

01. Desenvolver uma expressão lambda que calcule o volume de uma esfera de raio r por meio da fórmula $\frac{4}{3} * \pi * r^3$.

```
(λr.4/3 * π * r * r * r)
```

02. Qual o resultado da execução da expressão lambda $(\lambda x.\lambda y.\lambda z.x + (z - y)) 5 6 8$

```
(λx.λy.λz.x + (z - y)) 5 6 8
= (λx.λy.λz.x + (z - y)) 5 6 8 // [5/x] trocar x por 5
= (λy.λz.5 + (z - y)) 6 8 // [6/y] trocar y por 6
= (λz.5 + (z - 6)) 8 // [8/z] trocar z por 8
= 5 + (8 - 6)
= 5 + 2
= 7
```

03. Qual o resultado da execução da expressão lambda $((\lambda f.\lambda x.\lambda y.(x) (f) y) p) q) r$

```
((λf.λx.λy.(x) (f) y) p) q) r
= (λf.λx.λy.x f y) p q r // simplificar os parênteses
= (λf.λx.λy.x f y) p q r // [p/f] trocar f por p
= (λx.λy.x p y) q r // [q/x] trocar x por q
= (λy.q p y) r // [r/y] trocar y por r
= q p r
```

04. Implemente uma função recursiva, conforme as definições recursivas de Bird, que retorne o enésimo elemento da série de Fibonacci, conforme regra apresentada a seguir.

$$\text{fib}(n) = \begin{cases} \text{se } n = 0, \text{ então } 0 \\ \text{se } n = 1, \text{ então } 1 \\ \text{se } n > 1, \text{ então } \text{fib}(n - 1) + \text{fib}(n - 2) \end{cases}$$

```
fib = λn.(n = 0 → 0, (n = 1 → 1, fib(n - 1) + fib(n - 2)))
```

05. Apresente a função recursiva parcial de Kleene que apresente o fatorial de um número natural, utilizando as funções básicas apresentadas a seguir. Apresente também a execução da função $\text{fat}(3)$.

```
mul(x, y) = λx.λy.x * y // função multiplicação
proj33 = λ(x, y, z).z // função projeção do 3º componente
```

```
fat(0) = 1
fat(y + 1) = mul(y + 1, proj33(y + 1, y, fat(y)))
```

```
fat(3)
= mul(3, proj33(3, 2, fat(2)))
= mul(3, proj33(3, 2, mul(2, proj33(2, 1, fat(1))))
= mul(3, proj33(3, 2, mul(2, proj33(2, 1, mul(1, proj33(1, 0, fat(0)))))
= mul(3, proj33(3, 2, mul(2, proj33(2, 1, mul(1, proj33(1, 0, 1)))))
= mul(3, proj33(3, 2, mul(2, proj33(2, 1, mul(1, 1))))
= mul(3, proj33(3, 2, mul(2, proj33(2, 1, 1)))
= mul(3, proj33(3, 2, mul(2, 1)))
= mul(3, proj33(3, 2, 2))
= mul(3, 2)
= 6
```