

# TRABALHO FINAL DE PROGRAMAÇÃO LÓGICA

TEMA ESCOLHIDO: Sudoku Do-Sum-Oh

GRUPO:

Gabriel Ribeiro Bernardi - 11821BCC036

Pedro Henrique Gonçalves Teixeira - 11821BCC008

<b>1.Problema Escolhido</b>	<b>2</b>
<b>2.Desenvolvimento</b>	<b>2</b>
2.1 Descrição	2
2.2 Subproblemas e regras	3
2.3 Código	3
2.4 Detalhamento técnico	4
2.5 Consultas e tempo gasto	4
2.5.1 Consulta 1	4
2.5.2 Consulta 2	5
2.5.3 Consulta 3	6
2.5.4 Consulta 4	6
2.5.5 Consulta 5	7
2.5.5.1 Conclusão consulta 5	8
<b>3.Referências Bibliográficas</b>	<b>8</b>
3.1 Bumble Beagle	8
3.2 Github	8
3.3 Fórum SWI-Prolog	8

## 1.Problema Escolhido

O problema escolhido pela dupla foi o do Sudoku Du-Sum-Oh. Para desenvolvimento da solução, foi utilizado o Swish, em versão para web, juntamente com o SWI-Prolog em sua versão para Linux.

## 2.Desenvolvimento

### 2.1 Descrição

O Sudoku Du-Sum-Oh possui regras similares às do sudoku convencional. No sudoku convencional temos uma matriz 9x9, onde dentro delas, temos outros 9 (nove) blocos. Para a solução do sudoku convencional tem-se que um determinado número não pode repetir na linha, coluna e bloco em que o mesmo foi colocado.

No caso do Sudoku Du-Sum-Oh, utilizado para a confecção dessa atividade, foi utilizado uma matriz 5x5 em que há 5 blocos. Há diversos tipos desse Sudoku, no entanto, o utilizado para a solução dessa atividade está representado na imagem 1.

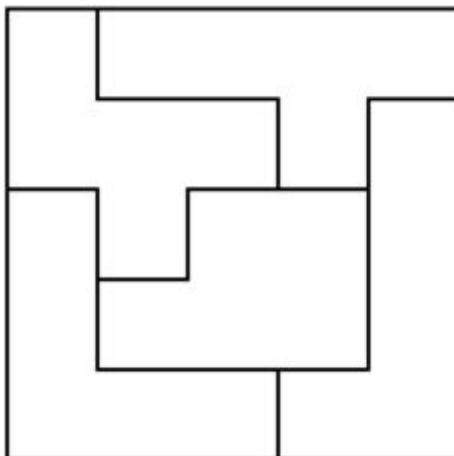


Imagem 1

Os valores utilizados para preenchimento do Sudoku são as letras “A”, “B”, “C”, “D” e “E”. Em relação às pesquisas feitas no Prolog, tem-se que em cada lista da consulta representa uma linha do sudoku. Cada elemento da lista corresponde a um determinado elemento em relação a sua coluna. Por exemplo, na consulta presente na imagem 2, tem-se que o elemento X11 representa o elemento de linha 1 coluna 1. O elemento X12 representa o elemento de linha 1 coluna 2 e assim por diante.

```
?- sudoku([[X11, X12, X13, X14, X15], [X21, X22, X23, X24, X25], [X31, X32, X33, X34, X35], [X41, X42, X43, X44, X45], [X51, X52, X53, X54, X55]]).
```

Imagem 2

## 2.2 Subproblemas e regras

O primeiro subproblema que tem-se é em relação a definição do tipo de sudoku que temos, pois como pode ser visto no site [Bumble Beagle](#)<sup>1</sup>.

Depois temos um subproblema em que devemos analisar cada linha do sudoku a fim de verificar se há uma mesma letra mais de uma vez nessa mesma linha. Se houver esse caso, a solução para o problema estará incorreta.

Além disso, temos o subproblema relacionado a verificação das letras em uma mesma coluna, onde similar a verificação por linhas, temos que verificar se uma mesma letra aparece mais de uma vez em determinada coluna.

Por fim, temos que verificar os blocos. Uma mesma letra, pode aparecer somente uma vez em um determinado bloco.

## 2.3 Código

O código para solução do Sudoku Du-Sum-Oh está presente também no GitHub<sup>2</sup>.

```
/*Determina as constantes que serão preenchidas pelo programa na tabela definida abaixo*/
```

```
char("A").  
char("B").  
char("C").  
char("D").  
char("E").
```

```
/*Aqui irá colocar as condições para não repetir os caracteres na condições abaixo (linha, coluna e bloco)*/
```

```
verifica(A, B, C, D, E) :-
```

```
    char(A), char(B), char(C), char(D), char(E),  
    A \= B, A \= C, A \= D, A \= E,  
    B \= C, B \= D, B \= E,  
    C \= D, C \= E,  
    D \= E.
```

```
/*Determina a tabela do jogo*/
```

```
sudoku([[X11, X12, X13, X14, X15],  
        [X21, X22, X23, X24, X25],  
        [X31, X32, X33, X34, X35],  
        [X41, X42, X43, X44, X45],  
        [X51, X52, X53, X54, X55]]):-
```

```
/* Função para calcular o tempo de execução*/
```

```
get_time(T1),
```

```
/* Verifica as linhas*/
```

```
verifica(X11, X12, X13, X14, X15), /*Linha 1*/  
verifica(X21, X22, X23, X24, X25), /*Linha 2*/  
verifica(X31, X32, X33, X34, X35), /*Linha 3*/  
verifica(X41, X42, X43, X44, X45), /*Linha 4*/  
verifica(X51, X52, X53, X54, X55), /*Linha 5*/
```

```
/* Verifica as colunas*/
```

```
verifica(X11, X21, X31, X41, X51), /*Coluna 1*/  
verifica(X12, X22, X32, X42, X52), /*Coluna 2*/  
verifica(X13, X23, X33, X43, X53), /*Coluna 3*/  
verifica(X14, X24, X34, X44, X54), /*Coluna 4*/  
verifica(X15, X25, X35, X45, X55), /*Coluna 5*/
```

```
/* Verifica os blocos*/
```

```
verifica(X11, X21, X22, X23, X32), /*Bloco que contém a letra C pré definida*/  
verifica(X12, X13, X14, X15, X24), /*Bloco que contém a letra B pré definida*/  
verifica(X31, X41, X51, X52, X53), /*Bloco que contém a letra A pré definida*/  
verifica(X54, X55, X45, X35, X25), /*Bloco que contém a letra E pré definida*/  
verifica(X42, X43, X44, X33, X34). /*Bloco que contém a letra D pré definida*/  
get_time(T2), X is T2 - T1, write("Tempo gasto: "), format('~5f', X), nl. /* Efetua-se o  
cálculo do tempo de execução gasto pelo computador */
```

/\* Para mudar o tipo da tabela é necessário mexer nesses blocos, deixando-os de acordo com a tabela desejada. Por exemplo, esse foi tirado do site que estava de exemplo na descrição do trabalho.\*/

## 2.4 Detalhamento técnico

Para o processamento das consultas, o processador do computador é bastante exigido. No entanto, o Sistema Operacional Windows limita o processamento de determinados serviços. Alguns fóruns na internet sugerem que o SWI-Prolog é executado em apenas uma thread do processador<sup>3</sup>.

A configuração do computador utilizado é composta, basicamente, por um processador Ryzen 5 3400g com 4 núcleos e 8 threads e memória RAM de 8 gigabytes. O sistema operacional utilizado foi o Windows 10 versão 20H2. No entanto, o SWI-Prolog foi executado no WSL (Windows Subsystem for Linux) configurado com o Ubuntu 20.04 LTS. O WSL é uma camada de compatibilidade para executar executáveis binários do Linux nativamente no Windows 10.

## 2.5 Consultas e tempo gasto

### 2.5.1 Consulta 1

(tabela inicial tirada do site: <http://www.bumblebeagle.org/dusumoh/>)

```
* ?-sudoku([[X11, "B", X13, X14, X15],
            [X21, X22, "C", X24, X25],
            [X31, X32, X33, "D", X35],
            [X41, X42, X43, X44, "E"],
            ["A", X52, X53, X54, X55]]).
```

Resultado no SWI Prolog

```
Tempo gasto: 58.19678
X11 = X24, X24 = X33, X33 = X52, X52 = "E",
X13 = X22, X22 = X41, X41 = X55, X55 = "D",
X14 = X25, X25 = X32, X32 = X43, X43 = "A",
X15 = X31, X31 = X42, X42 = X54, X54 = "C",
X21 = X35, X35 = X44, X44 = X53, X53 = "B" ;
false.
```

Imagem 3

A consulta anterior pode ser representada visualmente nas imagens

		B			
			C		
				D	
					E
A					

E	B	D	A	C
B	D	C	E	A
C	A	E	D	B
D	C	A	B	E
A	E	B	C	D

Imagem 4

Imagem 5

A primeira tabela é a usada para resolver e a segunda é o resultado

O computador leva 58.19 segundos aproximadamente para resolver a tabela desejada.

## 2.5.2 Consulta 2

```
?-sudoku([[X11, "A", X13, X14, X15],
          [X21, X22, "C", X24, X25],
          [X31, X32, X33, "D", X35],
          [X41, X42, X43, X44, "E"],
          ["B", X52, X53, X54, X55]]).
```

Resultado consulta 2

```

Tempo gasto: 57.78405
X11 = X24, X24 = X33, X33 = X52, X52 = "E",
X13 = X22, X22 = X41, X41 = X55, X55 = "D",
X14 = X25, X25 = X32, X32 = X43, X43 = "B",
X15 = X31, X31 = X42, X42 = X54, X54 = "C",
X21 = X35, X35 = X44, X44 = X53, X53 = "A" ;
false.

```

Imagem 6

### 2.5.3 Consulta 3

```

?-sudoku([[X11, "A", X13, X14, X15],
          [X21, X22, "C", X24, X25],
          [X31, X32, X33, "D", X35],
          [X41, X42, X43, X44, "E"],
          ["B", X52, X53, X54, "A"]]).

```

Resultado consulta 3

```
false.
```

Imagem 7

### 2.5.4 Consulta 4

```

?-sudoku([[X11, X12, X13, X14, "A"],
          [X21, X22, X23, X24, X25],
          [X31, "C", X33, "D", X35],
          [X41, "B", X43, X44, "E"],
          [X51, X52, X53, X54, X55]]).

```

Resultado consulta 4

Para essa consulta, temos duas possíveis soluções para o sudoku.

```

Tempo gasto: 10.51821
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X53, X53 = "B",
X12 = X23, X23 = X41, X41 = X55, X55 = "D",
X13 = X25, X25 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X21, X21 = X33, X33 = X52, X52 = "E",
X22 = X31, X31 = X43, X43 = X54, X54 = "A" ;
Tempo gasto: 89.54383
X11 = X24, X24 = X33, X33 = X52, X52 = "E",
X12 = X23, X23 = X41, X41 = X55, X55 = "D",
X13 = X25, X25 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X21, X21 = X35, X35 = X53, X53 = "B",
X22 = X31, X31 = X43, X43 = X54, X54 = "A" ;
false.

```

Imagem 8

Para essa consulta, tem-se que há duas possíveis soluções para o Sudoku. Para achar a primeira solução, o computador levou 10.5 segundos aproximadamente. Já

para achar a segunda solução, tem-se que o computador levou 89.5 segundos aproximadamente para achar a solução.

### 2.5.5 Consulta 5

A consulta 5 consiste em tentar solucionar o sudoku de todas as maneiras possíveis. A consulta efetuada foi a seguinte:

```
sudoku([[X11, X12, X13, X14, X15],
        [X21, X22, X23, X24, X25],
        [X31, X32, X33, X34, X35],
        [X41, X42, X43, X44, X45],
        [X51, X52, X53, X54, X55]]).
```

### Resultado consulta 5

```
Tempo gasto: 428.46760
X11 = X24, X24 = X33, X33 = X45, X45 = X52, X52 = "A",
X12 = X21, X21 = X35, X35 = X44, X44 = X53, X53 = "B",
X13 = X22, X22 = X34, X34 = X41, X41 = X55, X55 = "C",
X14 = X25, X25 = X32, X32 = X43, X43 = X51, X51 = "D",
X15 = X23, X23 = X31, X31 = X42, X42 = X54, X54 = "E" ;
Tempo gasto: 529.52043
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X43, X43 = X52, X52 = "A",
X12 = X21, X21 = X34, X34 = X45, X45 = X53, X53 = "B",
X13 = X25, X25 = X32, X32 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X22, X22 = X33, X33 = X41, X41 = X55, X55 = "D",
X15 = X23, X23 = X31, X31 = X42, X42 = X54, X54 = "E" ;
Tempo gasto: 683.30056
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X43, X43 = X52, X52 = "A",
X12 = X21, X21 = X34, X34 = X45, X45 = X53, X53 = "B",
X13 = X25, X25 = X32, X32 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X23, X23 = X31, X31 = X42, X42 = X55, X55 = "D",
X15 = X22, X22 = X33, X33 = X41, X41 = X54, X54 = "E" ;
Tempo gasto: 955.26041
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X42, X42 = X53, X53 = "A",
X12 = X23, X23 = X31, X31 = X44, X44 = X55, X55 = "B",
X13 = X21, X21 = X34, X34 = X45, X45 = X52, X52 = "C",
X14 = X25, X25 = X32, X32 = X43, X43 = X51, X51 = "D",
X15 = X22, X22 = X33, X33 = X41, X41 = X54, X54 = "E" ;
```

Imagem 9

```
Tempo gasto: 1256.73392
X11 = X24, X24 = X33, X33 = X45, X45 = X52, X52 = "A",
X12 = X23, X23 = X34, X34 = X41, X41 = X55, X55 = "B",
X13 = X25, X25 = X32, X32 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X21, X21 = X35, X35 = X42, X42 = X53, X53 = "D",
X15 = X22, X22 = X31, X31 = X43, X43 = X54, X54 = "E" ;
Tempo gasto: 1260.35396
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X42, X42 = X53, X53 = "A",
X12 = X23, X23 = X34, X34 = X41, X41 = X55, X55 = "B",
X13 = X25, X25 = X32, X32 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X21, X21 = X33, X33 = X45, X45 = X52, X52 = "D",
X15 = X22, X22 = X31, X31 = X43, X43 = X54, X54 = "E" ;
Tempo gasto: 2046.76840
X11 = X24, X24 = X33, X33 = X45, X45 = X52, X52 = "A",
X12 = X21, X21 = X35, X35 = X44, X44 = X53, X53 = "B",
X13 = X22, X22 = X34, X34 = X41, X41 = X55, X55 = "C",
X14 = X25, X25 = X32, X32 = X43, X43 = X51, X51 = "E",
X15 = X23, X23 = X31, X31 = X42, X42 = X54, X54 = "D" ;
Tempo gasto: 2156.70930
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X43, X43 = X52, X52 = "A",
X12 = X21, X21 = X34, X34 = X45, X45 = X53, X53 = "B",
X13 = X25, X25 = X32, X32 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X23, X23 = X31, X31 = X42, X42 = X55, X55 = "E",
X15 = X22, X22 = X33, X33 = X41, X41 = X54, X54 = "D" ;
Tempo gasto: 2246.84180
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X43, X43 = X52, X52 = "A",
X12 = X21, X21 = X34, X34 = X45, X45 = X53, X53 = "B",
X13 = X25, X25 = X32, X32 = X44, X44 = X51, X51 = "C",
X14 = X22, X22 = X33, X33 = X41, X41 = X55, X55 = "E",
X15 = X23, X23 = X31, X31 = X42, X42 = X54, X54 = "D" ;
Tempo gasto: 2450.83227
X11 = X24, X24 = X35, X35 = X42, X42 = X53, X53 = "A",
X12 = X23, X23 = X31, X31 = X44, X44 = X55, X55 = "B",
X13 = X21, X21 = X34, X34 = X45, X45 = X52, X52 = "C",
X14 = X25, X25 = X32, X32 = X43, X43 = X51, X51 = "E",
X15 = X22, X22 = X33, X33 = X41, X41 = X54, X54 = "D" .
```

Imagem 10

Como é possível observar no resultado dessa consulta, o computador levou 2450.83 segundos para calcular 10 possíveis soluções para o Sudoku. Convertendo esse tempo em minutos tem-se que o computador levou 40 minutos e 40 segundos aproximadamente para calcular essas soluções.



#### 2.5.5.1 Conclusão consulta 5

Como conclusão, tem-se que fica inviável testar o tempo para todas as possíveis combinações para o sudoku.

### 3.Referências Bibliográficas

#### 3.1 Bumble Beagle

<http://www.bumblebeagle.org/dusumoh/>

Acesso em 19/12/2020

#### 3.2 Github

<https://github.com/gabrielrbernardi/Prolog/blob/master/Trabalho%20Final/trabFinal.pl>

Acesso em 21/12/2020

#### 3.3 Fórum SWI-Prolog

<https://swi-prolog.discourse.group/t/prolog-uses-only-13-of-cpu-and-takes-an-hour-to-complete/2673>

Acesso em 20/12/2020