Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento de Informática e Estatística

Ciência da Computação

INE5416 – Paradigmas de programação

Professor: Maicon Rafael Zatelli

Equipe: Anthony Bernardo Kamers e Eduardo Willwock Lussi

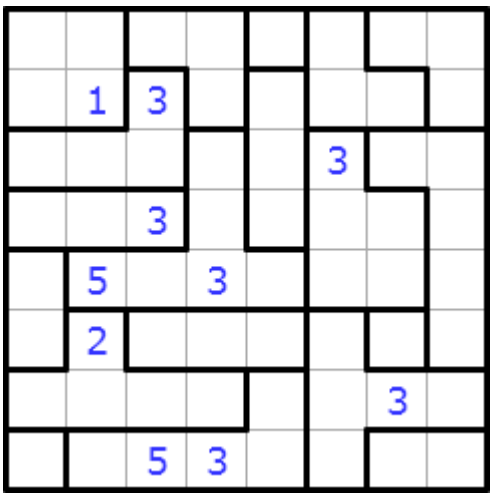
# Relatório - Trabalho III

Resolvedor de puzzle Kojun na linguagem Prolog

Florianópolis, 02 de Setembro de 2021

## Descrição do trabalho

Para o trabalho, precisamos fazer um programa na linguagem lógica Prolog de modo a resolver um puzzle japonês chamado Kojun. Neste jogo, há um tabuleiro de tamanho NxN com vários grupos (dependendo do tabuleiro). Tal como no famoso jogo Sudoku, não se pode repetir números no mesmo grupo, nem de maneira adjacente. Além disso, se, dentro de um grupo, os campos estiverem de maneira verticalmente adjacentes, o maior valor deve ser posto em cima. Um exemplo de tabuleiro de jogo e solução para o mesmo estão nas imagens a seguir:



Exemplo de tabuleiro do jogo

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 2 | 4 | 1 | 6 | 2 | 3 | 1 | 5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 5 | 4 |
| 2 | 5 | 1 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 5 | 1 | 2 |
| 3 | 1 | 4 | 5 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 1 | 4 | 5 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 |

Exemplo de solução do jogo

## Programação de restrições

Programação de restrições em linguagens lógicas, como o Prolog, são maneiras eficientes de resolver problemas lógicos. De maneira simplificada, você informa diretrizes para o programa das quais devem ser evitadas para a solução final (dado um “range” de opções) e, após testar as possibilidades automaticamente, gera a(s) solução(ões) para o problema informado.

Para fazer o resolvedor de Kojun, informamos, basicamente, as regras do jogo em funções lógicas, seguindo as diretrizes da biblioteca *clpfd,* específica de programação de restrições. Desta forma, o programa encontra a única solução

possível. Um exemplo a ser citado no nosso resolvedor, de modo a ilustrar a programação de restrições, são as funções *orthogonalAdjacent* e *orthogonalAdjacentLine*, em que informamos que os elementos nas ortogonais adjacentes devem ser todas distintas (de acordo com as regras do jogo), como na imagem abaixo.

```
142  % Filtragem pela regra dos ortogonais adjacentes
143  orthogonalAdjacentLine([]).
144  orthogonalAdjacentLine([_ | []]).
145  orthogonalAdjacentLine([El0, El1 | RestEl]) :- all_distinct([El0, El1]), orthogonalAdjacentLine([El1 | RestEl]).
146
147  orthogonalAdjacent([]).
148  orthogonalAdjacent([MatrixLine | RestMatrix]) :- orthogonalAdjacentLine(MatrixLine), orthogonalAdjacent(RestMatrix).
```

Exemplo de trecho de código usando a programação orientada a restrições

## Vantagens e desvantagens programação de restrições

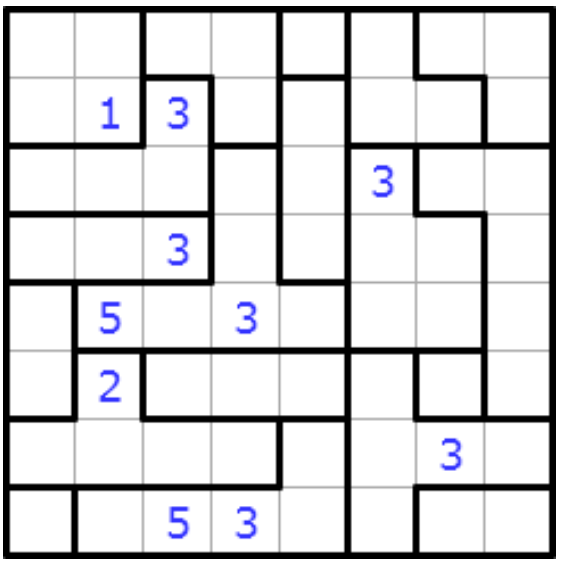
Primeiramente, deve-se salientar que, como é uma linguagem lógica e não estamos acostumados a pensar conforme a programação de restrições (pelas linguagens de programação de mais alto nível de hoje em dia), torna-se um pouco mais difícil de pensar nas soluções. Entretanto, conforme vai entendendo a linguagem e como as restrições devem ser postas no código, vai ficando mais fácil de se trabalhar. Outra característica identificada é a quantidade de “filtros” que deveríamos fazer para que fosse resolvido o problema, pois não sabíamos se apenas colocando as regras do jogo, já seria resolvido automaticamente.

Porém encontramos várias comodidades, como a redução considerável de código e a facilidade de ter que informar apenas o “range” de opções e quais restrições o programa deve considerar para o puzzle (sem ter que considerar as estruturas de dados do tabuleiro, por exemplo).

## Entrada e saída de dados

Para informar o tabuleiro, deve-se colocar instâncias de cada tabuleiro no código, com nome *problem*, seguindo a estrutura: id do tabuleiro, matriz do tabuleiro (informando os números que já vêm com o tabuleiro e com _, caso esteja vazio) e a matriz dos grupos (com números identificados para cada grupo, à começar de 0).

Segue abaixo exemplo de um tabuleiro e de como deve ser feita a entrada de dados no código do programa:

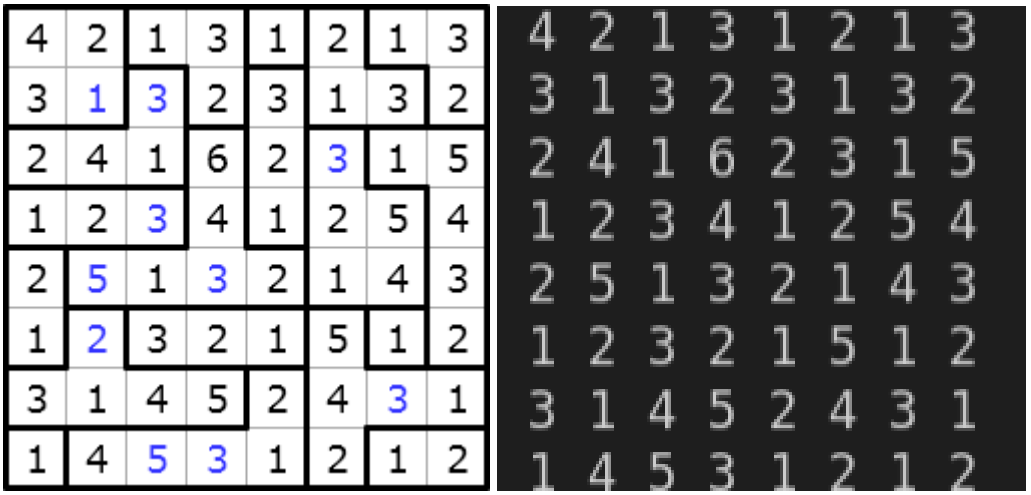



```
problem(1, [[_,_,_,_,_,_,_,_],
            [_,1,3,_,_,_,_,_],
            [_,_,_,_,_,3,_,_],
            [_,_,3,_,_,_,_,_],
            [_,5,_,3,_,_,_,_],
            [_,2,_,_,_,_,_,_],
            [_,_,_,_,_,_,3,_],
            [_,_,5,3,_,_,_,_]],
           [[0 ,0 ,1 ,1 ,2 ,3 ,4 ,4 ],
            [0 ,0 ,5 ,1 ,6 ,3 ,3 ,4 ],
            [5 ,5 ,5 ,7 ,6 ,8 ,9 ,9 ],
            [10,10,10,7 ,6 ,8 ,8 ,9 ],
            [11,7 ,7 ,7 ,7 ,8 ,8 ,9 ],
            [11,12,13,13,13,14,15,9 ],
            [12,12,12,12,16,14,14,14],
            [17,16,16,16,16,14,18,18]]).
```

Para executar o tabuleiro de sua preferência, deve ser informada na linha 7, na função inicializadora *main,* apenas o id dado para a instância do puzzle, como na imagem abaixo:

```
7   main :- problem(1, Matrix, Groups),
8           kojun(Matrix, Groups),
9           print_matrix(Matrix).
```

Dessa forma, fica facilitado para o usuário, quando executar o *swipl* e importar o caminho do arquivo ou, simplesmente rodando o arquivo .pl, a resposta já é gerada automaticamente. Além disso, a resposta é dada em formato de matriz (número a número). Seguem abaixo imagens de como deveria ser a resposta de um puzzle e a nossa respectiva representação:




## Vantagens / Desvantagens: paradigma funcional e lógico

Algumas vantagens de trabalhar com linguagens de paradigma funcional como Haskell e Lisp, são, principalmente, a facilidade de trabalhar com algo que já é feito em outras linguagens procedurais. Dessa forma, fica mais fácil de pensar na solução. Além disso, há vários atalhos para trabalhar com listas e matrizes, sendo que a linguagem Haskell, por exemplo, foi feita especificamente para trabalhar com esse propósito. Uma desvantagem para fazer um resolvedor de puzzle, por exemplo, é ter que utilizar o *backtracking*, que, apesar de ter uma boa performance, são testadas várias alternativas em vão.

Ao se tratar de paradigma lógico e, mais especificamente com programação de restrições, temos como vantagem a quantidade de código reduzida, pois são apenas colocadas as “afirmações” sobre o programa e é gerada a(s) solução(ões). Com isso, só são testadas as alternativas que satisfazem as condições impostas. Como desvantagem, vale salientar a dificuldade de se acostumar com a maneira de “pensar” do paradigma, além de ter criar várias funções complementares para fazer coisas “elementares” em outras linguagens.

## Organização do grupo

Como havia várias tarefas para fazer o desenvolvimento do trabalho, foi criado um repositório privado no github com os integrantes, para colaborarem

simultaneamente no projeto. Cada um dos conjuntos de funções foi dividido de tal forma que ambos tivessem um entendimento total do código. Houveram várias dúvidas durante o projeto, sendo que o grupo sempre entrava em contato, para sanar da melhor maneira possível, por mensagem de texto ou mesmo por ligação de vídeo e voz.

## Dificuldades encontradas

A parte que mais precisou atenção foram os filtros (para computar em tempo hábil a solução adequada), pois são eles que contém as afirmações que a programação de restrições usa para chegar a uma solução. Além disso, aprender sobre a biblioteca *clpfd*, e como seria a melhor forma de informar que tal regra deveria ser uma restrição.

Quanto à linguagem Prolog, por se tratar de uma linguagem lógica, a maneira de pensar e de fazer as funções foram mais difíceis do que em linguagens funcionais, por exemplo.