Computação Científica com Python

Fabricio Ferrari

fabricio@ferrari.pro.br

2010

Parte I

Introdução à Linguagem

Python

- Linguagem de programação de alto nível
- uso genérico
- interpretada (?) característica da implementação, não da linguagem
- interativa
- orientada a objetos
- tipagem dinâmica e forte
- extensa biblioteca, “baterias incluídas”
- v0.9 1991 Guido van Rossum, v3.x em 2010
- Open Source
- implementações: CPython, Jython, IronPython, PyPy, mod_python, Python for S60, ...
- Maya, Softimage XSI, Blender, GIMP, Inkscape, Scribus, Paint Shop Pro. YouTube, BitTorrent, Google,Yahoo!, CERN, NASA.

Foco

- Qualidade: legibilidade, coerencia, reusabilidade, mantenibilidade

Foco

- Qualidade: legibilidade, coerencia, reusabilidade, mantenibilidade
- Produtividade: Ciclos de desenvolvimento, tamanho do código

Foco

- Qualidade: legibilidade, coerencia, reusabilidade, mantenibilidade
- Produtividade: Ciclos de desenvolvimento, tamanho do código
- Portabilidade: Linux, Windows, Macs, NetBSD, OpenBSD, celulares,

Foco

- Qualidade: legibilidade, coerencia, reusabilidade, mantenibilidade
- Produtividade: Ciclos de desenvolvimento, tamanho do código
- Portabilidade: Linux, Windows, Macs, NetBSD, OpenBSD, celulares,
- Bibliotecas: biblioteca padrão abrangente; extensões em C, Fortran, etc

Foco

- Qualidade: legibilidade, coerencia, reusabilidade, mantenibilidade
- Produtividade: Ciclos de desenvolvimento, tamanho do código
- Portabilidade: Linux, Windows, Macs, NetBSD, OpenBSD, celulares,
- Bibliotecas: biblioteca padrão abrangente; extensões em C, Fortran, etc
- Diversão: linguagem é para o programador.

Foco

- Qualidade: legibilidade, coerencia, reusabilidade, mantenibilidade
- Produtividade: Ciclos de desenvolvimento, tamanho do código
- Portabilidade: Linux, Windows, Macs, NetBSD, OpenBSD, celulares,
- Bibliotecas: biblioteca padrão abrangente; extensões em C, Fortran, etc
- Diversão: linguagem é para o programador.
- Influenciado por C, Lisp, Modula-3, Perl, Smalltalk, Tcl, MatLab.

O Zen do Python by Tim Peters `>>> import this`

Bonito é melhor que feio
Explicito é melhor que implícito
Simples é melhor que complexo
Direto é melhor que encadeado
Esparso é melhor que denso
Legibilidade conta

Casos especiais não são especiais o suficiente para quebrar as regras
Embora viabilidade bata a pureza

Erros nunca devem passar silenciosamente
A não ser que explicitamente silenciados

Em face da ambiguidade, recuse a tentação de adivinhar
Deve haver um – e preferencialmente só um – modo de fazer
Embora este modo pode não ser óbvio

Agora é melhor que nunca
Embora nunca às vezes é melhor que agora **já**.

Se a implementação é difícil de explicar, é uma idéia ruim
Se a implementação é fácil de explicar, pode ser uma idéia boa

Espaços de nomes são uma grande idéia - vamos fazer mais

Sintaxe e Semântica

Identação é o delimitador de blocos

Python:

```
if x<1:
   print x
   x = x+1
```

Identação é o delimitador de blocos

Python:

```
if x<1:
   print x
   x = x+1
```

C:

```
if (x<1) {
   print("%f\n", x);
   x = x+1;
}

if (x<1)
{
   print("%f\n", x);
   x = x+1;
}

if (x<1){ print("%f\n", x);x++;}
```

Exemplos de Identação

```
for k in range(self.K):
    if self.verbose: print 'Estimating noise at scale: ',k

    for i in range(0, self.M):
        for j in range(0, self.N):
            x1 = j - self.sigma_viz
            x2 = j + self.sigma_viz + 1

            if x1 < 0       : x1 = 0
            if x2 >= self.N : x2 = self.N

            y1 = i - self.sigma_viz
            y2 = i + self.sigma_viz + 1

            if y1 < 0       : y1 = 0
            if y2 >= self.M : y2 = self.M

            self.sigma[k,i,j] = numpy.std(self.W[k,y1:y2,x1:x2])
```

Exemplos de Identação

```
for k in range(self.K):
    if self.verbose: print 'Estimating noise at scale: ',k

    for i in range(0, self.M):
        for j in range(0, self.N):
            x1 = j - self.sigma_viz
            x2 = j + self.sigma_viz + 1

            if x1 < 0       : x1 = 0
            if x2 >= self.N : x2 = self.N

            y1 = i - self.sigma_viz
            y2 = i + self.sigma_viz + 1

            if y1 < 0       : y1 = 0
            if y2 >= self.M : y2 = self.M

            self.sigma[k,i,j] = numpy.std(self.W[k,y1:y2,x1:x2])
```

```
def valor1():
    while True:
        try:
            c = int(raw_input('Primeiro Valor: '))
            return c
        except ValueError:
            print 'Inválido!'
```

correto

```
def valor1():
while True:
try:
c = int(raw_input('Primeiro Valor: '))
return c
except ValueError:
print 'Inválido!'
```

incorreto

Características

- Case sensitive
- Tipagem dinâmica e forte (variáveis não tem tipos mas dados tem)
- estruturas de seleção (`if, else, elif`)
- estrutura de repetição (`for, while`)
- construção de classes (`class`);
- construção de subrotinas (`def`)

- tratamento de exceções (`try, except`)
- compreensão de listas
- funções `lambda`

Laços For

```
lista = [1,4,5,3,8,12]
for l in lista:
    print l**2

for x in numpy.arange(0,18,0.12):
    y = (x+2.)**(x/4.)

fd = open('arquivo.dat')
dados = fd.readlines()
for d in dados:
    x = math.log(float(d))


for d in open('arquivo.dat').readlines():
    x = math.log(float(d))
```

Tipos de dados

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

complex: número complexo com parte real e imaginária `3+2.5j`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

complex: número complexo com parte real e imaginária `3+2.5j`

list: lista (heterogênea) de objetos `[1, 'ABC', 2+1j]`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

complex: número complexo com parte real e imaginária `3+2.5j`

list: lista (heterogênea) de objetos `[1, 'ABC', 2+1j]`

tuple: lista imutável de objetos `(9, 'F', 2)`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

complex: número complexo com parte real e imaginária `3+2.5j`

list: lista (heterogênea) de objetos `[1, 'ABC', 2+1j]`

tuple: lista imutável de objetos `(9, 'F', 2)`

dict: conjunto associativo `{'idade': 21, 'nome': 'Jonas' }`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

complex: número complexo com parte real e imaginária `3+2.5j`

list: lista (heterogênea) de objetos `[1, 'ABC', 2+1j]`

tuple: lista imutável de objetos `(9, 'F', 2)`

dict: conjunto associativo `{'idade': 21, 'nome': 'Jonas' }`

set: conjunto não ordenado, itens não repetidos `{2, 6, 1, 0}`

Tipos de dados

str: sequencia imutável de caracteres `'cruzeira, u'jararaca', "bothrops"`

bytes: sequencia imutável de bytes `b'ABDE22 00'`

int: número de precisão fixa de magnitude **ilimitada** `1, 223323, 12`

float: número de ponto flutuante de precisão variável `3.141592654, <2E307`

complex: número complexo com parte real e imaginária `3+2.5j`

list: lista (heterogênea) de objetos `[1, 'ABC', 2+1j]`

tuple: lista imutável de objetos `(9, 'F', 2)`

dict: conjunto associativo `{'idade': 21, 'nome': 'Jonas' }`

set: conjunto não ordenado, itens não repetidos `{2, 6, 1, 0}`

bool: tabela verdade `True, False`

Operadores

Aritméticos

$$+ \quad - \quad * \quad / \quad \% \quad ** \quad += \quad -= \quad *= \quad /= \quad \%= \quad **=$$

Relacionais

$$> \quad < \quad == \quad >= \quad <= \quad <> \quad != \quad \textit{is} \quad \textit{in}$$

Lógicos

$$\textit{and} \quad \textit{or} \quad \textit{not}$$

Binários

$$| \quad \hat{} \quad \& \quad >> \quad << \quad \tilde{}$$

Usando o Python

Usando o Python

Modo interativo

```
vela ~ % python
Python 2.5.2 (r252:60911, Jul 31 2008, 17:31:22)
[GCC 4.2.3 (Ubuntu 4.2.3-2ubuntu7)] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more i
>>>
```

Usando o Python

Modo interativo

```
vela ~ % python
Python 2.5.2 (r252:60911, Jul 31 2008, 17:31:22)
[GCC 4.2.3 (Ubuntu 4.2.3-2ubuntu7)] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more i
>>>
```

Modo não interativo - invocando o interpretador

```
vela ~ % python meu_programa.py
```

Usando o Python

Modo interativo

```
vela ~ % python
Python 2.5.2 (r252:60911, Jul 31 2008, 17:31:22)
[GCC 4.2.3 (Ubuntu 4.2.3-2ubuntu7)] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more i
>>>
```

Modo não interativo - invocando o interpretador

```
vela ~ % python meu_programa.py
```

Modo não interativo - chamando o executável
(unix, 1a linha: `#!/usr/bin/python`)

```
vela ~ % chmod +x meu_programa.py
vela ~ % ./meu_programa.py
```

Python como calculadora

```
>>>2**128
340282366920938463463374607431768211456L
>>> (1+2.156*123)/13.
20.476000000000003
>>> a,b,c = 1,2,3
>>> a+b+c
6
>>> b**b**b
16
>>> 4**4**4
134078079299425970995740249982058461274793658205923933772356144372176403

>>> from math import *
>>> sin(2*pi*123.3)
0.9510565162951529 8
>>> exp(sin(log10(128)))
2.362090511268347 9
>>> [x**2 for x in range(10)]
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
```

Inteiros, Ponto Flutuante

```
>>> a = 1              # atribuicao simples
>>> b = 3
>>> a/b                # divisao de inteiros
0
>>> c = 3.0
>>> a/c
0.33333333333333331
>>> import math        # importa modulo
>>> math.exp(2.345) # exponencial
10.433272727548918
>>> dir(math)          # mostra conteudo do modulo
['__doc__', '__file__', '__name__', 'acos', 'asin', 'atan', 'atan2', 'ceil',
'cos', 'cosh', 'degrees', 'e', 'exp', 'fabs', 'floor', 'fmod', 'frexp', 'hypot',
'ldexp', 'log', 'log10', 'modf', 'pi', 'pow', 'radians', 'sin', 'sinh', 'sqrt',
'tan', 'tanh']
>>> help(math.exp)  # mostra ajuda da funcao math.exp
>>> x=1E-23            # atribuicao
>>> x**2               # quadrado de x
9.9999999999999983e-47
>>> Navogadro = 6.02E23
>>> Nparticulas = 5E24
>>> n = Nparticulas / avogadro
>>> n
8.305647840531563
>>> n > 4              # condição
True
```

Listas (quasi-vetores)

```
>>> x = [5,12,13,200]     # cria lista
>>> x
[5, 12, 13, 200]
>>> x.append(-2)          # acrescenta -2 no final
>>> x
[5, 12, 13, 200, -2]
>>> del x[2]              # remove item 3
>>> x
[5, 12, 200, -2]
>>> z = x[1:3]            # fatia do vetor: elementos do indice 1 até  3(exclusive)
>>> z
[12, 200]
>>> yy = [3,4,5,12,13]    # outra lista
>>> yy[3:]                # todos elementos a partir do indice  3(inclusive)
[12, 13]
>>> yy[:3]                # todos elementos até indice 3(exclusive)
[3, 4, 5]
>>> yy[-1]                # último elemento (um contando do final)
13
>>> x.insert(2,28)        # insere 28 no indice 2 (posição 3)
>>> x
[5, 12, 28, 200, -2]
>>> 28 in x               # testa se 28 está em x; True(1) ou False(0)
1
>>> 13 in x
0
>>> x.index(28)           # retorna o índice do elemento cujo valor 28
2
>>> x.remove(200)         # remove  o elemento cujo valor é 200
```

Operações em Listas

s[i] = J	substitui elemento
s[i:j] = T	substitui grupo de elementos
s.append(x)	adiciona elemento
s.index(x)	retorna o índice do valor x
s.insert(i,x)	adiciona x na posicao i
s.remove(x)	remove elemento x
s.reverese()	inverte a ordem
s.sort()	ordena lista

Operações em Listas

s[i] = J	substitui elemento
s[i:j] = T	substitui grupo de elementos
s.append(x)	adiciona elemento
s.index(x)	retorna o índice do valor x
s.insert(i,x)	adiciona x na posicao i
s.remove(x)	remove elemento x
s.reverese()	inverte a ordem
s.sort()	ordena lista

```
>>> s = [1,1,2,3,5,8]
>>> s[2] = 'a'
>>> s
[1, 1, 'a', 3, 5, 8]
>>> s.index(5)
4
>>> s.insert(2,'dois')
>>> s
[1, 1, 'dois', 'a', 3, 5, 8]
>>> s.reverse()
>>> s
[8, 5, 3, 'a', 'dois', 1, 1]
>>> s.sort()
>>> s
[1, 1, 3, 5, 8, 'a', 'dois']
>>> help(s)
```

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

```
from modulo import *
```
mesmo espaço de nomes

ou

```
import modulo
```
espaço de nomes próprio

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

`from modulo import *` mesmo espaço de nomes

ou

`import modulo` espaço de nomes próprio

os: chdir, chmod, chown, exec*, fork, getcwd, getenv, kill, mkdir, open, popen, spawn*, walk

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

`from modulo import *` mesmo espaço de nomes

ou

`import modulo` espaço de nomes próprio

os: chdir, chmod, chown, exec*, fork, getcwd, getenv, kill, mkdir, open, popen, spawn*, walk

string: atof,atoi,atol, capitalize, center, join, split, strip

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

`from modulo import *` mesmo espaço de nomes

ou

`import modulo` espaço de nomes próprio

os: chdir, chmod, chown, exec*, fork, getcwd, getenv, kill, mkdir, open, popen, spawn*, walk

string: atof,atoi,atol, capitalize, center, join, split, strip

time: asctime,time, sleep, localtime, gmtime

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

`from modulo import *` mesmo espaço de nomes

ou

`import modulo` espaço de nomes próprio

os: chdir, chmod, chown, exec*, fork, getcwd, getenv, kill, mkdir, open, popen, spawn*, walk

string: atof,atoi,atol, capitalize, center, join, split, strip

time: asctime,time, sleep, localtime, gmtime

glob, subprocess, calendar, re, random, math, stat, getopt, ctypes, gzip, zlib, bz2, tarfile, pickle, shelve, dbm, anydbm, gdbm, sqlite3, thread, mmap, sockets, subprocess, ssl, signal, email, mimetools, htmllib, sgmllib, xml, cgi, ftplib, poplib, audioop, imageop, PIL, wave, curses, Tkinter, md5, mda, pydoc, doctest, test,...

Módulos Básicos

```
>>> help(module), dir(module)
```

`from modulo import *` mesmo espaço de nomes

ou

`import modulo` espaço de nomes próprio

os: chdir, chmod, chown, exec*, fork, getcwd, getenv, kill, mkdir, open, popen, spawn*, walk

string: atof,atoi,atol, capitalize, center, join, split, strip

time: asctime,time, sleep, localtime, gmtime

glob, subprocess, calendar, re, random, math, stat, getopt, ctypes,
gzip, zlib, bz2, tarfile,
pickle, shelve, dbm, anydbm, gdbm, sqlite3,
thread, mmap, sockets, subprocess, ssl, signal,
email, mimetools, htmllib, sgmllib, xml, cgi, ftplib, poplib,
audioop, imageop, PIL, wave,
curses, Tkinter, md5, mda, pydoc, doctest, test,...

Biblioteca padrão (200+ modulos)

`http://docs.python.org/library/`

Funções, Argumentos, DocStrings

```
def raiz(x, n=2):
    """
    Calcula a raiz 1/n de x,
    n=2 por padrao.
    Se x<0  o resultado eh complexo
    """
    if x>0:
       return x**(1./n)
    else:
       return abs(x)**(1./n) * 1j
```

```
>>> raiz(2), raiz(4,n=5), raiz(-4,n=15)
1.414213562373095, 1.3195079107728942, 1.0968249796946259j

>>>  help raiz

raiz(x, n=2)
    Calcula a raiz 1/n de x,
    n=2 por padrao.
    Se x<0  o resultado eh complexo

>>> print raiz.__doc__
```

Python ↔ C – via FIFO

`$ mkfifo orbitas` # arquivo FIFO

```
...
### Compiles integrator ###
print 'PY Compiling integrator in C...'
#system('gcc -Wall -o integra_orbita integra_orbita.c -lm')
system('make')

### Runs integration ###
print 'PY Spawning process to integrate orbits...wait'
stdout, stdin = popen2.popen2(
   'integra_orbita %f %f %f %f %f %f %i %f >> orbitas' % (x0,y0,vx0,vy
stdout.close()
stdin.close()

### reads data ###
M = n.loadtxt('orbitas')
print 'PY Read', M.shape, 'points'
t,x,y,vx,vy,EC,EP = M.T
E = EC+EP #    ... etc
```

Python ↔ C – via FIFO

`$ mkfifo orbitas` # arquivo FIFO

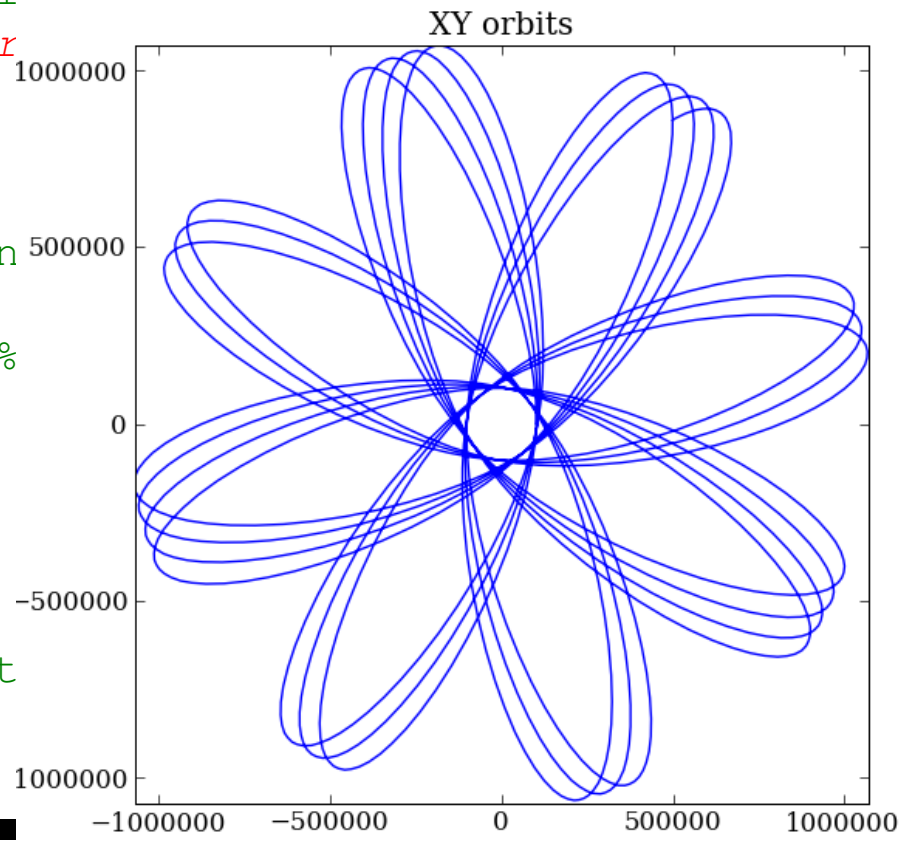
```
...
### Compiles integrator ###
print 'PY Compiling integrator in C...'
#system('gcc -Wall -o integra_orbita integra_orbita.c -lm')
system('make')

### Runs integration ###
print 'PY Spawning process to integrate orbits...wait'
stdout, stdin = popen2.popen2(
   'integra_orbita %f %f %f %f %f %f %i %f >> orbitas' % (x0,y0,vx0,vy
stdout.close()
stdin.close()

### reads data ###
M = n.loadtxt('orbitas')
print 'PY Read', M.shape, 'points'
t,x,y,vx,vy,EC,EP = M.T
E = EC+EP #    ... etc
```

SWIG, Pyrex, PyCXX, SciPy.weave, ctypes(included), SIP,...
F2PY, PyFort, PyPerl, Jython, RPy

Python ↔ C – via FIFO

`$ mkfifo orbitas` # arquivo FIFO

```
...
### Compiles integrator ###
print 'PY Compiling integrator i
#system('gcc -Wall -o integra_or
system('make')

### Runs integration ###
print 'PY Spawning process to in
stdout, stdin = popen2.popen2(
    'integra_orbita %f %f %f %f %
stdout.close()
stdin.close()

### reads data ###
M = n.loadtxt('orbitas')
print 'PY Read', M.shape, 'point
t,x,y,vx,vy,EC,EP = M.T
E = EC+EP #     ... etc
```



SWIG, Pyrex, PyCXX, SciPy.weave, ctypes(included), SIP,...
F2PY, PyFort, PyPerl, Jython, RPy

Parte II

Computação Científica

iPython Numpy SciPy PyLab

iPython

Shell melhorado para o Python

iPython

Shell melhorado para o Python

- completa comando e atributos com $< TAB >$

iPython

Shell melhorado para o Python

- completa comando e atributos com $< TAB >$
- Comandos mágicos `%magic`

```
% Exit, %Pprint, %Quit, %alias, %autocall, %autoindent, %automagic,
% bookmark, %cd, %color_info, %colors, %config, %dhist, %dirs, %ed,
% edit, %env, %hist, %logoff, %logon, %logstart, %logstate, %lsmagic,
% macro, %magic, %p, %page, %pdb, %pdef, %pdoc, %pfile, %pinfo, %popd,
% profile, %prun, %psource, %pushd, %pwd, %r, %rehash, %rehashx, %reset,
% run, %runlog, %save, %sc, %sx, %system_verbose, %unalias, %who,
% who_ls, %whos, %xmode
```

iPython

Shell melhorado para o Python

- completa comando e atributos com $< TAB >$
- Comandos mágicos `%magic`

```
% Exit, %Pprint, %Quit, %alias, %autocall, %autoindent, %automagic,
% bookmark, %cd, %color_info, %colors, %config, %dhist, %dirs, %ed,
% edit, %env, %hist, %logoff, %logon, %logstart, %logstate, %lsmagic,
% macro, %magic, %p, %page, %pdb, %pdef, %pdoc, %pfile, %pinfo, %popd,
% profile, %prun, %psource, %pushd, %pwd, %r, %rehash, %rehashx, %reset,
% run, %runlog, %save, %sc, %sx, %system_verbose, %unalias, %who,
% who_ls, %whos, %xmode
```

- Informação dinâmica dos objetos `?objeto` ?a, ??a

iPython

Shell melhorado para o Python

- completa comando e atributos com $< TAB >$
- Comandos mágicos `%magic`

```
% Exit, %Pprint, %Quit, %alias, %autocall, %autoindent, %automagic,
% bookmark, %cd, %color_info, %colors, %config, %dhist, %dirs, %ed,
% edit, %env, %hist, %logoff, %logon, %logstart, %logstate, %lsmagic,
% macro, %magic, %p, %page, %pdb, %pdef, %pdoc, %pfile, %pinfo, %popd,
% profile, %prun, %psource, %pushd, %pwd, %r, %rehash, %rehashx, %reset,
% run, %runlog, %save, %sc, %sx, %system_verbose, %unalias, %who,
% who_ls, %whos, %xmode
```

- Informação dinâmica dos objetos `?objeto` ?a, ??a
- histórico e log dos comandos

```
 %history
%logstart diario.log
```

iPython

Shell melhorado para o Python

- completa comando e atributos com $< TAB >$
- Comandos mágicos `%magic`

```
% Exit, %Pprint, %Quit, %alias, %autocall, %autoindent, %automagic,
% bookmark, %cd, %color_info, %colors, %config, %dhist, %dirs, %ed,
% edit, %env, %hist, %logoff, %logon, %logstart, %logstate, %lsmagic,
% macro, %magic, %p, %page, %pdb, %pdef, %pdoc, %pfile, %pinfo, %popd,
% profile, %prun, %psource, %pushd, %pwd, %r, %rehash, %rehashx, %reset,
% run, %runlog, %save, %sc, %sx, %system_verbose, %unalias, %who,
% who_ls, %whos, %xmode
```

- Informação dinâmica dos objetos `?objeto` ?a, ??a
- histórico e log dos comandos

```
 %history
%logstart diario.log
```

- Parenteses e aspas automáticas (LazyPython)
- Interação fácil com Pylab

iPython

iPython

Completa comandos com <TAB>

```
In [12]: import sys
In [13]: sys.std<TAB>
sys.stderr  sys.stdin   sys.stdout

In [21]: x= [1,2,3]

In [22]: x.r<TAB>
x.remove   x.reverse

In [23]: ?x
             Type: list
             Base Class: <type 'list'>
             String Form: [1, 2, 3]
             Namespace:          Interactive
             Length: 3
             Docstring:
                 list() -> new list
                 list(sequence) -> new list initialized from sequence's items
```

iPython

Completa comandos com <TAB>

```
In [12]: import sys
In [13]: sys.std<TAB>
sys.stderr  sys.stdin   sys.stdout

In [21]: x= [1,2,3]

In [22]: x.r<TAB>
x.remove   x.reverse

In [23]: ?x
             Type: list
             Base Class: <type 'list'>
             String Form: [1, 2, 3]
             Namespace:          Interactive
             Length: 3
             Docstring:
                 list() -> new list
                 list(sequence) -> new list initialized from sequence's items
```

Parenteses e aspas automáticas

```
In [1]: funcao arg1,arg2, arg3                    #  funcao(arg1,arg2,arg3)

In [2]: /listagem                                 #  listagem()

In [3]: ,minha_funcao a b c                       #  minha_funcao('a', 'b', 'c')

In [4]: ;minha_funcao a b c                       #  minha_funcao('a b c')
```

Numpy

Numerical Python

`ndarrays` – Vetores homogeneos (*arrays*) N-dimensionais

`ndarrays` – Vetores homogeneos (*arrays*) N-dimensionais

Criando Vetores `numpy.<operação>`

`zeros((M,N))`	vetor com zeros, M linhas, N colunas
`ones((M,N))`	vetor com uns, MxN
`empty((M,N))`	vetor vazio (qualquer valor), MxN

`ndarrays` – Vetores homogeneos (*arrays*) N-dimensionais

Criando Vetores `numpy.<operação>`

`zeros((M,N))`	vetor com zeros, M linhas, N colunas
`ones((M,N))`	vetor com uns, MxN
`empty((M,N))`	vetor vazio (qualquer valor), MxN
`zeros_like(A)`	vetor com zeros, formato do A.
`ones_like(A)`	vetor com uns, formato do A.
`empty_like(A)`	vetor vazio, formato do A.

`ndarrays` – Vetores homogeneos (*arrays*) N-dimensionais

Criando Vetores `numpy.<operação>`

`zeros((M,N))`	vetor com zeros, M linhas, N colunas
`ones((M,N))`	vetor com uns, MxN
`empty((M,N))`	vetor vazio (qualquer valor), MxN
`zeros_like(A)`	vetor com zeros, formato do A.
`ones_like(A)`	vetor com uns, formato do A.
`empty_like(A)`	vetor vazio, formato do A.
`random.random((M,N))`	vetor com numeros aleatorios, MxN
`identity(N,float)`	matriz identidade NxN, ponto flutuante
`array([(1.5,2,3),(4,5,6)])`	especifica os valores da matriz
`mgrid[1:3,2:5]`	grade retangular x=[1,2] e y=[2,3,4]

`ndarrays` – Vetores homogeneos (*arrays*) N-dimensionais

Criando Vetores `numpy.<operação>`

`zeros((M,N))`	vetor com zeros, M linhas, N colunas
`ones((M,N))`	vetor com uns, MxN
`empty((M,N))`	vetor vazio (qualquer valor), MxN
`zeros_like(A)`	vetor com zeros, formato do A.
`ones_like(A)`	vetor com uns, formato do A.
`empty_like(A)`	vetor vazio, formato do A.
`random.random((M,N))`	vetor com numeros aleatorios, MxN
`identity(N,float)`	matriz identidade NxN, ponto flutuante
`array([(1.5,2,3),(4,5,6)])`	especifica os valores da matriz
`mgrid[1:3,2:5]`	grade retangular x=[1,2] e y=[2,3,4]
`fromfunction(f, (M,N))`	matriz calculada com função f(i,j), MxN
`arange(I, F, P)`	vetor com inicio I, fim F, passo P
`linspace(I,F,N)`	vetor com N numeros de I até F

Métodos dos Vetores

A é um numpy.ndarray

`A.sum()`	soma dos itens
`A.min()`	valor mínimo
`A.max()`	valor máximo
`A.mean()`	média aritmética
`A.std()`	desvio padrão
`A.var()`	variância
`A.trace()`	traço
`A.size()`	número de elementos
`A.shape()`	formato
`A.ptp()`	pico-a-pico (maximo - minimo)
`A.ravel()`	versão 1D
`A.transpose(), A.T`	matriz transposta
`A.resize(M,N)`	reforma ou trunca a matriz *in situ*
`A.reshape(M,N)`	retorna matriz com novo formato
`A.clip(Amin,Amax)`	corta valores em Amin e Amx
`A.compress(condicao)`	seleciona elementos baseado em condicao
`A.conjugate()`	complexo conjugado
`A.copy()`	retorna cópia
`A.fill(valor)`	preenche com valor

Operações com vetores

`numpy.<operação>`

`C = A-B, C=A+B, C=A*B, C=A/B, A**2`	operações elemento a elemento ($C_{i,j} = A_{i,j} - B_{i,j}$)

Operações com vetores

`numpy.<operação>`

`C = A-B, C=A+B, C=A*B, C=A/B, A**2`	operações elemento a elemento ($C_{i,j} = A_{i,j} - B_{i,j}$)
`dot(A,B), mat(A)*mat(B)`	produto matricial
`inner(A, B)`	produto interno
`outer(A, B)`	produto externo

Operações com vetores

`numpy.<operação>`

`C = A-B, C=A+B, C=A*B, C=A/B, A**2`	operações elemento a elemento ($C_{i,j} = A_{i,j} - B_{i,j}$)
`dot(A,B), mat(A)*mat(B)`	produto matricial
`inner(A, B)`	produto interno
`outer(A, B)`	produto externo
`concatenate(arrays, axis=0)`	concatena vetores
`vstack(A,B)`	empilha verticalmente vetores
`hstack(A,B)`	empilha horizontalmente vetores
`vsplit(A,2)`	parte verticalmente vetor
`hsplit(A,2)`	parte horizontalmente vetor

Operações com vetores

`numpy.<operação>`

`C = A-B, C=A+B, C=A*B, C=A/B, A**2`	operações elemento a elemento ($C_{i,j} = A_{i,j} - B_{i,j}$)
`dot(A,B), mat(A)*mat(B)`	produto matricial
`inner(A, B)`	produto interno
`outer(A, B)`	produto externo
`concatenate(arrays, axis=0)`	concatena vetores
`vstack(A,B)`	empilha verticalmente vetores
`hstack(A,B)`	empilha horizontalmente vetores
`vsplit(A,2)`	parte verticalmente vetor
`hsplit(A,2)`	parte horizontalmente vetor
`A[0]`	primeiro elemento
`A[i][j], A[i,j]`	convenção dos índices A_{ij} (linha `i`, coluna `j`)
`A[3][2]`	A_{32} 3ro elemento na 4ta linha
`A[1]`	2da linha

Operações com vetores

`numpy.<operação>`

`C = A-B, C=A+B, C=A*B, C=A/B, A**2`	operações elemento a elemento ($C_{i,j} = A_{i,j} - B_{i,j}$)
`dot(A,B), mat(A)*mat(B)`	produto matricial
`inner(A, B)`	produto interno
`outer(A, B)`	produto externo
`concatenate(arrays, axis=0)`	concatena vetores
`vstack(A,B)`	empilha verticalmente vetores
`hstack(A,B)`	empilha horizontalmente vetores
`vsplit(A,2)`	parte verticalmente vetor
`hsplit(A,2)`	parte horizontalmente vetor
`A[0]`	primeiro elemento
`A[i][j], A[i,j]`	convenção dos índices A_{ij} (linha `i`, coluna `j`)
`A[3][2]`	A_{32} 3ro elemento na 4ta linha
`A[1]`	2da linha
`x[2]`	3ro elemento
`x[-2]`	penúltimo elemento (índice contando do fim)
`x[2:5]`	subvetor de 3ro até o 5to, `[x[2], x[3], x[4]]`
`x[:5]`	do início `x[0]` até o quinto `x[4]`
`x[2:]`	do 3ro até o fim
`x[:]`	o vetor inteiro
`x[2:9:3]`	do 3ro até o 10mo, a cada 3, `[x[2], x[5], x[8]]`
`x[numpy.where(x>7)]`	elementos em `x` maiores que 7

Exemplos

Numpy

doc	Documentação
random	ferramentas para números aleatórios
linalg	Algébra Linear
fft	Tranformada de Fourier

Exemplos

Numpy

doc	Documentação
random	ferramentas para números aleatórios
linalg	Algébra Linear
fft	Tranformada de Fourier

SciPy

misc	Utilidades variadas (`comb, factorial, derivative, imfilter, .`
fftpack	Transformada de Fourier Discreta
io	E/S dados (`loadtxt, fread,...`)
special	Funções especiais (Airy, Bessel, Legendre, Gamma, `erf()`)
stats	Funções estatísticas (¿100 distribuicoes, momenta, ...)
optimize	Optimizadores (ajuste, extremas, raízes,..)
spatial	Algoritmos para estruturas de dados espaciais (vizinhos, ...
integrate	Rotinas de integração numérica
linalg	Rotinas de Algebra Linear (`inv, solve, det,eig, svd, ...`)
interpolate	Rotinas de Interpolaão (`spline, lagrange, ...`)
signal	Proc. Sinais Digitais (`convolve, correlate, filters, windows,`

Exemplo 1 Numpy

Operações com matrizes

```
>>> A = numpy.array([[1,2,3],[3,2,3],[1,4,2]])
>>> A
array([[1, 2, 3],
       [3, 2, 3],
       [1, 4, 2]])
>>> # mostra media, desvio padrao, minino, maximo, pico-a-pico
>>> A.mean(), A.std(), A.min(), A.max(), A.ptp()
(2.333333333333335, 0.9428090415820635, 1, 4, 3)
>>> A**2                    # eleva cada elemento ao quadrado
array([[ 1,  4,  9],
       [ 9,  4,  9],
       [ 1, 16,  4]])
>>> B = A.T                 # matriz transposta
array([[1, 3, 1],
       [2, 2, 4],
       [3, 3, 2]])
>>> numpy.dot(A, B)         # multiplicacao de matrizes
array([[11, 12, 14],
       [12, 24, 20],
       [14, 20, 22]])
>>> A[ numpy.where(A>2) ] = 10    # iguala a 10 todos elementos maiores que 2
>>> A * B                         # multiplica A e B elemento a elemento
```

Exemplo 2 Numpy

Operações com matrizes

AMD TURION 64 X2 MOBILE TL-60, BOGOMIPS=3993.03

```
# matriz de numeros aleatorios 1000x1000  dt=0.07 s
r     = numpy.random.random((1000,1000))

# inversa de r                            dt=5 s
inv_r = scipy.linalg.inv(r)

# autovalores e autovetores               dt=27 s
eigval, eigvec = scipy.linalg.eig(r)

# multiplica r pela transposta            dt=5 s
C = numpy.mat(r.T) * numpy.mat(r)

# faz media entre cada 8 vizinhos         dt=0.7 s
C9 = scipy.signal.convolve2d(ac,  [[1,1,1],[1,1,1],[1,1,1]])

# faz media entre cada 99 vizinhos        dt=3 s
C100 = scipy.signal.convolve2d(r, 10*[[1,1,1,1,1,1,1,1,1,1]])
```

Exemplo 2 Numpy

Operações com matrizes

AMD TURION 64 X2 MOBILE TL-60, BOGOMIPS=3993.03

```
# matriz de numeros aleatorios 1000x1000  dt=0.07 s
r     = numpy.random.random((1000,1000))

# inversa de r                            dt=5 s
inv_r = scipy.linalg.inv(r)

# autovalores e autovetores               dt=27 s
eigval, eigvec = scipy.linalg.eig(r)

# multiplica r pela transposta            dt=5 s
C = numpy.mat(r.T) * numpy.mat(r)

# faz media entre cada 8 vizinhos         dt=0.7 s
C9 = scipy.signal.convolve2d(ac,  [[1,1,1],[1,1,1],[1,1,1]])

# faz media entre cada 99 vizinhos        dt=3 s
C100 = scipy.signal.convolve2d(r, 10*[[1,1,1,1,1,1,1,1,1,1]])
```

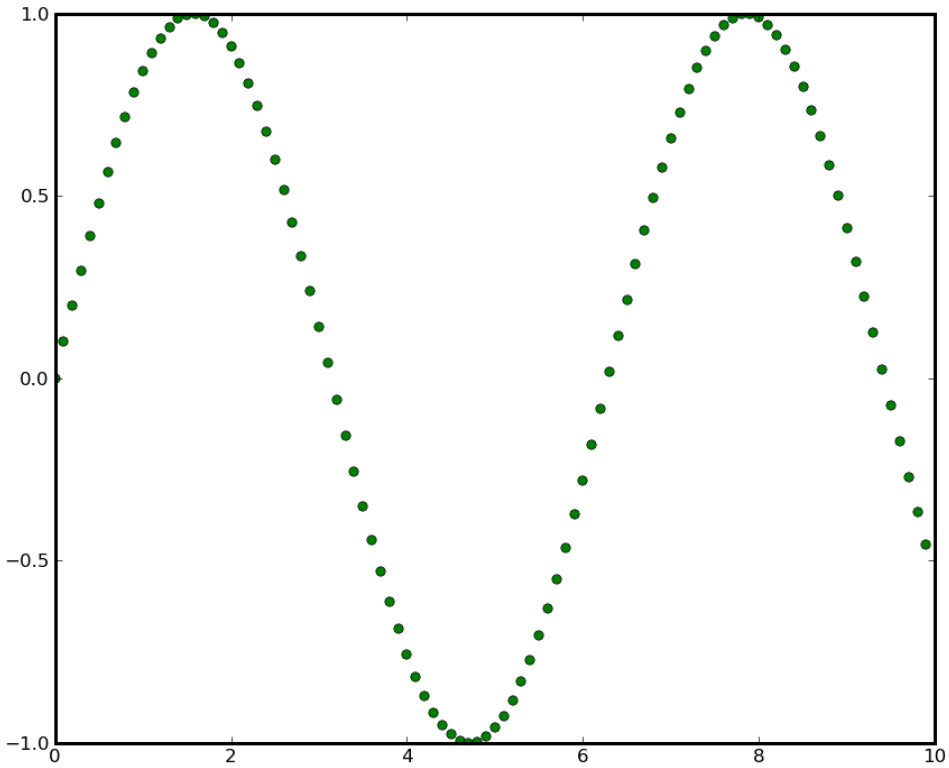
Maple

```
# Cria matriz                             dt=4s
r := RandomMatrix(1000,generator=0..1.5)
# Multiplica por ela mesma                dt>30 s
multiply(r,r)
```

Exemplo 3: Numpy+Pylab

Gráfico Função

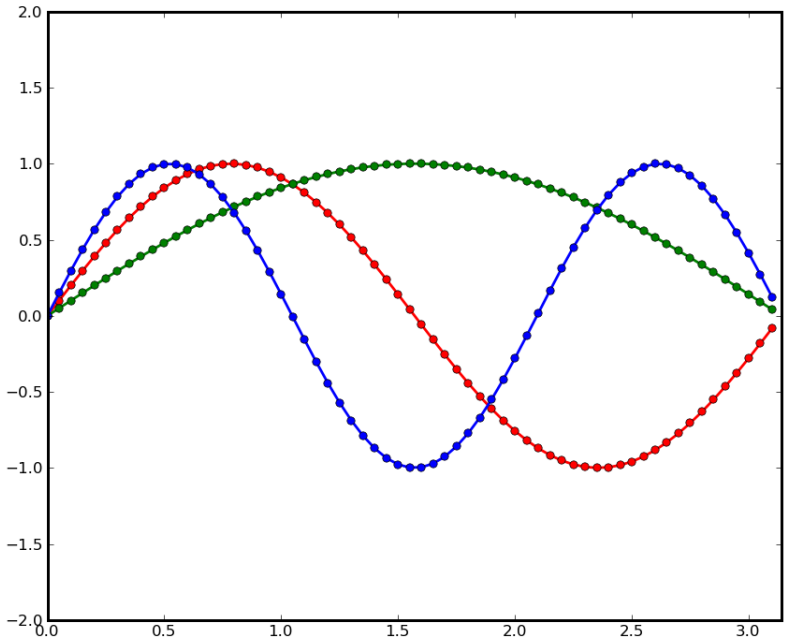
```
import numpy                    # importa módulos
import pylab
x = numpy.arange(0,10,0.1)      # sequencia de 0 a 19, intervalo 0.1
y = numpy.sin(x)                # aplica funcao em cada x (versao vetor math.sin)
pylab.plot(x,y, 'og')           # faz  grafico com bolas 'o' verdes 'g'
pylab.savefig('seno.png')       # grava figura
pylab.show()                    # mostra grafico
```



Exemplo 4: Numpy+Pylab

Gráfico Funções

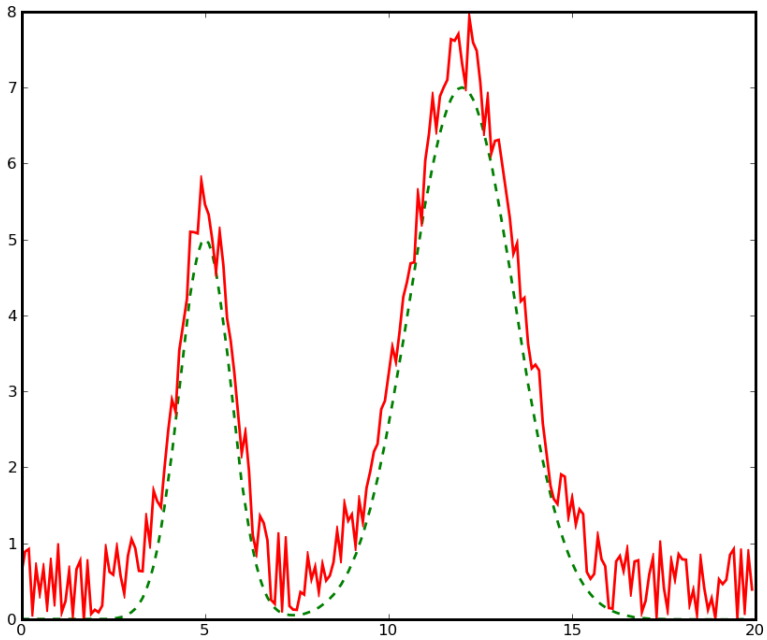
```
x = numpy.arange(0,numpy.pi,0.05)
y  = numpy.sin(x)
y2 = numpy.sin(2*x)
y3 = numpy.sin(3*x)
pylab.plot(x,y, 'o-g')
pylab.plot(x,y2,'o-r')
pylab.plot(x,y3,'o-b')
pylab.axis([0,2*numpy.pi,-2,2])
pylab.savefig('senos.png')
pylab.show()
```



Exemplo 5: Numpy+Pylab

Adicionando Ruído

```
x  = numpy.arange(0,20,0.1)          # variavel independente
y1 = 5*numpy.exp(-(x-5)**2)          # gaussiana centrada em 5, maximo 5
y2 = 7*numpy.exp(-(x-12)**2/4)       # gaussiana centrada em 12, maximo 7
ruido = numpy.random.random(len(x)) # vetor ruido do tamanho do x
ylimpo = y1 + y2                     # gaussians
yruido = y1 + y2 + ruido             # gaussianas mais o ruido
pylab.plot(x, ylimpo, '--g', x, yruido, '-r', lw=2)
```



Exemplo 6: Numpy+Pylab

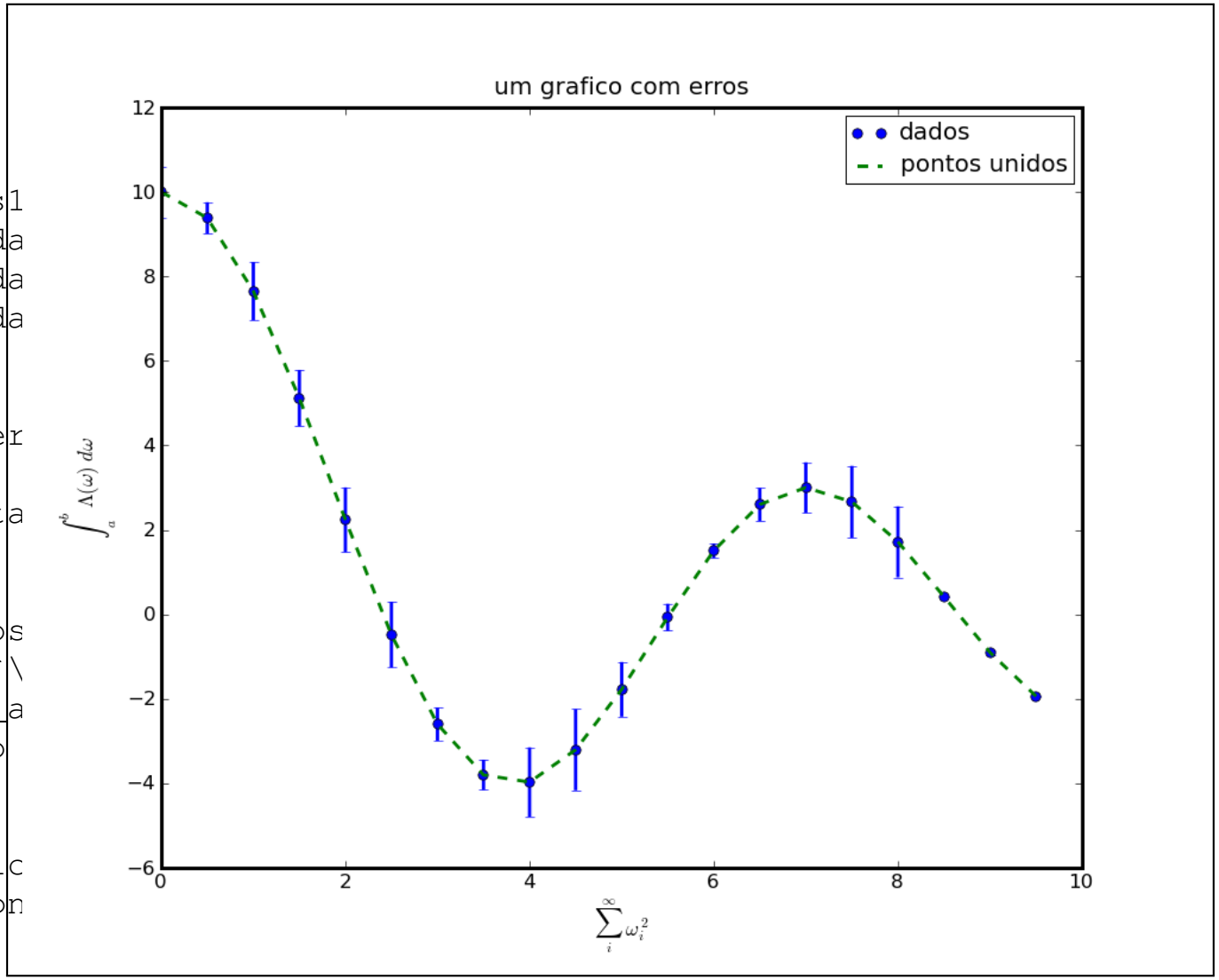
Lendo dados em disco

```
import pylab
import numpy

# le os dados de 'dados1.dat', txt em 3 colunas
x    = numpy.loadtxt('dados1.dat')[:,0]
y    = numpy.loadtxt('dados1.dat')[:,1]
yerr = numpy.loadtxt('dados1.dat')[:,2]

# grafico dos dados
pylab.errorbar(x, y, yerr, fmt='ob', label='dados')

# une os pontos com retas
pylab.plot(x, y, '--g', label='pontos unidos' )

# coloca nomes dos eixos,no gráfico e mostra legenda
pylab.xlabel(r'$\sum_i^\infty\ \omega_i^2$', size=12)
pylab.ylabel(r'$\int^b_a \Lambda(\omega)\ d\omega$', size=12)
pylab.title('um grafico com erros')
pylab.legend()

# grava imagem do grafico em arquivo
pylab.savefig('dados1.png')

# mostra janela
pylab.show()
```

Exemplo 6: Numpy+Pylab

Lendo dados em disco

```
import pylab
import numpy

# le os dados de 'dados1
x    = numpy.loadtxt('da
y    = numpy.loadtxt('da
yerr = numpy.loadtxt('da

# grafico dos dados
pylab.errorbar(x, y, yer

# une os pontos com reta
pylab.plot(x, y, '--g',

# coloca nomes dos eixos
pylab.xlabel(r'$\sum_i^\
pylab.ylabel(r'$\int^b_a
pylab.title('um grafico
pylab.legend()

# grava imagem do grafic
pylab.savefig('dados1.pn

# mostra janela
pylab.show()
```



Exemplo 7: Numpy+PyFits

Lendo cubo de dados

```
>>> import pyfits

# Le cubo de dados de 471 Mb                dt=12s
>>>m81 =  pyfits.getdata('M81_final.fits');

>>> m81.shape      # formato (z, y, x)
(2707, 310, 147)

>>> m81.size       # quantidade de pontos  120 Mpix
123357990

>>> m81.mean()     # media                   dt=13s
1.9765925252298883e-14

>>> m81.std()      # desvio padrao           dt=58s (112s c/swap)
3.4743369904020077e-13

>>> m81.sum()      # soma total              dt=3.5s
2.4382848e-06

>>> m81.sort()     # ordena 120M de floats   dt=7s
```

Exemplo 8: PyLab+PyFits

Lendo imagem FITS

Exemplo 8: PyLab+PyFits

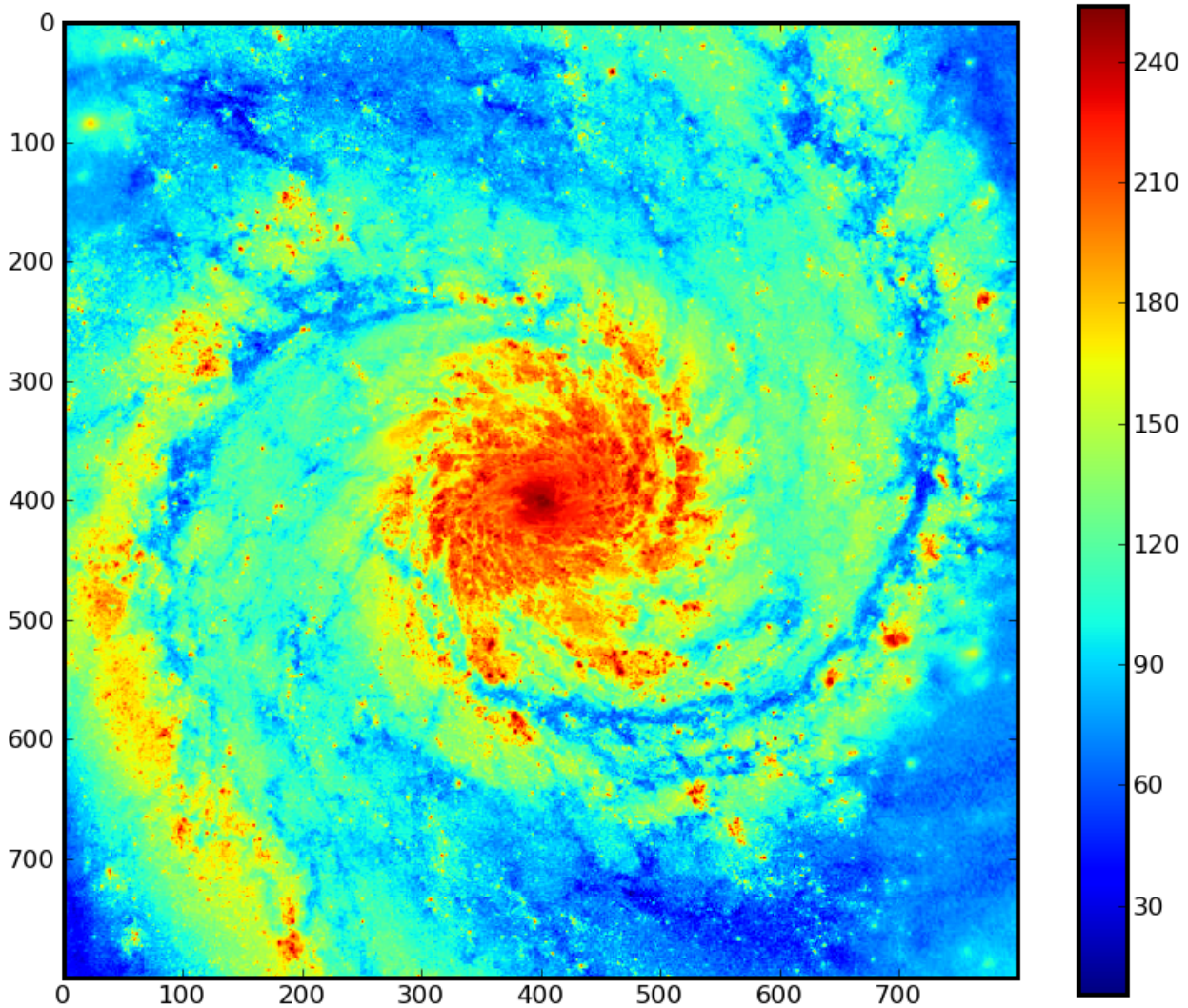
Lendo imagem FITS

```
>>> import pyfits                          # importa modulos
>>> import pylab
>>> m51 = pyfits.getdata('m51hst.fits') # le dados numa matriz numpy
>>> m51.shape                              # formato
(800,800)
>>> pylab.imshow(m51)                      # mostra matriz como imagem
>>> pylab.colorbar()                       # escala de cores
>>> pylab.savefig('m51hst.png')            # salva figura
>>> pylab.show()                           # mostra na tela
```

Exemplo 8: PyLab+PyFits

Lendo imagem FITS

```
>>> import pyfits
>>> import pylab
>>> m51 = pyfits.getdata
>>> m51.shape
(800,800)
>>> pylab.imshow(m51)
>>> pylab.colorbar()
>>> pylab.savefig('m51hs
>>> pylab.show()
```



Exemplo 9

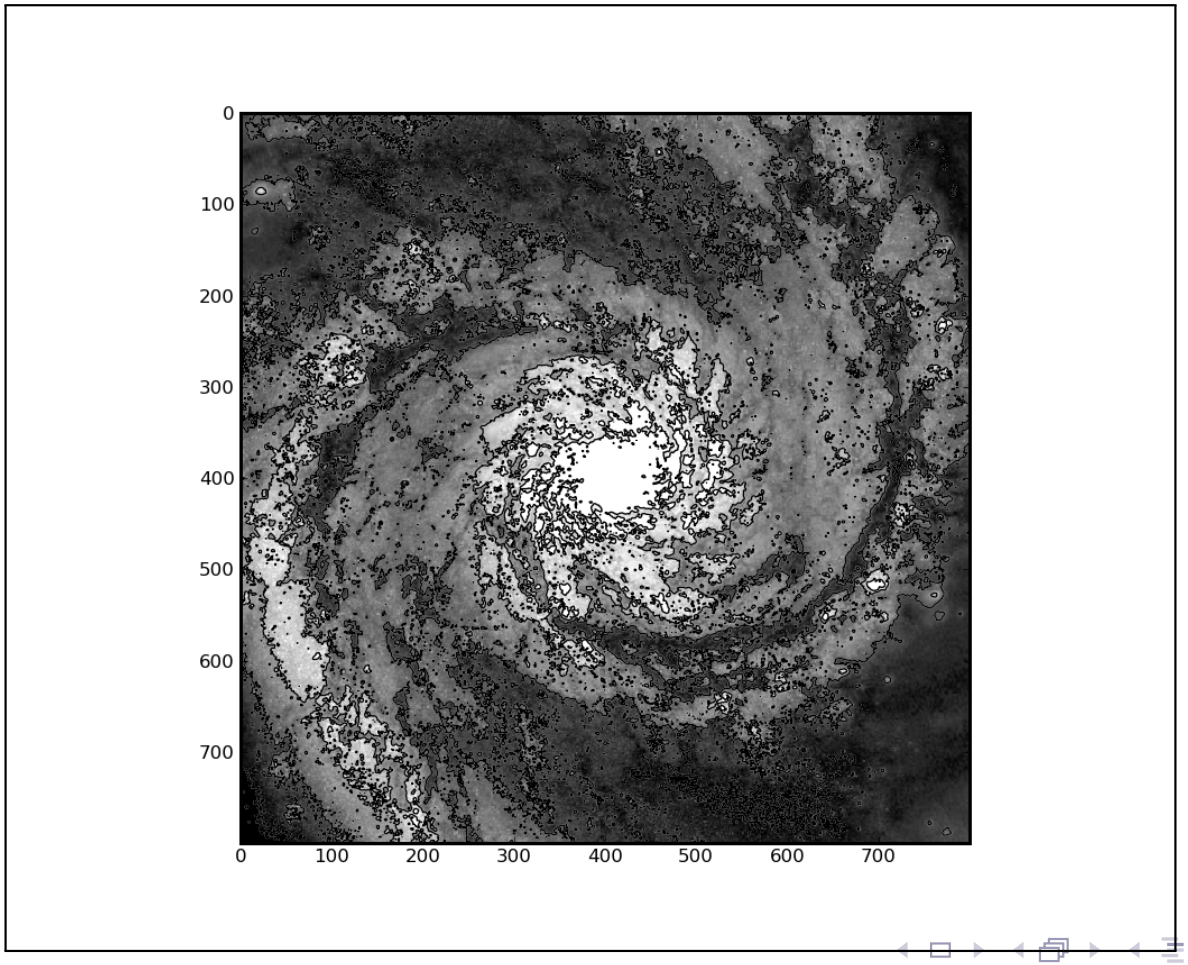
Contornos

```
...
>>> pylab.imshow(m51, vmin=50, vmax=200)
>>> niveis =  [50, 100, 150, 200]
>>> pylab.contour(m51,  niveis, colors='0.0', linewidths=1.0)
>>> pylab.savefig('m51hst-contour.png')
```

Exemplo 9

Contornos

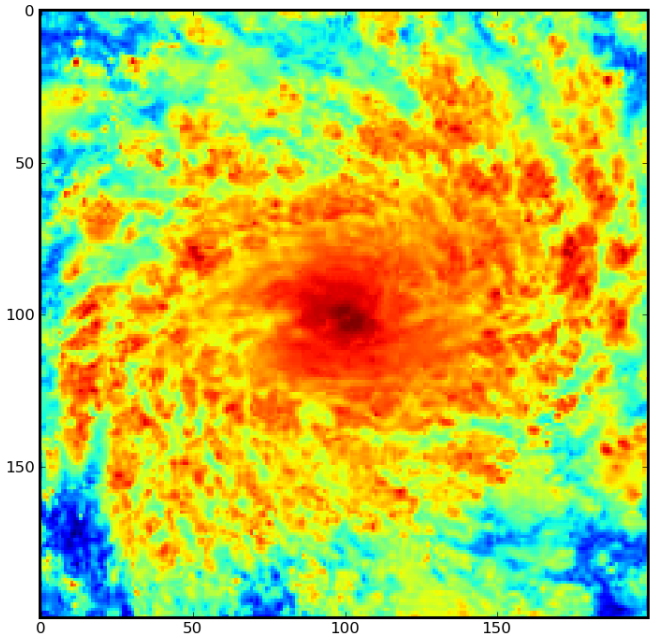
```
...
>>> pylab.imshow(m51, vmin=50, vmax=200)
>>> niveis =  [50, 100, 150, 200]
>>> pylab.contour(m51,  niveis, colors='0.0', linewidths=1.0)
>>> pylab.savefig('m51hst-contour.png')
```

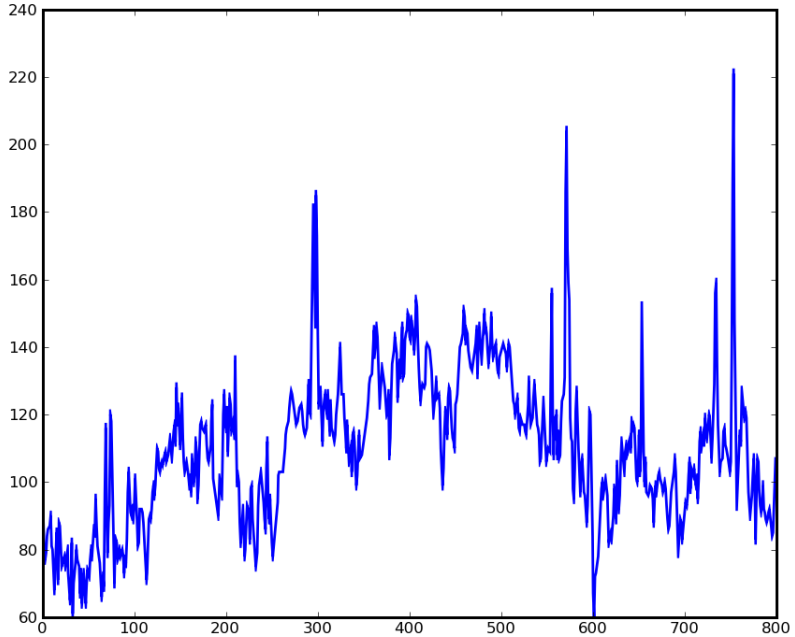


Exemplo 10

Seções de Imagens

```
...
>>> pylab.imshow(m51[300:500,300:500])        # mostra regiao central, matriz 200x200
>>> m51[300:500,300:500].mean()               # media na regiao
>>> centro = m51[300:500,300:500]             # cria outra matriz
>>> pyfits.writeto('m51centro.fits', centro) # grava arquivo FITS
>>>
>>> pylab.plot(m51[:,250])                    # gráfico vertical x=250, 0<=y<800
```





Exemplo 11

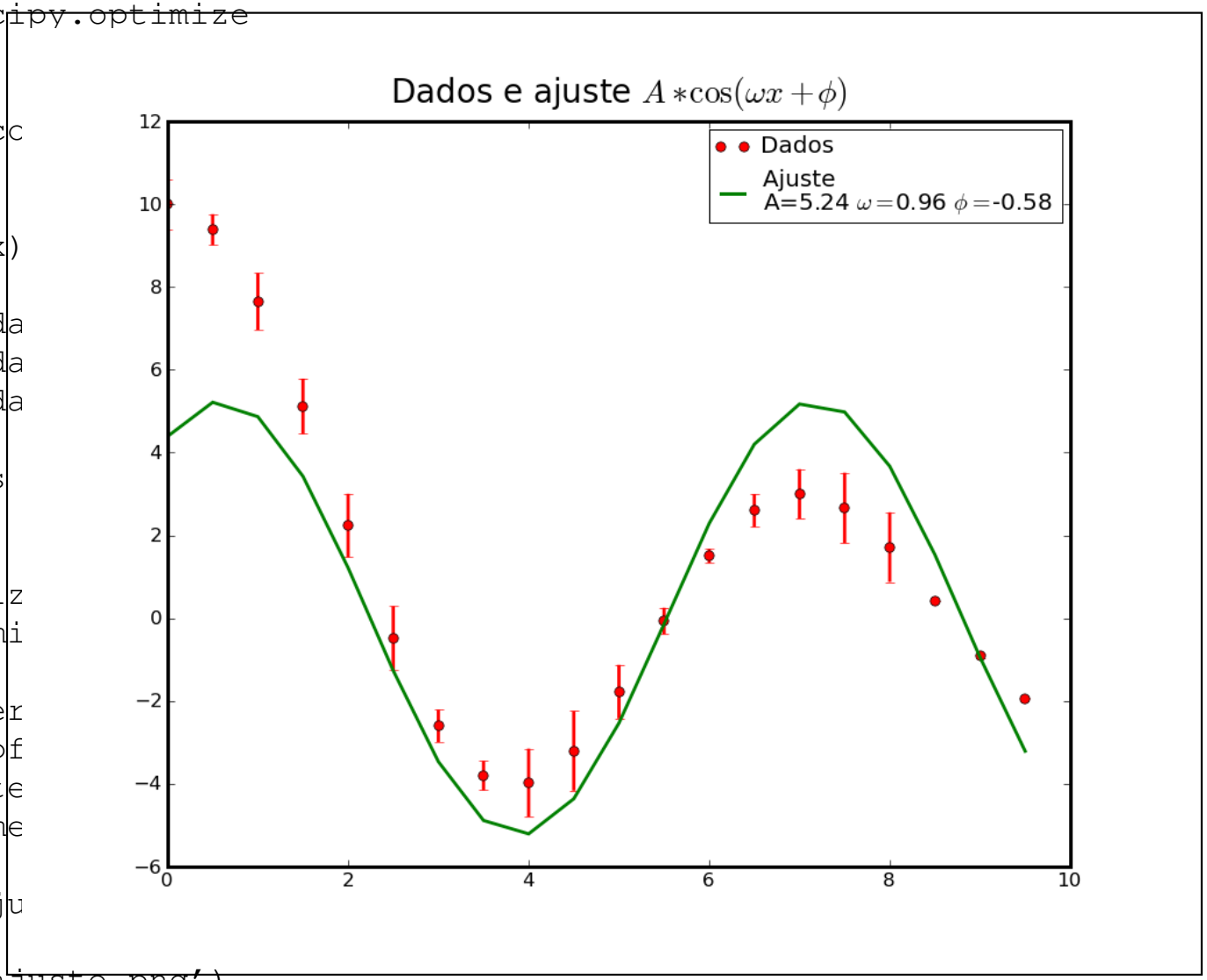
Ajuste de Curvas

```
import pylab, numpy, scipy.optimize

def fitfunc(p,x):
    return p[0]*numpy.cos(p[1]*x + p[2])

def residuo(p,x,y):
    return (fitfunc(p,x) - y)

x    = numpy.loadtxt('dados1.dat')[:,0]
y    = numpy.loadtxt('dados1.dat')[:,1]
yerr = numpy.loadtxt('dados1.dat')[:,2]

# estimativa parametros iniciais
p0   = [10,1,0]

# rotina que faz minimizacao de residuo(p0,x,y)
pf,status = scipy.optimize.leastsq(residuo, p0[:], args=(x,y))

pylab.errorbar(x, y, yerr, fmt='or', label='Dados')
pylab.plot(x, fitfunc(pf,x), '-g',  \
           label='Ajuste \n'   +    \
           'A=%.2f $\omega=$%.2f $\phi=$%.2f '%(pf[0], pf[1], pf[2]))

pylab.title('Dados e ajuste $A*\cos(\omega x + \phi)$', size=20)
pylab.legend()
pylab.savefig('dados1-ajuste.png')
pylab.show()
```

Exemplo 11

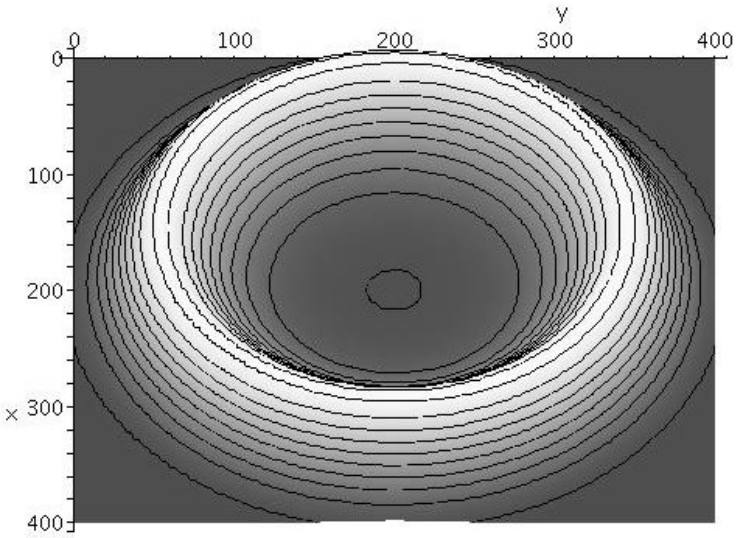
Ajuste de Curvas

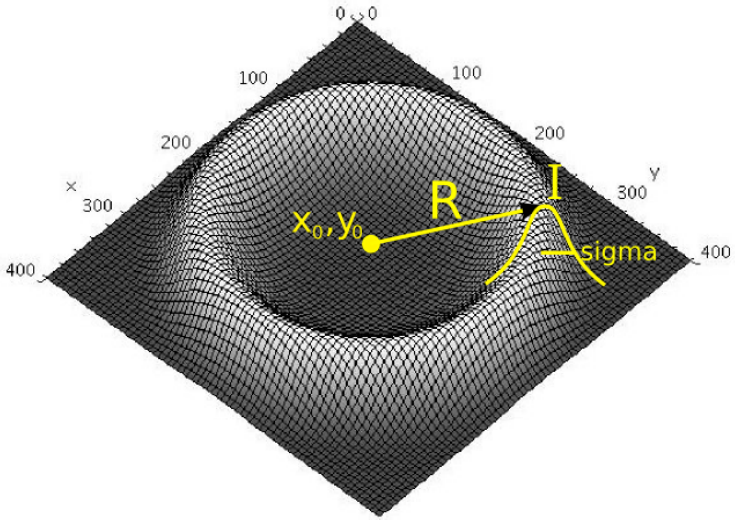
```
import pylab, numpy, scipy.optimize

def fitfunc(p,x):
    return p[0]*numpy.cc

def residuo(p,x,y):
    return (fitfunc(p,x)

x    = numpy.loadtxt('da
y    = numpy.loadtxt('da
yerr = numpy.loadtxt('da

# estimativa parametros
p0   = [10,1,0]

# rotina que faz minimiz
pf,status = scipy.optimi

pylab.errorbar(x, y, yer
pylab.plot(x, fitfunc(pf
           label='Ajuste
           'A=%.2f $\ome

pylab.title('Dados e aju
pylab.legend()
pylab.savefig('dados1-ajuste.png')
pylab.show()
```



Aplicações

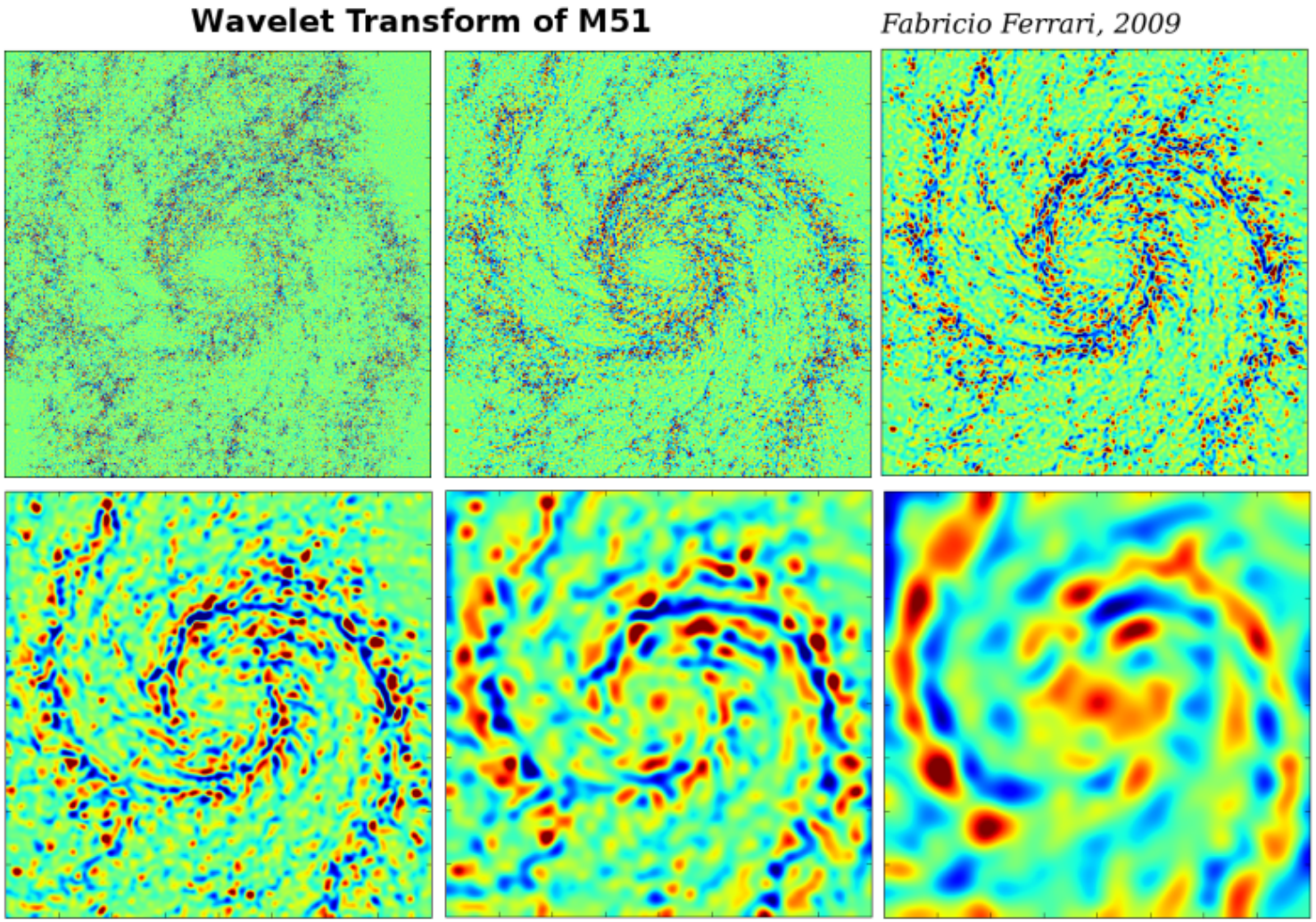
Ajuste de superfícies





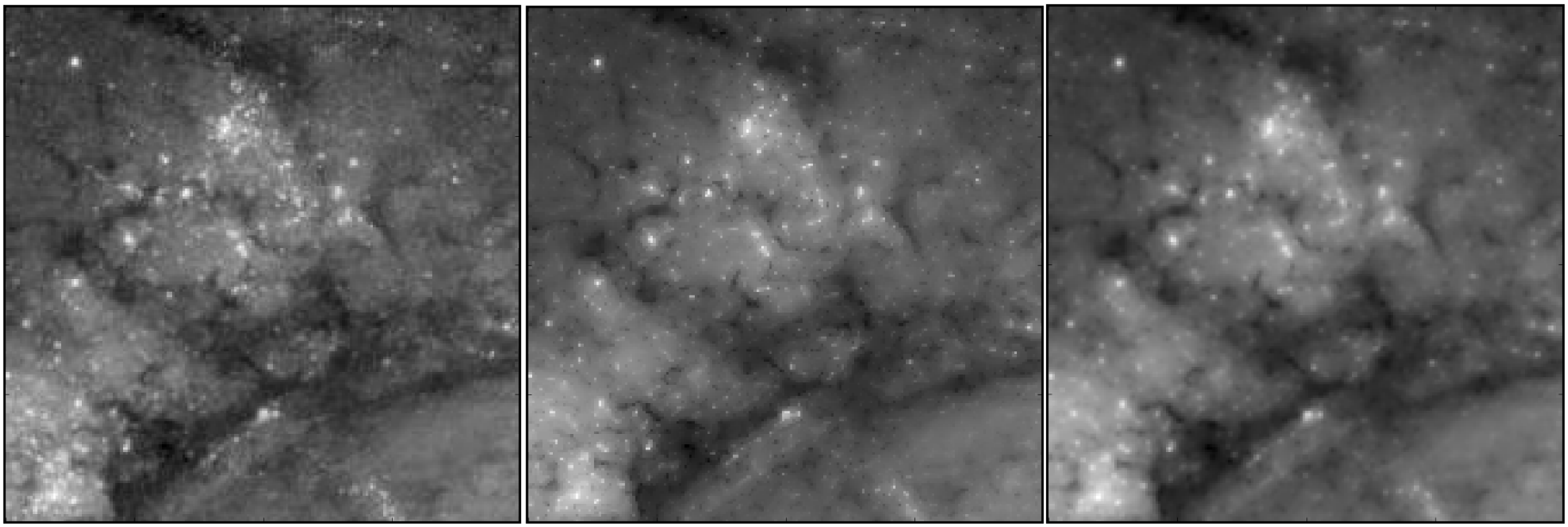
Aplicações

Transformada Discreta de Wavelets



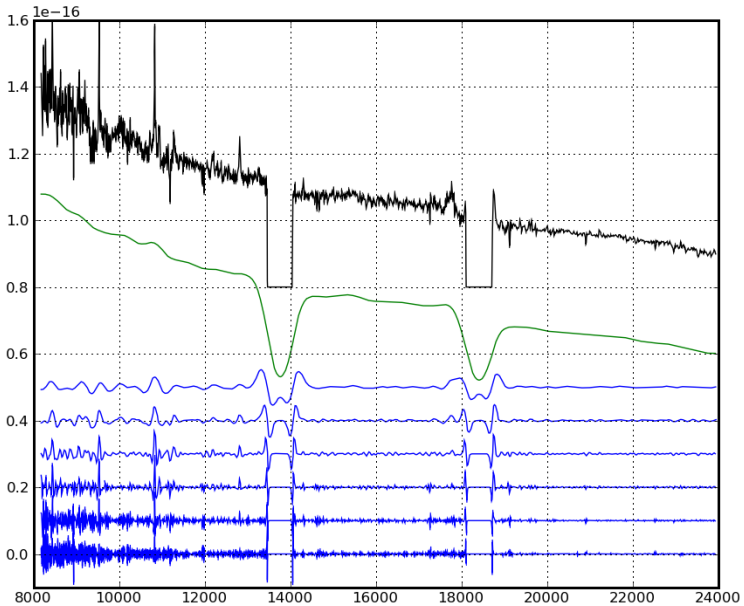
Aplicações

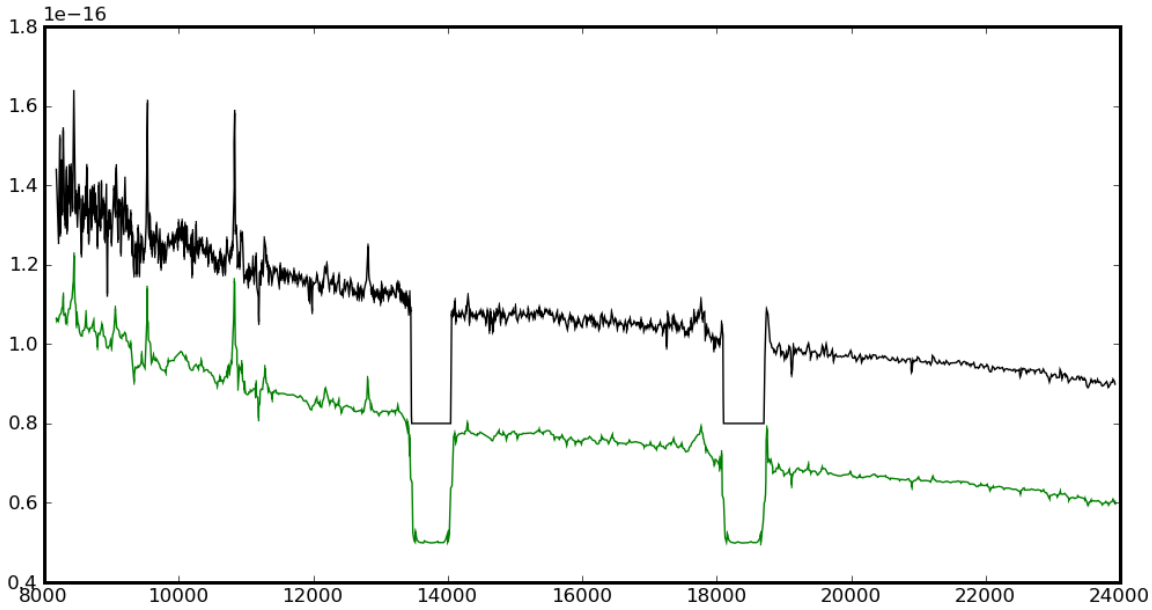
Redução de Ruído em Imagens – filtro adaptativo baseado em Wavelets



Aplicações

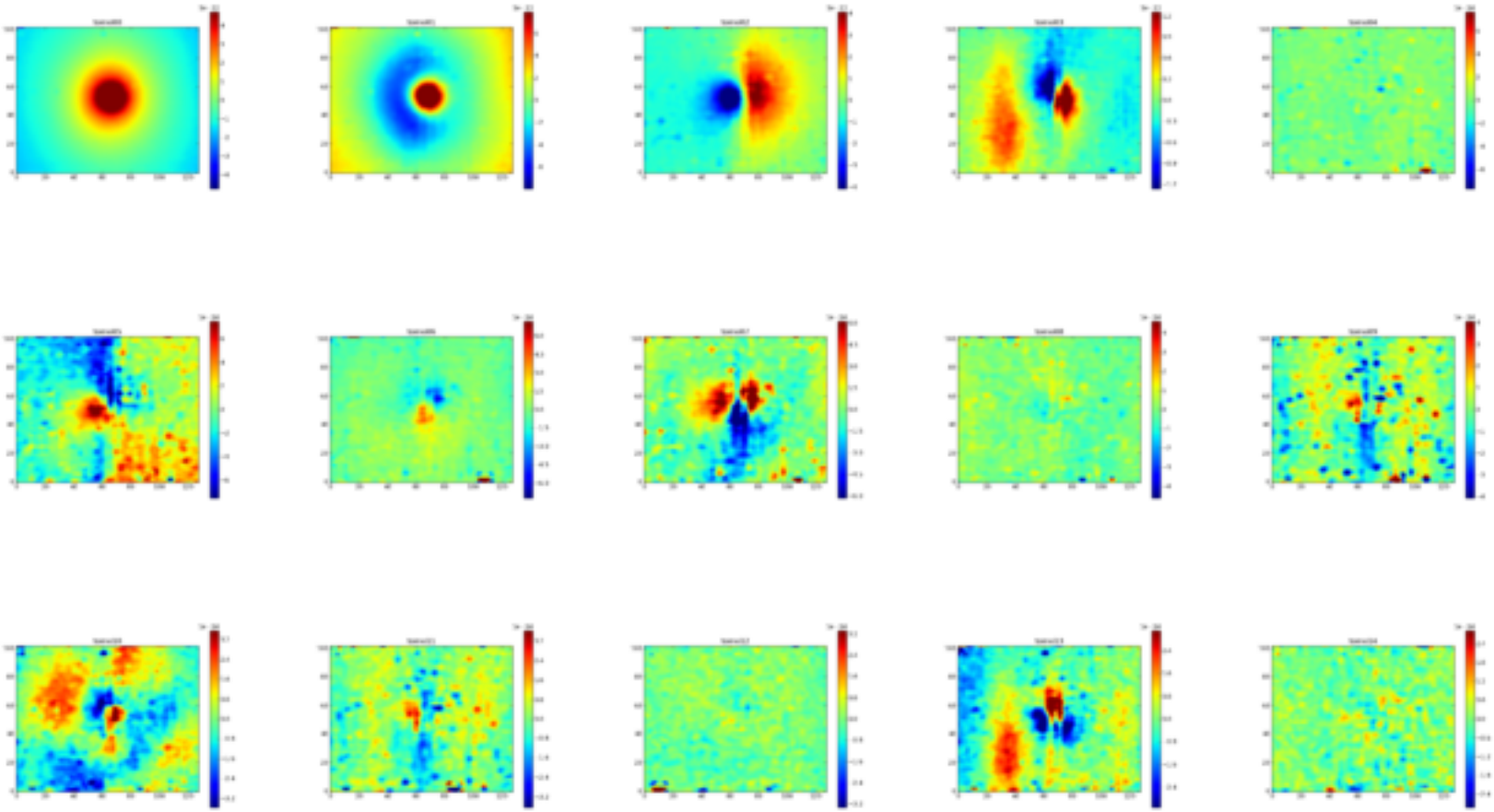
Redução de Ruído em Espectros – filtro adaptativo baseado em Wavelets





Aplicações

Análise de Componente Principal (PCA) em Cubo de Dados



Referências

Referências

F.Ferrari	`www.ferrari.pro.br`
Python	`www.python.org`
Python Brasil	`www.python.org.br`
Numpy	`numpy.scipy.org`
Scipy	`www.scipy.org`
Pylab/Matplotlib	`matplotlib.sourceforge.net`
Tutoriais	`http://heather.cs.ucdavis.edu/~matloff/python.html`
Interactive Data Analysis in Astronomy	`http://www.scipy.org/wikis/topical_software/Tutoria`
Wikipedia	www.wikipedia.org