Paradigmas de Programação

Introdução ao Prolog

Introdução

- O Prolog é uma linguagem de programação baseada em **lógica de primeira ordem**.
- Não é padronizada.
- Algumas implementações: SICStus Prolog, Borland Turbo Prolog, **SWI-Prolog**...
- Geralmente é interpretado, mas pode ser compilado.

Prolog x Outras Linguagens

- **Linguagens Procedimentais (C, Pascal, Basic...):** Especifica-se como realizar determinada tarefa.

- **Linguagens Orientadas a Objetos (C++, Java, C#...):** Especifica-se objetos e seus métodos.

- **Prolog:** Especifica-se o quê se sabe sobre um problema e o quê deve ser feito. É mais direcionada ao conhecimento e menos direcionada a algoritmos.

Programação em Prolog

- **Programar em Prolog envolve:**
  - Declarar alguns **fatos** a respeito de objetos e seus relacionamentos.
  - Definir algumas **regras** sobre os objetos e seus relacionamentos.
  - Fazer **perguntas** sobre os objetos e seus relacionamentos.

SWI Prolog

- Open Source.
- Multiplataforma.
- Possui interface com as linguagens C e C++.
- www.swi-prolog.org

Sentenças Prolog

- **Nomes de constantes e predicados** iniciam sempre com letra **minúscula**.
- O **predicado** (relação unária, n-ária ou função) é escrito primeiro e os objetos relacionados são escritos depois entre parênteses.
- **Variáveis** sempre começam por letra **maiúscula**.
- Toda sentença termina com ponto “.”
- **Exemplo:** gosta(maria, jose).

Operadores Lógicos

Símbolo	Conectivo	Operação Lógica
:-	IF	Implicação
,	AND	Conjunção
;	OR	Disjunção
not	NOT	Negação

Operadores Relacionais

Operador	Significado
X = Y	Igual a
X \= Y	Não igual a
X < Y	Menor que
Y > X	Maior que
Y =< X	Menor ou igual a
Y >= X	Maior ou igual a

Regras

- **Regras** são utilizadas para expressar dependência entre um fato e outro fato:
  - criança(X) :- gosta(X,sorvete).
  - criança(X) :- not odeia(X,sorvete).

- Ou grupo de fatos:
  - avó(X,Z) :- (mãe(X,Y),mãe(Y,Z)); (mãe(X,Y),pai(Y,Z)).

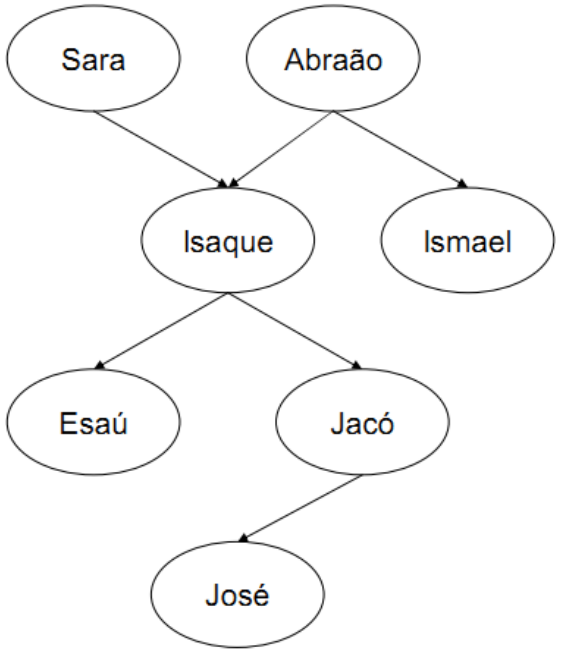
- Podem conter listas:
  - compra(ana, [roupa, comida, brinquedo])

Definindo Relações por Fatos

- Exemplo de relações familiares:
  - O fato que **Abraão é um progenitor de Isaque** pode ser escrito em Prolog como:

    progenitor(abraão, isaque).

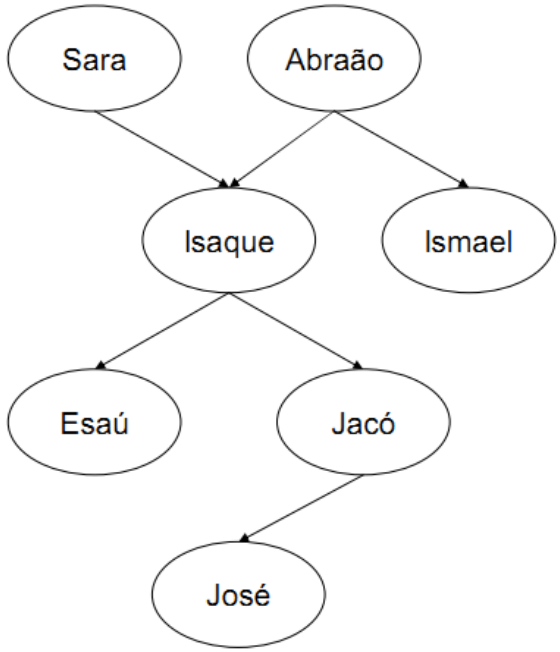
  - Neste caso definiu-se progenitor como o **nome de uma relação**; abraão e isaque são seus argumentos.



Definindo Relações por Fatos

- Árvore familiar completa em Prolog:

  - progenitor(sara,isaque).
  - progenitor(abraão,isaque).
  - progenitor(abraão,ismael).
  - progenitor(isaque,esaú).
  - progenitor(isaque,jacó).
  - progenitor(jacó,josé).



- Cada cláusula declara um fato sobre a relação progenitor.

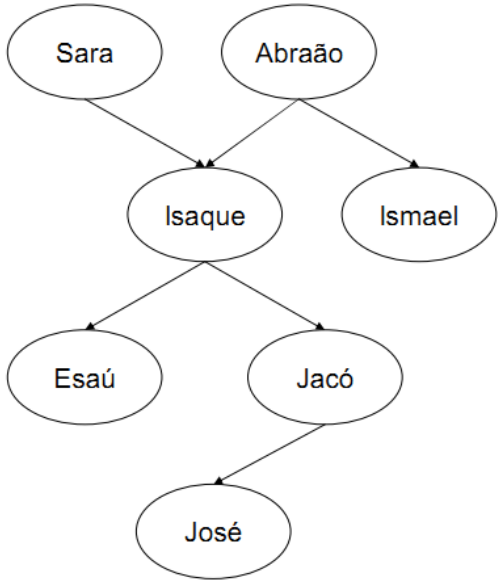
Definindo Relações por Fatos

- Quando o programa é interpretado, pode-se questionar o Prolog sobre a relação progenitor, por exemplo: **Isaque é o pai de Jacó?**

  ?- progenitor(isaque,jacó).

- Como o Prolog encontra essa pergunta como um fato inserido em sua base, ele responde:

  true




```
progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).
```

Definindo Relações por Fatos

- **Uma outra pergunta pode ser:**

  ?- progenitor(ismael,jacó).

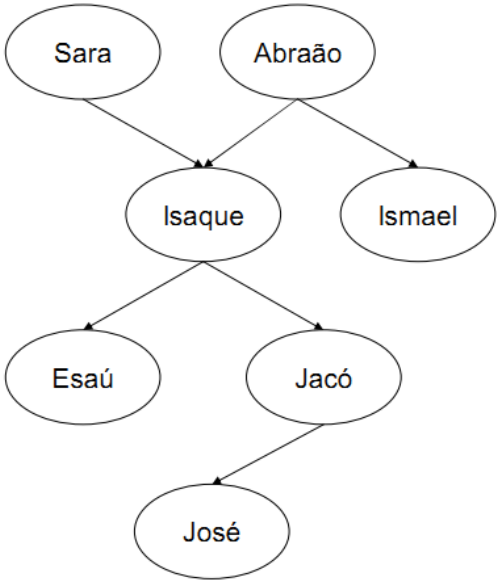
- **O Prolog responde:**

  false

- **O Prolog também pode responder a pergunta:**

  ?- progenitor(jacó,moisés).

  false




```
progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).
```

Definindo Relações por Fatos

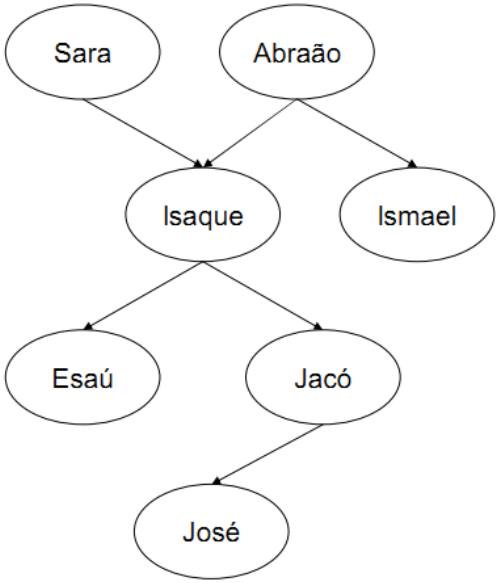
- Perguntas mais interessantes também podem ser efetuadas:

  Quem é o progenitor de Ismael?

  ?- progenitor(X, ismael).

- Neste caso, **o Prolog não vai responder apenas *true* ou *false*.** O Prolog fornecerá o valor de X tal que a pergunta acima seja verdadeira. Assim a resposta é:

  X = abraão



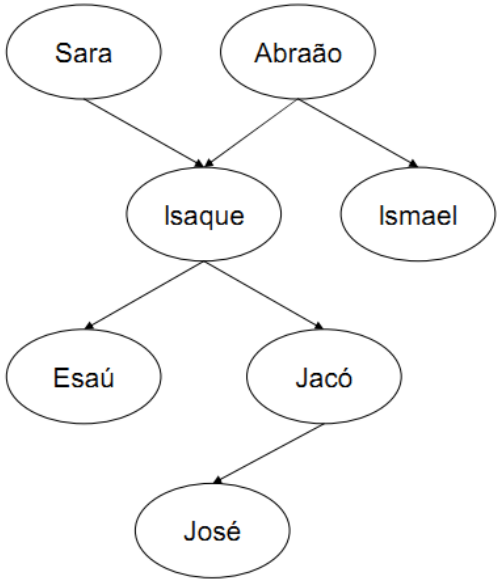

```
progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).
```

Definindo Relações por Fatos

- A pergunta "**Quais os filhos de Isaque?**" pode ser escrita como:

  ?- progenitor(isaque, X).

- Neste caso, há **mais de uma resposta possível**. O Prolog primeiro responde com uma solução:
  - X = esaú
- Pode-se requisitar uma **outra solução** (digitando ;) e o Prolog a encontra:
  - X = jacó
- Se mais soluções forem requisitadas, o Prolog ira responder "false", pois todas as soluções foram retornadas (false = sem mais soluções).




```
progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).
```

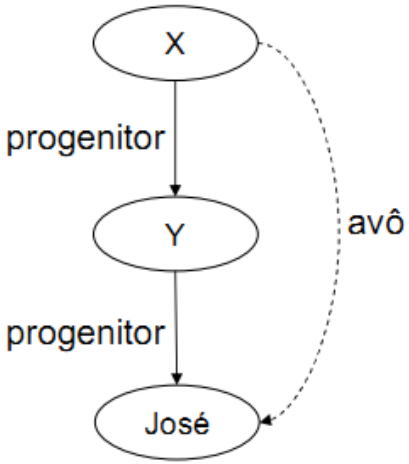
Definindo Relações por Fatos

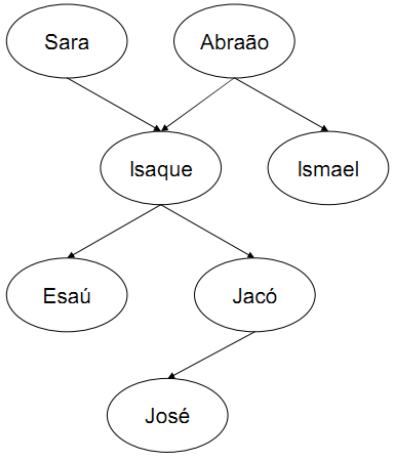
- Perguntas mais complexas também podem ser efetuadas, tais como: **Quem é o avô de José?**
- Como o programa não conhece diretamente a relação avô, esta pergunta deve ser desmembrada em dois passos
  - (1) Quem é o progenitor de José? Assuma que é um Y
  - (2) Quem é o progenitor de Y? Assuma que é um X
- Esta pergunta composta pode ser escrita em Prolog como:

  ?- progenitor(Y, josé), progenitor(X, Y).

  X = isaque

  Y = jacó





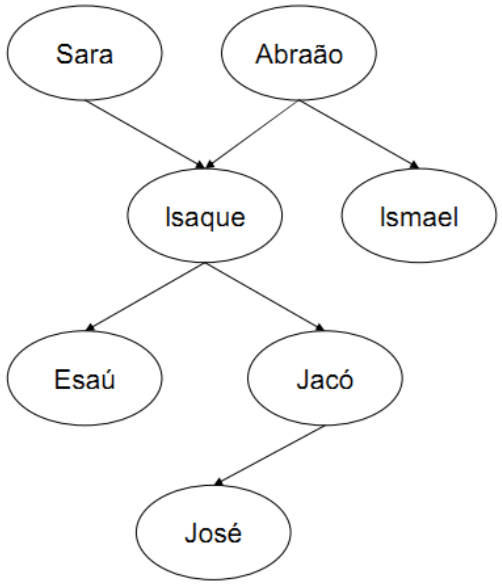
Definindo Relações por Fatos

- De maneira similar, podemos perguntar:
  Quem são os netos de Abraão?

  ?- progenitor(abraão, X), progenitor(X, Y).

  X = isaque
  Y = esaú

  X = isaque
  Y = jacó

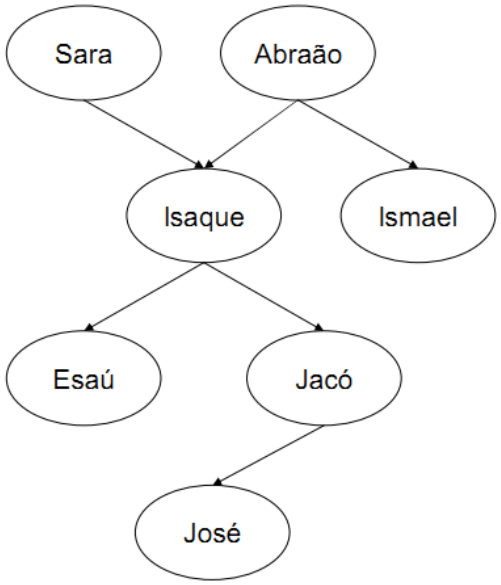



```
progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).
```

Definindo Relações por Fatos

- É possível **expandir o programa** sobre relações familiares de várias formas. Pode-se, por exemplo, adicionar a informação sobre o **sexo das pessoas** envolvidas.

```
mulher(sara).
homem(abraão).
homem(isaque).
homem(ismael).
homem(esaú).
homem(jacó).
homem(josé).
```



Definindo Relações por Regras

- Pode-se estender o programa utilizando **regras**. Por exemplo, criando a **relação filho** como o inverso da relação progenitor.

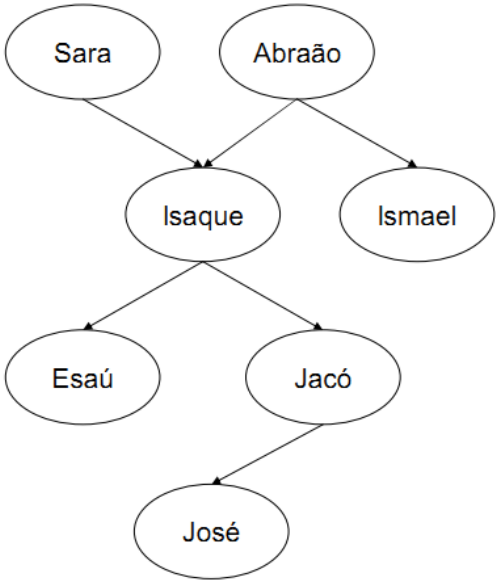
- É possível definir filho de maneira similar à relação progenitor, ou seja enumerando uma lista de fatos sobre a relação filho, mas **esta não é a forma correta!**

filho(isaque,sara).

filho(isaque,abraão).

filho(ismael,abraão).

...



progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).

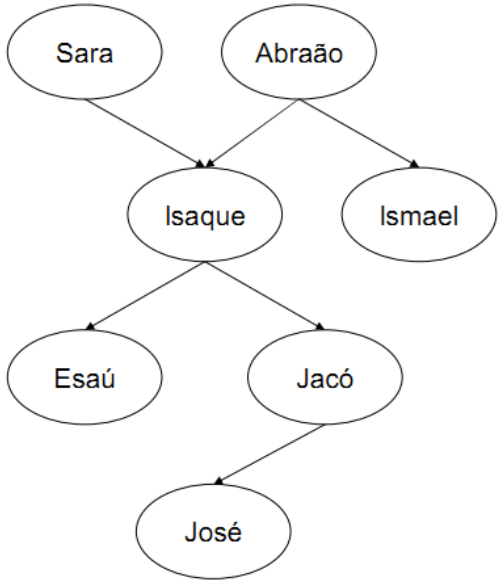
Definindo Relações por Regras

- A relação filho pode ser definida de modo mais elegante:

  Para todo X e Y, Y é um filho de X se X é um progenitor de Y.

- Em Prolog:

  filho(Y,X) :- progenitor(X,Y).



Definindo Relações por Regras

- A cláusula Prolog **filho(Y,X) :- progenitor(X,Y)** é chamada de **regra** (rule).

- Há uma diferença importante entre fatos e regras:
  - Um fato é sempre verdadeiro (verdade incondicional).
  - Regras especificam coisas que são verdadeiras se alguma condição é satisfeita.

Definindo Relações por Regras

- Após definir a regra filho, é possível perguntar ao Prolog se **Ismael é filho de Abraão**:

  ?- filho(ismael, abraão).

- Como não existem fatos sobre a relação filho, a única forma do Prolog responder esta pergunta é aplicando a **regra filho**:

  filho(Y,X) :- progenitor(X,Y).

- A regra filho é aplicável a qualquer objeto X e Y; portanto ela pode também ser aplicada a objetos ismael e abraão.

Definindo Relações por Regras

- Para aplicar a regra a ismael e abraão, Y tem que ser substituído por ismael e X por abraão. Ou seja, as variáveis X e Y estão instanciadas a:

  X = abraão e Y = ismael

- Depois da instanciação, obtêm-se um caso especial da regra:

  filho(ismael,abraão) :- progenitor(abraão,ismael).

- Se o Prolog **provar** que progenitor(abraão,ismael) é **verdadeiro**, então ele pode afirmar que filho(ismael,abraão) também é **verdade**.

Definindo Relações por Regras

- É possível também incluir a especificação da **relação mãe**, com base no seguinte fundamento lógico:

- Para todo X e Y,
  - X é a mãe de Y se
  - X é um progenitor de Y e
  - X é uma mulher.

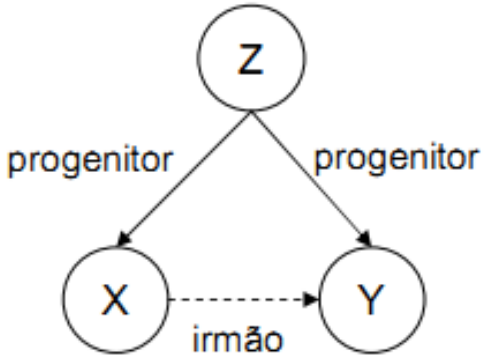
- Traduzindo para Prolog:

```
mãe(X,Y) :- progenitor(X,Y), mulher(X).
```

Definindo Relações por Regras

- A relação **irmão** pode ser definida como:

- Para todo X e Y,
  - X é irmão de Y se
  - ambos X e Y têm um progenitor em comum.



- Em Prolog:

```
irmão(X,Y) :- progenitor(Z,X), progenitor(Z,Y).
```

Interpretação Prolog

- A **interpretação** do programa pode Prolog ser lógica ou procedimental.

- A interpretação procedimental corresponde a satisfazer cada **subgoal** mediante processos sucessivos de **matching**.

- Exemplo:

```
pai(fred, marcos).
pai(ricardo, pedro).
pai(pedro, paulo).
avo(X,Y) :- pai(X, Z), pai(Z, Y).
---
?- avo(X,paulo).
```

Programas Prolog

- Programas Prolog podem ser estendidos simplesmente pela adição de novas cláusulas.

- Cláusulas Prolog são de três tipos: fatos, regras e perguntas.
  - **Fatos** declaram coisas que são sempre (incondicionalmente) verdadeiras.
  - **Regras** declaram coisas que são verdadeiras dependendo de determinadas condições.
  - Através de **perguntas**, o usuário pode questionar o programa sobre quais coisas são verdadeiras.

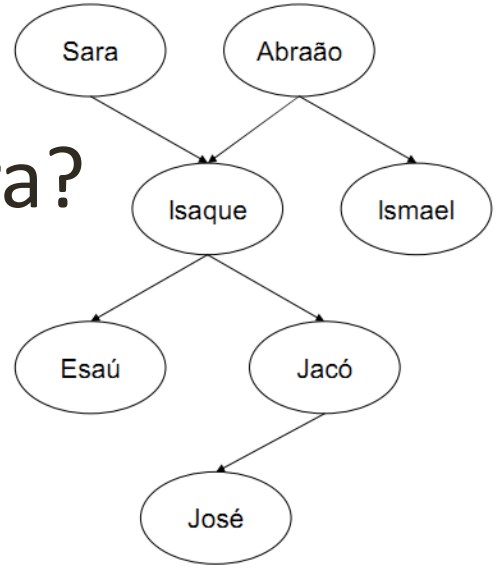
Regras Recursivas

- Para criar uma relação **ancestral** é necessária a criação de uma regra recursiva:

```
ancestral(X,Z) :- progenitor(X,Z).
ancestral(X,Z) :- progenitor(X,Y), ancestral(Y,Z).
```

- Quais os descendentes de Sara?

```
?- ancestral(sara,X).
X = isaque;
X = esaú;
X = jacó;
X = josé
```



Programa Exemplo

```
progenitor(sara,isaque).
progenitor(abraão,isaque).
progenitor(abraão,ismael).
progenitor(isaque,esaú).
progenitor(isaque,jacó).
progenitor(jacó,josé).

mulher(sara).
homem(abraão).
homem(isaque).
homem(ismael).
homem(esaú).
homem(jacó).
homem(josé).
```

```
filho(Y,X) :- progenitor(X,Y).

mae(X,Y) :- progenitor(X,Y), mulher(X).

avo(X,Z) :- progenitor(X,Y), progenitor(Y,Z).

irmao(X,Y) :- progenitor(Z,X), progenitor(Z,Y).

ancestral(X,Z) :- progenitor(X,Z).

ancestral(X,Z) :- progenitor(X,Y), ancestral(Y,Z).
```

Variáveis

- **Variáveis** são representadas através de cadeias de letras, números ou _ sempre começando com letra maiúscula:
  - X, Resultado, Objeto3, Lista_Alunos, ListaCompras...

- O **escopo de uma variável** é válido dentro de uma mesma regra ou dentro de uma pergunta.

  - Isto significa que se a variável X ocorre em duas regras/perguntas, então são duas variáveis distintas.

  - A ocorrência de X dentro de uma mesma regra/pergunta significa a mesma variável.

Variáveis

- Uma variável pode estar:
  - **Instanciada:** Quando a variável já referencia (está unificada a) algum objeto.
  - **Livre ou não-instanciada:** Quando a variável não referencia (não está unificada a) um objeto.
- Uma vez instanciada, somente Prolog pode torná-la não-instanciada através de seu mecanismo de inferência (nunca o programador).

Variável Anônima

- **Variáveis anônimas** podem ser utilizadas em sentenças cujo valor atribuído a variável não é importante. Por exemplo, a regra TemFilho:

```
TemFilho(X) :- progenitor(X,Y).
```

- Para relação “ter filhos” não é necessário saber o nomes dos filhos. Neste vaso utiliza-se uma variável anônima representada por “_”.

```
TemFilho(X) :- progenitor(X,_).
```

Variável Anônima

- Cada vez que uma variável anônima aparece em uma cláusula, ela representa uma **nova variável** anônima. Por exemplo:

```
alguémTemFilho :- progenitor(_,_).
```

- É equivalente à:

```
alguémTemFilho :- progenitor(X,Y).
```

Predicados do SWI-Prolog

- O SWI-Prolog inclui diversas sentenças predefinidas para diversos usos, como por exemplo:
  - Manipulação de listas;
  - Comparação de tipos de dados;
  - Leitura e escrita de dados em arquivos;
  - Entrada e saída de dados pelo console;
  - Manipulação de arquivos;
  - Execução de comandos no sistema operacional;
  - Entre outros.

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