição livre se peça aí existente for naoPeca

}

void Tabuleiro::inserePeca(int row, int col,const Peca &p) {
      matriz[row-1][col-1] = p;
}

bool Tabuleiro::vencedor() const {
            // 1: Testar linhas, colunas, diagonais e quadrados 2x2
            // 2: Verificar no fim de cada leitura se variáveis auxiliares
            //    estão em estado vencedor
            // 3: Retornar se tabuleiro está em estado vencedor
      int row, col;
      bool win = false; // Ainda não se verificou situação vencedora

      int grd = 0, brc = 0, red = 0, mac = 0, npc = 0;
```

```
            // Variáveis auxiliares a 0

                                    // Testa linhas
                                    // Reinicializa auxiliares a cada nova linha
      for(row = 0; row < TABULEIRO_DIM; grd = 0, brc = 0, red = 0, mac = 0, npc
=                                                                    0, row++) {

            for(col = 0; col < TABULEIRO_DIM; col++) {
                  // Incrementa ou mantém auxiliares em cada posição
                  grd += matriz[row][col].grande;
                  brc += matriz[row][col].branca;
                  red += matriz[row][col].redonda;
                  mac += matriz[row][col].macica;
                  npc += matriz[row][col].naoPeca;
            }
                              // Testa se auxiliares estão em estado vencedor
            win =  (!(grd % TABULEIRO_DIM) ||
                     !(brc % TABULEIRO_DIM) ||
                     !(red % TABULEIRO_DIM) ||
                     !(mac % TABULEIRO_DIM))
                     && (!npc);

            if(win) return true;    // Se sim retorna true
      } // Linha seguinte

      grd = 0; brc = 0; red = 0; mac = 0; npc = 0;    // Variáveis auxiliares a 0

                                    // Testa colunas
                                    // Mesma estrutura que teste anterior
      for(col = 0; col < TABULEIRO_DIM; grd = 0, brc = 0, red = 0, mac = 0, npc
=                                                                    0, col++) {

            for(row = 0; row < TABULEIRO_DIM; row++) {
                  grd += matriz[row][col].grande;
                  brc += matriz[row][col].branca;
                  red += matriz[row][col].redonda;
                  mac += matriz[row][col].macica;
                  npc += matriz[row][col].naoPeca;
            }

            win =  (!(grd % TABULEIRO_DIM) ||
                     !(brc % TABULEIRO_DIM) ||
                     !(red % TABULEIRO_DIM) ||
                     !(mac % TABULEIRO_DIM))
                     && (!npc);

            if(win) return true;
      } // Coluna seguinte

      grd = 0; brc = 0; red = 0; mac = 0; npc = 0;    // Variáveis auxiliares a 0

                                    // Testa diagonal principal
      for(row = 0, col = 0; col < TABULEIRO_DIM; row++, col++) {
            grd += matriz[row][col].grande;
            brc += matriz[row][col].branca;
            red += matriz[row][col].redonda;
            mac += matriz[row][col].macica;
            npc += matriz[row][col].naoPeca;
      }

      win =  (!(grd % TABULEIRO_DIM) ||
```

```
                !(brc % TABULEIRO_DIM) ||
                !(red % TABULEIRO_DIM) ||
                !(mac % TABULEIRO_DIM))
                && (!npc);

        if(win) return true;

        grd = 0; brc = 0; red = 0; mac = 0; npc = 0;    // Variáveis auxiliares a 0

                                        // Testa diagonal não principal
        for(row = 0, col = TABULEIRO_DIM - 1; col >= 0; row++, col--) {
              grd += matriz[row][col].grande;
              brc += matriz[row][col].branca;
              red += matriz[row][col].redonda;
              mac += matriz[row][col].macica;
              npc += matriz[row][col].naoPeca;
        }

        win =  (!(grd % TABULEIRO_DIM) ||
                !(brc % TABULEIRO_DIM) ||
                !(red % TABULEIRO_DIM) ||
                !(mac % TABULEIRO_DIM))
                && (!npc);

        if(win) return true;

        grd = 0; brc = 0; red = 0; mac = 0; npc = 0;    // Variáveis auxiliares a 0

                        // Testa quadrados 2x2
                        // Percorre posições com índice de linha e de coluna
                        // entre 0 e 2. Assume cada posição como vértice
superior
                        // esquerdo do quadrado 2x2
                        // Reinicializa auxiliares a cada novo quadrado
        for(row = 0; row < TABULEIRO_DIM-1; row++) {
              for(col = 0; col < TABULEIRO_DIM-1; grd = 0, brc = 0, red = 0, mac =
                                                        0, npc = 0, col++) {

                    grd = matriz[row][col].grande + matriz[row][col+1].grande +
                                matriz[row+1][col].grande + matriz[row+1]
[col+1].grande;

                    brc = matriz[row][col].branca + matriz[row][col+1].branca +
                                matriz[row+1][col].branca + matriz[row+1]
[col+1].branca;

                    red = matriz[row][col].redonda + matriz[row][col+1].redonda +
                    matriz[row+1][col].redonda + matriz[row+1][col+1].redonda;

                    mac = matriz[row][col].macica + matriz[row][col+1].macica +
                                matriz[row+1][col].macica + matriz[row+1]
[col+1].macica;

                    npc = matriz[row][col].naoPeca + matriz[row][col+1].naoPeca +
                    matriz[row+1][col].naoPeca + matriz[row+1][col+1].naoPeca;

                    win =  (!(grd % TABULEIRO_DIM) ||
                          !(brc % TABULEIRO_DIM) ||
                          !(red % TABULEIRO_DIM) ||
                          !(mac % TABULEIRO_DIM))
                          && (!npc);
```

```
                    if(win) return true;
                }
        }
        return false;
        // Se chega a esta ponto então o tabuleiro não está num estado vencedor
}


bool Tabuleiro::estaCheio() const {
        for (int row = 1; row <= TABULEIRO_DIM; row++)
                    for (int col = 1; col <= TABULEIRO_DIM; col++)
                          if(estaLivre(row, col))
                          // Invoca estaLivre para cada posição do tabuleiro

                                return false;
        return true;
}
```

```
// Jogador.h
// Definição da classe Jogador

#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

#ifndef JOGADOR_H_
#define JOGADOR_H_

class Jogador {
        public:
                Jogador();
                ~Jogador();
                void setNome(string);
                string getNome() const;
        private:
                                        // Dados:
                string nome;            // Nome do jogador
};

ostream& operator<<(ostream&,Jogador);    // Declaração

#endif /*JOGADOR_H_*/

/* ========================================================================
    Representação do jogador real;
    Única característica relevante é o nome;
    Implementação permite utilização de "<<" para imprimir nome do
      jogador.
   ======================================================================== */

// Jogador.cpp
// Implementação dos métodos da classe Jogador

#include "Jogador.h"

Jogador::Jogador() {}

Jogador::~Jogador() {}
```

```
void Jogador::setNome(string n) {
	nome = n;
}

string Jogador::getNome() const {
	return nome;
}

ostream& operator<<(ostream& os, Jogador j) {
	os << j.getNome();
	return os;
}
```

```
// MyException.h
// Definição da classe MyException

#include <string>
#include <iostream>
using namespace std;

#ifndef MYEXCEPTION_H_
#define MYEXCEPTION_H_

class MyException {
	public:
		MyException(string);
		~MyException();
		string getMensagem() const;
	private:
		                                        // Dado:
		const string mensagem;  // Mensagem a ser apresentada ao utilizador
};

ostream& operator<<(ostream&, MyException); // Declaração

#endif /*MYEXCEPTION_H_*/

/* ========================================================================
	Suporte para o lançamento de excepções
	Implementação permite utilização de "<<" para imprimir mensagens
	de erro.
   ======================================================================== */
```

```
// Jogo.h
// Definição da classe Jogo

#include <iostream>
#include <ctime>
#include <cstdlib>
#include <vector>
#include <string>
#include <fstream>
#include "Peca.h"
#include "Jogador.h"
#include "Tabuleiro.h"
#include "MyException.h"
using namespace std;

#ifndef JOGO_H_
```

```
#define JOGO_H_

class Jogo {
      public:
            Jogo();           // Cria novo jogo
            ~Jogo();
            void jogar();     // Desenvolvimento do jogo
      private:
                                          // Dados:
            Tabuleiro Tab;          // Tabuleiro
            Jogador jogadores[2];   // Array de jogadores
            int jogadorActivo;
                  // Jogador actual (geração aleatória de primeiro valor)
            vector<Peca> pecas;// Vector de peças que ainda não foram jogadas

                                          // Membros-função específicos:
            void trocaJogador();    // Dá a vez ao jogador seguinte
            void listarPecas();     // Lista peças não jogadas
            int interChar1(char);
                        // Interpreta significado de caracter lido para peça
            int interChar2(char);
                        // Interpreta significado de caracter lido para linha
            int interChar3(char);
                        // Interpreta significado de caracter lido para coluna
            bool executaJogada();   // Executa jogada: pergunta peça e posição
};

#endif /*JOGO_H_*/

/* ========================================================================
      Representação da dinâmica de jogo;

    A geração de um objecto do tipo Jogo implica a criação de um tabuleiro
    preenchido com não-peças. É criado também um array de jogadores.
    A variável jogadorActivo é de extrema importância
    uma vez que simplifica a maneira como se troca de jogador.
    A esta variável é dado no início um valor aleatório simulando o
    lançamento do dado para ver quem joga primeiro. O vector pecas guarda
    as peças ainda não jogadas e é inicializado com as 16 peças do jogo;

    Procedimento para cada jogada:
     - O adversário escolhe uma peça
     - Jogador actual escolhe uma posição (verificar se posição já está
       ocupada)
     - A peça Ã© colocada no tabuleiro
     - A peça Ã© retirada do vector pecas
     - Percorre-se o tabuleiro para saber se o jogador actual realizou
       jogada vencedora
     - Percorrer-se o tabuleiro para determinar se ainda existem casas
       livres. Se tal não acontecer é anunciado empate.
     - Se nenhum dos dois últimos pontos se verificar é dada a vez
       ao jogador seguinte
   ======================================================================== */

// Jogo.cpp
// Implementação dos métodos da classe Jogo

#include "Jogo.h"

Jogo::Jogo()
      : Tab(Peca())
```

```
{
	string nomeTmp;
		cout << "Nome do Jogador 1: ";
		getline(cin,nomeTmp);
		jogadores[0].setNome(nomeTmp);
		cout << "Nome do Jogador 2: ";
		getline(cin,nomeTmp);
		jogadores[1].setNome(nomeTmp);

	srand(time(NULL));	// Geração aleatória
	jogadorActivo = rand()%2;

	pecas.resize(17); // Não é utilizado pecas[0]

	pecas[1] = Peca(1,1,1,1); pecas[2] = Peca(1,1,1,0);
	pecas[3] = Peca(1,1,0,1); pecas[4] = Peca(1,1,0,0);
	pecas[5] = Peca(1,0,1,1); pecas[6] = Peca(1,0,1,0);
	pecas[7] = Peca(1,0,0,1); pecas[8] = Peca(1,0,0,0);
	pecas[9] = Peca(0,1,1,1); pecas[10] = Peca(0,1,1,0);
	pecas[11] = Peca(0,1,0,1); pecas[12] = Peca(0,1,0,0);
	pecas[13] = Peca(0,0,1,1); pecas[14] = Peca(0,0,1,0);
	pecas[15] = Peca(0,0,0,1); pecas[16] = Peca(0,0,0,0);
			// Preenchido segundo tabela de valores binários
}

Jogo::~Jogo() { }

void Jogo::trocaJogador() {
	jogadorActivo = ((jogadorActivo + 1) % 2);	// Alterna entre 0 e 1
}

void Jogo::listarPecas() {
	cout << endl << "\tPecas por jogar:";
	int ind; vector<Peca>::iterator it;
	for(ind = 0, it = pecas.begin() + 1; it != pecas.end(); ind++, it++) {
				// pecas[0] não tem significado
		if( !(ind % 4) ) {cout << endl << "\t\t\t";}// Quebra de linha
		cout << (char)('a'+ind) <<":" << (*it) << "  ";
	}
	cout << endl << endl;
}

int Jogo::interChar1(char c) {
			// Interpreta caracter lido relativo à peça a jogar
			// Retorna índice da peça no vector pecas
			// Lança excepção se o caracter estiver fora de âmbito
	char max = (char)((pecas.size()-1) + 'a' - 1);
		// Calcula letra da última peça da lista apresentada ao utilizador
	if(c >= 'a' && c <= max)			// Se valor válido
		return (c % 'a') + 1;	// retorna índice da peça no vector pecas
	else if(c >= 'A' && c <= ('A' + (max % 'a')))
					// Tornar a aplicação mais permissiva
		return (c % 'A') + 1;
	else {			// Se valor inválido lança excepção com a mensagem
adequada
		string msg = "para indicar a peça use letras de 'a' a "; msg += "'";
							msg += max; msg += "'" ;
		throw MyException(msg);
	}
}
```

```
int Jogo::interChar2(char c) {
                        // Interpreta caracter lido relativo a linha
                        // Retorna índice de linha da matriz
                        // Lança excepção se o caracter estiver fora de âmbito
      if(c >= '1' && c <= '4')
            return c % '0';
      else throw MyException("para indicar a linha use 1,2,3 ou 4");
}

int Jogo::interChar3(char c) {
                        // Interpreta caracter lido relativo a coluna
                        // Retorna índice de coluna da matriz
                        // Lança excepção se o caracter estiver fora de âmbito
      if(c >= 'A' && c <='D')
            return (c % 'A') + 1;
      else if(c >= 'a' && c <= 'd') // Tornar a aplicação mais permissiva
            return (c % 'a') + 1;
      else throw MyException("para indicar a coluna use A,B,C ou D");
}

bool Jogo::executaJogada() {
                        // 1: Peça a jogar?
                        // 2: Onde jogar?
                        // 3: Actualizar tabuleiro e vector de peças não jogadas
                        // Tratamento exaustivo de excepções
      vector<Peca>::iterator indPeca; string charPeca;
      int row, col; string charPos;
      bool erro;  // Permite repetir laços enquanto ocorrerem excepções

      cout << jogadores[jogadorActivo] << " joga!" << endl;
      listarPecas();

      do {  // Repete enquanto houver erros nos dados introduzidos
            cout << jogadores[(jogadorActivo + 1)%2] << " escolhe a peca" <<

      endl;
            erro = false;  // Ainda não se verificaram erros
            try {
                  cout << "letra da peca?(z para sair):"; getline(cin,charPeca);
            // Usado getline uma vez que "cin>>" traz problemas à manutenção
            // da estabilidade da aplicação
                  if( charPeca.length() != 1) throw MyException("deve
especificar                                                exactamente um
caracter");
                        // Queremos 1 e 1 só caracter
                  if( charPeca[0] == 'z' || charPeca[0] == 'Z') return false;
            // Retorna booleano para que intenção de sair possa ser transmitida
            // ás duas funções que se encontram acima na ordem de chamada
                  indPeca = pecas.begin() + interChar1(charPeca[0]);
             // Coloca o iterador na posição da peça escolhida
            }
            catch(MyException err) { // Avisar o utilizador
                  cout << endl << "\tAtenção: " << err << endl << endl;
                  erro = true;      // Para que ciclo se repita
            }
      } while(erro);

      do {  // Repete enquanto houver erros nos dados introduzidos
            cout << jogadores[jogadorActivo] << " onde jogar  " << (*indPeca) <<
                                                      "  ?" << endl;
            erro = false;     // Ainda não se verificaram erros
```

```
            try {
                  cout << "Posição?:"; getline(cin,charPos);
                  if( charPos.length() != 2) throw MyException("para especificar
                                    posição deve digitar, por exemplo, A1");
                        // Queremos 2 e só 2 caracteres
                  if( charPos[0] >= '0' && charPos[0] <= '9' && (charPos[1] <
'0'                                                   || charPos[1] > '9')) {
                  row = interChar2(charPos[0]); col = interChar3(charPos[1]);
                  }     // Se primeiro caracter é numérico e o segundo não,
passar valores aos respectivos interChars
                  else if( charPos[1] >= '0' && charPos[1] <= '9' && (charPos[0]
                                                < '0' || charPos[0] > '9')) {
                  row = interChar2(charPos[1]); col = interChar3(charPos[0]);
                  }     // Se segundo caracter é numérico e o primeiro não,
passar valores aos respectivos interChars
                  else throw MyException("para especificar posição deve
      digitar,                                                          por
exemplo, A1");
            // Se nenhuma das situações anteriores ocorreu lançamos excepção

                  if (!Tab.estaLivre(row,col)) throw MyException("posição
                                                escolhida ja esta ocupada!");
                  // Se posição escolhida já está ocupada lançamos excepção
            }
            catch(MyException err) {
                  // Mesma estrutura que a sua homóloga anterior
                  cout << endl << "\tAtenção: " << err << endl << endl;
                  erro = true;
            }
      } while(erro);

      Tab.inserePeca(row, col, *indPeca); // Coloca a peça no tabuleiro
      pecas.erase(indPeca);               // Retira a peça de pecas
      return true;                              // O utilizador não pediu para
sair
}

void Jogo::jogar() {
                        // 1: Executa jogada
                        // 2: Testa se vencedor
                        // 3: Testa se empate
                        // 4: Dá a vez ao jogador seguinte
      Tab.imprimeTabuleiro(); // Imprime aspecto inicial do tabuleiro

      while(1) {  // Quebrado a partir de dentro
            if (!executaJogada()) return;
                  // Executa jogada
                  // Se jogador pediu para sair voltamos ao menu
            Tab.imprimeTabuleiro();
                  // Imprime tabuleiro resultante da última jogada

            if(Tab.vencedor()) {
                  // Se estado do tabuleiro é vencedor anuncia vitória
                  cout << jogadores[jogadorActivo] << " Ganhou!" << endl;
                  break;
            }
            if(Tab.estaCheio()) {
                  // Se tabuleiro totalmente preenchido anuncia empate
                  cout << "Empate..." << endl;
                  break;
            }
```

```
            trocaJogador(); // Dá a vez ao jogador seguinte
      } // Repete até termos situação de fim de jogo
      cout << "A terminar..." << endl;
}

// Fim de implementação da classe

// Implementação de funções auxiliares:

void regras() {
                        // Imprime regras de jogo a partir de ficheiro
regras.txt
      try {
            char c;
            ifstream fich("regras.txt");
            if (fich == NULL) throw MyException("impossível mostrar as regras de
                                                                  jogo");
                  // Se ocorreu erro a abrir ficheiro lança excepção
            while(fich.get(c)) cout << c;
      }
      catch(MyException err) { // Avisa utilizador
            cout << endl << "\tAtenção: " << err << endl << endl;
      }
}

void menu() {
      bool erro;
      do {  // Repete enquanto houver erros nos dados introduzidos
            try {
                  erro = false;     // Ainda não se verificaram erros
                  string o;
                  cout << "\t\tQuarto!" << endl
                  << "\ta: Regras" << endl
                  << "\tb: Jogar" << endl
                  << "\tz: Sair" << endl << endl;

                  cout << "Opção?:"; getline(cin,o);
                  if( o.length() != 1) throw MyException("digite apenas a, b ou
                                                                  z");

                  switch( o[0] ) {
                        case 'a': case 'A': regras(); break;
                        case 'b': case 'B': {Jogo novoJogo; novoJogo.jogar();}
                                                                  break;
                        case 'z': case'Z': cout << endl << "\tAté breve!\n";
                                                                  exit(0);
                        default: throw MyException("digite apenas a, b ou z");
                  }
            }
            catch(MyException err) {
                  erro = true;      // Para que ciclo se repita
                  cout << endl << "\tAtenção: " << err << endl << endl;
            }
      } while(erro);
}

int main() {
      while(1) menu();
}
```