Nome: Rafael Montagna Copes Matrícula: 19100930

Barnsley Fern (Samambaia de Barnsley)

Para esse trabalho resolvi implementar a Barnsley Fern, que é um fractal em forma de samambaia nomeado em homenagem ao matemático Michael Barnsley que o primeiramente o descreveu em seu livro *Fractals Everywhere*. Para a interface é usado Python, e para os cálculos é usado C.

Construções da Barnsley Fern:

Esse fractal é construído usando 4 transformações de matrizes:

$$f_1(x,y) = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

$$f_2(x,y) = \begin{bmatrix} 0.85 & 0.04 \\ -0.04 & 0.85 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.00 \\ 1.60 \end{bmatrix}$$

$$f_3(x,y) = \begin{bmatrix} 0.20 & -0.26 \\ 0.23 & 0.22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.00 \\ 1.60 \end{bmatrix}$$

$$f_4(x,y) = \begin{bmatrix} -0.15 & 0.28 \\ 0.26 & 0.24 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.00 \\ 0.44 \end{bmatrix}$$

Essas transformações são aplicadas em sequência, o ‘x’ e ‘y’ de uma alimenta a próxima iteração.

O algoritmo decide qual transformação utilizar de acordo com probabilidades definidas para cada uma. Nessa tabela, o ‘p’ descreve essas probabilidades:

| *w* | a | b | c | d | e | f | p | Portion generated |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_1$ | 0 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0 | 0.01 | Stem |
| $f_2$ | 0.85 | 0.04 | −0.04 | 0.85 | 0 | 1.60 | 0.85 | Successively smaller leaflets |
| $f_3$ | 0.20 | −0.26 | 0.23 | 0.22 | 0 | 1.60 | 0.07 | Largest left-hand leaflet |
| $f_4$ | −0.15 | 0.28 | 0.26 | 0.24 | 0 | 0.44 | 0.07 | Largest right-hand leaflet |

O primeiro ponto se localiza na origem ($x_0 = 0$, $y_0 = 0$).

Os próximos pontos são calculados com as transformações e suas probabilidades:

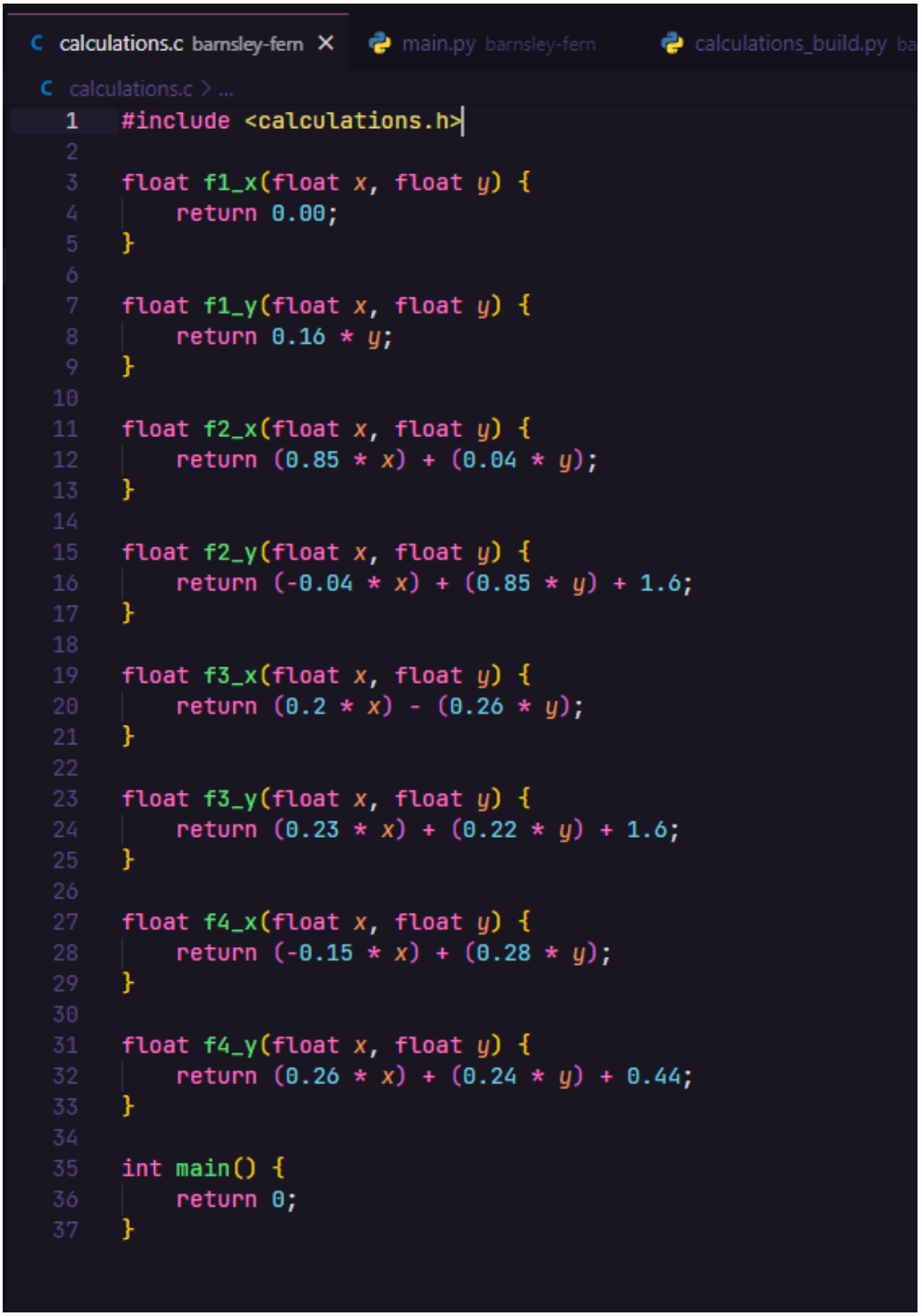
$f_1$:
$x_{n+1} = 0$
$y_{n+1} = 0.16\ y_n$.

$f_2$:
$x_{n+1} = 0.85\ x_n + 0.04\ y_n$
$y_{n+1} = -0.04\ x_n + 0.85\ y_n + 1.6$.

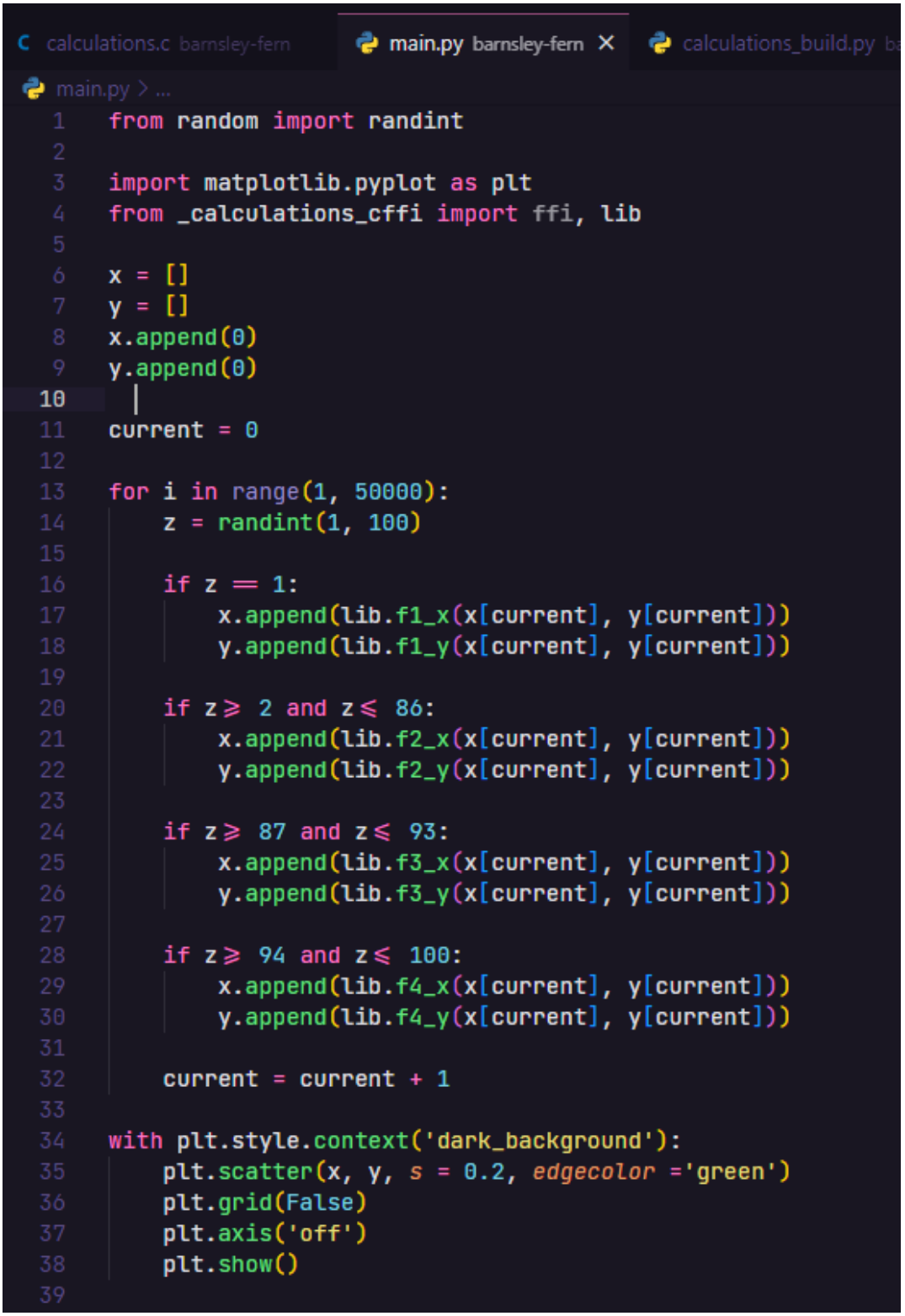
$f_3$:
$x_{n+1} = 0.2\ x_n - 0.26\ y_n$
$y_{n+1} = 0.23\ x_n + 0.22\ y_n + 1.6$.

$f_4$:
$x_{n+1} = -0.15\ x_n + 0.28\ y_n$
$y_{n+1} = 0.26\ x_n + 0.24\ y_n + 0.44$.

Para esses cálculos eu utilizei C, e estão no arquivo calculations.c.



No arquivo main.py é utilizado essas funções que realizam os cálculos de acordo com suas probabilidades, e eu utilizo a biblioteca ‘matplotlib’ para plotar numa interface.




```python
from random import randint

import matplotlib.pyplot as plt
from _calculations_cffi import ffi, lib

x = []
y = []
x.append(0)
y.append(0)

current = 0

for i in range(1, 50000):
    z = randint(1, 100)

    if z == 1:
        x.append(lib.f1_x(x[current], y[current]))
        y.append(lib.f1_y(x[current], y[current]))

    if z >= 2 and z <= 86:
        x.append(lib.f2_x(x[current], y[current]))
        y.append(lib.f2_y(x[current], y[current]))

    if z >= 87 and z <= 93:
        x.append(lib.f3_x(x[current], y[current]))
        y.append(lib.f3_y(x[current], y[current]))

    if z >= 94 and z <= 100:
        x.append(lib.f4_x(x[current], y[current]))
        y.append(lib.f4_y(x[current], y[current]))

    current = current + 1

with plt.style.context('dark_background'):
    plt.scatter(x, y, s = 0.2, edgecolor ='green')
    plt.grid(False)
    plt.axis('off')
    plt.show()
```

Como foi feito a linkagem entre os códigos em C e Python:

Foi utilizada a biblioteca CFFI, que tem como objetivo chamar código C de dentro do código Python.

O bind é feito no arquivo calculations_build.py onde a biblioteca é chamada, ela necessita saber do arquivo header(.h) e implementação(.c), ele compila o código e gera o bind em um pacote automaticamente numa pasta Release. Com isso, é possível utilizar as funções C no Python a lib desse pacote. Nesse caso eu chamei esse pacode de _calculations_cffi:

```
main.py > ...
1   from random import randint
2
3   import matplotlib.pyplot as plt
4   from _calculations_cffi import ffi, lib
5
```

Para as funções estão dentro da lib do pacote _calculations_cffi, e podem ser acessadas por ela.

```
if z == 1:
    x.append(lib.f1_x(x[current], y[current]))
    y.append(lib.f1_y(x[current], y[current]))
```

Aqui está o fractal gerado através dos códigos:

Links consultados para realizar esse trabalho:

https://en.wikipedia.org/wiki/Barnsley_fern
https://cffi.readthedocs.io/en/latest/overview.html
https://matplotlib.org