PICAT: Uma Linguagem de Programação Multiparadigma

Miguel Alfredo Nunes, Jeferson L. R. Souza, Claudio Cesar de Sá

miguel.nunes@edu.udesc.br

jeferson.souza@udesc.br

claudio.sa@udesc.br

Departamento de Ciência da Computação
Centro de Ciências e Tecnológias
Universidade do Estado de Santa Catarina

16 de abril de 2019

Contribuições

- Alexandre Gonçalves;
- João Herique Faes Battisti;
- Paulo Victor de Aguiar;
- Rogério Eduardo da Silva;
- Hakan Kjellerstrand – (`http://www.hakank.org/picat/`)
- Neng-Fa Zhou – (`http://www.picat-lang.org/`)
- Outros anônimos que auxiliaram na produção deste documento;

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – I

- Em projetos de linguagens de programação há dois tipos verificação do tipo de dados: **estática** e **dinâmica**

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – I

- Em projetos de linguagens de programação há dois tipos verificação do tipo de dados: **estática** e **dinâmica**
- A verificação de tipos dados estática em *tempo de compilação*.

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – I

- Em projetos de linguagens de programação há dois tipos verificação do tipo de dados: **estática** e **dinâmica**
- A verificação de tipos dados estática em *tempo de compilação*.
- Enquanto a dinâmica em *tempo de execução*.

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – I

- Em projetos de linguagens de programação há dois tipos verificação do tipo de dados: **estática** e **dinâmica**
- A verificação de tipos dados estática em *tempo de compilação*.
- Enquanto a dinâmica em *tempo de execução*.
- Linguagens fortemente tipadas, tais como C, Java e Pascal, exigem que o tipo do dado (conteudo) seja do mesmo tipo da variável ao qual este valor será atribuído. Tudo isto é pré-definido durante a fase da *compilação*.

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – II

- Nas linguagens interpretadas, com uma máquina virtual, esta definição é feita durante a *execução* do programa

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – II

- Nas linguagens interpretadas, com uma máquina virtual, esta definição é feita durante a *execução* do programa
- Prós e contras para o que é melhor, a discussão fica de lado neste momento

Tipos de Dados e Variáveis – Introdução – II

- Nas linguagens interpretadas, com uma máquina virtual, esta definição é feita durante a *execução* do programa
- Prós e contras para o que é melhor, a discussão fica de lado neste momento
- Picat até o momento tem a tipagem **dinâmica**

Tipos de Dados

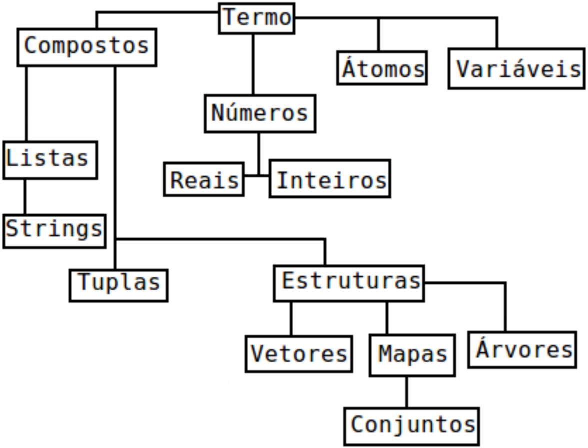


Figura 1: Hierarquia dos Tipos de Dados

Termos

- Em Picat, variáveis e valores são *genericamente* chamados de *termos*

Termos

- Em Picat, variáveis e valores são *genericamente* chamados de *termos*
- Os valores são subdivididos em duas categorias, números e valores compostos
- Os números, por suas vez, podem ser inteiros ou reais, e valores compostos podem ser listas e estruturas

Átomos

- Átomos são constantes simbólicas, podendo ser delimitados ou não, por aspas simples.
- Carácteres são representados por átomos de comprimento 1.
- Átomos não delimitados por aspas simples, **nunca** começam com uma letra maiúscula, nem número ou *underscore*.

Átomos

- Átomos são constantes simbólicas, podendo ser delimitados ou não, por aspas simples.
- Carácteres são representados por átomos de comprimento 1.
- Átomos não delimitados por aspas simples, **nunca** começam com uma letra maiúscula, nem número ou *underscore*.

Exemplos

```
x    x_1    '_'    '\\'    'a\'b\n'    '_ab'    '$%'
```

Números I

Números se dividem em:

- **Inteiro:** Inteiros podem ser representados por números binários, octais, decimais ou hexadecimais.

Exemplos

`12_345`	12345 em notação decimal, usando _ como separador
`0b100`	4 em notação binária
`0o73`	59 em notação octal
`0xf7`	247 em notação hexadecimal

O **underscore** é ignorado pelo compilador e o interpretador.

Números II

- **Real:** Números reais são compostos por um parte inteira, um ponto, seguido por uma fração decimal, ou um expoente.
- Se existe uma parte inteira em um número real então ela deve ser seguida por uma fração ou um expoente. Isso é necessário para distinguir um número real de um número inteiro.

Exemplos

```
12.345    0.123    12-e10    0.12E10
```

Compostos

- Termos compostos podem conter mais de um valor ao mesmo tempo.

Compostos

- Termos compostos podem conter mais de um valor ao mesmo tempo.
- Termos compostos são acessados pela notação de índice, começando a partir de 1 e indo até N, onde N é o tamanho deste termo.

Compostos

- Termos compostos podem conter mais de um valor ao mesmo tempo.
- Termos compostos são acessados pela notação de índice, começando a partir de 1 e indo até N, onde N é o tamanho deste termo.
- Se dividem em Listas e Estruturas.

Listas

Listas são agrupamentos de valores quaisquer sem ordem e sem tamanho pré-definido. Seu tamanho não é armazenado na memória, sendo necessário recalcular sempre que necessário seu uso. Listas são encapsuladas por colchetes.

Exemplos

[1,2,3,4,5]   [a,b,32,1.5,aaac]   ["string",14,22]

Há uma seção dedicada a esta poderosa estrutura de dados!

Strings – Lista de Carácteres

Strings são listas especiais que contém somente carácteres. *Strings* podem ser inicializadas como uma sequência de carácteres encapsulados por aspas duplas, ou como uma sequência de carácteres dentro colchetes separados por vírgulas.

Exemplos

"Hello" "World!" "\n" [o,l,a," ",m,u,n,d,o]

Tuplas

- Tuplas é um conjunto de termos não-ordenados, podendo ser acessados por notação de índice assim como listas.
- Tuplas são estáticas, ou seja, os termos contidos em uma tupla não podem ser alterados, assim como não podem ser adicionados ou removidos termos de tuplas.
- Tuplas são encapsuladas por parênteses e seus termos são separados por vírgulas.

Exemplos

(1,2,3,4,5)   (a,b,32,1.5,aaac)   ("string",14,22)

Em geral, usamos as tuplas dentro de listas.

Estruturas (*Functores*)

Estruturas são termos especiais que podem ser definidos pelo usuário. Estruturas tomam a seguinte forma:

$$\$\mathrm{s}(t_1, \ldots, t_n)$$

Onde *"s"* é um átomo que nomeia a estrutura, cada *"t_i"* é um de seus termos, e *"n"* é a aridade ou tamanho da estrutura.

Exemplo

$ponto(1,2) $pessoa(jose, "123.456.789.00", "1.234.567")

Existem 4 estruturas especiais que não necessitam que seja usado o símbolo $, são eles

Vetores

Vetores, ou *arrays*, são estruturas especiais do tipo $\{t_1, \ldots, t_n\}$, cujo nome é simplesmente `'{}'` e tem aridade n.
Vetores tem comportamento praticamente idêntico à listas, tanto é que quase todas as funções de listas são sobrecarregadas para vetores. Uma importante diferença entre vetores e listas é que vetores tem seu tamanho armazenado na memória, ou seja, o tempo para se calcular o tamanho de um vetor é constante.

Exemplos

{1,2,3,4,5} {a,b,32,1.5,aaac} {"string",14,22}

Mapas, Conjuntos e *Heaps*

- Mapas são estruturas especiais que são conjuntos de relações do tipo `chave-valor`.
- Conjuntos são sub-tipos de mapas onde todos as chaves estão relacionadas com o átomo `not_a_value`.
- *Heaps* são árvores binárias completas representadas como vetores. Árvores podem ser do tipo *máximo*, onde o maior valor está na raiz, ou *mínimo*, onde o menor valor esta na raiz.

Introdução à Variáveis I

- Picat é uma linguagem de Tipagem Dinâmica, ou seja, o tipo de uma variável é checado somente durante a execução de um programa
- Por causa disso, quando uma variável é criada, seu tipo não é instanciado
- Variáveis em Picat, como variáveis na matemática, são símbolos que *seguram* ou representam um valor

Introdução à Variáveis II

- Ao contrário de variáveis em linguagens imperativas, variáveis em Picat não são endereços simbólicos de locais na memória
- Uma variável é dita *livre* se não contém nenhum valor, e dita *instanciada* se ela contém um valor
- Uma vez que uma variável é instanciada, ela permanece com este valor na execução atual
- Por isso, diz-se que variáveis em Picat são de *atribuição única*

Introdução à Variáveis III

- O nome de variáveis devem sempre ser iniciado com letras **maisculas** ou um caractere ***underscore (_)***, porém;
  - Variáveis cujo nome é unicamente um caractere _ são chamadas de *variáveis anônimas*, que são variáveis que podem ser instanciadas valores, mas não os retem durante a execução do programa;

Introdução à Variáveis IV

- Diversas variáveis anônimas podem ser instanciadas durante a execução de um programa, porém todas as ocorrências de variáveis anônimas são tratadas diferentemente.

Unficação e Atribuição

Há dois modos de definir valores a variáveis, a unificação, que usa o operador $=$, e a atribuição, que usa o operador $:=$

Unificação

- A **Unificação** é uma operação que instância uma variável a um termo ou padrão, substituindo toda a ocorrência dessa variável pelo valor a qual ela foi instanciada até que haja uma situação onde esta instanciação falhe, nesse momento a variável será reinstanciada e esse processo se repete.
- Caso ocorra uma instância que não falhe nenhuma situação a variável é unificada à este termo ou padrão.
- Uma instanciação é indefinida até que se encontre um valor que possa ser unificada a uma variável.
- Termos são ditos unificáveis se são idênticos ou podem ser tornados idênticos instanciado variáveis nos termos.

Exemplo

```
Picat> X = 1
X = 1
Picat> $f(a,b) = $f(a,b)
yes
Picat> [H|T] = [a,b,c]
H = a
T = [b,c]
Picat> $f(X,b) = $f(a,Y)
X = a
Y = b
Picat> bind_vars({X,Y,Z},a)
Picat> X = $f(X)
```

A última consulta demonstra um caso do problema de ocorrência, onde o compilador de Picat não verifica se um termo ocorre dentro de um padrão. Isso cria um termo cíclico que não pode ser acessado.

Atribuição

- A **Atribuição** é uma operação cujo intuito é simular a atribuição em linguagens imperativas, permitindo que variáveis sejam re-atribuídas valores durante a execução do programa
- Para isso, durante a compilação do programa, toda vez que a operação de unificação é encontrada, uma nova variável temporária será criada que irá substituir a variável que seria atribuída.

Exemplo

```
test => X = 0, X := X + 1,  X := X + 2, write(X).
```

Neste exemplo X é unificado a 0, então, o compilador tenta unificar X a $X + 1$, porém X já foi unificado a um valor, portanto outras operações devem ser feitas para que esta atribuição seja possível. Nesse caso, o compilador irá criar uma variável temporária, $X1$ por exemplo, e à ela irá unir $X + 1$, depois toda vez que X for encontrado no programa o compilador irá substitui-lo por $X1$.
O mesmo ocorre na atribuição $X1 := X1 + 2$, neste caso uma outra variável temporária será criada, $X2$ por exemplo, e o processo será repetido.
Portanto, estas atribuições sucessivas são compiladas como:

```
test => X = 0, X1 = X + 1, X2 = X1 + 2, write(X2).
```

Exemplos de Variáveis Válidas

X1	_	_ab
X	A	Variavel
_invalido	_correto	_aa

Relembrando, um nome de variável é válido se começa com letra maiúscula ou _

Exemplos de Variáveis Inválidas

`1_Var`	variavel	valida
23	`"correto`	`'termo`
`!numero`	`$valor`	`#comum`

Relembrando, um nome de variável é inválido se começa com números ou símbolos que não sejam _ ou letra minúscula

Tabela 1: Operadores Aritméticos em Ordem de Precedência

X `**` Y	Potenciação
$X * Y$	Multiplicação
X / Y	Divisão, resulta em um real
X // Y	Divisão de Inteiros, resulta em um inteiro
X `mod` Y	Resto da Divisão
$X + Y$	Adição
$X - Y$	Subtração
Inicio .. *Passo* .. *Fim*	Uma série (lista) de números com um passo
Inicio .. *Fim*	Uma série (lista) de números com passo 1

Tabela 2: Tabela de Operadores Completa em Ordem de Precedência

Operadores Aritméticos	Ver Tabela ??
`++`	Concatenação de Listas/Vetores
`= :=`	Unificação e Atribuição
`== =:=`	Equivalência e Equivalência Numérica
`!= !==`	Não Unificável e Diferença
`< =< <=`	Menor que
`> >=`	Maior que
`in`	Contido em
`not`	Negação Lógica
, &&	Conjunção Lógica
; ||	Disjunção Lógica

Operadores Especiais I

Operadores de Termos Não Compostos

1. **Equivalência**(==): Compara se dois termos são iguais. No caso de termos compostos, eles são ditos equivalentes se todos os termos contidos em si são equivalentes. O compilador considera termos de tipos diferentes como totalmente diferentes, portanto a comparação $1.0 == 1$ seria avaliada como falsa, mesmo que os valores sejam iguais. Nesses casos, usa-se a *Equivalência Numérica*.
2. **Equivalência Numérica**(=:=): Compara se dois números são o mesmo valor. Não deve ser usada com termos que não são números.
3. **Diferença**(!==): Compara se dois termos são diferentes. Mesmo que a negação da equivalência.
4. **Não Unificável**(!=): Verifica se dois termos não são unificáveis. Termos são ditos unificáveis se são idênticos ou podem ser tornados idênticos instanciando variáveis destes

Exemplos

1. $a == a, \quad [1, 2, 3] == [1, 2, 3], \quad Var1 == Var2$

Exemplos

1. $a == a, \quad [1,2,3] == [1,2,3], \quad Var1 == Var2$
   yes, yes, Depende dos Valores (padrão no)

Exemplos

1. $a == a, \quad [1,2,3] == [1,2,3], \quad Var1 == Var2$
   yes, *yes*, Depende dos Valores (padrão *no*)

2. $1.0 == 1$

Exemplos

1. $a == a, \quad [1, 2, 3] == [1, 2, 3], \quad Var1 == Var2$
   yes, *yes*, Depende dos Valores (padrão *no*)

2. $1.0 == 1$
   no

Exemplos

1. $a == a, \quad [1,2,3] == [1,2,3], \quad Var1 == Var2$
   yes, *yes*, Depende dos Valores (padrão *no*)
2. $1.0 == 1$
   no
3. $1.0 =:= 1, \quad 1.2 =:= 1$

Exemplos

1. $a == a, \quad [1, 2, 3] == [1, 2, 3], \quad Var1 == Var2$
   yes, yes, Depende dos Valores (padrão no)

2. $1.0 == 1$
   no

3. $1.0 =:= 1, \quad 1.2 =:= 1$
   yes, no

Exemplos

1. $a == a, \quad [1,2,3] == [1,2,3], \quad Var1 == Var2$
   yes, yes, Depende dos Valores (padrão no)

2. $1.0 == 1$
   no

3. $1.0 =:= 1, \quad 1.2 =:= 1$
   yes, no

4. $1.0 \,!== 1, \quad Var3 \,!== Var4$

Exemplos

1. $a == a, \quad [1,2,3] == [1,2,3], \quad Var1 == Var2$
   yes, *yes*, Depende dos Valores (padrão *no*)

2. $1.0 == 1$
   no

3. $1.0 =:= 1, \quad 1.2 =:= 1$
   yes, *no*

4. $1.0 \; !== 1, \quad Var3 \; !== Var4$
   yes, Depende dos Valores (padrão *yes*)

Exemplos

1. $a == a$, $[1,2,3] == [1,2,3]$, $Var1 == Var2$
   yes, *yes*, Depende dos Valores (padrão *no*)

2. $1.0 == 1$
   no

3. $1.0 =:= 1$, $1.2 =:= 1$
   yes, *no*

4. $1.0 \,!== 1$, $Var3 \,!== Var4$
   yes, Depende dos Valores (padrão *yes*)

5. $1.0 \,!= 1$, aa $! =$ bb, $Var1 \,!= Var5$

Exemplos

1. $a == a, \quad [1,2,3] == [1,2,3], \quad Var1 == Var2$
   yes, *yes*, Depende dos Valores (padrão *no*)
2. $1.0 == 1$
   no
3. $1.0 =:= 1, \quad 1.2 =:= 1$
   yes, *no*
4. $1.0 \; !== 1, \quad Var3 \; !== Var4$
   yes, Depende dos Valores (padrão *yes*)
5. $1.0 \; != 1, \quad \mathrm{aa} \; ! = \mathrm{bb}, \quad Var1 \; != Var5$
   yes, *yes*, *no*

Operadores Especiais II

Operadores de Termos Compostos

1. **Concatenação** (++): concatena duas listas ou vetores, tornando o primeiro termo da segunda lista no termo seguinte ao último termo da primeira lista.
2. **Separador** (`H | T`): separa uma lista L em seu primeiro termo H, chamado de cabeça (em inglês *Head*), e o resto da lista T, chamado de cauda (em inglês *Tail*).
3. **Iterador** (`X in L`): itera pelo termo composto L, instanciando um termo não composto X aos termos contidos em L. Bastante utilizado para iterar por listas.
4. **Sequência** (`Inicio..Passo..Fim`): Gera uma lista ou vetor, começando (inclusivamente) em *Inicio* incrementando por *Passo* e parando (inclusivamente) em *Fim*. Se *Passo* for omitido, é automaticamente atribuído 1. Se usado dentro do índice de uma lista ou vetor resultará na porção da lista dentro deste intervalo.

Exemplos

1. $[1, 2, 3] ++ [4, 5, 6], \quad [] ++ [1, 2, 3], \quad [] ++ []$

Exemplos

1. $[1, 2, 3] ++ [4, 5, 6], \quad [] ++ [1, 2, 3], \quad [] ++ []$
   $[1, 2, 3, 4, 5, 6], \ [1, 2, 3], \ []$

Exemplos

1. $[1, 2, 3] ++ [4, 5, 6], \quad [] ++ [1, 2, 3], \quad [] ++ []$
   $[1, 2, 3, 4, 5, 6], \; [1, 2, 3], \; []$

2. $L = [1, 2, 3], \; [H|T] = L$

Exemplos

1. $[1,2,3] ++ [4,5,6], \quad [] ++ [1,2,3], \quad [] ++ []$
   $[1,2,3,4,5,6], \ [1,2,3], \ []$
2. $L = [1,2,3], \ [H|T] = L$
   $L = [1,2,3]$

Exemplos

1. $[1, 2, 3] ++ [4, 5, 6], \quad [] ++ [1, 2, 3], \quad [] ++ []$
   $[1, 2, 3, 4, 5, 6], \;\; [1, 2, 3], \;\; []$

2. $L = [1, 2, 3], \;\; [H|T] = L$
   $L = [1, 2, 3]$
   $H = 1$

Exemplos

1. $[1,2,3] ++ [4,5,6], \quad [] ++ [1,2,3], \quad [] ++ []$
   $[1,2,3,4,5,6], \; [1,2,3], \; []$

2. $L = [1,2,3], \; [H|T] = L$
   $L = [1,2,3]$
   $H = 1$
   $T = [2,3]$

Exemplos

1. $[1,2,3] ++ [4,5,6], \quad [] ++ [1,2,3], \quad [] ++ []$
   $[1,2,3,4,5,6], \; [1,2,3], \; []$
2. $L = [1,2,3], \; [H|T] = L$
   $L = [1,2,3]$
   $H = 1$
   $T = [2,3]$
3. $foreach(X \; in \; [1,2,3]) \; printf("\%w", X) \; end$

Exemplos

1. $[1,2,3] ++ [4,5,6], \quad [] ++ [1,2,3], \quad [] ++ []$
   $[1,2,3,4,5,6], \ [1,2,3], \ []$
2. $L = [1,2,3], \ [H|T] = L$
   $L = [1,2,3]$
   $H = 1$
   $T = [2,3]$
3. $foreach(X \ in \ [1,2,3]) \ \ printf("\%w", X) \ \ end$
   1 2 3

Exemplos

1. $[1,2,3] ++ [4,5,6], \quad [] ++ [1,2,3], \quad [] ++ []$
   $[1,2,3,4,5,6], \; [1,2,3], \; []$
2. $L = [1,2,3], \; [H|T] = L$
   $L = [1,2,3]$
   $H = 1$
   $T = [2,3]$
3. $foreach(X \; in \; [1,2,3]) \; printf("\%w", X) \; end$
   1 2 3
4. $X \; = \; 1..10, \; Y \; = \; 0..2..20, \; Z \; = \; 10..-1..1$

Exemplos

1. $[1,2,3] ++ [4,5,6], \quad [] ++ [1,2,3], \quad [] ++ []$
   $[1,2,3,4,5,6], \ [1,2,3], \ []$

2. $L = [1,2,3], \ [H|T] = L$
   $L = [1,2,3]$
   $H = 1$
   $T = [2,3]$

3. $foreach(X \ in \, [1,2,3]) \ printf("\%w", X) \ end$
   1 2 3

4. $X \ = \ 1..10, \ Y \ = \ 0..2..20, \ Z \ = \ 10.. - 1..1$
   $X = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]$

Exemplos

1. $[1, 2, 3] ++ [4, 5, 6], \quad [] ++ [1, 2, 3], \quad [] ++ []$
   $[1, 2, 3, 4, 5, 6], \ [1, 2, 3], \ []$

2. $L = [1, 2, 3], \ [H|T] = L$
   $L = [1, 2, 3]$
   $H = 1$
   $T = [2, 3]$

3. $foreach(X \ in \ [1, 2, 3]) \ \ printf("\%w", X) \ \ end$
   1 2 3

4. $X \ = \ 1..10, \ \ Y \ = \ 0..2..20, \ \ Z \ = \ 10..-1..1$
   $X = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$
   $Y = [0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20]$

Exemplos

1. $[1, 2, 3] ++ [4, 5, 6], \quad [] ++ [1, 2, 3], \quad [] ++ []$
   $[1, 2, 3, 4, 5, 6], \ [1, 2, 3], \ []$

2. $L = [1, 2, 3], \ [H|T] = L$
   $L = [1, 2, 3]$
   $H = 1$
   $T = [2, 3]$

3. $foreach(X \ in \ [1, 2, 3]) \ \ printf("\%w", X) \ \ end$
   1 2 3

4. $X = 1..10, \ Y = 0..2..20, \ Z = 10.. - 1..1$
   $X = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$
   $Y = [0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20]$
   $Z = [10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1]$

Programação por Restrições (PR) – I

- A Programação por Restrições (PR) é conhecida por *Constraint Programming* ou simplesmente **CP**

Programação por Restrições (PR) – I

- A Programação por Restrições (PR) é conhecida por *Constraint Programming* ou simplesmente **CP**
- Uma poderosa teoria (e técnica) que contorna a complexidade de certos problemas exponenciais

Programação por Restrições (PR) – I

- A Programação por Restrições (PR) é conhecida por *Constraint Programming* ou simplesmente **CP**
- Uma poderosa teoria (e técnica) que contorna a complexidade de certos problemas exponenciais
- A PR encontrava-se inicialmente dentro da IA e PO, mas como várias outras, tornaram-se fortes e autônomas. Atualmente uma área de pesquisa bem forte em alguns países.

Programação por Restrições (PR) – II

- Aproximadamente o algoritmo da PR é dado:

Programação por Restrições (PR) – II

- Aproximadamente o algoritmo da PR é dado:
    1. Avaliar algebricamente os domínios das variáveis com suas restrições
    2. Intercala iterativamente a propagação de restrições com um algoritmo de busca
    3. A cada variável instanciada, o processo é repetido sobre as demais variáveis, reduzindo progressivamente o espaço de busca
    4. Volte ao passo inicial até que os domínios permaneçam estáticos e que as variáveis apresentem instâncias consistentes

Programação por Restrições (PR) – II

- Aproximadamente o algoritmo da PR é dado:
    1. Avaliar algebricamente os domínios das variáveis com suas restrições
    2. Intercala iterativamente a propagação de restrições com um algoritmo de busca
    3. A cada variável instanciada, o processo é repetido sobre as demais variáveis, reduzindo progressivamente o espaço de busca
    4. Volte ao passo inicial até que os domínios permaneçam estáticos e que as variáveis apresentem instâncias consistentes
- Este núcleo é uma busca por constantes otimizações

Programação por Restrições (PR) – II

- Aproximadamente o algoritmo da PR é dado:
    1. Avaliar algebricamente os domínios das variáveis com suas restrições
    2. Intercala iterativamente a propagação de restrições com um algoritmo de busca
    3. A cada variável instanciada, o processo é repetido sobre as demais variáveis, reduzindo progressivamente o espaço de busca
    4. Volte ao passo inicial até que os domínios permaneçam estáticos e que as variáveis apresentem instâncias consistentes
- Este núcleo é uma busca por constantes otimizações
- Uma das virtudes da PR: a legibilidade e clareza de suas soluções

Programação por Restrições (PR) – III

- Problemas combinatoriais com domínio nos inteiros são bons candidatos a serem resolvidos por PR

Programação por Restrições (PR) – III

- Problemas combinatoriais com domínio nos inteiros são bons candidatos a serem resolvidos por PR
- Quando temos problemas que precisamos conhecer **todas** as respostas, não apenas a melhor resposta

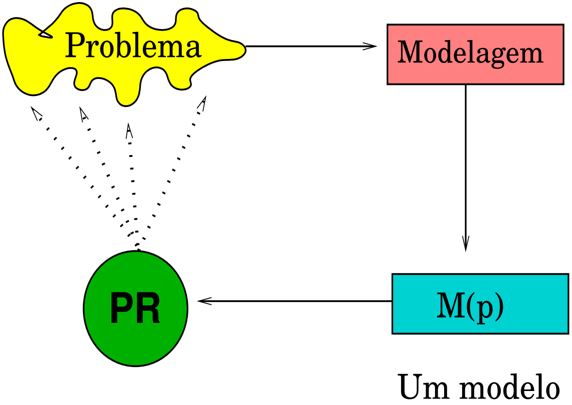
Programação por Restrições (PR) – III

- Problemas combinatoriais com domínio nos inteiros são bons candidatos a serem resolvidos por PR
- Quando temos problemas que precisamos conhecer **todas** as respostas, não apenas a melhor resposta
- Quando necessitamos de respostas *precisas* e não apenas as aproximadas. Há um custo computacional a ser pago aqui!

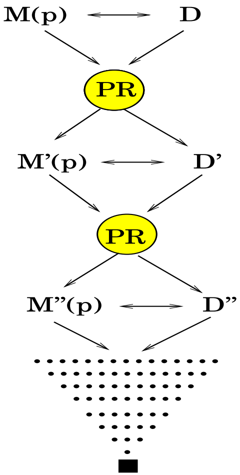
Programação por Restrições (PR) – III

- Problemas combinatoriais com domínio nos inteiros são bons candidatos a serem resolvidos por PR
- Quando temos problemas que precisamos conhecer **todas** as respostas, não apenas a melhor resposta
- Quando necessitamos de respostas *precisas* e não apenas as aproximadas. Há um custo computacional a ser pago aqui!
-

Metodologia da Construção de Modelos



Fluxo de Cálculo da PR



Onde o objetivo da PR é:

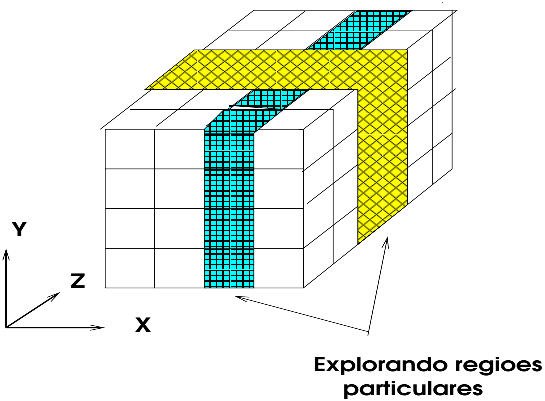


Figura 2: Realizar buscas com regiões reduzidas – promissoras (regiões factíveis de soluções)

Redução Iterativa em Sub-problemas

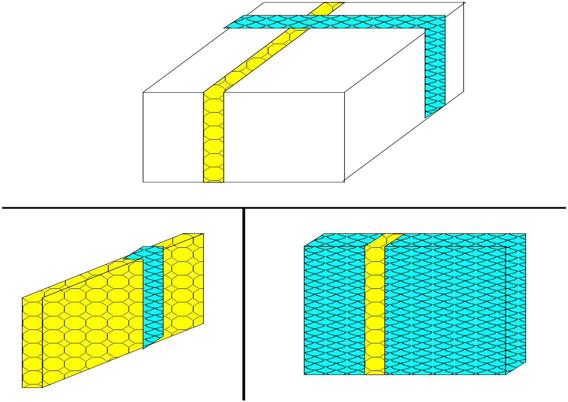


Figura 3: Redução de um CP em outros sub-problemas CPs equivalentes

Exemplo

- Dado um número par qualquer, encontre dois de números primos, N_1 e N_2, diferentes entre si, que somados deêm este número par.

Exemplo

- Dado um número par qualquer, encontre dois de números primos, N_1 e N_2, diferentes entre si, que somados deêm este número par.
- Exemplo:
  Seja o PAR $= 18$
  Uma soluç ao:
  $N_1 = 7$ e $N_2 = 11$
  pois
  $N_1 + N_2 = 18$

Modelagem do Problema

- N_1 e N_2 assumem valores no domínio dos números primos. Logo, é importante ter os números primos prontos!

Modelagem do Problema

- N_1 e N_2 assumem valores no domínio dos números primos. Logo, é importante ter os números primos prontos!
- A soma destes números é o par fornecido como entrada, N_{PAR}: $N_1 + N_2 = N_{PAR}$

Modelagem do Problema

- N_1 e N_2 assumem valores no domínio dos números primos. Logo, é importante ter os números primos prontos!
- A soma destes números é o par fornecido como entrada, N_{PAR}:
  $N_1 + N_2 = N_{PAR}$
- N_1 e N_2 são diferentes entre si
  $N_1 \neq N_2$

Modelagem do Problema

- N_1 e N_2 assumem valores no domínio dos números primos. Logo, é importante ter os números primos prontos!
- A soma destes números é o par fornecido como entrada, N_{PAR}: $N_1 + N_2 = N_{PAR}$
- N_1 e N_2 são diferentes entre si $N_1 \neq N_2$
- Como são inteiros: $N_1 < N_{PAR}$ e $N_2 < N_{PAR}$ Sim, é óbvio, mas isto faz uma redução significativa de domínio!

Código Completo

- Acompanhar as explicações do código de: `https://github.com/claudiosa/CCS/blob/master/picat/soma_N1_N2_primos_CP.pi`
- Confira a execução e testes

Código em Partes

```
modelo =>
    PAR = 382,
    Variaveis = [N1,N2],
    % Gerando um domino soh de primos
    % L_dom = [I : I in 1..1000, eh_primo(I) == true],   %OU
    L_dom = [I : I in 1..1000, prime(I)],
    Variaveis :: L_dom,
```

Uma ótima estratégia: sair com um domínio de números candidatos!

Código em Partes

```
    % RESTRICOES
    N1 #!= N2,
    N1 #< PAR,
    N2 #< PAR,
    N1 + N2 #= PAR,

% A BUSCA
solve([ff], Variaveis),
  % UMA SAIDA
printf("\n  N1: %d\t N2: %d", N1,N2),
printf("\n...............................")
.
```

Código em Partes

```
import cp.

% main => modelo .
% main ?=> modelo, fail.
% main =>  true.

main =>
    L = findall(_, $modelo),
    writef("\n Total de solucoes:  %d \n", length(L)) .
```

Saída – I

```
Picat> cl('soma_N1_N2_primos_CP').
Compiling:: soma_N1_N2_primos_CP.pi
** Warning  : redefine_preimported_symbol(math): prime / 1
soma_N1_N2_primos_CP.pi compiled in 7 milliseconds
loading...

yes

Picat> main.

  N1: 3  N2: 379
.....................................
  N1: 23  N2: 359
.....................................
  N1: 29  N2: 353
.....................................
```

Saída – II

```
 ....................................
  N1: 353  N2: 29
....................................
  N1: 359  N2: 23
....................................
  N1: 379  N2: 3
....................................
 Total de solucoes:  18

yes

Picat>
```

Reflexões

- Há outros métodos para se resolver estes problemas. Exemplo: Programação Linear, Buscas Heurísticas, etc

Reflexões

- Há outros métodos para se resolver estes problemas. Exemplo: Programação Linear, Buscas Heurísticas, etc
- A área é extensa, contudo, Picat adere há todos requisitos da PR

Reflexões

- Há outros métodos para se resolver estes problemas. Exemplo: Programação Linear, Buscas Heurísticas, etc
- A área é extensa, contudo, Picat adere há todos requisitos da PR
- Resumo da PR: segue por uma notação/manipulação algébrica restrita, simplificar e bissecionar as restrições, instanciar variáveis, verificar inconsistências, avançar sobre as demais variáveis, até que todas estejam instanciadas.