

# DCpic (4.1.2)

## Manual de Utilização

(Versão 1.1)

Pedro Quaresma

CISUC/Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra

3001-454 COIMBRA, PORTUGAL

pedro@mat.uc.pt phone: +351-239 791 170 fax: +351-239 832 568

### Resumo

O *DCpic* é um conjunto de comandos para a escrita de grafos, para tal desenvolveu-se um conjunto de comandos, com uma sintaxe simples, que permite a construção de quase todo o tipo de grafos.

Originalmente o *DCpic* (**D**igramas **C**omutativos utilizando o **PiCTeX**) foi concebido para a construção de diagramas comutativos tal como são usados em Teoria das Categorias (Herrlich & Strecker, 1973; Pierce, 1998), temos então grafos etiquetados e com elementos nos nós. A partir da versão 4.0 o conjunto de comandos foi alterada de forma a considerar-se também a construção de grafos dirigidos, e grafos não dirigidos. A forma de os especificar recorre à colocação dos diferentes objectos (nós e arestas) num dado referencial ortonormado,

O *DCpic* está baseado no **PiCTeX** necessitando deste para poder ser usado.

Copyright (c) 1990-2008 Pedro Quaresma <pedro@mat.uc.pt> The DCpic package is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

The DCpic package is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this package; if not, write to the Free Software Foundation, Inc., 675 Mass Ave, Cambridge, MA 02139, USA.

# 1 História

11/1990 – versão 1.0

10/1991 – versão 1.1

9/1993 – **versão 1.2** argumento “distância entre as extremidades da seta e os objectos” passou a ser opcional; uma nova opção para as “setas” (opção 3).

2/3/1995 — **versão 1.3** foi acrescentado o tipo de seta de aplicação (opção 4) a distância da etiqueta à seta respectiva passou a ser fixa (10 unidades de medida).

15/7/1996 (**versão 2.1**) O comando `mor` passou a ter uma sintaxe distinta. Os parâmetros 5 e 6 passaram a ser a distância entre os objectos e os extremos da seta o parâmetro 7 é o nome do morfismo e os parâmetros 8 e 9, colocação do morfismo e tipo de morfismo passaram a ser opcionais.

5/2001 (**versão 3.0**) Implementação do comando `cmor` baseado no comando de desenho de curvas quadráticas pelo `PiCTEX`.

11/2001 (**versão 3.1**) Modificação das pontas das setas de forma a estas ficarem semelhantes às setas (símbolos) dos `TeX`.

1/2002 (**versão 3.2**) Modificação dos comandos `obj` e `mor` de forma a introduzir a especificação lógica dos morfismos, isto é, passa-se a dizer qual é o objecto de partida e/ou o objecto de chegada em vez de ter de especificar o morfismo em termos de coordenadas. Por outro lado o tamanho das setas passa a ser ajustado automaticamente em relação ao tamanho dos objectos.

5/2002 (**versão 4.0**) **Versão incompatível com as anteriores.** Modificação dos comandos `begindc` e `obj`. O primeiro passou a ter um argumento (obrigatório) que nos permite especificar o tipo de grafo que estamos a querer especificar:

- `commdiag` (0), para diagramas comutativos;
- `digraph` (1), para grafos orientados;
- `undigraph` (2), para grafos não orientados.

O comando `obj` modificou a sua sintaxe passou a ter um (após a especificação das coordenadas, um argumento opcional, um argumento obrigatório, e um argumento opcional. O primeiro argumento opcional dá-nos a etiqueta que serve como referência para a especificação dos morfismos, na sua ausência usa-se o argumento obrigatório para esse efeito, o argumento obrigatório dá-nos o “conteúdo” do objecto, nos diagramas comutativos é centrado no ponto dado pelas coordenadas sendo o argumento seguinte simplesmente ignorado, nos grafos o “conteúdo” é colocado numa posição a norte, a noroeste, a este, ..., sendo que a posição concreta é especificada pelo último dos argumentos deste comando, o valor por omissão é o `norte`.

3/2003 (**versão 4.1**) A pedido de Jon Barker <jeb1@soton.ac.uk> criei um novo tipo de seta, a seta de sobrejecção. Para já a dupla seta só fica bem nas setas horizontais ou verticais.

12/2004 (**versão 4.1.1**) Nova versão das setas de sobrejecção que corrige completamente os problemas da solução anterior.

3/2007 (**versão 4.1.2**) Acrescenta linhas a tracejado e a ponteadas.

## 2 Introdução

O conjunto de comandos *DCpic* é um conjunto de comandos  $\text{\TeX}$  (Knuth, 1986) dedicado à escrita de diagramas tal como são usados em Teoria das Categorias (Herrlich & Strecker, 1973; Pierce, 1998), assim como de grafos dirigidos e não dirigidos (Harary, 1972).

Pretendeu-se com a sua escrita ter uma forma simples de especificar grafos, fazendo-o através da especificação de um conjunto de “objectos” (nós do grafo) colocados num dado referencial ortonormado, e através de um conjunto de morfismos (arestas) que os são posicionados explicitamente no referido referencial, ou então, a sua posição é dada especificando qual é o seu nó de partida e qual é o seu nó de chegada.

O gráfico em si é construído recorrendo aos comandos gráficos do  $\text{\Pictex}$ .

## 3 Utilização

Antes de mais é necessário carregar os dois conjuntos de comandos acima referidos, no caso de um documento  $\text{\LaTeX}$  (Lamport, 1994) isso pode ser feito com o seguinte comando (no preâmbulo).

```
\usepackage{dcpic,pictex}
```

Nos outros formatos ter-se-á de usar um comando equivalente. Após isso os diagramas podem ser escritos através dos comandos disponibilizados pelo *DCpic*. Por exemplo, os comandos:

```
\begin{dc}\commdiag}[20]
\obj(1,4){$A^B$}
\obj(1,1){$C$}
\obj(3,4){$A$}
\obj(3,1){$C\times B$}
\obj(6,4){$A^B\times B$}
\mor{$C$}{$A^B$}{$f$}
\mor{$C\times B$}{$A$}{$\bar{f}$}[\atleft,\dasharrow]
\mor{$A^B\times B$}{$A$}{$ev$}[\atright,\solidarrow]
\mor{$C\times B$}{$A^B\times B$}{$f\times id$}[\atright,\solidarrow]
\end{dc}
```

produzem o seguinte diagrama:

$$\begin{array}{ccccc}
 & A^B & & A & \xleftarrow{ev} & A^B \times B \\
 & \uparrow & & \uparrow & & \nearrow \\
 f & \uparrow & & \bar{f} & & f \times id \\
 & C & & C \times B & & 
 \end{array}$$

O meio ambiente `begin{dc}`, `end{dc}` permite-nos construir um grafo por colocação dos objectos num referencial ortonormado tendo a origem em (0,0). As arestas (morfismos) vão ligar pares de nós (objectos) entre si.

## 4 Comandos Disponíveis

De seguida apresenta-se a descrição dos comandos, a sua sintaxe e a sua funcionalidade. Os argumentos entre parêntesis rectos são opcionais.

`\begin{dc}{#1}[#2]` – entrada no ambiente de escrita de grafos:

#1 – tipo de grafo  
 0  $\equiv$  `\commdiag`, diagrama comutativo;  
 1  $\equiv$  `\digraph`, grafo orientado;  
 2  $\equiv$  `\undigraph`, grafo não orientado;  
 3  $\equiv$  `\cdigraph`, grafo orientado, com objectos circunscritos;  
 4  $\equiv$  `\cundigraph`, grafo não orientado, com objectos circunscritos.  
 #2 – factor de escala (opcional)  
 valor por omissão: 30

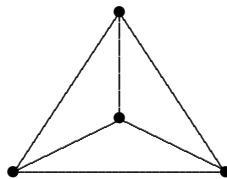
`\enddc` – saída do meio ambiente para a escrita de grafos.

`\obj(#1,#2)[#3]{#4}[#5]`: comando de colocação dos nós (objectos).

#1 e #2 – coordenadas do centro da caixa que vai conter o texto  
 #3 – etiqueta para identificar o objecto (opcional)  
 #4 – texto (conteúdo do nó)  
 #5 – colocação relativa do objecto (opcional)  
 0  $\doteq$  `\pcent`, centrado  
 1  $\doteq$  `\north`, norte  
 2  $\doteq$  `\northeast`, nordeste  
 3  $\doteq$  `\east`, este  
 4  $\doteq$  `\southeast`, sudeste  
 5  $\doteq$  `\south`, sul  
 6  $\doteq$  `\southwest`, sudoeste  
 7  $\doteq$  `\west`, oeste  
 8  $\doteq$  `\northwest`, noroeste

A etiqueta explicita-se quando não é possível usar o objecto como forma de identificação do nó, por exemplo num dado grafo não orientado os nós podem não ter conteúdo e como tal serem todos iguais em termos de identificação:

Em alguns casos, por exemplo comandos dos  $\text{\LaTeX}$  complexos, pode ser necessário explicitar o argumento #3 mesmo que seja através da etiqueta vazia []. Nesses casos o mecanismo interno do DCpic de comunicação entre comandos baralha-se e entra-se num ciclo infinito.



foi produzido por:

```
\begin{dc}\undigraph}[20]
\obj(1,1)[1]{}
\obj(3,2)[2]{}
\obj(5,1)[3]{}
\obj(3,4)[4]{}
\mor{1}{2}{}
\mor{1}{3}{}
\mor{2}{3}{}
\mor{4}{1}{}
\mor{4}{3}{}
\mor{2}{4}{}
\end{dc}
```

O parâmetro referente à colocação do objecto só é relevante quando se pensa na identificação dos nós num dado grafo orientado (ou não), por exemplo o grafo “Around the Word” (Harary, 1972):



- #7 – texto, “nome” do morfismo
- #8 – colocação do nome do morfismo em relação à seta. Valor por omissão, `\atleft`.
  - 1  $\doteq$  `\atright`, à direita
  - 1  $\doteq$  `\atleft`, à esquerda
- #9 – tipo da seta. Valor por omissão, `\solidarrow`.
  - 0  $\doteq$  `\solidarrow`, seta sólida
  - 1  $\doteq$  `\dashedarrow`, seta tracejada
  - 2  $\doteq$  `\solidline`, linha sólida
  - 3  $\doteq$  `\dashline`, linha a tracejado
  - 4  $\doteq$  `\dotline`, linha a ponteadado
  - 5  $\doteq$  `\injectionarrow`, seta de injeção. Valor anterior (<v4.1.2) 3
  - 6  $\doteq$  `\applicationarrow`, seta de aplicação. Valor anterior (<v4.1.2) 4
  - 7  $\doteq$  `\surjectivearrow`, seta de função sobrejectiva. Valor anterior (<v4.1.2) 5

`\mor(#1,#2)(#3,#4)[#5,#6]{#7}[#8,#9]`: Comando de colocação da seta (morfismo) de ligação de dois objectos – Segunda variante.

- #1 e #2 – coordenadas do nó de partida
- #3 e #4 – coordenadas do nó de chegada

Todos os outros argumentos têm o significado já explicado (por isso a numeração errada). É de notar que para a primeira variante é feito o cálculo das coordenadas dos nós de forma automática e depois são passados esses valores para a segunda variante do comando.

`\cmor(#1) #2(#3,#4){#5}[#6]` comando para a especificação de setas curvas. O algoritmo de construção das setas é o do  $\text{P}\text{T}\text{E}\text{X}$  o que implica que se está a especificar uma linha quadrática através de um número ímpar de pontos.

- #1—lista de pontos, em número ímpar
- #2—direccionamento da seta
  - 0  $\doteq$  `\pup`, apontar para cima
  - 1  $\doteq$  `\pdown`, apontar para baixo
  - 2  $\doteq$  `\pright`, apontar para a direita
  - 3  $\doteq$  `\pleft`, apontar para a esquerda
- #3—abscissa do morfismo
- #4—ordenada do morfismo
- #5—morfismo
- #6—tipo de “seta”, valor por omissão: 0, seta sólida.

Os restantes valores possíveis são os descritos na variante anterior.

O comando `cmor` no caso em que não tem o último parâmetro opcional tem de ser seguido por um espaço. O espaço antes do direccionamento da seta é obrigatório.

No caso de se ter o valor 2 (“`\solidline`”) o valor para o direccionamento da seta não é tipo em conta, no entanto dado se tratar de um do parâmetro obrigatório é necessário dar-lhe um valor

## 5 Desenvolvimento Futuro

Uma alteração de fundo será o de substituir o  $\text{P}\text{T}\text{E}\text{X}$  por outro “motor gráfico” eventualmente mais poderoso, por exemplo o Metapost, para já isso é só um pensamento distante.

## 6 Alguns Exemplos

### 6.1 Setas Duplas, Transformações Naturais, ...

É de notar que alguns casos aparentemente omissos na actual versão podem perfeitamente ser construídos através de uma utilização imaginativa dos actuais comandos. Por exemplo os seguintes diagramas:

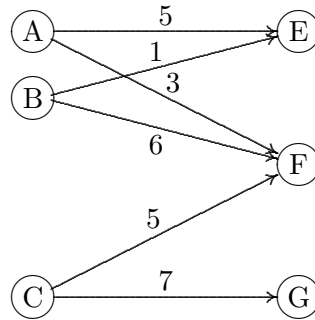
$$A \begin{array}{c} \xrightarrow{g} \\ \xrightarrow{f} \end{array} B \qquad A \begin{array}{c} \xrightarrow{\quad} \\ \downarrow \sigma \\ \xrightarrow{\quad} \\ \downarrow \tau \\ \xrightarrow{\quad} \end{array} B$$

Podem ser construídos com a actual versão. Eis como:

```
\begin{dc}{\commdiag}[1]
\obj(5,5){$A$}
\obj(20,5){$B$}
\mor(5,4)(20,4){$f$}[\atright,\solidarrow]
\mor(5,6)(20,6){$g$}
\enddc

\begin{dc}{\commdiag}[14]
\obj(5,5){$A$}
\obj(9,5){$B$}
\mor(5,6)(9,6){$\downarrow\sigma$}[\atright,\solidarrow]
\mor{$A$}{$B$}{}
\mor(5,4)(9,4){$\downarrow\tau$}
\enddc
```

### 6.2 Grafos Orientados com Objectos Circunscritos

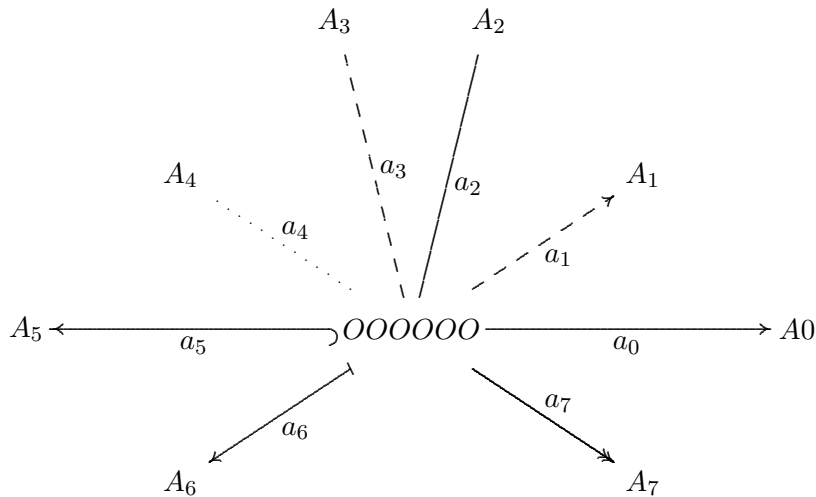


Foi produzido através dos seguintes comandos:

```
\begin{dc}{\commdiag}[25]
\obj(1,5){A}
\obj(1,4){B}
\obj(1,1){C}
\obj(5,5){E}
\obj(5,3){F}
\obj(5,1){G}
\mor{A}{E}[8,8]{5}
\mor{A}{F}[8,8]{3}
\mor{B}{F}[8,8]{6}[\atright,\solidarrow]
\mor{B}{E}[8,8]{1}
\mor{C}{F}[8,8]{5}
\mor{C}{G}[8,8]{7}
\enddc
```

### 6.3 Diferentes Tipos de Setas/Linhas

```
\begin{dc}\commdiag}[29]
\obj(10,10)[A]{\$000000\$}
\obj(15,10)[A0]{\$A0\$}
\obj(13,12)[A1]{\$A_1\$}
\obj(11,14)[A2]{\$A_2\$}
\obj(9,14)[A3]{\$A_3\$}
\obj(7,12)[A4]{\$A_4\$}
\obj(5,10)[A5]{\$A_5\$}
\obj(7,8)[A6]{\$A_6\$}
\obj(13,8)[A7]{\$A_7\$}
\mor{A}{A0}{\$a_0\$}[\atrigh,\solidarrow]
\mor{A}{A1}{\$a_1\$}[\atrigh,\dasharrow]
\mor{A}{A2}{\$a_2\$}[\atrigh,\solidline]
\mor{A}{A3}{\$a_3\$}[\atrigh,\dashline]
\mor{A}{A4}{\$a_4\$}[\atrigh,\dotline]
\mor{A}{A5}{\$a_5\$}[\atleft,\injectionarrow]
\mor{A}{A6}{\$a_6\$}[\atleft,\aplicationarrow]
\mor{A}{A7}{\$a_7\$}[\atleft,\surjectivearrow]
\end{dc}
```



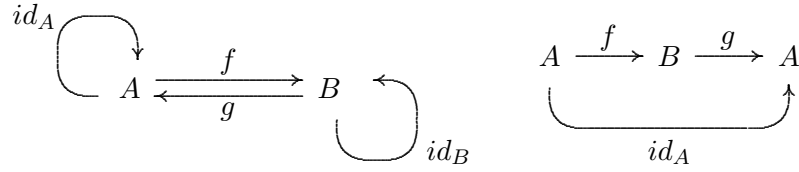
### 6.4 Diagramas com Setas Curvas

```
\begin{dc}[3]
\obj(14,11){\$A\$}
\obj(39,11){\$B\$}
\mor(14,12)(39,12){\$f\$}
\mor(39,10)(14,10){\$g\$}
\cmor((10,10)(6,11)(5,15)(6,19)(10,20)(14,19)(15,15))
\pdown(2,20){\$id_A\$}
\cmor((40,7)(41,3)(45,2)(49,3)(50,7)(49,11)(45,12))
\pleft(54,3){\$id_B\$}
\end{dc}
```

```
\begin{dc}\commdiag}[3]
\obj(10,15)[A]{\$A\$}
\obj(40,15)[Aa]{\$A\$}
\obj(25,15)[B]{\$B\$}
\mor{A}{B}{\$f\$}
\mor{B}{Aa}{\$g\$}
\cmor((10,11)(11,7)(15,6)(25,6)(35,6)(39,7)(40,11))
\pup(25,3){\$id_A\$}
```



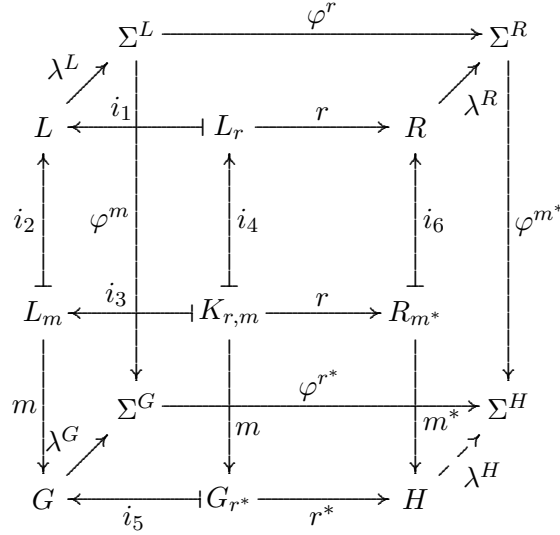
\enddc



## 6.5 Um Exemplo Complexo

O diagrama seguinte foi proposto por Feruglio (Feruglio, 1994) como um caso de teste. Como é possível ver o DCpic produz o diagrama correctamente a partir de uma especificação simples.

```
\newcommand{\barraA}{\vrule height2em width0em depth0em}
\newcommand{\barraB}{\vrule height1.6em width0em depth0em}
\begin{dc}\commdiag}[35]
\obj(1,1)[Gr]{$G$}
\obj(3,1)[Grstar]{$G_{r^*}$}
\obj(5,1)[H]{$H$}
\obj(2,2)[SigmaG]{$\Sigma^G$}
\obj(6,2)[SigmaH]{$\Sigma^H$}
\obj(1,3)[Lm]{$L_m$}
\obj(3,3)[Krm]{$K_{r,m}$}
\obj(5,3)[Rmstar]{$R_{m^*}$}
\obj(1,5)[L]{$L$}
\obj(3,5)[Lr]{$L_r$}
\obj(5,5)[R]{$R$}
\obj(2,6)[SigmaL]{$\Sigma^L$}
\obj(6,6)[SigmaR]{$\Sigma^R$}
\mor{Gr}{SigmaG}{$\lambda^G$}
\mor{Grstar}{Gr}{$i_5$}[\atleft,\aplicationarrow]
\mor{Grstar}{H}{$r^*$}[\atright,\solidarrow]
\mor{H}{SigmaH}{$\lambda^H$}[\atright,\dasharrow]
\mor{SigmaG}{SigmaH}{$\varphi^{r^*}$}[\atleft,\solidarrow]
\mor{Lm}{Gr}{$m$}[\atright,\solidarrow]
\mor{Lm}{L}{$i_2$}[\atleft,\aplicationarrow]
\mor{Krm}{Lm}{$i_3\quad$}[\atright,\aplicationarrow]
\mor{Krm}{Rmstar}{$r$}
\mor{Krm}{Lr}{$i_4$}[\atright,\aplicationarrow]
\mor{Krm}{Grstar}{\barraA$m$}
\mor{Rmstar}{R}{$i_6$}[\atright,\aplicationarrow]
\mor{Rmstar}{H}{\barraB$m^*$}
\mor{L}{SigmaL}{$\lambda^L$}
\mor{Lr}{L}{$i_1\quad$}[\atright,\aplicationarrow]
\mor{Lr}{R}{$r$}
\mor{R}{SigmaR}{$\lambda^R$}[\atright,\solidarrow]
\mor{SigmaL}{SigmaG}{$\varphi^m$}[\atright,\solidarrow]
\mor{SigmaL}{SigmaR}{$\varphi^r$}
\mor{SigmaR}{SigmaH}{$\varphi^{m^*}$}
\end{dc}
```



## Referências

- FERUGLIO, GABRIEL VALIENTE. 1994. Typesetting Commutative Diagrams. *TUGboat*, **15**(4), 466–484.
- HARARY, FRANK. 1972. *Graph Theory*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- HERRLICH, HORST, & STRECKER, GEORGE. 1973. *Category Theory*. Allyn and Bacon Inc.
- KNUTH, DONALD E. 1986. *The T<sub>E</sub>Xbook*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- LAMPORT, LESLIE. 1994. *L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X: A Document Preparation System*. 2nd edn. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
- PIERCE, BENJAMIN. 1998. *Basic Category Theory for Computer Scientists*. Foundations of Computing. London, England: The MIT Press.

## A O Código

```
% $Id: dcpic.sty,v 1.31 2007/12/13 17:34:57 pedro Exp pedro $
%% DC-PiCTeX
%% Copyright (c) 1990-2007 Pedro Quaresma de Almeida, Coimbra
%% 11/1990 (version 1.0);
%% 10/1991 (version 1.1);
%% 9/1993 (version 1.2);
%% 3/1995 (version 1.3);
%% 7/1996 (version 2.1);
%% 5/2001 (version 3.0);
%% 11/2001 (version 3.1);
%% 1/2002 (version 3.2)
%% 5/2002 (version 4.0);
%% 3/2003 (version 4.1);
%% 12/2004 (version 4.1.1)
%% 3/2007 (version 4.1.2)

\immediate\write10{Package DCpic 2007/03/01 v4.1.2}

\ProvidesPackage{dcpic}[2007/03/01 v4.1.2]

%% Version X.Y.Z
%% X - major versions
%% Y - minor versions
%% Z - bug corrections
%%
%% Copyright (c) 1990-2007 Pedro Quaresma <pedro@mat.uc.pt>
%% The DCpic package is free software; you can redistribute it and/or
%% modify it under the terms of the GNU General Public License as
```

```

%% published by the Free Software Foundation; either version 2 of the
%% License, or (at your option) any later version.
%%
%% The DCpic package is distributed in the hope that it will be
%% useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty
%% of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU
%% General Public License for more details.
%%
%% You should have received a copy of the GNU General Public License
%% along with this package; if not, write to the Free Software
%% Foundation, Inc., 675 Mass Ave, Cambridge, MA 02139, USA.
%%
%%
%% Coimbra, 13 de Dezembro de 2007
%% Pedro Quaresma de Almeida
%%
%% DCpic is a package of \TeX\ macros for graph modelling in a
%% (La)\TeX\ or Con\TeX t document. Its distinguishing features are:
%% the use of \PiCTeX\ a powerful graphical engine, and a simple
%% specification syntax. A graph is described in terms of its objects
%% and its edges. The objects are textual elements and the edges can
%% have various straight or curved forms.
%%
%%
%% A graph in DCpic is a "picture" in \PiCTeX, in which we place our
%% {\em objects} and {\em morphisms} (edges). The user's commands in
%% DCpic are: {\tt begindc} and {\tt enddc} which establishes the
%% coordinate system where the objects will be placed; {\tt obj}, the
%% command which defines the place and the contents of each object;
%% {\tt mor}, and {\tt cmor}, the commands which define the
%% morphisms, linear and curved edges, and its labels.
%%
%% Example:
%% \begindc{\commdiag}[3]
%% \obj(10,15){$A$}
%% \obj(25,15){$B$}
%% \obj(40,15){$C$}
%% \mor{$A$}{$B$}{$f$}
%% \mor{$B$}{$C$}{$g$}
%% \cmor((10,11)(11,7)(15,6)(25,6)(35,6)(39,7)(40,11))
%% \pup(25,3){$g\circ f$}
%% \enddc
%%
%% NOTES:
%% all the numeric values should be integer values.
%%
%% Available commands:
%%
%% The environment:
%% \begindc{#1}[#2]
%% #1 - Graph type
%% 0 = "commdiag" (commutative diagram)
%% 1 = "digraph" (direct graph)
%% 2 = "undigraph" (undirect graph)
%% 3 = "cdigraph" with incircled objects
%% 4 = "cundigraph" with incircled objects
%% (optional) #2 - magnification factor (default value, 30)
%%
%% \enddc
%%
%% Objects:
%% \obj{#1,#2}[#3]{#4}[#5]
%% #1 and #2 - coordinates
%% (optional) #3 - Label, to be used in the morphisms command, if not
%% present the #4 will be used to that purpose
%% #4 - Object contents
%% (optional) #5 - placement of the object (default value \north)
%% 0=\pcent, center
%% 1=\north, north
%% 2=\northeast, northeast
%% 3=\east, east
%% 4=\southeast, southeast
%% 5=\south, south
%% 6=\southwest, southwest
%% 7=\west, west

```

```

%%      8="\northwest", northwest
%%  !!! Note !!!
%%  if you omit the #3 argument (label) and the #4 argument is a
%%  complex LaTeX command this can cause this command to crash. In
%%  this case you must specify a label (the empty label [], if you do
%%  needed it it for nothing).
%%
%% Morphisms (linear edges). This command has two major variants
%% i) Starting and Ending objects specification
%%   \mor{#1}{#2}[#5,#6]{#7}[#8,#9]
%%
%% As you can see this first form is (intencionaly) badly formed, the
%% arguments #3 and #4 are missing (the actual command is correctly
%% formed).
%%
%%      #1 - The starting object reference
%%      #2 - The ending object reference
%%
%% from this two we will obtain the objects coordinates, and also the
%% dimensions of the enclosing box.
%%
%% The objects box dimensions are used to do an automatic adjustment of
%% the edge width.
%%
%% from #1 we obtain (x,y), (#1,#2) in the second form
%% from #2 we obtain (x',y'), (#3,#4) in the second form
%%
%% this values will be passed to the command second form
%%
%%ii) Two points coordinates specification
%%   \mor{#1,#2}(#3,#4)[#5,#6]{#7}[#8,#9]
%%
%% Now we can describe all the arguments
%%
%%      #1 and #2 - coordinates (beginning)
%%      #3 and #4 - coordinates (ending)
%%(optional)#5,#6 - correction factors (default values, 10 and 10)
%%      #5 - actual beginning of the edge
%%      #6 - actual ending of the edge
%%      #7 - text (morphism label)
%%(optional)#8,#9
%%      #8 - label placement
%%          1 = \atright, at right, default value
%%          -1 = \atleft, at left
%%      #9 - edge type
%%          0 = "\solidarrow", default edge
%%          1 = "\dasharrow"
%%          2 = "\solidline"
%%          3 = "\dashline"
%%          4 = "\dotline"
%%          5 = "\injectionarrow" --- old value 3
%%          6 = "\aplicationarrow" --- old value 4
%%          7 = "\surjectivearrow" --- old value 5
%%
%% Note: insert a space after the command.
%%
%% Curved Morphisms (quadratic edges):
%%   \cmor{#1} #2(#3,#4){#5}[#6]
%%      #1 - list of points (odd number)
%%      #2 - tip direction
%%          0 = "\pup", pointing up
%%          1 = "\pdown", pointing down
%%          2 = "\pright", pointing right
%%          3 = "\pleft", pointing left
%%      #3 and #4 - coordenates of the label
%%      #5 - morphism label
%%(optional)#6 - edge type
%%          0 = "\solidarrow", default value
%%          1 = "\dasharrow"
%%          2 = "\solidline"
%%
%% Notes: insert a space after the command.
%%      the space after the list of points is mandatory
%%
%% Exemples:

```

```

%%\documentclass[a4paper,11pt]{article}
%%\usepackage{dcpic,pictexwd}
%%
%%\begin{document}
%%\begin{dc}[3]
%%\obj(14,11){A$}
%%\obj(39,11){B$}
%%\mor(14,12)(39,12){f$}[\atright,\solidarrow]
%%\mor(39,10)(14,10){g$}[\atright,\solidarrow]
%%\cmor((10,10)(6,11)(5,15)(6,19)(10,20)(14,19)(15,15))
%%\pdown(2,20){id_A$}
%%\cmor((40,7)(41,3)(45,2)(49,3)(50,7)(49,11)(45,12))
%%\pleft(54,3){id_B$}
%%\end{dc}
%%
%%\begin{dc}{\commdiag}[3]
%%\obj(10,15)[A]{A$}
%%\obj(40,15)[Aa]{Aa$}
%%\obj(25,15)[B]{B$}
%%\mor{A}{B}{f$}[\atright,\solidarrow]
%%\mor{B}{Aa}{g$}[\atright,\solidarrow]
%%\cmor((10,11)(11,7)(15,6)(25,6)(35,6)(39,7)(40,11))
%%\pup(25,3){id_A$}
%%\end{dc}
%%
%%\newcommand{\barraA}{\vrule height2em width0em depth0em}
%%\newcommand{\barraB}{\vrule height1.6em width0em depth0em}
%%\begin{dc}{\commdiag}[35]
%%\obj(1,1)[Gr]{G$}
%%\obj(3,1)[Grstar]{G_{r^*}$}
%%\obj(5,1)[H]{H$}
%%\obj(2,2)[SigmaG]{\Sigma^G$}
%%\obj(6,2)[SigmaH]{\Sigma^H$}
%%\obj(1,3)[Lm]{L_m$}
%%\obj(3,3)[Krm]{K_{r,m}$}
%%\obj(5,3)[Rmstar]{R_{m^*}$}
%%\obj(1,5)[L]{L$}
%%\obj(3,5)[Lr]{L_r$}
%%\obj(5,5)[R]{R$}
%%\obj(2,6)[SigmaL]{\Sigma^L$}
%%\obj(6,6)[SigmaR]{\Sigma^R$}
%%\mor{Gr}{SigmaG}{\lambda^G$}
%%\mor{Grstar}{Gr}{i_5$}[\atleft,\aplicationarrow]
%%\mor{Grstar}{H}{r^*}$[\atright,\solidarrow]
%%\mor{H}{SigmaH}{\lambda^H$}[\atright,\dasharrow]
%%\mor{SigmaG}{SigmaH}{\varphi^{r^*}$}[\atright,\solidarrow]
%%\mor{Lm}{Gr}{m$}[\atright,\solidarrow]
%%\mor{Lm}{L}{i_2$}[\atleft,\aplicationarrow]
%%\mor{Krm}{Lm}{i_3\quad$}[\atright,\aplicationarrow]
%%\mor{Krm}{Rmstar}{r$}
%%\mor{Krm}{Lr}{i_4$}[\atright,\aplicationarrow]
%%\mor{Krm}{Grstar}{m$}
%%\mor{Rmstar}{R}{i_6$}[\atright,\aplicationarrow]
%%\mor{Rmstar}{H}{m^*}$}
%%\mor{L}{SigmaL}{\lambda^L$}
%%\mor{Lr}{L}{i_1\quad$}[\atright,\aplicationarrow]
%%\mor{Lr}{R}{r$}
%%\mor{R}{SigmaR}{\lambda^R$}[\atright,\solidarrow]
%%\mor{SigmaL}{SigmaG}{\varphi^m$}[\atright,\solidarrow]
%%\mor{SigmaL}{SigmaR}{\varphi^r$}
%%\mor{SigmaR}{SigmaH}{\varphi^{m^*}$}
%%\end{dc}
%%
%%\end{document}
%%-----//-----
%% Modifica{\c c}{\~o}es (9/1993)
%%      argumento "dist{\^a}ncia entre as extremidades da seta e os
%%      objectos" passou a ser opcional; uma nova op{\c c}{\~a}o para as
%%      "setas" (op{\c c}{\~a}o 3).
%%
%% 2/3/1995 (vers{\~a}o 1.3)
%%      foi acrescentado o tipo de seta de aplica{\c c}{\~a}o
%%      (op{\c c}{\~a}o 4) a dist{\^a}ncia da etiqueta {\^a} seta respectiva
%%      passou a ser fixa (10 unidades de medida).
%% 15/7/1996 (vers{\~a}o 2.1)

```

```

%%      O comando "\mor" passou a ter uma sintaxe distinta. Os
%%      par{\a}metros 5 e 6 passaram a ser a dist{\a}ncia entre os
%%      objectos e os extremos da seta o par{\a}metro 7 {\e} o nome do
%%      morfismo e os par{\a}metros 8 e 9, coloca{\c c}{\a}o do morfismo
%%      e tipo de morfismo passaram a ser opcionais.
%%
%% 5/2001 (vers{\a}o 3.0)
%%      Implementa{\c c}{\a}o do comando "\cmor" baseado no comando
%%      de desenho de curvas quadr{\a}ticas pelo PiCTeX
%%
%% 11/2001 (vers{\a}o 3.1)
%%      Modifica{\c c}{\a}o das pontas das setas de forma a estas ficarem
%%      semelhantes {\a}s setas (s{\'\i}mbolos) dos TeX.
%%
%% 1/2002 (vers{\a}o 3.2)
%%      Modifica{\c c}{\a}o dos comandos "obj" e "mor" de forma a introduzir
%%      a especifica{\c c}{\a}o l{\o}gica dos morfismos, isto {\e}, passa-se a
%%      dizer qual {\e} o objecto de partida e/ou o objecto de chegada
%%      em vez de ter de especificar o morfismo em termos de
%%      coordenadas.
%%      Por outro lado o tamanho das setas passa a ser ajustado
%%      automaticamente em rela{\c c}{\a}o ao tamanho dos objectos.
%%
%% 5/2002 (versão 4.0)
%%      Modificação dos comandos "begindc" e "obj"
%%      !!! Modificação da sintaxe destes comandos !!!
%%      O comando "begindc" passou a ter um argumento (obrigatório)
%%      que nos permite especificar o tipo de grafo que estamos a
%%      querer especificar:
%%      "commdiag" (0), para diagramas comutativos
%%      "digraph" (1), para grafos orientados
%%      "undigraph" (2), para grafos não orientados
%%      O comando "obj" modificou a sua sintaxe passou a ter um (após
%%      a especificação das coordenadas, um argumento opcional, um
%%      argumento obrigatório, e um argumento opcional. O primeiro
%%      argumento opcional dá-nos a etiqueta que serve como
%%      referência para a especificação dos morfismos, na sua
%%      ausência usa-se o argumento obrigatório para esse efeito, o
%%      argumento obrigatório dá-nos o "conteúdo" do objecto, nos
%%      diagramas comutativos é centrado no ponto dado pelas
%%      coordenadas sendo o argumento seguinte simplesmente ignorado,
%%      nos grafos o "conteúdo" é colocado numa posição a norte, a
%%      noroeste, a este, ..., sendo que a posição concreta é
%%      especificada pelo último dos argumentos deste comando, o
%%      valor por omissão é o "norte".
%%
%% 3/2003 (versão 4.1)
%%      A pedido de Jon Barker <jeb1@soton.ac.uk> criei um novo tipo
%%      de seta, a seta de sobrejecção.
%%      Para já a dupla seta só fica bem nas setas horizontais ou
%%      verticais.
%% 12/2004 (versão 4.1.1)
%%      Nova versão das setas de sobrejecção que corrige
%%      completamente os problemas da solução anterior.
%% 3/2007 (versão 4.1.2)
%%      Acrescenta linhas a tracejado e a ponteadado
%%-----//-----

```

```

\catcode'\!=11 % ***** THIS MUST NEVER BE OMITTED (Ver PiCTeX)

```

```

\newcount\aux%
\newcount\auxa%
\newcount\auxb%
\newcount\m%
\newcount\n%
\newcount\x%
\newcount\y%
\newcount\xl%
\newcount\yl%
\newcount\d%
\newcount\dnm%
\newcount\xa%
\newcount\xb%
\newcount\xmed%
\newcount\xc%

```

```

\newcount\xd%
\newcount\ya%
\newcount\yb%
\newcount\ymed%
\newcount\yc%
\newcount\yd
%% "variáveis globais"
\newcount\expansao%
\newcount\tipografo%      versão 4.0
\newcount\distanciaobjmor% versão 4.0
\newcount\tipoarco%       versão 4.0
%\newif\ifarredondada%     versão 4.0 (valor inicial "false")
\newif\ifpara%
%% version 3.2
\newbox\caixa%
\newbox\caixaaux%
\newif\ifnvazia%
\newif\ifvazia%
\newif\ifcompara%
\newif\ifdiferentes%
\newcount\iaux%
\newcount\yaux%
\newcount\guardaauxa%
\newcount\alt%
\newcount\larg%
\newcount\prof%
%% para os ajustes
\newcount\auxqx
\newcount\auxqy
\newif\ifajusta%
\newif\ifajustadist
\def\objPartida{}%
\def\objChegada{}%
\def\objNulo{}%

%%
%% Stack specification
%%

%%
%% Empty stack
%%
\def\!vazia{:}

%%
%% Is Empty? : Stack -> Bool
%%
%% nvazia - True if Not Empt
%% vazia  - True if Empty
\def\!pilhanvazia#1{\let\arg=#1%
\if:\arg\ \nvaziafalse\vaziatrue \else \nvaziatrue\vaziafalse\fi}

%%
%% Push : Elems x Stack -> Stack
%%
\def\!coloca#1#2{\edef\pilha{#1.#2}}

%%
%% Top : Stack -> Elems
%%
%% the empty stack is not taken care
%% the element is "kept" ("guardado")
\def\!guarda(#1)(#2,#3)(#4,#5,#6){\def\id{#1}%
\iaux=#2%
\yaux=#3%
\alt=#4%
\larg=#5%
\prof=#6%
}

\def\!topaux#1.#2:{\!guarda#1}
\def\!topo#1{\expandafter\!topaux#1}

%%

```

```

%% Pop : Stack -> Stack
%%
%% the empty stack is not taken care
\def\!popaux#1.#2:{\def\pilha{#2:}}
\def\!retira#1{\expandafter\!popaux#1}

%%
%% Compares words : Word x Word -> Bool
%%
%% compara - True if equal
%% diferentes - True if not equal
\def\!comparaaux#1#2{\let\argA=#1\let\argB=#2%
\ifx\argA\argB\comparatrue\diferentesfalse\else\comparafalse\diferentestrue\fi}

\def\!compara#1#2{\!comparaaux{#1}{#2}}

%%Comando Interno
%% Valor absoluto (absolute value)
%% \absluto{n}{absn}
%% entrada
%% n - natural
%% sa{'\i}da
%% absn - o valor absoluto de n
\def\!absluto#1#2{\n=#1%
\ifnum \n > 0
#2=\n
\else
\multiply \n by -1
#2=\n
\fi}

%% Name definitions for edge types and directions
\def\solidarrow{0}
\def\dasharrow{1}
\def\solidline{2}
\def\dashline{3}
\def\dotline{4}
\def\injectionarrow{5}
\def\applicationarrow{6}
\def\surjectivearrow{7}
%% Name definitions for edge label placement
\def\atright{-1}
\def\atleft{1}
%% Tip direction for curved edges
\def\pup{0}
\def\pdown{1}
\def\pright{2}
\def\pleft{3}
%% Type of graph
\def\commdiag{0}
\def\digraph{1}
\def\undigraph{2}
\def\cdigraph{3}
\def\cundigraph{4}
%% Posicionamento da etiquetas nos grafos
\def\pcent{0}
\def\north{1}
\def\northeast{2}
\def\east{3}
\def\southeast{4}
\def\south{5}
\def\southwest{6}
\def\west{7}
\def\northwest{8}

%%Comando Interno
%% Ajusta a dist{\^a}ncia entre as setas e os objectos em fun{\c c}{\^a}o das
%% dimens{\^o}es destes {'u}ltimos
%% \ajusta{x}{xl}{y}{yl}{d}{0}objecto}
%% entrada
%% (x,y) e (xl,yl), coordenadas dos pontos de {'i}ncio e fim da seta
%% d, dist{\^a}ncia especificada pelo utilizador ou 10 (valor por

```



```

%% omiss{\~a}o), Objecto d{\~a}-nos a refer{\~e}ncia do objecto ao qual se est{\~a} a
%% efectuar o ajuste.
%% sa{\~i}da
%% d, dist{\~a}ncia alterada.
%%
%% A dist{\~a}ncia alterada {\~e} o maior valor entre 10 e as dimens{\~o}es
%% apropriadas da caixa que cont{\~e}m o objecto.
%% Se o utilizador especificar um valor essa especifica{\c c}{\~a}o
%% n{\~a}o {\~e} alterada.
%%
%% Se a seta {\~e} horizontal usa-se o valor da largura
%% Se a seta {\~e} vertical usa-se:
%% o valor da altura se a seta est{\~a} no 1o ou 2o quadrante
%% o valor da profundidade se a seta est{\~a} no 3o ou 4o quadrante
%% Se a seta {\~e} {\~o}bliqua vai-se escolher o valor conforme:
%% de 315 a 45 graus usa-se a largura
%% de 45 a 135 graus usa-se a altura
%% de 135 a 225 graus usa-se a largura
%% de 225 a 315 graus usa-se a profundidade
\def!ajusta#1#2#3#4#5#6{\aux=#5%
  \let\auxobj=#6%
  \ifcase \tipografo % diagramas comutativos
    \ifnum\number\aux=10
      \ajustadisttrue % se o valor é o valor por omissão ajusta
    \else
      \ajustadistfalse % caso contrário não ajusta
    \fi
  \else % grafos (dirigidos, não dirigidos, com molduras)
    \ajustadistfalse
  \or % grafos não dirigidos
    \ajustadistfalse
  \else % grafos dirigidos com molduras circulares nos objectos
    \ifnum\number\aux=8
      \ajustadisttrue % se o valor é o valor por omissão ajusta
    \else
      \ajustadistfalse % caso contrário não ajusta
    \fi
  \fi
\ifajustadist
  \tiny Vou ajustar %%%%%%%%%%%
% \ifnum\number\aux=10% verificar se s{\~a}o os valores por omiss{\~a}o
\let\pilhaaux=\pilha%
\loop%
  \!topo{\pilha}%
  \!retira{\pilha}%
  \!compara{\id}{\auxobj}%
  \ifcompara\nvaziafalse \else\!pilhanvazia\pilha \fi%
  \ifnvazia%
\repeat%
%% rep{\~o}e os valores na pilha
\let\pilha=\pilhaaux%
\ifvazia%
\endiferentes%
%%
%% N{\~a}o {\~e} poss{\~i}vel efectuar o ajuste dado o utilizador n{\~a}o ter
%% especificado uma etiqueta para o objecto em quest{\~a}o. {\~E} dado o
%% valor de 10, igual ao valor por omiss{\~a}o.
%%
  \larg=1310720% n{\~a}o faz o ajuste
  \prof=655360%
  \alt=655360%
\fi%
\fi%
\divide\larg by 131072
\divide\prof by 65536
\divide\alt by 65536
\ifnum\number\y=\number\y1
%% Caso 1 -- seta horizontal
%%
%% divide-se por 131072 para se obter metade da largura da caixa em
%% pontos (pt), isto dado que o texto est{\~a} centrado na caixa. Soma-se
%% mais tr{\~e}s, que constitui um ajuste imp{\~i}rico.
  \advance\larg by 3
  \ifnum\number\larg>\aux
    #5=\larg

```

```

\fi
\else
\ifnum\number\x=\number\xl
\ifnum\number\yl>\number\y
%% Caso 2.1 -- seta vertical de cima para baixa
%%
\ifnum\number\alt>\aux
#5=\alt
\fi
\else
%% Caso 2.2 -- seta vertical de baixo para cima
%%
%% divide-se por 65536 para se obter a altura da caixa em pt. 0 ajuste
%% de 5 foi obtido imp{\'\i}ricamente
\advance\prof by 5
\ifnum\number\prof>\aux
#5=\prof
\fi
\fi
\else
%% Caso 3 -- seta obl{\'\i}qua
%% Caso 3.1 de 315o a 45o; |x-xl|>|y-yl| e
%% Caso 3.3 de 135o a 225o; |x-xl|>|y-yl|; Largura
\auxqx=\x
\advance\auxqx by -\xl
\!absoluto{\auxqx}{\auxqx}%
\auxqy=\y
\advance\auxqy by -\yl
\!absoluto{\auxqy}{\auxqy}%
\ifnum\auxqx>\auxqy
\ifnum\larg<10
\larg=10
\fi
\advance\larg by 3
#5=\larg
\else
%% Caso 3.2 de 45o a 135o; |x-xl|<|y-yl| e y>0; Largura
\ifnum\yl>\y
\ifnum\larg<10
\larg=10
\fi
\advance\alt by 6
#5=\alt
\else
%% Caso 3.4 de 225o a 315o; |x-xl|<|y-yl| e y<0; Profundidade
\advance\prof by 11
#5=\prof
\fi
\fi
\fi
\fi
\fi} % o ramo "else" {\e} omissso

%%Comando Interno
%% C{\a}lculo da Raiz Quadrada
%% raiz{n}{m}
%% entrada
%% n - natural
%% sa{\'\i}da
%% n - natural
%% m - maior natural contido na raiz quadrada de n
\def!raiz#1#2{\n=#1%
\m=1%
\loop
\aux=\m%
\advance \aux by 1%
\multiply \aux by \aux%
\ifnum \aux < \n%
\advance \m by 1%
\paratrue%
\else\ifnum \aux=\n%
\advance \m by 1%
\paratrue%
\else\parafalse%

```

```

\fi
\fi
\ifpara%
\repeat
#2=\m}

%%Comando Interno
%% Calcula os pontos de
%%   come{\c c}o da "seta"
%%   fim da "seta"
%%   coloca{\c c}{\~a}o do s{\'\i}mbolo
%%
%% ucoord{x1}{x2}{x3}{x4}{x5}{x6}{+|- 1}
%% entrada
%%   x1,x2,x3,x4,x5
%% sa{\'\i}da
%%   x6
%%
%%           x2 - x1
%% x6 = x3 +|- ----- x4
%%           x5
\def\!ucoord#1#2#3#4#5#6#7{\aux=#2%
  \advance \aux by -#1%
  \multiply \aux by #4%
  \divide \aux by #5%
  \ifnum #7 = -1 \multiply \aux by -1 \fi%
  \advance \aux by #3%
#6=\aux}

%%Comando Interno
%% C{\'\a}lculo do Quadrado da Dist{\~a}ncia Euclidiana entre dois pontos
%% quadrado{n}{m}{l}
%% entrada
%%   n - natural
%%   m - natural
%% sa{\'\i}da
%%   l = (n-m)*(n-m)
\def\!quadrado#1#2#3{\aux=#1%
  \advance \aux by -#2%
  \multiply \aux by \aux%
#3=\aux}

%%Comando Interno
%% C{\'\a}lculo auxiliar para determinar a dist{\~a}ncia entre o nome do
%% morfismo e a seta.
%% entrada
%%   (x,y), (x',y') e o nome do morfismo
%% sa{\'\i}da
%%   dnm - dist{\~a}ncia do nome ao morfismo respectivo devidamente
%%   compensada pelo tamanho do objecto
%% Observa{\c c}{\~o}es
%%   A compensa{\c c}{\~a}o s{\'\o} est{\'\a} a ser feita para setas
%%   horizontais e verticais. As obl{\'\i}guas s{\~a}o tratadas de
%%   outra forma.
%% algoritmo
%%   caixa0 <- nome do morfismo
%%   se x-x1 = 0 entao {recta vertical}
%%   aux <- largura da caixa0
%%   dnm <- convers{\~a}o-sp-pt(aux)/2+3
%%   sen{\~a}o {recta n{\~a}o vertical}
%%   se y-y1 = 0 entao {recta horizontal}
%%   aux <- altura+profundidade da caixa0
%%   dnm <- convers{\~a}o-sp-pt(aux)/2+3
%%   sen{\~a}o {recta obl{\'\i}qua}
%%   dnm <- 3
%%   fimse
%%   fimse
%% fimalgoritmo
\def\!distnomemor#1#2#3#4#5#6{\setbox0=\hbox{#5}%
  \aux=#1
  \advance \aux by -#3
  \ifnum \aux=0
    \aux=\wd0 \divide \aux by 131072
    \advance \aux by 3
  #6=\aux

```

```

\else
  \aux=#2
  \advance \aux by -#4
  \ifnum \aux=0
    \aux=\ht0 \advance \aux by \dp0 \divide \aux by 131072
    \advance \aux by 3
    #6=\aux%
  \else
    #6=3
  \fi
\fi
}

%%
%% 0 ambiente "beginnc...enddc"
%%
\def\beginnc#1{\!ifnextchar[{\!beginnc{#1}}{\!beginnc{#1}[30]}}
\def\!beginnc#1[#2]{\beginpicture
  \let\pilha=\!vazia
  \setcoordinatesystem units <1pt,1pt>
  \expansao=#2
  \ifcase #1
    \distanciaobjmor=10
    \tipoarco=0          % seta
    \tipografo=0         % diagrama comutativo
  \or
    \distanciaobjmor=2
    \tipoarco=0          % seta
    \tipografo=1         % grafo orientado
  \or
    \distanciaobjmor=1
    \tipoarco=2          % linha
    \tipografo=2         % grafo não orientado
  \or
    \distanciaobjmor=8
    \tipoarco=0          % seta
    \tipografo=3         % grafo orientado
  % \arredondadotru     % objectos com molduras circulares
  \or
    \distanciaobjmor=8
    \tipoarco=2          % linha
    \tipografo=4         % grafo não orientado
  % \arredondadotru     % objectos com molduras circulares
  \fi}

\def\enddc{\endpicture}

%%
%% Comando para construir a "seta" entre dois objectos
%%
%% Os pontos definidores da seta e da etiqueta respectiva s{\~a}o:
%%
%%          (xd,yd)
%%          o
%%          |
%% o-----o-----o-----o-----o
%%(x,y) (xa,ya)  (xm,ym)  (xb,yb) (xl,yl)
%%
\def\mor{%
  \!ifnextchar({\!morxy}{\!morObjA}}
\def\!morxy(#1,#2){%
  \!ifnextchar({\!morxyl{#1}{#2}}{\!morObjB{#1}{#2}})
\def\!morxyl#1#2(#3,#4){%
  \!ifnextchar[{\!mora{#1}{#2}{#3}{#4}}{\!mora{#1}{#2}{#3}{#4}[\number\distanciaobjmor,\number\distanciaobjmor]}}%
\def\!morObjA#1{%
  \let\pilhaaux=\pilha%
\def\objPartida{#1}%
\loop%
  \!topo\pilha%
  \!retira\pilha%
  \!compara{id}{\objPartida}%
  \ifcompara \nvaziafalse \else \!pilhanvazia\pilha \fi%
  \ifnvazia%

```

```

\repeat%
\ifvazia%
\ifdiferentes%
%%
%% Mensagem de erro e atribui{\c c}{\~a}o de valores fict{\'\i}cios aos
%% argumentos dos comandos que se seguem.
%%
Error: Incorrect label specification%
\aux=1%
\yaux=1%
\fi%
\fi%
\let\pilha=\pilhaaux%
\!ifnextchar({\!morxyl{\number\aux}{\number\yaux}}{\!morObjB{\number\aux}{\number\yaux}}}{
\def\!morObjB#1#2#3{%
\ x=#1
\ y=#2
\def\objChegada{#3}%
\let\pilhaaux=\pilha%
\loop
\!topo\pilha %
\!retira\pilha%
\!compara{id}{\objChegada}%
\ifcompares\nvaziafalse\else\!pilhanvazia\pilha\fi
\ifnvazia
\repeat
\ifvazia
\ifdiferentes%
%%
%% Mensagem de erro e atribui{\c c}{\~a}o de valores fict{\'\i}cios aos
%% argumentos dos comandos que se seguem.
%%
Error: Incorrect label specification
\aux=\x%
\advance\aux by \x%
\yaux=\y%
\advance\yaux by \y%
\fi
\fi
\let\pilha=\pilhaaux
\!ifnextchar[{\!mora{\number\x}{\number\y}{\number\aux}{\number\yaux}}{\!mora{\number\x}{\number\y}{\number\aux}{\number\yaux}}{\!n
\def\!mora#1#2#3#4[#5,#6]#7{%
\!ifnextchar[{\!morb{#1}{#2}{#3}{#4}{#5}{#6}{#7}}{\!morb{#1}{#2}{#3}{#4}{#5}{#6}{#7}[1,\number\tipoarco] }}
\def\!morb#1#2#3#4#5#6#7[#8,#9]{\ x=#1%
\ y=#2%
\ x1=#3%
\ y1=#4%
\multiply \x by \expansao%
\multiply \y by \expansao%
\multiply \x1 by \expansao%
\multiply \y1 by \expansao%
%%
%% calcular a dist{\~a}ncia Euclidiana entre dois pontos
%% d = \sqrt{(x-x1)^2+(y-y1)^2}
%%
\!quadrado{\number\x}{\number\x1}{\auxa}%
\!quadrado{\number\y}{\number\y1}{\auxb}%
\d=\auxa%
\advance \d by \auxb%
\!raiz{\d}{\d}%
%%
%% o ponto (xa,ya) est{\~a} {\~a} dist{\~a}ncia #5 (valor por omiss{\~a}o 10) do ponto
%% (x,y)
%%
%% como existem dois pontos em considera{\c c}{\~a}o, o ponto de partida e o
%% ponto de chegada, vai sei necess{\~a}rio recuperar de novo os seus
%% valores por pesquisa na pilha
\auxa=#5
\!compara{\objNulo}{\objPartida}%
\ifdiferentes% S{\~o} vai fazer o ajuste quando {\~e} necess{\~a}rio
\!ajusta{\x}{\x1}{\y}{\y1}{\auxa}{\objPartida}%
\ajustatrue
\def\objPartida{}% re-inicializar o valor do Objecto de Partida
\fi
%% vai guardar o valor de auxa (ap{\~o}s ajuste) para ser usado no caso

```

```

%% dos morfismos de injec{\c c}{\~a}o.
\guardaauxa=auxa
%%
\!ucoord{\number\x}{\number\xl}{\number\x}{\number\auxa}{\number\d}{\xa}{1}%
\!ucoord{\number\y}{\number\yl}{\number\y}{\number\auxa}{\number\d}{\ya}{1}%
%% auxa vai ter o valor da dist{\^a}ncia entre os objectos menos a
%% dist{\^a}ncia da seta ao objecto (10 por omiss{\^a}o)
\auxa=d%
%%
%% o ponto (xb,yb) est{\^a} {\^a} dist{\^a}ncia #6 (valor por omiss{\^a}o 10) do ponto
%% (xl,yl)
%%
\auxb=#6
\!compara{\objNulo}{\objChegada}%
\ifdiferentes% S{\^o} vai fazer o ajuste quando {\^e} necess{\^a}rio
% Vou ajustar
\!ajusta{\x}{\xl}{\y}{\yl}{\auxb}{\objChegada}%
\def\objChegada{% re-inicializar o valor do Objecto de Chegada
\fi
\advance \auxa by -\auxb%
\!ucoord{\number\x}{\number\xl}{\number\x}{\number\auxa}{\number\d}{\xb}{1}%
\!ucoord{\number\y}{\number\yl}{\number\y}{\number\auxa}{\number\d}{\yb}{1}%
\xmed=\xa%
\advance \xmed by \xb%
\divide \xmed by 2
\ymed=\ya%
\advance \ymed by \yb%
\divide \ymed by 2
%%
%%
\!distnomemor{\number\x}{\number\y}{\number\xl}{\number\yl}{#7}{\dnm}%
\!ucoord{\number\y}{\number\yl}{\number\xmed}{\number\dnm}{\number\d}{\xc}{-#8}%
\!ucoord{\number\x}{\number\xl}{\number\ymed}{\number\dnm}{\number\d}{\yc}{#8}%
\ifcase #9 % Seta S{\^o}lida
\arrow <4pt> [.2,1.1] from {\xa} {\ya} to {\xb} {\yb}
\or % Seta a Tracejado
\setdashes
\arrow <4pt> [.2,1.1] from {\xa} {\ya} to {\xb} {\yb}
\setsolid
\or % Linha S{\^o}lida
\setlinear
\plot {\xa} {\ya} {\xb} {\yb} /
\or % Linha Tracejado
\setdashes
\setlinear
\plot {\xa} {\ya} {\xb} {\yb} /
\setsolid
\or % Linha a Ponteado
\setdots
\setlinear
\plot {\xa} {\ya} {\xb} {\yb} /
\setsolid
\or % Seta de Injec{\c c}{\~a}o
%% C{\^a}lculos auxiliares
%%
%% 3 valor para o raio do "rabo" da "seta"
%%
%% repor o valor de auxa
\auxa=\guardaauxa
%% dar a compensa{\c c}{\~a}o para o "rabo"
\advance \auxa by 3%
%%
%% IMPORTANTE os valores de xa e ya v{\~a}o ser alterados
%%
\!ucoord{\number\x}{\number\xl}{\number\x}{\number\auxa}{\number\d}{\xa}{1}%
\!ucoord{\number\y}{\number\yl}{\number\y}{\number\auxa}{\number\d}{\ya}{1}%
\!ucoord{\number\y}{\number\yl}{\number\xa}{3}{\number\d}{\xd}{-1}%
\!ucoord{\number\x}{\number\xl}{\number\ya}{3}{\number\d}{\yd}{1}%
%% Construf{\c c}{\~a}o da "seta"
\arrow <4pt> [.2,1.1] from {\xa} {\ya} to {\xb} {\yb}
%% e do seu "rabo"
\circulararc -180 degrees from {\xa} {\ya} center at {\xd} {\yd}
\or % Seta de Aplica{\c c}{\~a}o ("|-->")
\auxa=3% valor para o meio-segmento do "rabo" da "seta"
%% c{\^a}lculo dos pontos (xmed,ymed) e (xd,yd) para o segmento de recta que

```

```

%% define o "rabo" da seta
\!ucoord{\number\y}{\number\y1}{\number\xa}{\number\auxa}{\number\d}{\xmed}{-1}%
\!ucoord{\number\x}{\number\x1}{\number\ya}{\number\auxa}{\number\d}{\ymed}{1}%
\!ucoord{\number\y}{\number\y1}{\number\xa}{\number\auxa}{\number\d}{\xd}{1}%
\!ucoord{\number\x}{\number\x1}{\number\ya}{\number\auxa}{\number\d}{\yd}{-1}%
%% Constru{\c c}{\^a}o da "seta"
\arrow<4pt> [.2,1.1] from {\xa} {\ya} to {\xb} {\yb}
%% e do seu "rabo"
\setlinear
\plot {\xmed} {\ymed} {\xd} {\yd} /
\or
\arrow<4pt> [.2,1.1] from {\xa} {\ya} to {\xb} {\yb}
%% e da segunda "seta"
\setlinear
\arrow<6pt> [0,.72] from {\xa} {\ya} to {\xb} {\yb}
\fi
%% Coloca{\c c}{\^a}o do nome do morfismo.
%% Se os morfismos s{\^a}o horizontais ou verticais constro{\'\i} uma caixa
%% centrada no ponto pr{\e}viamente calculado. Se as setas s{\^a}o
%% obl{\'\i}quas coloca a caixa de forma a n{\^a}o colidir com o morfismo
%% tendo em aten{\c c}{\^a}o o quadrante assim como a posi{\c c}{\^a}o
%% relativa do morfismo e do respectivo nome.
\auxa=\x1
\advance \auxa by -\x%
\ifnum \auxa=0
\put {\#7} at {\xc} {\yc}
\else
\auxb=\y1
\advance \auxb by -\y%
\ifnum \auxb=0 \put {\#7} at {\xc} {\yc}
\else
\ifnum \auxa > 0
\ifnum \auxb > 0
\ifnum #8=1
\put {\#7} [rb] at {\xc} {\yc}
\else
\put {\#7} [lt] at {\xc} {\yc}
\fi
\else
\ifnum #8=1
\put {\#7} [lb] at {\xc} {\yc}
\else
\put {\#7} [rt] at {\xc} {\yc}
\fi
\fi
\else
\ifnum \auxb > 0
\ifnum #8=1
\put {\#7} [rt] at {\xc} {\yc}
\else
\put {\#7} [lb] at {\xc} {\yc}
\fi
\else
\ifnum #8=1
\put {\#7} [lt] at {\xc} {\yc}
\else
\put {\#7} [rb] at {\xc} {\yc}
\fi
\fi
\fi
\fi
\fi
}

%%
%% Comando para construir a "seta" curvilinea entre dois objectos
%%
%% \cmor(<lista de pontos (n. impar)>){<etiqueta>}
%%
%% Em primeiro lugar {\e} necess{\a}rio modificar o comando plot de forma a
%% que a sintaxe de utiliza{\c c}{\^a}o do novo comando seja coerente com a
%% sintaxe dos restantes comandos
%%
\def\modifplot(#1{\!modifqcurve #1}
\def\!modifqcurve(#1,#2){\x=#1%

```

```

\y=#2%
\multiply \x by \expansao%
\multiply \y by \expansao%
\!start (\x,\y)
\!modifQjoin}
\def\!modifQjoin(#1,#2)(#3,#4){\x=#1%
\y=#2%
\xl=#3%
\yl=#4%
\multiply \x by \expansao%
\multiply \y by \expansao%
\multiply \xl by \expansao%
\multiply \yl by \expansao%
\!qjoin (\x,\y) (\xl,\yl) % \!qjoin is defined in QUADRATIC
\!ifnextchar{\!fim}{\!modifQjoin}}
\def\!fim){\ignorespaces}

%%
%% O comando para desenhar a seta vai receber a lista de pontos da qual
%% retira o {\!ultimo} par de pontos, dependente da escolha dada pelo
%% utilizador a seta vai ser desenhada para cima, para baixo, para a
%% direita ou para a esquerda
%%
\def\setaxy(#1{\!pontosxy #1}
\def\!pontosxy(#1,#2){%
\!maispontosxy}
\def\!maispontosxy(#1,#2)(#3,#4){%
\!ifnextchar{\!fimxy#3,#4}{\!maispontosxy}}
\def\!fimxy#1,#2){\x=#1%
\y=#2
\multiply \x by \expansao
\multiply \y by \expansao
\xl=\x%
\yl=\y%
\aux=1%
\multiply \aux by \auxa%
\advance\xl by \aux%
\aux=1%
\multiply \aux by \auxb%
\advance\yl by \aux%
\arrow <4pt> [.2,1.1] from {\x} {\y} to {\xl} {\yl}}

%%
%% Temos agora a defini{\c c}{\~a}o do comando "cmor"
%%
\def\cmor#1 #2(#3,#4)#5{%
\!ifnextchar[{\!cmora{#1}{#2}{#3}{#4}{#5}}{\!cmora{#1}{#2}{#3}{#4}{#5}[0] }}
\def\!cmora#1#2#3#4#5[#6]{%
\ifcase #2% para cima "\pup" (pointing up)
\auxa=0% x mant{\~e}m-se
\auxb=1% o y "sobe"
\or% para baixo "\pdown" (pointing down)
\auxa=0% x mant{\~e}m-se
\auxb=-1% o y "desce"
\or% para a direita "\pright" (pointing right)
\auxa=1% o x move-se para a direita
\auxb=0% o y mant{\~e}m-se
\or% para a esquerda "\pleft" (pointing left)
\auxa=-1% o x move-se para a esquerda
\auxb=0% o y mant{\~e}m-se
\fi % constru{\c c}{\~a}o do arco
\ifcase #6 % arco (com seta) s{\!o}lido
\modifplot#1% Desenhar o arco
% constru{\c c}{\~a}o da seta
\setaxy#1
\or % arco (com seta) a tracejado
\setdashes
\modifplot#1% Desenhar o arco
\setaxy#1
\setsolid
\or % arco sem seta
\modifplot#1% Desenhar o arco
\fi % seta de injec{\c c}{\~a}o
%% coloca{\c c}{\~a}o da etiqueta do morfismo

```



```

\ x=#3%
\ y=#4%
\ multiply \ x by \ expansao%
\ multiply \ y by \ expansao%
\ put {#5} at {\x} {\y}}

%%
%% Comando para construir os Objectos
%% \obj(x,y){<texto>}[<etiqueta>]
%%
\def\obj(#1,#2){%
  \!ifnextchar[{\!obja{#1}{#2}}{\!obja{#1}{#2}[Nulo]}%
\def\!obja#1#2[#3]#4{%
  \!ifnextchar[{\!objb{#1}{#2}{#3}{#4}}{\!objb{#1}{#2}{#3}{#4}[1]}%
\def\!objb#1#2#3#4[#5]{%
  \ x=#1%
  \ y=#2%
  \def\!pinta{\normalsize$\bullet$}% para definir o tamanho normal das pintas
  \def\!nulo{Nulo}%
  \def\!arg{#3}%
  \!compara{\!arg}{\!nulo}%
  \ifcompara\def\!arg{#4}\fi%
  \multiply \ x by \ expansao%
  \multiply \ y by \ expansao%
  \setbox\caixa=\hbox{#4}%
  \!coloca({\!arg})(#1,#2)(\number\ht\caixa,\number\wd\caixa,\number\dp\caixa)}{\!pilha}%
  \auxa=\wd\caixa \divide \auxa by 131072
  \advance \auxa by 5
  \auxb=\ht\caixa
  \advance \auxb by \number\dp\caixa
  \divide \auxb by 131072
  \advance \auxb by 5
  %(\number\auxa,
  %\number\auxb)
  % \aux=\ht\caixa \divide \auxa by 131072
  % \advance \auxa by 5
  % \auxb=\dp\caixa \divide \auxb by 131072
  % \advance \auxb by 8
  \ifcase \tipografo % diagramas comutativos
    \put{#4} at {\x} {\y}
  \or % grafos dirigidos
    \ifcase #5 % c=0
      \put{#4} at {\x} {\y}
    \or % n=1
      \put{\!pinta} at {\x} {\y}
      \advance \y by \number\auxb % height+depth+5
      \put{#4} at {\x} {\y}
    \or % ne=2
      \put{\!pinta} at {\x} {\y}
      \advance \auxa by -2 % para fazer o ajuste (imperfeito)
      \advance \auxb by -2 % ao raio da circunferência de centro (x,y)
      \advance \x by \number\auxa % width+5
      \advance \y by \number\auxb % height+depth+5
      \put{#4} at {\x} {\y}
    \or % e=3
      \put{\!pinta} at {\x} {\y}
      \advance \x by \number\auxa % width+5
      \put{#4} at {\x} {\y}
    \or % se=4
      \put{\!pinta} at {\x} {\y}
      \advance \auxa by -2 % para fazer o ajuste (imperfeito)
      \advance \auxb by -2 % ao raio da circunferência de centro (x,y)
      \advance \x by \number\auxa % width+5
      \advance \y by -\number\auxb % height+depth+5
      \put{#4} at {\x} {\y}
    \or % s=5
      \put{\!pinta} at {\x} {\y}
      \advance \y by -\number\auxb % height+depth+5
      \put{#4} at {\x} {\y}
    \or % sw=6
      \put{\!pinta} at {\x} {\y}
      \advance \auxa by -2 % para fazer o ajuste (imperfeito)
      \advance \auxb by -2 % ao raio da circunferência de centro (x,y)
      \advance \x by -\number\auxa % width+5
      \advance \y by -\number\auxb % height+depth+5

```

```

\put{#4} at {\x} {\y}
\or % w=7
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \x by -\number\auxa % width+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % nw=8
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \auxa by -2 % para fazer o ajuste (imperfeito)
\advance \auxb by -2 % ao raio da circunferência de centro (x,y)
\advance \x by -\number\auxa % width+5
\advance \y by \number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\fi
\or % grafos não dirigidos
\ifcase #5 % c=0
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % n=1
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \y by \number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % ne=2
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \auxa by -2 % para fazer o ajuste (imperfeito)
\advance \auxb by -2 % ao raio da circunferência de centro (x,y)
\advance \x by \number\auxa % width+5
\advance \y by \number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % e=3
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \x by \number\auxa % width+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % se=4
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \auxa by -2 % ver acima
\advance \auxb by -2
\advance \x by \number\auxa % width+5
\advance \y by -\number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % s=5
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \y by -\number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % sw=6
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \auxa by -2 % ver acima
\advance \auxb by -2
\advance \x by -\number\auxa % width+5
\advance \y by -\number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % w=7
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \x by -\number\auxa % width+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\or % nw=8
\put{!pinta} at {\x} {\y}
\advance \auxa by -2 % ver acima
\advance \auxb by -2
\advance \x by -\number\auxa % width+5
\advance \y by \number\auxb % height+depth+5
\put{#4} at {\x} {\y}
\fi
% \or % grafos dirigidos com molduras circulares nos objectos
% \advance \auxa by 4
% \put{\circle{\auxa}} [Bl] at {\x} {\y}
% \put{#4} at {\x} {\y}
% \or % grafos não dirigidos com molduras circulares nos objectos
\else % grafos com molduras circulares nos objectos
\ifnum \auxa<\auxb % determina a maior das dimensões
\aux=\auxb
\else
\aux=\auxa
\fi
% se a largura da caixa é menor do que 1em então o tamanho
% tamanho é ajustado para esse valor mínimo
\ifdim \wd\caixa<1em

```

```

\dimen99 = 1em
\aux=\dimen99 \divide \aux by 131072
\advance \aux by 5
\fi
\advance\aux by -2 %folga entre o objecto e a moldura
\multiply\aux by 2 %
\ifnum\aux<30
  \put{\circle{\aux}} [B1] at {\x} {\y}
\else
  \multiply\auxa by 2
  \multiply\auxb by 2
  \put{\oval(\auxa,\auxb)} [B1] at {\x} {\y}
\fi
\put{#4} at {\x} {\y}
\fi
}

\catcode'\!=12 % ***** THIS MUST NEVER BE OMITTED (Ver PiTeX)

```