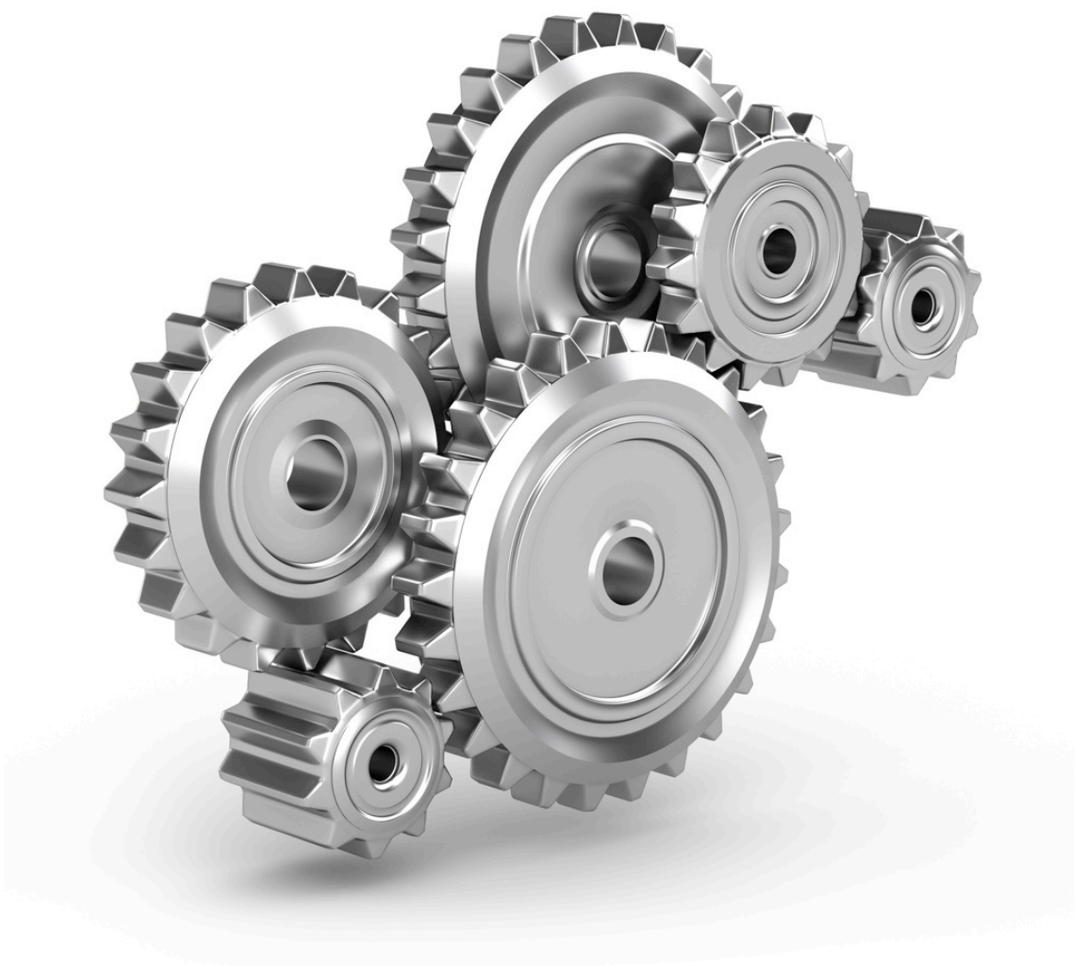
Luciano Ramalho
ramalho@python.pro.br

Funções como objetos



pythonpro

Objetos de primeira classe

pythonpro

Terminologia

en	pt-br
first class function	função de primeira classe
first class object	objeto de primeira classe
≈ first class citizen	≈ cidadão de primeira classe

Objetos de 1ª classe

- Podem ser construídos em tempo de execução
  - Ex: números, strings, listas, dicts etc.
    - até classes são objetos de 1ª classe em Python (metaclasses constroem classes!)
- Podem ser atribuídos a variáveis, passados como argumentos, devolvidos como resultados de funções

Funções de 1ª classe

- Podem manipuladas da mesma forma que outros objetos de primeira classe:
  - criar em tempo de execução
  - atribuir a uma variável
  - armazenar em uma estrutura de dados
  - passar como argumento

Demonstração

```
>>> def fatorial(n):
...     '''devolve n!'''
...     return 1 if n < 2 else n * fatorial(n-1)
...
>>> fatorial(42)
1405006117752879898543142606244511569936384000000000
>>> fat = fatorial
>>> fat(5)
120
>>> map(fat, range(10))
<map object at 0x1006bead0>
>>> list(map(fat, range(11)))
[1, 1, 2, 6, 24, 120, 720, 5040, 40320, 362880, 3628800]
>>> fat
<function fatorial at 0x1006a2290>
>>> type(fatorial)
<class 'function'>
>>>
```

Demonstração (cont.)

```
>>> dir(fatorial)
['__annotations__', '__call__', '__class__', '__closure__',
'__code__', '__defaults__', '__delattr__', '__dict__',
'__dir__', '__doc__', '__eq__', '__format__', '__ge__',
'__get__', '__getattribute__', '__globals__', '__gt__',
'__hash__', '__init__', '__kwdefaults__', '__le__', '__lt__',
'__module__', '__name__', '__ne__', '__new__', '__qualname__',
'__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__setattr__',
'__sizeof__', '__str__', '__subclasshook__']
>>> fatorial.__name__
'fatorial'
>>> fatorial.__doc__
'devolve n!'
>>> fatorial.__code__
<code object fatorial at 0x100520810, file "<stdin>", line 1>
```

Demonstração (cont.)

```
>>> dir(fatorial.__code__)
['__class__', '__delattr__', '__dir__', '__doc__', '__eq__',
'__format__', '__ge__', '__getattribute__', '__gt__',
'__hash__', '__init__', '__le__', '__lt__', '__ne__', '__new__',
'__reduce__', '__reduce_ex__', '__repr__', '__setattr__',
'__sizeof__', '__str__', '__subclasshook__', 'co_argcount',
'co_cellvars', 'co_code', 'co_consts', 'co_filename',
'co_firstlineno', 'co_flags', 'co_freevars',
'co_kwonlyargcount', 'co_lnotab', 'co_name', 'co_names',
'co_nlocals', 'co_stacksize', 'co_varnames']
>>> fatorial.__code__.co_varnames
('n',)
>>> fatorial.__code__.co_code
b'|\x00\x00d\x01\x00k\x00\x00r\x10\x00d\x02\x00S|\x00\x00t
\x00\x00|\x00\x00d\x02\x00\x18\x83\x01\x00\x14S'
```

Demonstração (cont.)

```
>>> import dis
>>> dis.dis(fatorial.__code__.co_code)
          0 LOAD_FAST                0 (0)
          3 LOAD_CONST               1 (1)
          6 COMPARE_OP               0 (<)
          9 POP_JUMP_IF_FALSE       16
         12 LOAD_CONST               2 (2)
         15 RETURN_VALUE
    >>   16 LOAD_FAST                0 (0)
         19 LOAD_GLOBAL              0 (0)
         22 LOAD_FAST                0 (0)
         25 LOAD_CONST               2 (2)
         28 BINARY_SUBTRACT
         29 CALL_FUNCTION            1 (1 positional, 0 keyword pair)
         32 BINARY_MULTIPLY
         33 RETURN_VALUE
```

Atributos de funções

pythonpro

Atributos de funções

RW	__doc__	str	documentação (docstring)
RW	__name__	str	nome da função
RW	__module__	str	nome do módulo onde a função foi definida
RW	__defaults__	tuple	valores default dos parâmetros formais
RW	__code__	code	bytecode do corpo da função + metadados
R	__globals__	dict	variáveis globais do módulo
RW	__dict__	dict	atributos criados pelo programador
R	__closure__	tuple	associações para as variáveis livres
RW	__annotations__	dict	anotações de parâmetros e retorno
RW	__kwdefaults__	dict	valores default dos parâmetros nomeados

Implicações de funções de 1ª classe

- Funções como objetos de primeira classe abrem novas possibilidades de organização de programas
- Paradigma funcional: mais de 50 anos de história
  - fundamentos matemáticos: cálculo lambda
- Repensar padrões de projeto!

Design Patterns in Dylan or Lisp

16 of 23 patterns are either invisible or simpler, due to:

- First-class types (6): `Abstract-Factory`, `Flyweight`, `Factory-Method`, `State`, `Proxy`, `Chain-Of-Responsibility`
- First-class functions (4): `Command`, `Strategy`, `Template-Method`, `Visitor`
- Macros (2): `Interpreter`, `Iterator`
- Method Combination (2): `Mediator`, `Observer`
- Multimethods (1): `Builder`
- Modules (1): `Facade`

Peter Norvig:
"Design Patterns in Dynamic Programming"

Programação funcional

- Paradigma que enfatiza o uso de:
  - funções puras
  - estruturas de dados imutáveis
  - composição de funções
  - funções de ordem superior

Funções puras

- Sem efeitos colaterais:
  - não modificam seus argumentos nem alteram o estado do sistema exceto pela criação de um um novo objeto (o resultado da função)

Pascal define duas construções distintas: function x procedure

Funções puras, “impuras”

puras	“impuras”
int(qtd)	random.shuffle(cartas)
sorted(colecao)	lista.sort()
texto.replace(‘x‘, ‘‘)	dicionario.pop(‘x‘)
format(66, ‘x‘)	print(0x2a)
ast.literal_eval(‘2 + 2‘)	eval(codigo_fonte)

Função de ordem superior

- Aceita funções como argumentos e/ou devolve função como resultado

```
>>> frutas = ['pequi', 'uva', 'caju', 'banana',
'caqui', 'umbu']
>>> sorted(frutas)
['banana', 'caju', 'caqui', 'pequi', 'umbu', 'uva']
>>> sorted(frutas, key=len)
['uva', 'caju', 'umbu', 'pequi', 'caqui', 'banana']
>>> def invertida(palavra):
...     return palavra[::-1]
...
>>> sorted(frutas, key=invertida)
['banana', 'uva', 'caqui', 'pequi', 'umbu', 'caju']
```

Objetos invocáveis

pythonpro

Documentação oficial

- **Language Reference > Data model**
  - http://docs.python.org/dev/reference/datamodel.html
- Seção **3.2 - The standard type hierarchy > Callable types**

Callable types

These are the types to which the function call operation (see section *Calls*) can be applied:

User-defined functions

A user-defined function object is created by a function definition (see section *Function definitions*). It should be called with an argument list containing the same number of items as the function's formal parameter list.

Special attributes:

Attribute	Meaning	
`__doc__`	The function's documentation string, or `None` if unavailable	Writable
`__name__`	The function's name	Writable
`__qualname__`	The function's *qualified name* *New in version 3.3.*	Writable
`__module__`	The name of the module the function was defined in, or `None` if unavailable.	Writable
`__defaults__`	A tuple containing default argument values for those arguments that have defaults,	Writable

Tipos invocáveis

- User-defined functions: **def** ou **lambda**
- Instance methods: invocados via instâncias
- Generator functions: funções com **yield**
- Built-in functions: escritas em C (no CPython)
- Built-in methods: idem
- Classes: métodos **__new__** e **__init__**
- Class Instances: método **__call__**

def e lambda

```
>>> def fatorial(n):
...     '''devolve n!'''
...     return 1 if n < 2 else n * fatorial(n-1)
...
>>> fat2 = lambda n: 1 if n < 2 else n * fat2(n-1)
>>>
>>> fat2(42)
1405006117752879898543142606244511569936384000000000
>>> type(fat2)
<class 'function'>
>>> type(fatorial)
<class 'function'>
>>>
```

Funções anônimas

pythonpro

lambda

- Açúcar sintático para definir funções dentro de expressões
  - Normalmente: em chamadas de função

```
>>> sorted(frutas, key=lambda s: s[::-1])
['banana', 'uva', 'caqui', 'pequi', 'umbu', 'caju']
```

- Limitadas a uma expressão em Python
  - Não podem usar estruturas de controle, atribuição etc.

lambda cria uma função anônima

```
>>> fat2 = lambda n: 1 if n < 2 else n * fat2(n-1)
>>> fat2.__name__
'<lambda>'
>>>
>>>
```

lambda cria uma função anônima

```
>>> fat2 = lambda n: 1 if n < 2 else n * fat2(n-1)
>>> fat2.__name__
'<lambda>'
>>>
>>>
```

> “Funções anônimas têm um grave defeito: elas não têm nome.”
>
> Anônimo

Método Lundh para refatorar lambdas

1. Escreva um comentário explicando o que a função anônima faz.
2. Estude o comentário atentamente, e pense em um nome que capture a essência do comentário.
3. Crie uma função usando o comando **def**, usando este nome.
4. Remova o **lambda** e o comentário.

Python Functional Programming How-to: http://bit.ly/159IQmU

Lambda

```
lista = sorted(frutas, key=lambda s: s[::-1])
```

Lambda refatorado

```
lista = sorted(frutas, key=lambda s: s[::-1])
```

```
def invertida(palavra):
    return palavra[::-1]

lista = sorted(frutas, key=invertida)
```

Decorators

pythonpro

Decorador simples

- Função de ordem superior: recebe uma função como argumento, retorna outra

```
from time import strftime

def logar(func):
    def logadora(*args, **kwargs):
        res = func(*args, **kwargs)
        print(strftime('%H:%M:%S.%m'), args, kwargs, '->', res)
        return res
    return logadora

@logar
def dobro(n):
    return n*2
```

```
>>> x = dobro(21)
13:32:42.10 (21,) {} -> 42
>>> dobro.__name__
'logadora'
```

Como é interpretado

```
@dec
def func():
    pass
```

é o mesmo que

```
def func():
    pass
func = dec(func)
```

```
@dec2(arg)
def func():
    pass
```

é o mesmo que

```
def func():
    pass
func = dec2(arg)(func)
```

```
@d1(arg)
@d2
def func():
    pass
```

é o mesmo que

```
def func():
    pass
func = d1(arg)(d2(func))
```

Demo decorador

```
>>> l = [dobro(x) for x in range(4)]
13:15:24.10 (0,) {} -> 0
13:15:24.10 (1,) {} -> 2
13:15:24.10 (2,) {} -> 4
13:15:24.10 (3,) {} -> 6
>>> l
[0, 2, 4, 6]
>>>
>>> g = (dobro(x) for x in range(4))
>>> g
<generator object <genexpr> at 0x1006a8af0>
>>> list(g)
13:15:44.10 (0,) {} -> 0
13:15:44.10 (1,) {} -> 2
13:15:44.10 (2,) {} -> 4
13:15:44.10 (3,) {} -> 6
[0, 2, 4, 6]
>>>
```

Decorator: memoizar

```
import functools

def memoizar(func):
    cache = {}

    @functools.wraps(func)
    def memoizada(*args, **kwargs):
        chave = (args, str(kwargs))
        if chave not in cache:
            cache[chave] = func(*args, **kwargs)
        return cache[chave]

    return memoizada
```

Exemplo apenas didático.
A biblioteca padrão já
tem functools.lru_cache

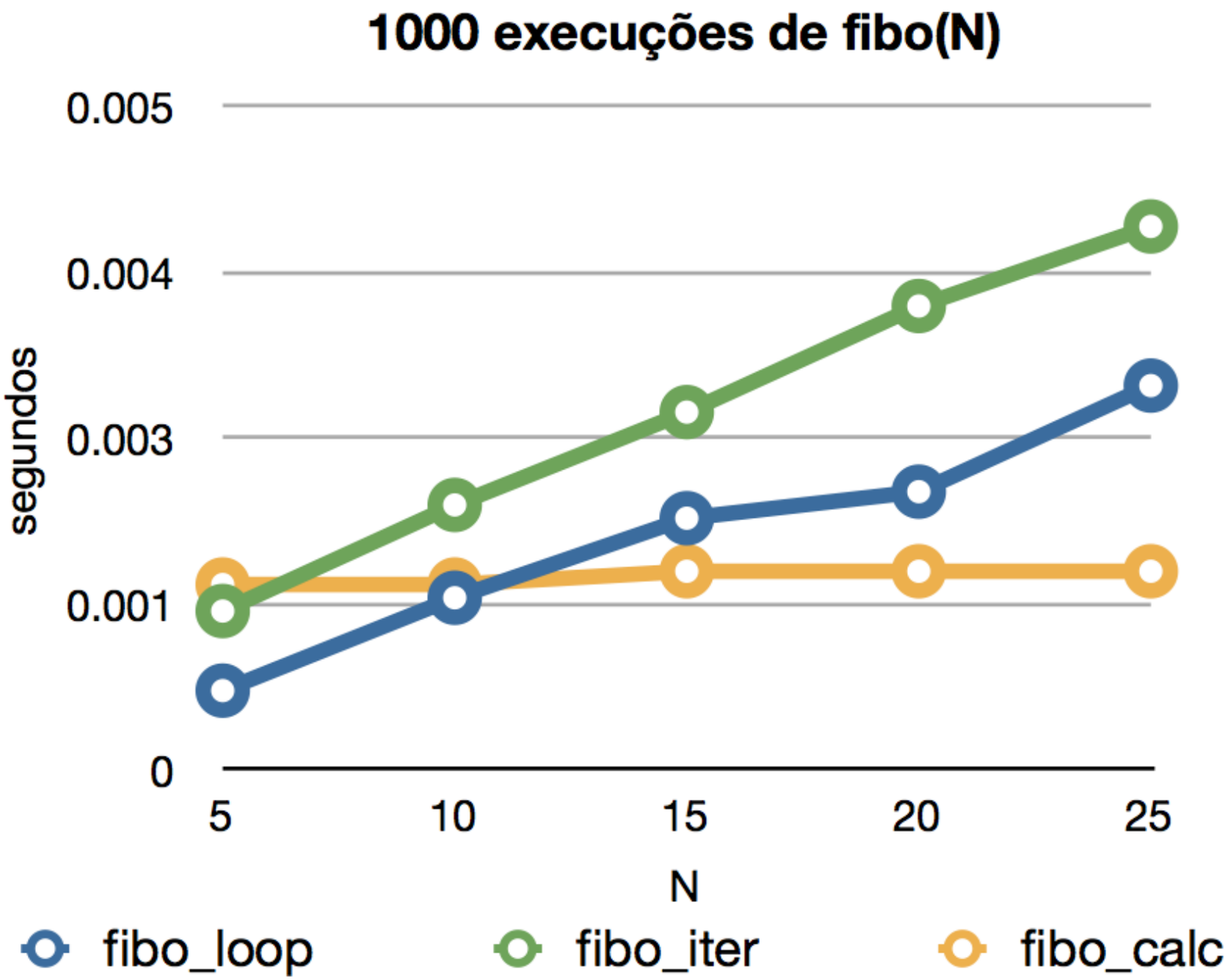
Demo @memoizar

```python
@memoizar
def fibo_rec_memo(n):
    if n < 2:
        return n
    return fibo_rec(n-2) + fibo_rec(n-1)
```

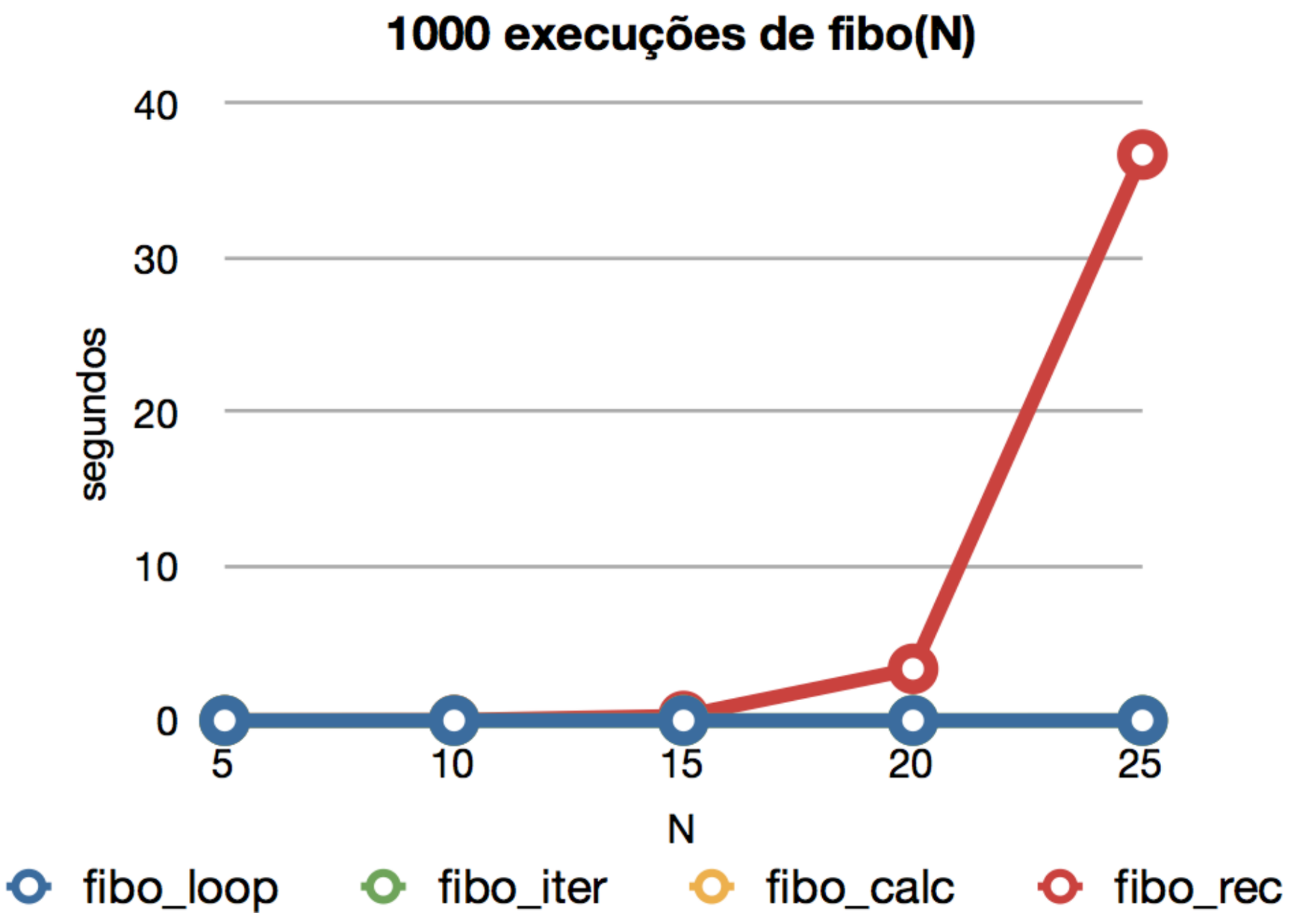
```python
def fibo_rec(n):
    if n < 2:
        return n
    return fibo_rec(n-2) + fibo_rec(n-1)
```

```
$ python3 fibonacci.py
fibo_loop          0.0006    0.0011    0.0016    0.0029    0.0030
fibo_iter          0.0013    0.0020    0.0026    0.0034    0.0043
fibo_calc          0.0014    0.0014    0.0015    0.0015    0.0014
fibo_rec           0.0021    0.0288    0.2822    3.2485   35.2203
fibo_rec_memo      0.0015    0.0015    0.0017    0.0045    0.0367
fibo_rec_lruc      0.0092    0.0085    0.0086    0.0089    0.0087
$
```

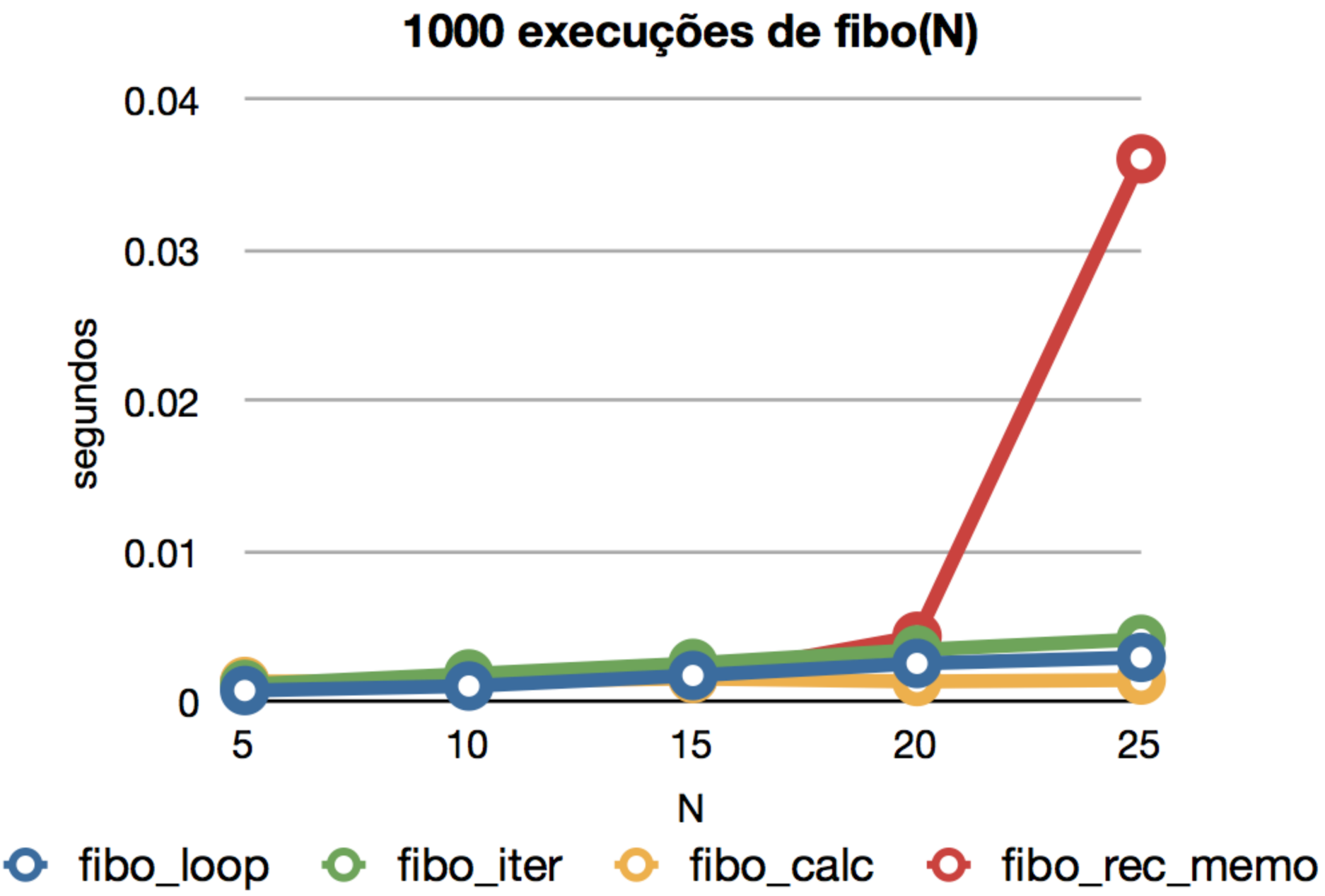
Comparando


1000 execuções de fibo(N)
0.005
0.004
0.003
0.001
0
segundos
5
10
15
20
25
N
fibo_loop
fibo_iter
fibo_calc

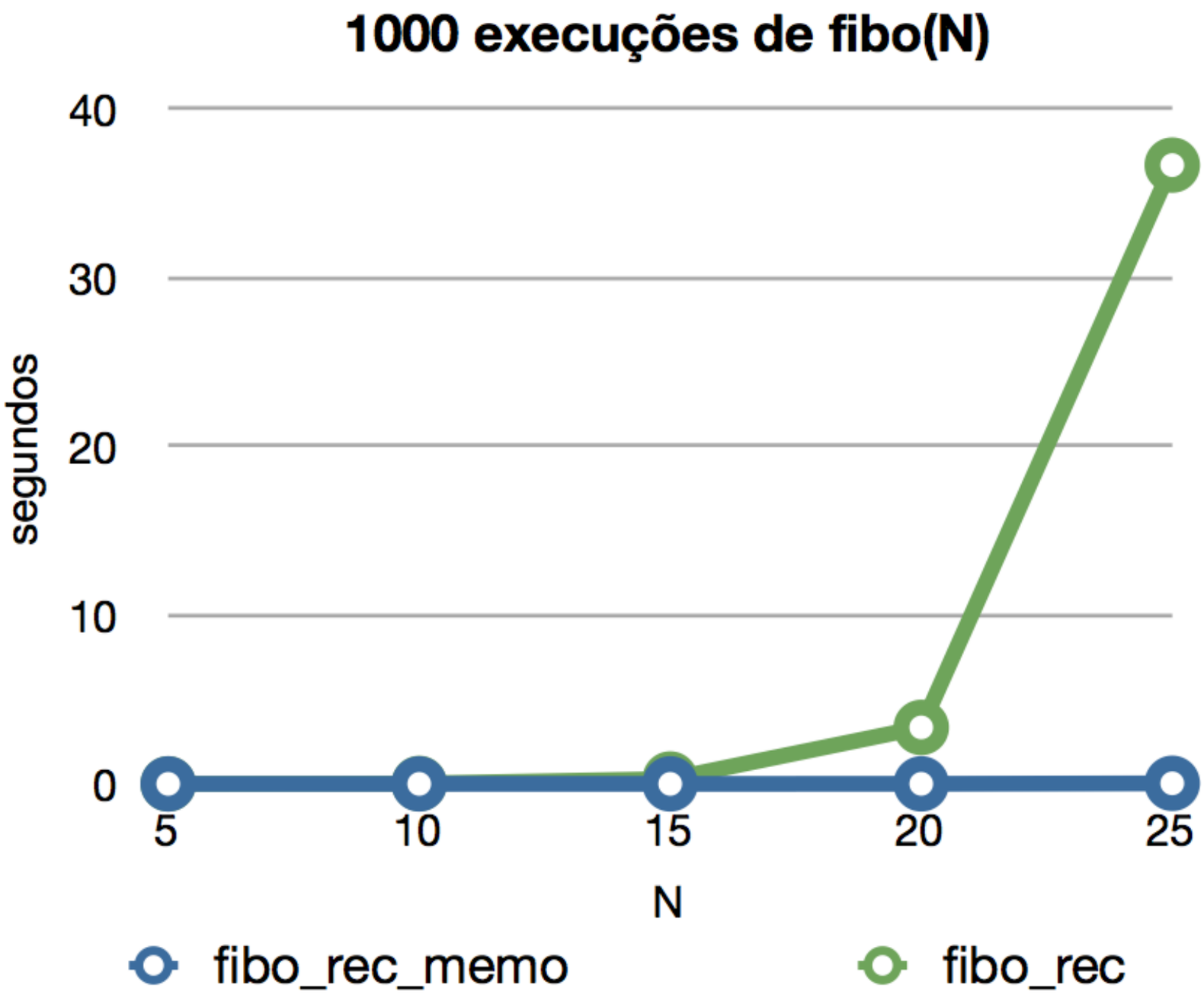
Comparando


1000 execuções de fibo(N)
segundos
40
30
20
10
0
5
10
15
20
25
N
fibo_loop
fibo_iter
fibo_calc
fibo_rec

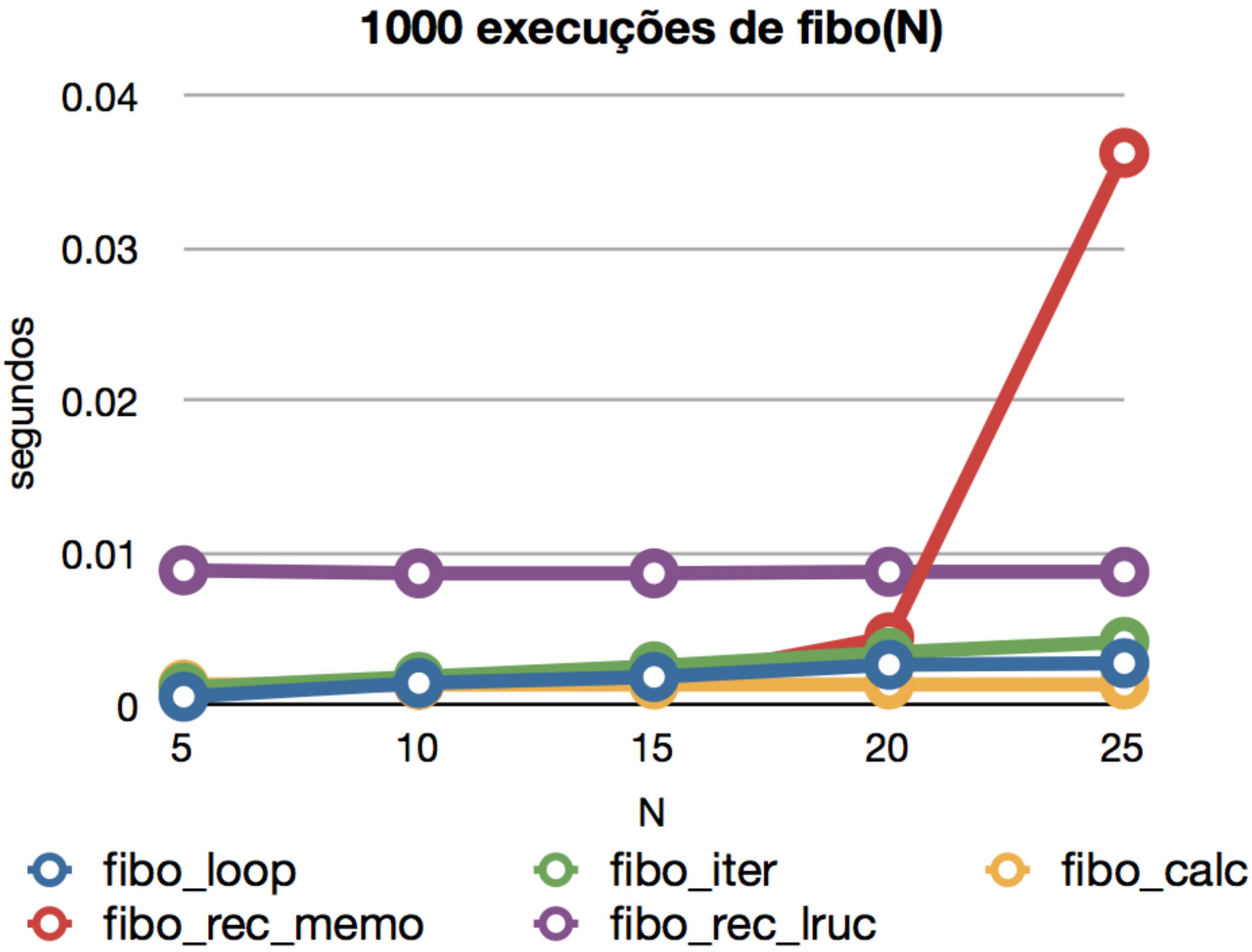
Comparando


1000 execuções de fibo(N)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
segundos
5
10
15
20
25
N
fibo_loop
fibo_iter
fibo_calc
fibo_rec_memo

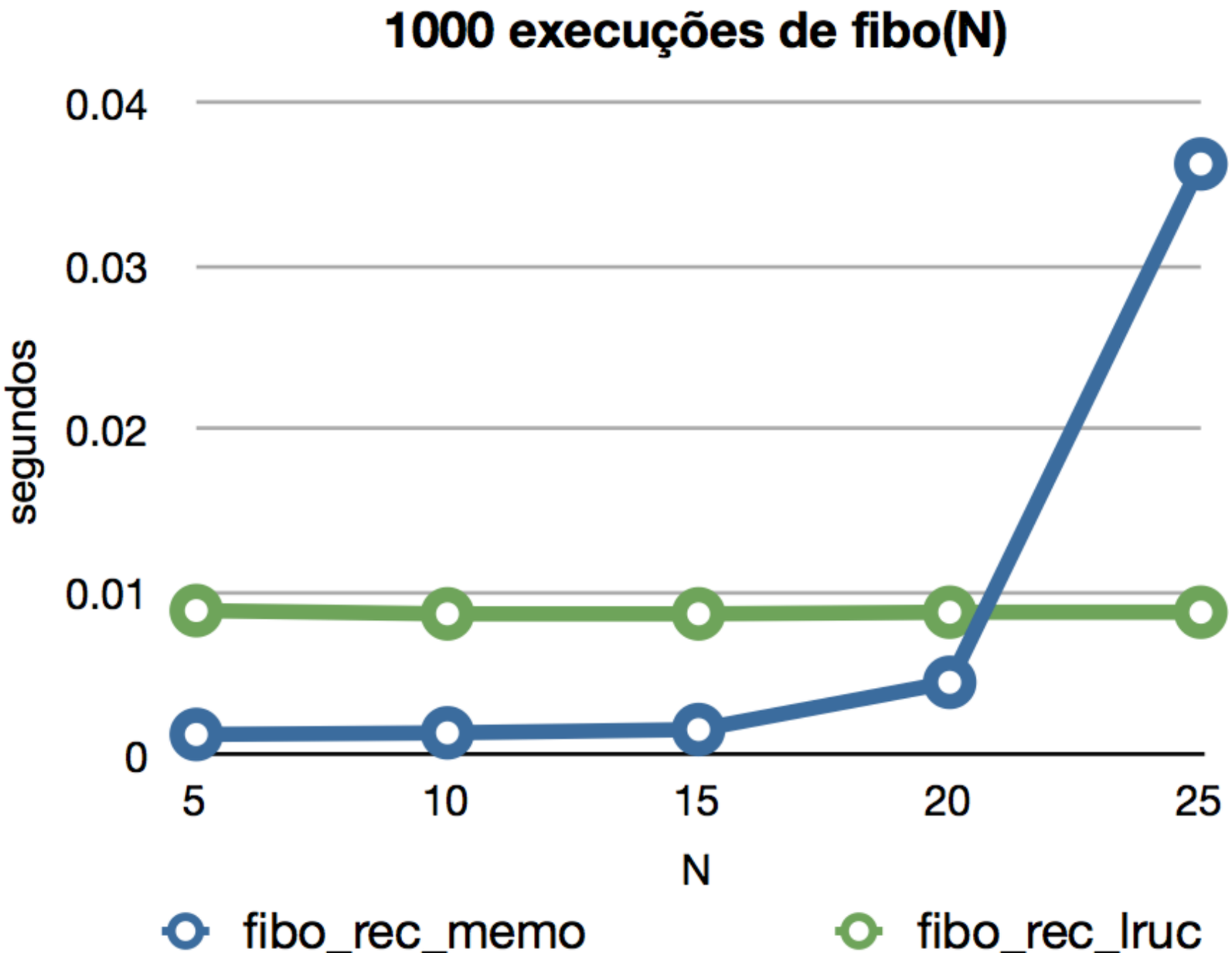
Comparando


1000 execuções de fibo(N)
40
30
20
10
0
segundos
5
10
15
20
25
N
fibo_rec_memo
fibo_rec

Comparando


1000 execuções de fibo(N)
segundos
0.04
0.03
0.02
0.01
0
5
10
15
20
25
N
fibo_loop
fibo_iter
fibo_calc
fibo_rec_memo
fibo_rec_lruc

Comparando


1000 execuções de fibo(N)
0.04
0.03
0.02
0.01
0
segundos
5
10
15
20
25
N
fibo_rec_memo
fibo_rec_lruc

Decoradores prontos

- Built-ins
  - **property**, **classmethod**, **staticmethod**
- Pacote **functools**
  - **lru_cache, partial, wrap**
- Outros...
- Python Decorator Library (*in* wiki.python.org)

https://wiki.python.org/moin/PythonDecoratorLibrary

Closures

pythonpro

Qual é o problema?

- O corpo de uma função pode conter variáveis livres (não locais)
- Funções de primeira classe podem ser defindas em um contexto e usadas em outro contexto totalmente diferente
- Ao executar uma função, como resolver as associações das variáveis livres?
  - Escopo dinâmico ou escopo léxico?

Demo closure

```
>>> conta1 = criar_conta(1000)
>>> conta2 = criar_conta(500)
>>> conta1()
1000
>>> conta1(100)
1100
>>> conta1()
1100
>>> conta2(-300)
200
>>> conta2(-300)
Traceback (most recent call last):
  ...
ValueError: Saldo insuficiente
>>> conta2()
200
```

Uma closure

- A closure da função **conta** preserva a associação da variável livre **contexto** com seu valor no escopo léxico (o local da definição da função, não de sua invocação)

```
def criar_conta(saldo_inicial):
    # precisamos de um objeto mutável
    contexto = {'saldo':saldo_inicial}
    def conta(movimento=0):
        if (contexto['saldo'] + movimento) < 0:
            raise ValueError('Saldo insuficiente')
        contexto['saldo'] += movimento
        return contexto['saldo']
    return conta
```

Demo closure

```
>>> conta1 = criar_conta(1000)
>>> conta1()
1000
>>>
conta1.__closure__[0].cell_contents
{'saldo': 1000}
>>> conta1(100)
1100
>>> conta1()
1100
```

Exemplo errado!!!

```
def criar_conta(saldo_inicial):
    saldo = saldo_inicial
    def conta(movimento=0):
        if (saldo + movimento) < 0:
            raise ValueError('Saldo insuficiente')
        saldo += movimento
        return saldo
    return conta
```

```
>>> c1 = criar_conta(99)
>>> c1()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "/Users/luciano/prj/python.pro.br/github/func_objects/
saldo0.py", line 35, in conta
    if (saldo + movimento) < 0:
UnboundLocalError: local variable 'saldo' referenced before assignment
```

nonlocal

- Declaração de variável não-local, disponível somente a partir do Python 3.0

```
def criar_conta(saldo):
    def conta(movimento=0):
        nonlocal saldo
        if (saldo + movimento) < 0:
            raise ValueError('Saldo insuficiente')
        saldo += movimento
        return saldo
    return conta
```

Annotations

pythonpro

Porque anotações?

Dica: não é para transformar Python em Java!

- Usos interessantes citados por Raymond Hettinger e outros no StackOverflow [1]:
- documentação
- verificação de pré-condições
- multi-métodos / sobrecarga [2]

[1] http://bit.ly/py-why-annotations
[2] https://pypi.python.org/pypi/overload

Exemplo anotações

```
def truncar(texto:str, largura:'int > 0'=80) -> str:
    '''devolve o texto truncado no primeiro espaço até a largura,
       ou no primeiro espaço após a largura, se existir'''
    termino = None
    if len(texto) > largura:
        pos_espaco_antes = texto.rfind(' ', 0, largura)
        if pos_espaco_antes >= 0:
            termino = pos_espaco_antes
        else:
            pos_espaco_depois = texto.rfind(' ', largura)
            if pos_espaco_depois >= 0:
                termino = pos_espaco_depois
    if termino is None:
        return texto.rstrip()
    else:
        return texto[:termino].rstrip()
```

Demo anotações

```
>>> truncar.__annotations__
{'largura': 'int > 0', 'texto': <class 'str'>,
 'return': <class 'str'>}
>>> truncar.__defaults__
(80,)
>>> from inspect import signature
>>> assi = signature(truncar)
>>> assi.parameters
mappingproxy(OrderedDict([('texto', <Parameter at
0x1003c7680 'texto'>), ('largura', <Parameter at 0x1006a43c0
'largura'>)]))
>>> for nome, par in assi.parameters.items():
...     print(nome, ':', par.name, par.default, par.kind)
...
texto : texto <class 'inspect._empty'> POSITIONAL_OR_KEYWORD
largura : largura 80 POSITIONAL_OR_KEYWORD
```

Ferramentas

pythonpro

Módulos que ajudam na programação funcional

- Módulo **functools**: várias funções de ordem superior
- Módulo **itertools**: inspirado pela biblioteca padrão de Haskell, uma das linguagens funcionais mais “puras”
- Módulo **operator**: operadores básicos de Python implementados como funções
  - muito úteis: **attrgetter** e **itemgetter**