Duplo Hex

Relatório Intercalar

Mestrado Integrado em Engenharia Informatica e Computação
Programação em Lógica

Grupo: DuploHex_2
João Manuel Estrada Pereira Gouveia - 201303988
João Pedro Bernardes Mendonça - 201304605

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Roberto Frias, sn, 4200-465 Porto, Portugal

Indice

1 Introdução

O principal objetivo deste projeto é desenvolver capacidades da Programação em Lóogica através da implementação de um jogo de tabuleiro. O jogo escolheido pelo grupo foi o Duplo Hex. Neste relatório encontram-se especificadas as componentes do jogo (condições, jogadas,..), as representações da Interface e alguns detalhes sobre predicados determinantes para o bom funcionamento do jogo.

2 O Jogo Duplo Hex

2.1 História:

Foi criado por José Manuel Astilleros García-Monge e por Néstor Romeral Andrés, dono da empresa responsável pela publicação do DuploHex nestorgames .

2.2 Objetivo

O objetivo do jogo é fazer uma corrente de discos ou aneis da sua cor, nos lados correspondentes.

O jogo termina quando um jogador conseguir fazer ligar ambos os lados paralelos da sua cor com uma corrente de discos ou uma corrente de anéis.

2.3 Equipamento

DuploHex é um jogo de ligações para 2 jogadores parecido com o ***Hex.*** É constituído por um tabuleiro hexagonal de 7x7, 25 anéis pretos e 25 anéis brancos, 25 discos pretos e 25 discos brancos(os discos são do tamanho da abertura do anel).

2.4 Preparação

O tabuleiro começa vazio. Cada jogador escolhe uma cor (branco ou preto).
O branco começa por colocar uma das peças, disco ou anel em qualquer célula do tabuleiro.

2.5 Acções

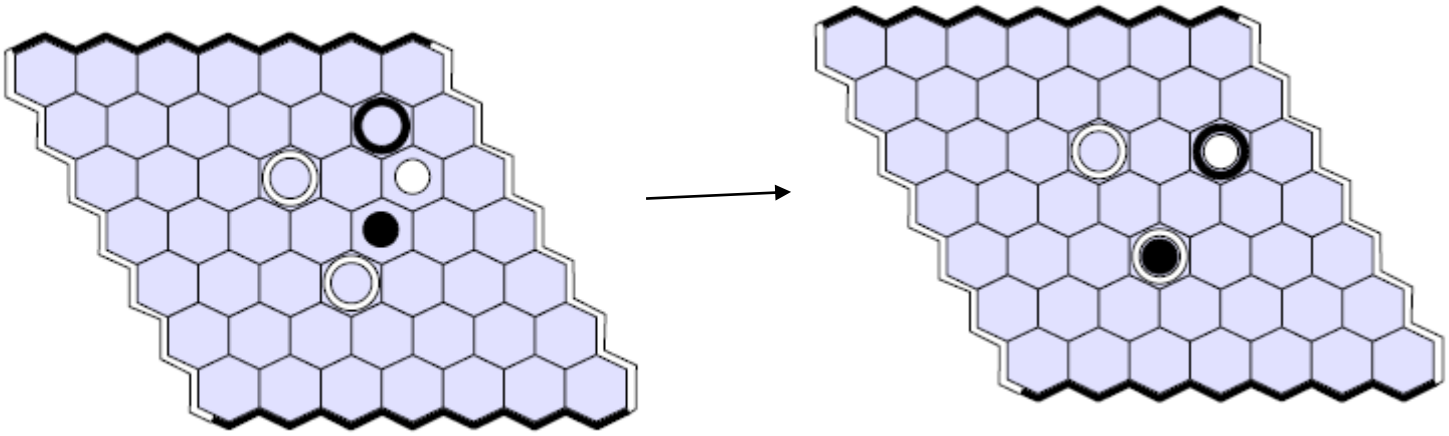
Em cada turno, cada jogador pode colocar uma nova peça no tabuleiro e mover outra.

O jogador branco começa por colocar uma das peças, disco ou anel em qualquer célula do tabuleiro. Daqui em diante, começando com o preto, cada jogador terá de fazer uma acção com um disco e uma ação com um anel, a ordem das ações não é importante.
Com um disco é possível fazer **uma e só uma por turno** destas ações:

- ✓ Colocar um disco numa célula vazia;
- ✓ Mover um disco já existente no tabuleiro para dentro de um anel (branco ou preto) numa célula vizinha. Um disco dentro de um anel não pode ser movido até ao final do jogo.

Com um anel é possível fazer **uma e só uma por turno** destas ações:
Colocar um anel numa célula vazia;

- ✓ Mover um anel já existente no tabuleiro para envolver um disco (branco ou preto) existente numa célula vizinha. Um anel com um disco dentro não pode ser movido até ao fim do jogo.



2.6 Fim do Jogo

O jogo termina quando um dos jogadores conseguir completar uma corrente de aneis ou discos de um lado para o outro.

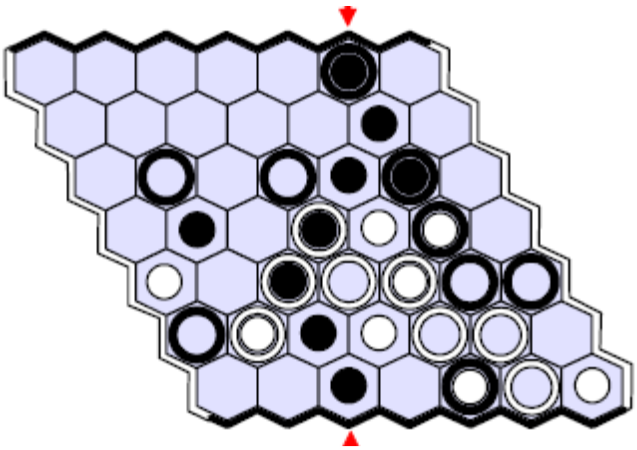


Imagem de um turno do jogador preto. Move o anel para envolver o disco branco e move o disco preto para preencher o anel branco

3 Lógica do Jogo

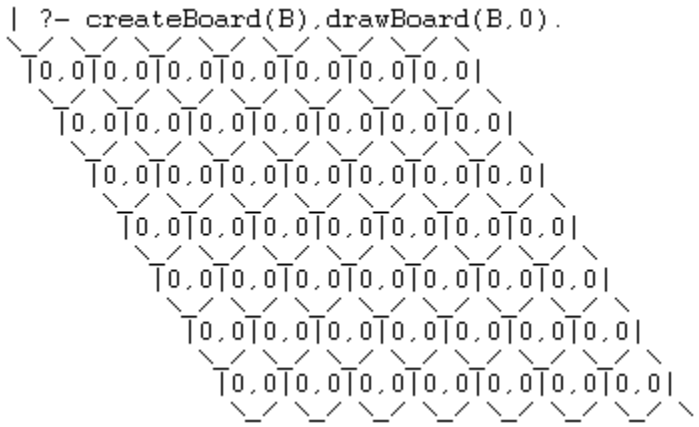
3.1 Representação do estado do jogo

O estado do jogo é guardado recorrendo à base de dados do PROLOG. O tabuleiro de jogo é guardada numa lista de listas, a que cada Lista corresponde a uma célula do tabuleiro . Cada célula poderá conter até 1 disco e 1 anel. Cada célula é guardada na forma [Anel,Disco].

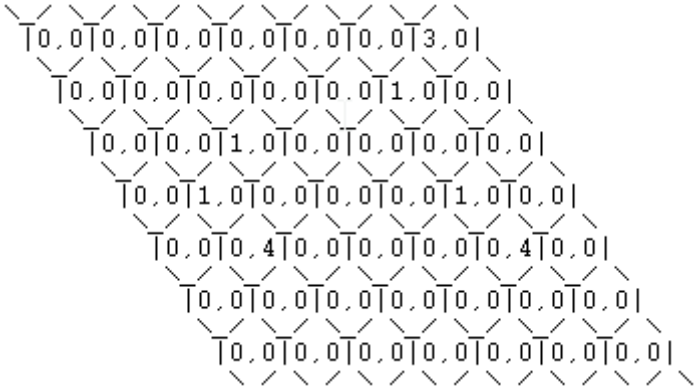
3.1.1 Representação das peças no tabuleiro

- ✓ **Espaço vazio** - "0"
- ✓ **Anel Branco** - "1"
- ✓ **Disco Branco** - "2"
- ✓ **Anel Preto** - "3"
- ✓ **Disco Preto** - "4"

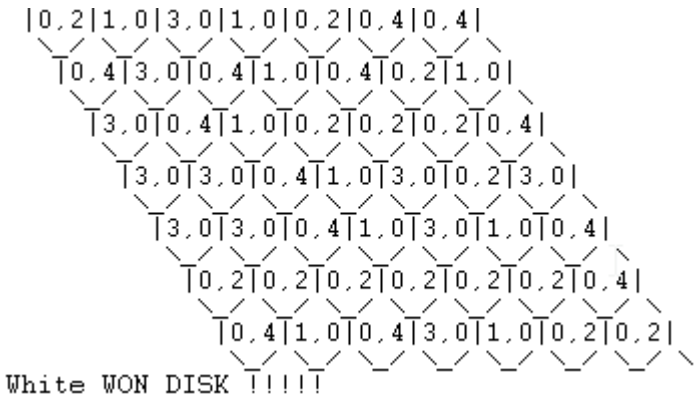
3.1.1 Representação do tabuleiro em vários estados



(O tabuleiro encontra-se completamente vazio)



(Estado do tabuleiro passadas algumas jogadas)



(Possível estado final do tabuleiro)

3.2 Visualização do tabuleiro

O tabuleiro de DuploHex é estático (7x7), e é gerado no início do jogo acedendo á função *createBoard.*. Durante o jogo, o tabuleiro é mostrado acedendo à função *drawBoard.* O tabuleiro é passado como argumento de predicado para predicado durante a duração do jogo.
A estrutura onde é guardado o tabuleiro é a seguinte:

```
B = [[[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
     [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
     [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
     [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
     [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
     [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
     [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]]]
```

(Estrutura do tabuleiro)

3.3 Lista de Jogadas Válidas

De forma a obter as jogadas válidas, recorre-se ao predicado ***validPlay(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,Mode,Pawn)***. ***Board*** é referente ao tabuleiro atual, ***Player*** ao jogador atual, ***X*** ao X inicial, ***Y*** ao Y inicial, ***Xf*** ao X final, ***Yf*** ao Y final, ***Mode*** a se estamos a colocar ou a mover uma peça e ***Pawn*** se estamos a operar um dico ou um anel. Este predicado verifica se a jogada que estamos a tentar fazer é válida segundo as regras do jogo. Em muitos predicados é utilizado o predicado ***findall*** com a ***validPlay*** a fim de retornar a lista de jogadas possíveis a fazer.

3.4 Execução das jogadas

Em cada jogada é colocada uma peça e movida outra, recorrendo aos predicados Utilizador:

- ✓ ***placePawn(Board,Player,Pawn,X,Y,NewBoard)***
- ✓ ***movePawn(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,Pawn,NewBoard2)***

Bot:

- ✓ ***botPlace(Board,Player,NewBoard)***
- ✓ ***botMove(Board,Player,NewBoard)***

Cada vez que o Utilizador joga, é verificada a validade da jogada e caso falhe, o backtracking do PROLOG fará com que seja possível fazer novamente a jogada.
No caso do Bot, a validade da jogada é verificada logo à partida, logo esta não falha.

3.5 Avaliação do Tabuleiro

Sendo o objetivo do jogo fazer uma corrente de aneis ou discos de um lado ao outro do tabuleiro, é utilizado um predicado para verificar a condição de vitória

```
testWin(Board):-
    \+winBlackDisk(Board,1,1,[1,1]),
    \+winBlackRing(Board,1,1,[1,1]),
    \+winWhiteDisk(Board,1,1,[1,1]),
    \+winWhiteRing(Board,1,1,[1,1]).
```

(Predicado testWin)

que chama outros 4 predicados, cada um verificando se se atingiu a condição de vitória atrevés de algum tipo de peça.

3.6 Final do Jogo

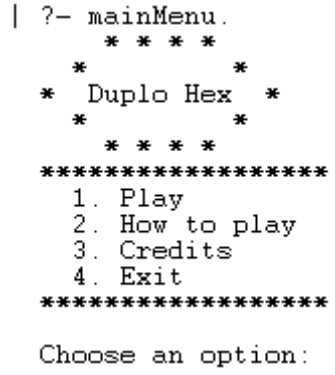
Caso a função anterior retorne ***false,*** é anunciado o fim do jogo e é feito um print com o nome do jogador vencedor, Branco ou Preto.

3.7 Jogada do computador

As jogadas do computador são feitas de modo aleatório, verificando todas as jogadas possíveis e sorteando uma delas para ser feita. As jogadas do Bot são executadas através do predicado ***botPlaying(Board,Player,NewBoard).***

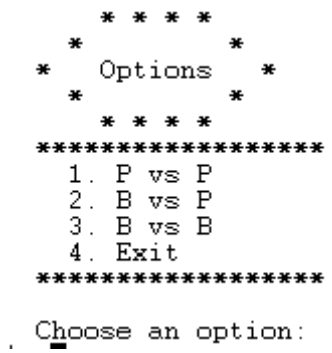
4 Interface com o Utilizador

Para se iniciar o jogo, utiliza-se o predicado ***mainMenu,*** que tem o seguinte output:



(User Interface - mainMenu)

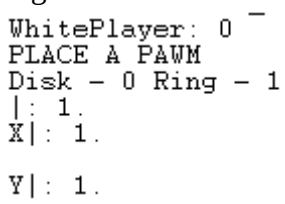
Se o Utilizador escolher a opção ***Play*** é lhe apresentado outro menu chamado ***gameOptions.***



(User Interface - gameOptions)

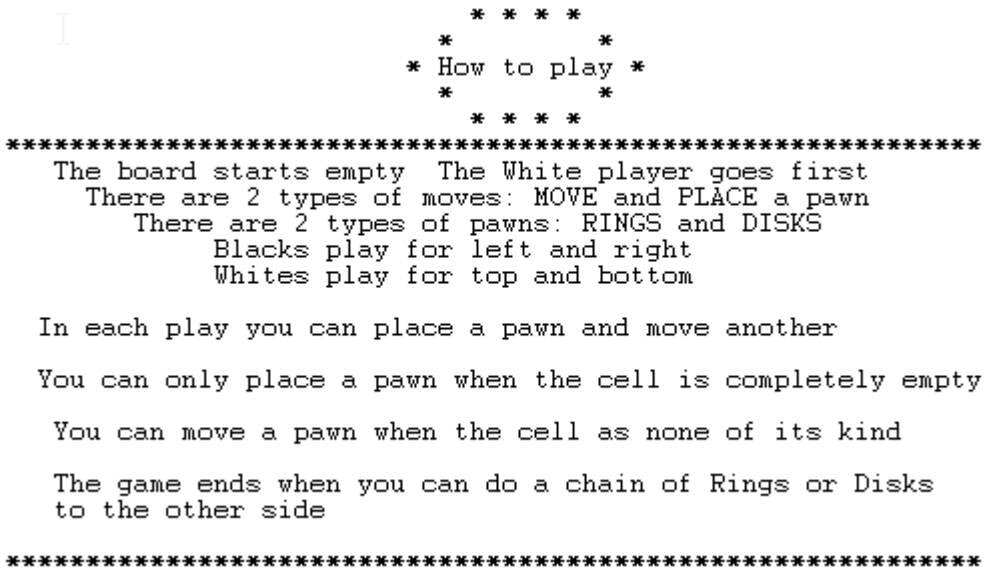
Se o jogador escolher (***P vs P***) é iniciado o jogo de Humano contra Humano, chamando o predicado ***playPvP(Board, Player).*** Escolhendo (***B vs P***) é iniciado jogo de Computador contra Humano, chamando o predicado ***playBvP(Board, Player).*** Escolhendo (***B vs B***) é iniciado jogo de Computador contra Humano, chamando o predicado ***playBvB(Board, Player).*** Escolhendo Exit, o jogo retorna ao ***mainMenu.***

Durante a execução do modo de Utilizador, a interface para a receção das coordenadas das peças a mover é a seguinte:



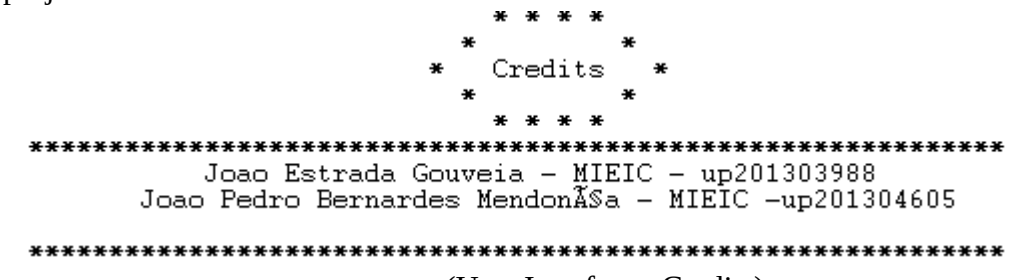
(User Interface – Controlos do Utilizador)

De volta ao mainMenu, escolhendo a opção (***How to Play***) é feito um print com a explicação das regras do jogo



(User Interface – How to Play)

Escolhendo a opção ***Credits,*** é feito um print com os membros do grupo que realizaram este projeto.



(User Interface –Credits)

Escolhendo a opção ***Exit***, o jogo termina a sua execução.

5 Conclusões

Este jogo foi de demorada implementação, não só pelas condições de colocações das peças mas pela condição de vitória que levou bastante tempo a ser pensada.
Contudo foi graças a este esforço que nos foi possível estender o nosso conhecimento em reção aos paradigmas de PROLOG e raciocínio lógico. Pretendiamos ter implementado mais algumas características no nosso jogo, como um Bot "inteligente", porém não tivémos mias tempo.

6 Bibliografia

http://www.swi-prolog.org/

7 Código fonte

```
:- use_module(library(lists)).
:- use_module(library(between)).
:- use_module(library(random)).

/* data structure: list 7*7 [[ring, disk],[ring,disk],...] */

createBoard(B):-
        B = [[[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
                [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
                [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
                [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
                [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
                [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]],
                [[0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0], [0,0]]].



/*      Drawing of board        */

drawBlank(0).
drawBlank(N):- write(' '),write(' '),N1 is N - 1, drawBlank(N1).


drawLine([]):-write('|').
drawLine([[Ring,Disk]|Rest]):-write('|'),write(Ring),write(','),write(Disk),drawLine(Rest).


drawTopLine(0):-write('/ \\').
drawTopLine(N):-write('/ \\ '), N1 is N - 1, drawTopLine(N1).

drawBotLine(0):-write('\\').
drawBotLine(N):-write('\\_/ '), N1 is N - 1, drawBotLine(N1).


drawBoard([],N):-drawBlank(N),drawBotLine(7),nl.

drawBoard([Line|RestBoard],N):-drawBlank(N),drawBotLine(7),nl,
                                write(' '),drawBlank(N),drawLine(Line),
                                nl,
                                N1 is N + 1,
                                drawBoard(RestBoard,N1),!.


printRings([]):-
        printVerticalLine(1),
```

```
        nl.

printRings([Elem|Line]):-
        printVerticalLine(1),
        emptySpace(1),
        getRing(Elem,Ring),
        write(Ring),
        emptySpace(1),
        printRings(Line).

printDisks([]):-
        printVerticalLine(1),
        nl.

printDisks([Elem|Line]):-
        printVerticalLine(1),
        emptySpace(1),
        getDisk(Elem,Ring),
        write(Ring),
        emptySpace(1),
        printDisks(Line).
                                displayBoard([]):-
        printHorizontalLine(29).

displayBoard([Line|B]):-
        displayLine(Line),
        displayBoard(B).

displayLine(Line):-
        printHorizontalLine(29),
        printRings(Line),
        printDisks(Line).

printHorizontalLine(0):-
        nl.
printHorizontalLine(NumberOfDashes) :-
        write('-'),
        N is NumberOfDashes - 1,
        printHorizontalLine(N).

printVerticalLine(0).
printVerticalLine(Number):-
        write('|'),
        N is Number - 1,
        printVerticalLine(N).

emptySpace(0).
emptySpace(NumberofSpaces):-
```

```
        write(' '),
        N1 is NumberofSpaces - 1,
        emptySpace(N1).

placeWhiteRing(_):-
        write('1').

placeWhiteDisk(_):-
        write('2').

placeBlackRing(_):-
        write('3').

placeBlackDisk(_):-
        write('4').

/*      Movements       */

/*      Auxilary Predicates             */
%Mode : 0 - Putting a piece
%Mode : 1 - Moving a piece
%Pawn : 0 - disk
%Pawn : 1 - ring


%Atribui um valor ao disco indicado por X e Y
getRing([Ring,_],Ring).

getDisk([_,Disk],Disk).

setDisk(Board,X,Y,Disk,NewBoard):-
getRing(Board,X,Y,Ring),setMatrix(Board,X,Y,[Ring,Disk],NewBoard).

setRing(Board,X,Y,Ring,NewBoard):- getDisk(Board,X,Y,Disk),
setMatrix(Board,X,Y,[Ring,Disk],NewBoard).

setMatrix(Matrix,X,Y,Elem,NewMatrix):-getListFromMatrix(Matrix,Y,List),
setList(List,X,Elem,NewList), setList(Matrix,Y,NewList,NewMatrix).

getListFromMatrix(Matrix,N,List):-nth1(N,Matrix,List).

setList([_|Rest],1,NewElem,[NewElem|Rest]):-!.

setList([H|Rest],N,NewElem,[H|NewRest]):- N1 is N -
1,setList(Rest,N1,NewElem,NewRest).

getElem(Board,X,Y,Elem):-nth1(Y,Board,Line),nth1(X,Line,Elem).
```

```
getRing(Board,X,Y,Ring):-getElem(Board,X,Y,[Ring,_]).

getDisk(Board,X,Y,Disk):-getElem(Board,X,Y,[_,Disk]).

verifyEmpty([Ring,Disk]):-(Ring =:= 0, Disk =:= 0).

checkEmptyList([]):-fail,!.
checkEmptyList(_):-!.

% verifies the adjacent cells
verifyAdjacent(X,Y,Xf,Yf):- Y1  is Y - 1,Y2 is Y + 1,
between(Y1,Y2,YIndex),YIndex>0,YIndex<8,Yf is YIndex,(
                                                        (YIndex =:= Y1,XF is X + 1,(Xf is
X;(XF < 8,Xf is XF)));
                                                        (YIndex =:= Y,XF1 is X - 1, XF2 is
X + 1,((XF1 > 0, Xf is XF1);(XF1 <8,Xf is XF2)));
                                                        (YIndex =:= Y2,XF is X - 1,(Xf is
X;(XF > 0,Xf is XF)))
                                                        ).


%validates the plays that the user and the bot make
validPlay(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,Mode,Pawn):-
between(1,7,Xf),between(1,7,Yf),between(1,7,X),between(1,7,Y),
        getElem(Board,Xf,Yf,Elem),
        ((Mode =:= 0,
                verifyEmpty(Elem));
        (Mode =:= 1,
                verifyAdjacent(X,Y,Xf,Yf),
                ((Pawn =:= 1, Player =:= 0, getRing(Board,X,Y,Ring),
getDisk(Board,X,Y,Disk),getRing(Board,Xf,Yf,NewRing),Disk =:= 0,Ring =:= 1, NewRing
=:= 0);
                (Pawn =:= 0, Player =:= 0,
getDisk(Board,X,Y,Disk),getRing(Board,X,Y,Ring),getDisk(Board,Xf,Yf,NewDisk),Ring
=:=0,Disk =:= 2, NewDisk =:= 0);
                (Pawn =:= 1, Player =:= 1, getRing(Board,X,Y,Ring),
getDisk(Board,X,Y,Disk),getRing(Board,Xf,Yf,NewRing),Disk =:= 0,Ring =:= 3, NewRing
=:= 0);
                (Pawn =:= 0, Player =:= 1,
getDisk(Board,X,Y,Disk),getRing(Board,X,Y,Ring),getDisk(Board,Xf,Yf,NewDisk),Ring=:=
0,Disk =:= 4, NewDisk =:= 0)))).


/**************************************************************************
*/
%PLAY CYCLES

%pvp cycle predicate
```

```
playPvP(Board, Player):-
        testWin(Board),
        drawBoard(Board,0),
        ((Player =:= 0, write('White'), write('Player: '), write(Player),nl,
        playPlaceAux(Board,Player,NewBoard),
        drawBoard(NewBoard,0),
        playMoveAux(NewBoard,Player,NewBoard1),
        Player1 is 1);
        (Player =:= 1,
        write('Black'),write('Player: '), write(Player), nl,
        playPlaceAux(Board,Player,NewBoard),
        drawBoard(NewBoard,0),
        playMoveAux(NewBoard,Player,NewBoard1),
        Player1 is 0)),
        !, playPvP(NewBoard1,Player1).
playPvP(Board,Player):- write('Invalid Input'),nl,nl,play(Board,Player),!.


%bvp cycle predicate
playBvP(Board,Player):-
        testWin(Board),
        drawBoard(Board,0),
        botPlaying(Board,Player,NewBoard),
        playPlaceAux(NewBoard,Player,NewBoard1),
        drawBoard(NewBoard1,0),
        playMoveAux(NewBoard1,Player,NewBoard2),
        NextP is 1-Player,
        playBvP(NewBoard2,NextP).

playBvP(_,_):- fail,!.

%bvb cycle predicate
playBvB(Board,Player):-
        drawBoard(Board,0),
        testWin(Board),
        ((Player =:= 0, write('White player'));
        (Player =:=1, write('Black player'))),
        botPlaying(Board,Player,NewBoard),
        NextP is 1-Player,
        playBvB(NewBoard,NextP).
playBvB(_,_):- fail,!.

playPlaceAux(Board,Player,NewBoard):-
        placePawnAux(Board,Player,NewBoard),!.
playPlaceAux(Board,Player,NewBoard):- write('Invalid
Input'),nl,nl,playPlaceAux(Board,Player,NewBoard),!.

playMoveAux(Board,Player,NewBoard):-
```

```
        movePawnAux(Board,Player,NewBoard),!.
playMoveAux(Board,Player,NewBoard):- write('Invalid
Input'),nl,nl,playMoveAux(Board,Player,NewBoard),!.


/************************************************************************/
%BOT PREDICATES

botPlaying(Board,Player,NewBoard):-
        write('Player: '), write(Player), nl,nl,
        botPlace(Board,Player,NewBoard),
        drawBoard(NewBoard,0),
        botMove(NewBoard,Player,_).

%bot placing pawns
botPlace(Board,Player,NewBoard):-
        random(0,2,Pawn),
        findall([Xf,Yf],validPlay(Board,Player,1,1,Xf,Yf,0,Pawn),L),
        checkEmptyList(L),
        length(L,Size), random(0,Size,Index), nth0(Index,L,Cell),
        nth0(0,Cell,X), nth0(1,Cell,Y),
        placePawn(Board,Player,Pawn,X,Y,NewBoard).
botPlace(_,_,_):- write('Cannot place any pawn'),nl,!.

%bot moving pawns
botMove(Board,Player,NewBoard):-
        random(0,2,Pawn),
        findall([X,Y,Xf,Yf],validPlay(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,1,Pawn),L),
        checkEmptyList(L),
        length(L,Size), random(1,Size,Index), nth0(Index,L,Cell),
        nth0(0,Cell,X1),nth0(1,Cell,Y1),nth0(2,Cell,X1f),nth0(3,Cell,Y1f),
        movePawn(Board,Player,X1,Y1,X1f,Y1f,Pawn,NewBoard).
botMove(_,_,_):-write('Cannot move any pawn'),nl,!.


/************************************************************************
*/
%USER PREDICATES

placePawnAux(Board, Player, NewBoard):-
        write('PLACE A PAWM'),nl,
        write('Disk - 0 Ring - 1'),nl, read(Ans),
        write('X'), read(Xf),nl,
        write('Y'), read(Yf),nl,
        placePawn(Board,Player,Ans,Xf,Yf,NewBoard).

%user placing pawns
placePawn(Board,Player,Pawn,X,Y,NewBoard):-
```

```
        validPlay(Board, _, _, _,X,Y,0, _),
        ((Pawn =:= 0, ((Player =:= 0, Disk is 2);
                                (Player =:= 1, Disk is 4)),
        setDisk(Board,X,Y,Disk,NewBoard));
                (Pawn =:= 1, ((Player =:= 0, Ring is 1);
                                (Player =:= 1, Ring is 3)),
        setRing(Board,X,Y,Ring,NewBoard))).

placePawn(Board,Player,_,_,_,NewBoard):- write('Invalid Play'),nl,nl,
placePawnAux(Board,Player,NewBoard),!.

movePawnAux(Board,Player,NewBoard):-
        write('MOVE A PAWN'),nl,
        write('X'), read(X),nl,
        write('Y'), read(Y),nl,
        getRing(Board,X,Y,Ring), getDisk(Board,X,Y,Disk),
        write('RING: '), write(Ring), write('  Disk: '), write(Disk),nl,
        write('Disk - 0 Ring - 1'),nl, read(Ans),
        ((Ans =:= 0, Player =:= 0, Disk =\= 2, write('ERROR'),nl,Test is 0);
        (Ans =:= 0, Player =:= 1, Disk =\= 4,write('ERROR'),nl,Test is 0);
        (Ans =:= 1, Player =:= 0, Ring =\= 1,write('ERROR'),nl,Test is 0);
        (Ans =:= 1, Player =:= 1, Ring =\= 3,write('ERROR'),nl,Test is 0);
        (Ans =:= 0, Player =:= 0, Disk =:= 2, Pawn is 0, write('Move to:'),nl,write('Xf'),
read(Xf),nl, write('Yf'), read(Yf),nl,Test is 1);
        (Ans =:= 0, Player =:= 1, Disk =:= 4, Pawn is 0, write('Move to:'),nl,write('Xf'),
read(Xf),nl,write('Yf'), read(Yf),nl,Test is 1);
        (Ans =:= 1, Player =:= 0, Ring =:= 1, Pawn is 1, write('Move to:'),nl,write('Xf'),
read(Xf),nl,write('Yf'), read(Yf),nl,Test is 1);
        (Ans =:= 1, Player =:= 1, Ring =:= 3, Pawn is 1, write('Move to:'),nl,write('Xf'),
read(Xf),nl,write('Yf'), read(Yf),nl,Test is 1)),
        ((Test =:= 0, !,movePawnAux(Board,Player, NewBoard));
        (Test=:=1, movePawn(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,Pawn,NewBoard))).

%user moving pawns
movePawn(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,Pawn,NewBoard2):-
        validPlay(Board,Player,X,Y,Xf,Yf,1,Pawn),
        ((Player =:= 0,((Pawn =:= 0, setDisk(Board,X,Y,0,NewBoard),
setDisk(NewBoard,Xf,Yf,2,NewBoard2));
                                (Pawn =:= 1, setRing(Board,X,Y,0,NewBoard),
setRing(NewBoard,Xf,Yf,1,NewBoard2))));
        (Player =:= 1, ((Pawn =:= 0, setDisk(Board,X,Y,0,NewBoard),
setDisk(NewBoard,Xf,Yf,4,NewBoard2));
                                (Pawn =:= 1, setRing(Board,X,Y,0,NewBoard),
setRing(NewBoard,Xf,Yf,3,NewBoard2))))).

movePawn(Board,Player,_,_,_,_,_,NewBoard):- write('Invalid Play'),nl,nl,
movePawnAux(Board,Player,NewBoard),!.
```

```
%WINING CONDITIONS
testWin(Board):-
        \+winBlackDisk(Board,1,1,[1,1]),
        \+winBlackRing(Board,1,1,[1,1]),
        \+winWhiteDisk(Board,1,1,[1,1]),
        \+winWhiteRing(Board,1,1,[1,1]).

/*-------------------------------------------------------------*/
%BLACK DISK WINING CONDITION

winBlackDisk(_,_,7,_):-write('BLACK WON DISK !!!!!!'),nl,!.
winBlackDisk(Board,X,Y,Searched):-
        X<8,Y<8,
        getDisk(Board,X,Y,NewDisk),
        NewDisk = 4,
        findall([Xf,Yf],verifyAdjacent(X,Y,Xf,Yf),L),
        verifyBlackDiskExistence(Board,L,Searched).
winBlackDisk(_,8,_,_):-fail,!.
winBlackDisk(Board,X,Y,Searched):-X<8,NextX is X+1,
winBlackDisk(Board,NextX,Y,Searched),!.

verifyBlackDiskExistence(_,[],_,_):-!.
verifyBlackDiskExistence(Board,[L|_],Searched):-
        \+(member(L,Searched)),
        append(Searched,[L],NewSearched),
        nth0(0,L,X),nth0(1,L,Y),
        getDisk(Board,X,Y,NewDisk), NewDisk = 4,
        winBlackDisk(Board,X,Y,NewSearched),!.
verifyBlackDiskExistence(Board,[_|LTail], Searched):-
verifyBlackDiskExistence(Board,LTail,Searched),!.
/*-------------------------------------------------------------*/
%BLACK RING WINING CONDITION

winBlackRing(_,_,7,_):-write('BLACK WON RING !!!'),nl,!.
winBlackRing(Board,X,Y,Searched):-
        X<8, Y<8,
        getRing(Board,X,Y,NewRing),
        NewRing = 3,
        findall([Xf,Yf],verifyAdjacent(X,Y,Xf,Yf),L),
        verifyBlackRingExistence(Board,L,Searched).
winBlackRing(_,8,_,_):-fail,!.
winBlackRing(Board,X,Y,Searched):-X<8, NextX is X+1,
winBlackRing(Board,NextX,Y,Searched),!.

verifyBlackRingExistence(_,[],_,_):-!.
verifyBlackRingExistence(Board,[L|_],Searched):-
        \+(member(L,Searched)),
        append(Searched,[L],NewSearched),
```

```
        nth0(0,L,X),nth0(1,L,Y),
        getRing(Board,X,Y,NewRing), NewRing = 3,
        winBlackRing(Board,X,Y,NewSearched),!.
verifyBlackRingExistence(Board,[_|LTail], Searched):-
verifyBlackRingExistence(Board,LTail,Searched),!.
/*-------------------------------------------------------------------------------*/
%White DISK WINING CONDITION

winWhiteDisk(_,7,_,_):-write('White WON DISK !!!!!'),nl,!.
winWhiteDisk(Board,X,Y,Searched):-
        X<8, Y<8,
        getDisk(Board,X,Y,NewDisk),
        NewDisk = 2,
        findall([Xf,Yf],verifyAdjacent(X,Y,Xf,Yf),L),
        verifyWhiteDiskExistence(Board,L,Searched).
winWhiteDisk(_,_,8,_):-fail,!.
winWhiteDisk(Board,X,Y,Searched):-Y<8,NextY is Y+1,
winWhiteDisk(Board,X,NextY,Searched),!.

verifyWhiteDiskExistence(_,[],_,_):-!.
verifyWhiteDiskExistence(Board,[L|_],Searched):-
        \+(member(L,Searched)),
        append(Searched,[L],NewSearched),
        nth0(0,L,X),nth0(1,L,Y),
        getDisk(Board,X,Y,NewDisk), NewDisk = 2,
        winWhiteDisk(Board,X,Y,NewSearched),!.
verifyWhiteDiskExistence(Board,[_|LTail], Searched):-
verifyWhiteDiskExistence(Board,LTail,Searched),!.

/*-------------------------------------------------------------------------------*/
%WHITE RING WINING CONDITION

winWhiteRing(_,7,_,_):-write('White WON RING !!!!'),nl,!.
winWhiteRing(Board,X,Y,Searched):-
        X<8, Y<8,
        getRing(Board,X,Y,NewRing),
        NewRing = 1,
        findall([Xf,Yf],verifyAdjacent(X,Y,Xf,Yf),L),
        verifyWhiteRingExistence(Board,L,Searched).
winWhiteRing(_,_,8,_):-fail,!.
winWhiteRing(Board,X,Y,Searched):-Y<8,NextY is Y+1,
winWhiteRing(Board,X,NextY,Searched),!.

verifyWhiteRingExistence(_,[],_,_):-!.
verifyWhiteRingExistence(Board,[L|_],Searched):-
        \+(member(L,Searched)),
        append(Searched,[L],NewSearched),
        nth0(0,L,X),nth0(1,L,Y),
```

```
        getRing(Board,X,Y,NewRing), NewRing = 1,
        winWhiteRing(Board,X,Y,NewSearched),!.
verifyWhiteRingExistence(Board,[_|LTail], Searched):-
verifyWhiteRingExistence(Board,LTail,Searched),!.



/*************************************************************************
*******/
%USER INTERFACE

mainMenu:-
        printMainMenu,
        read(Input),
        ((Input =:= 1, gameOptions, mainMenu);
        (Input =:= 2, printHowToPlay, mainMenu);
        (Input =:= 3, printCredits, mainMenu);
        (Input =:= 4);
        (nl, write('Error: invalid input.'),nl, mainMenu)).

printMainMenu:-
        write('     * * * *         '), nl,
        write('   *       *       '), nl,
        write('  *  Duplo Hex  *     '), nl,
        write('   *       *       '), nl,
        write('     * * * *         '), nl,
        write('  ******************  '), nl,
        write('    1. Play          '), nl,
        write('    2. How to play    '), nl,
        write('    3. Credits        '), nl,
        write('    4. Exit          '), nl,
        write('  ******************  '), nl,
        write('                    '), nl,
        write('  Choose an option:   '), nl.

gameOptions:-
        printGameOptions,
        read(Input),
        createBoard(B),
        ((Input =:= 1, playPvP(B,0));
        (Input =:= 2, playBvP(B,0));
        (Input =:= 3, playBvB(B,0));
        (Input =:= 4);
        (nl, write('Error: invalid input.'),nl, mainMenu)).

printGameOptions:-
        write('     * * * *         '), nl,
        write('   *       *       '), nl,
```

```
        write('  *   Options   *     '), nl,
        write('    *         *       '), nl,
        write('     * * * *          '), nl,
        write('  ********************  '), nl,
        write('    1. P vs P         '), nl,
        write('    2. B vs P         '), nl,
        write('    3. B vs B         '), nl,
        write('    4. Exit           '), nl,
        write('  ********************  '), nl,
        write('                      '), nl,
        write('  Choose an option:   '), nl.

printHowToPlay:-
        write('                        * * * *                       '), nl,
        write('                       *       *                      '), nl,
        write('                      * How to play *                    '), nl,
        write('                       *       *                      '), nl,
        write('                        * * * *                       '), nl,
        write('  ************************************************************
'), nl,
        write('    The board starts empty  The White player goes first          '), nl,
        write('      There are 2 types of moves: MOVE and PLACE a pawn          '), nl,
        write('        There are 2 types of pawns: RINGS and DISKS              '), nl,
        write('            Blacks play for left and right                     '), nl,
        write('            Whites play for top and bottom                     '), nl,
        write('                                                               '), nl,
        write('   In each play you can place a pawn and move another          '), nl,
        write('                                                               '), nl,
        write('   You can only place a pawn when the cell is completely empty   '), nl,
        write('                                                               '), nl,
        write('    You can move a pawn when the cell as none of its kind        '), nl,
        write('                                                               '), nl,
        write('    The game ends when you can do a chain of Rings or Disks      '), nl,
        write('    to the other side                                          '), nl,
        write('                                                               '), nl,
        write('  ************************************************************
'), nl.


printCredits:-
        write('                        * * * *                       '), nl,
        write('                       *       *                      '), nl,
        write('                      *   Credits   *                    '), nl,
        write('                       *       *                      '), nl,
        write('                        * * * *                       '), nl,
        write('  ************************************************************
'), nl,
        write('           Joao Estrada Gouveia - MIEIC - up201303988          '), nl,
```

```
        write('        Joao Pedro Bernardes Mendonça - MIEIC -up201304605       '), nl,
        write('                                                                  '), nl,
        write('  ************************************************************
'), nl.
```