Universidade Federal Fluminense – UFF

Instituto de Ciência e Tecnologia

Ciência da Computação

Matheus Antonio Oliveira Cardoso

Padrões de Projeto e o Paradigma Funcional

Rio das Ostras

2020

Universidade Federal Fluminense – UFF

Instituto de Ciência e Tecnologia

Ciência da Computação

Matheus Antonio Oliveira Cardoso

Padrões de Projeto e o Paradigma Funcional

Trabalho de Conclusão de Curso para o curso de graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense.

Orientador: Carlos Bazilio Martins

Rio das Ostras

2020

Matheus Antonio Oliveira Cardoso

Padrões de Projeto e o Paradigma Funcional

Trabalho de Conclusão de Curso para o curso de graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense.

Trabalho aprovado. Rio das Ostras, 09 de dezembro de 2020:

Carlos Bazilio Martins
Orientador

Rio das Ostras
2020

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar o conceito de padrões de projeto no contexto do paradigma de programação funcional. Os padrões de projeto apresentam soluções comuns para problemas comuns de design de software, destacando-se os vinte e três padrões Gang of Four, que apresentam soluções comuns para problemas relacionados ao paradigma orientado a objetos. Porém, como a forma de construir um software difere muito do paradigma funcional para o orientado a objetos, existe a dúvida de como ou se esses padrões podem ser reaproveitados, além da possibilidade de o uso do paradigma funcional solucionar os problemas oriundos da orientação a objetos. Dessa forma, o trabalho buscará analisar, do ponto de vista funcional, cada um dos 23 padrões GoF, verificando se o problema de orientação a objetos proposto também existe no contexto funcional e se é resolvido pelo padrão em questão. Também serão analisados, se existirem, os casos em que o problema deixa de existir ou é solucionado de outra forma. Ao fim, deseja-se concluir se o uso dos recursos de programação funcional contribui para a solução de cada padrão GoF e, caso a conclusão não seja a mesma para todos os padrões, tentar identificar as características de cada grupo.

Palavras-chave: padrões de projeto. programação funcional.

Abstract

The present work aims to analyze the concept of design patterns in a functional programming paradigm context. The design patterns present common solutions to common software design problems, standing out the twenty-three Gang of Four patterns, which present common solutions for object oriented related problems. However, since the way of building a software differs a lot between a functional paradigm and an object oriented paradigm, there is the question of how or whether these patterns can be reused, and the possibility that the use of the functional paradigm can solve problems arising from object orientation. In this way, the work will seek to analyze, from the functional point of view, each of the 23 GoF patterns, verifying if the proposed object oriented problem also exists in the functional context and if it is solved by the pattern in question. There will also be analyzed, if existing, the cases in which the problem won't exist or is solved in another way. At the end, it is aimed to conclude if the use of functional programming resources contribute to the solution of each GoF pattern and, in case of the conclusion not being the same for all patterns, try to identify the characteristics of each group.

Keywords: design patterns. functional programming.

Lista de ilustrações

Lista de códigos

Sumário

Parte I

Introdução

1 Trabalhos Relacionados

Apesar de não existirem muitos trabalhos que envolvem relacionar padrões de projeto com o paradigma funcional, diversas revisões dos padrões GoF já foram feitas [1, 2, 3, 4, 5]. Essas revisões são orientadas tanto ao paradigma funcional - como neste trabalho - quanto a uma visão mais abrangente, que aproveita outros recursos e evoluções de linguagens de programação posteriores ao paradigma orientado a objetos como era conhecido quando os padrões GoF foram catalogados.

Alguns desses trabalhos serão apresentados a seguir. A maioria não se restringe aos padrões de projeto GoF, alguns inclusive propõem padrões baseados em conceitos de programação funcional.

Scott Wlaschin, em sua palestra "Functional Programming Design Patterns"[3], apresenta conceitos de programação funcional como combinação de funções, funções de alta ordem e mônadas. Em seguida, é demonstrado como esses recursos podem ser interpretados como padrões para solucionar problemas de design de software funcional.

Parte de uma série de artigos denominada "Functional Thinking", escritos por Neal Ford e disponibilizada no site da IBM [1], descreve como alguns padrões de projeto podem ser interpretados no contexto funcional e apresenta três possibilidades para essa interpretação: os padrões são absorvidos pelos recursos da linguagem; continuam existindo, porém possuindo uma implementa diferente; ou são solucionados utilizando recursos que outras linguagens ou paradigmas não possuem.

Em uma palestra disponibilizada no InfoQ [4], Stuart Sierra apresenta os "Clojure Design Patterns", onde alguns padrões GoF, entre eles Observer e Strategy, são revisitados a partir de um ponto de vista funcional. Porém, a maior parte da palestra propõe diversos padrões derivados do paradigma funcional.

Já a palestra "From GoF to lambda"[5], apresentada por Mario Fusco, demonstra como alguns dos padrões GoF podem ser revistos com o recurso de funções lambda que a linguagem Java passou a implementar a partir da versão 8.

Por fim, Peter Norvig apresenta "Design Patterns in Dynamic Languages"[2], que apesar de não ser focado no paradigma funcional, dedica-se a revisitar alguns padrões de projeto GoF utilizando recursos de linguagens de programação dinâmicas.

Parte II

Conceitos Básicos

2 O Paradigma Funcional

Enquanto Alan Turing definia o que tornaria-se a Máquina de Turing, Alonzo Church trabalhava em uma abordagem diferente, o Cálculo Lambda[6, 7, 8]. Apesar de parecerem muito diferentes, o primeiro baseando-se na modificação do estado em uma fita e o segundo em aplicação de funções, ambas as ideias eram equivalentes no que diz respeito à computação[9]. O paradigma de programação funcional possui uma inspiração maior no cálculo lambda, o que deu origem aos conceitos que serão vistos a seguir.

2.1 Funções Puras

Funções puras operam apenas nos parâmetros fornecidos. Elas não leem ou escrevem em qualquer valor que esteja fora do corpo da função[10, 11]. Por exemplo:

```
def add(x, y){
    return x + y;
}
```

Código 1 – Exemplo de Função Pura

A função acima opera apenas nos valores x e y que são passados como parâmetro da função. A partir dessa restrição, algumas conclusões relevantes podem ser tiradas. Por exemplo, uma função pura sempre retornará o mesmo valor para os mesmos parâmetros: caso a função add acima receba os parâmetros 1 para x e 2 para y, não importa quantas vezes ela seja chamada, o resultado da operação sempre será 3[11].

Em seguida, um exemplo de função não pura:

```
var z = 10;

def modify(x, y) {
    z = x + y;
}
```

Código 2 – Exemplo de Função Pura

Essa função não é pura pois ela depende de um valor externo - a variável z - para realizar uma operação. Existe ainda um outro problema com esse tipo de função: sua execução implica em um efeito colateral.

Efeitos colaterais ocorrem em consultas ou alterações a bases de dados, modificação de arquivos ou até mesmo envio de dados a um servidor[10, 11]. Também ocorrem quando

variáveis fora do escopo da função são modificadas ou lidas. Esse tipo de comportamento é muito comum em paradigmas de programação imperativos ou orientados a objetos, porém podem causar dificuldades no processo de debug de um código, afinal, se uma variável pode ser alterada em qualquer lugar, um valor errado que ela está assumindo pode estar vindo de qualquer lugar.

Apesar disso, um programa precisa realizar efeitos colaterais, como os já citados: leitura e escrita em arquivos ou bancos de dados, requisições em servidores, exibição em uma tela. Por isso, a ideia no design de software funcional não é apenas utilizar funções puras, mas concentrar os efeitos colaterais em um local isolado das funções puras, o que facilita o processo de debugging[10].

2.2 Imutabilidade

Em programação funcional, a ideia de variáveis não existe, ou ao menos possui uma definição diferente[12]. Em paradigmas procedurais é comum encontrarmos trechos de código parecidos com:

```
var x = 1;
x = x + 1;
```

Código 3 – Exemplo de Código Mutável

Porém, esse tipo de operação não é permitida no paradigma funcional. Aqui é seguido o princípio da imutabilidade, onde uma variável [1] que armazena um valor não pode ter esse valor alterado até o fim da execução do programa. Dessa forma, o código apresentado anteriormente não seria possível.

Em um programa funcional, a modificação do valor de uma variável é feita copiando o valor para uma nova variável que passará a representar esse valor[11]. Por exemplo, o código acima poderia ser escrito como:

```
var x = 1;
z = x + 1;
```

Código 4 – Exemplo de Código Imutável

Isso pode parecer problemático quando é necessário modificar um único valor em uma lista ou uma estrutura maior e mais complexa. Porém, o compilador faz isso de uma forma mais eficiente, sem que seja necessário de fato copiar toda a estrutura[11]. Dessa forma, a imutabilidade está presente apenas durante a programação, impedindo que um

[1] Aqui, variável é entendida como um valor armazenado e não um valor variável.

valor seja alterado acidentalmente pelo programador ou de forma imprevista no caso de um programa multi-thread, por exemplo.

2.3 Funções de Alta Ordem

Funções de alta ordem são funções que recebem outras funções como parâmetro e ainda podem retornar funções[13, 11]. Esse é um recurso não tão comum em linguagens orientadas a objeto ou procedurais, mas não é exclusivo das linguagens funcionais. Javascript[14], Python[15] e C#[16] são alguns exemplos de linguagens que possuem suporte para funções de alta ordem.

Um bom exemplo de simplicidade do uso de funções de alta ordem é a função map[17]. Seu objetivo é aplicar uma função a todos os elementos de uma coleção e retornar a nova coleção resultante. Para que isso seja possível, a função map precisa receber como parâmetro a função que será aplicada. Por exemplo:

```
def add1(x){
    return x + 1;
}

let result = map(add1, [1, 2, 3, 4, 5]);
// O resultado dessa operação é a lista [2, 3, 4, 5, 6]
```

Código 5 – Exemplo de Função de Alta Ordem

Em uma linguagem que não aceita funções sendo passadas por parâmetro, uma operação simples como essa poderia tornar-se mais verbosa e menos legível:

```
def add1(x){
    return x + 1;
}

let mylist = [1, 2, 3, 4, 5]
let result = []

foreach(n : mylist) {
    result.push(add1(n))
}
```

Código 6 – Exemplo sem Funções de Alta Ordem

Talvez a implementação da função map seja parecida com a função acima, porém, um programador que não conhece o programa levaria muito menos tempo para entender a

primeira implementação do que a segunda. Além disso, para cada função diferente que poderia ser aplicada a essa mesma coleção, a mesma implementação teria que ser repetida.

2.4 Currying

Currying é uma técnica de programação funcional que permite que uma função com mais de um parâmetro seja chamada como se possuísse apenas um[13, 11]. Por exemplo, a função:

```
def add(x, y){
    return x + y;
}
```

Código 7 – Exemplo sem Currying

Poderia ser escrita da seguinte forma:

```
def add(x){
    return y => x + y;
}
```

Código 8 – Exemplo de Currying

Essa técnica simplifica a composição de funções que possuem quantidades diferentes de parâmetros. Normalmente, em linguagens funcionais não é necessário refatorar o código como foi feito acima, já que as funções implementam essa técnica nativamente[13].

2.5 Closures

Considerando a seguinte função:

```
def adder(x){
    return y => x + y;
}

let add10 = adder(10)

res = add10(5)
// O resultado acima é 15
```

Código 9 – Exemplo de Closure

Nele, definimos uma função adder que recebe como parâmetro um valor x e retorna uma função que recebe como parâmetro outro valor y, retornando a soma dos dois valores.

A variável add10 receberá o retorno da chamada da função adder para o valor 10. Com isso, add10 será uma função que receberá como parâmetro um número e adicionará 10 a ele. Quando add10 é chamada com o valor 5 sendo passado como parâmetro, o retorno da função é 15.

Para que isso seja possível, a função retornada por adder precisou ter acesso ao valor da variável x mesmo após o fim da execução de adder. Isso foi possível por a variável x estar dentro do escopo da função quando ela foi criada. Esse comportamento, que trás novas possibilidades para o retorno de funções, é chamado de closure[18].

2.6 Composição de Funções

Reuso de código é um objetivo desejável para qualquer paradigma de programação, e o paradigma funcional proporciona uma facilidade para isso através de composição de funções[13].

O código abaixo exemplifica esse recurso:

```
def add1(x){
    return x + 1
}

def mul2(x){
    return x * 2
}

def sub4(x){
    return x - 4
}

def add1ThenMul2ThenSub4(x) {
    return sub4(mul2(add1(x)))
}

let res = add1ThenMul2ThenSub4(1);
// O resultado da função é 0
```

Código 10 – Exemplo de Composição de Funções

É comum qualquer linguagem permitir esse tipo de comportamento. Entretanto, utilizar funções menores e mais simples para compor funções maiores e mais complicadas é uma forma de design comum em linguagens funcionais. Uma vantagem é que em linguagens funcionais as composições podem tornar-se mais legíveis utilizando funções de alta ordem

[2]:

```
let res = (sub4 compose mul2 compose add1)(1);
// O resultado da função é 0
```

Código 11 – Exemplo de Composição de Funções

[2] Aqui, a função compose recebe as funções add1 e mul2 e retorna a composição delas. A função resultante é recebida como parâmetro de compose novamente, assim como a função sub4, resultando em uma função equivalente a sub4(mul2(add1()))

3 Padrões de Projeto

Durante o processo de desenvolvimento de software orientado a objetos, problemas de design são comuns durante a fase de projeto. Alguns desses problemas eram tão comuns que foi feito um esforço para catalogá-los em um livro [19] que oferece possíveis soluções para os mesmos. Essas soluções tornaram-se conhecidas como os Padrões de Projeto Gang of Four, abreviados para Padrões de Projeto GoF.

Por definição, um padrão de projeto é uma solução reutilizável para um problema comum de design. Apesar deste trabalho se restringir ao contexto de engenharia de software, o conceito foi introduzido pelo arquiteto Christopher Alexander no livro A Pattern Language [20].

Com foco no design orientado a objetos, hoje os padrões GoF estão entre os padrões de projeto de software mais conhecidos. Os responsáveis por compilá-los foram Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johson e John Vlissides, o que deu origem ao nome Gang of Four. Ao todo, vinte e três padrões foram catalogados, os mesmos que serão o alvo deste trabalho.

De acordo com o livro, um padrão possui quatro elementos essenciais: um nome, um problema, uma solução e suas consequências. O nome é uma característica importante por tornar mais fácil referenciar um padrão. O problema descreve a situação em que o padrão é aplicado e a solução descreve como um conjunto de elementos pode resolver o problema proposto. Já as consequências mostram as vantagens e desvantagens do uso do padrão para um problema.

Como forma de organizar os padrões, o livro os separa por finalidade e por escopo. A separação por finalidade divide os padrões entre padrões criacionais, destinados ao processo de criação de objetos, padrões estruturais, que lidam com a forma em que o conjunto de classes e objetos está disposto e padrões comportamentais, focados na forma em que classes e objetos comunicam-se e distribuem suas responsabilidades. A separação por escopo divide os padrões no escopo de classe ou de objeto, onde o primeiro lida com a relação entre classes e subclasses através de herança, enquanto o segundo lida com formas de relacionamento mais dinâmicas entre os objetos, como delegação. Os padrões nesse trabalho serão separados apenas por finalidade, porém características que remetem ao escopo podem ser consideradas durante a análise.

3.1 Exemplo de padrão de projeto: Singleton

A descrição de cada padrão no livro segue uma estrutura muito similar, utilizada principalmente para apresentar os quatro elementos essenciais mencionados anteriormente. Como exemplo para demonstrar a forma como o livro apresenta cada padrão, o padrão criacional Singleton será demonstrado com uma breve explicação de cada tópico. Uma descrição mais sucinta dos outros padrões será apresentada durante o desenvolvimento deste trabalho, onde serão considerados apenas os elementos essenciais dos padrões na análise a partir do paradigma funcional.

Intenção

A intenção é uma forma curta de descrever o que o padrão faz, qual é sua intenção e que problema ele busca resolver. O Singleton busca garantir que uma classe tenha apenas uma instância, acessível globalmente.

Motivação

Este tópico ilustra um problema e demonstra como a estrutura do padrão o soluciona, tornando mais simples a compreensão das descrições mais abstratas que vêm a seguir. Para o Singleton, é utilizado como exemplo o spooler de uma impressora, um sistema de arquivos ou um gerenciador de janelas. Para todos esses casos, apenas um objeto precisa existir, ou seja, uma classe que representa algum desses elementos só precisa possuir uma instância de fácil acesso. É proposto tornar a própria classe responsável por gerenciar essa instância, garantindo que nenhum outra instância dela mesma seja criada e garantindo um meio de acesso a essa única instância.

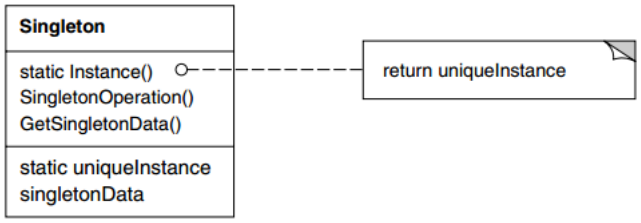
Aplicabilidade

A aplicabilidade descreve situações nas quais o padrão pode ser aplicado, exemplos de maus projetos que ele pode ajudar a tratar e ainda como reconhecer essas situações. No caso do Singleton, ele é utilizável quando for necessário possuir apenas uma instância de uma classe através de um ponto de acesso conhecido e quando essa única instância precisa ser extensível através de subclasses.

Estrutura

A estrutura apresenta o padrão graficamente, através de uma notação baseada na Object Modeling Technique (OMT) e às vezes em diagramas de interação. No caso do Singleton, apenas o seguinte diagrama é utilizado:

Figura 1 – Estrutura do Singleton utilizada como exemplo



Fonte: [19]

Participantes

Descreve as responsabilidades de cada classe que participa do padrão. Neste caso, existe apenas uma: o próprio Singleton, que define a operação de classe Instance, permitindo aos clientes acessarem sua única instância. Também pode ser o responsável por criar sua própria instância única.

Colaborações

Este tópico explica como as classes participantes colaboram para executar as responsabilidades especificadas. Para o Singleton, os clientes (ou seja, os objetos que o acessam) acessam a instância única pela operação Instance.

Consequências

As consequências descrevem os custos e benefícios para que o padrão possa realizar seu objetivo, além dos aspectos da estrtura de um sistema que ele permite variar independentemente. O Singleton enumera cinco benefícios:

Primeiro, acesso controlado à instância única, já que a única instância é encapsulada dentro da classe Singleton, ela possui controle total de como e quando ela pode ser acessada pelos clientes.

Segundo, espaço de nomes reduzido. Uma alternativa para o Singleton talvez fosse o uso de variáveis globais, porém o padrão evita que o espaço de nomes seja poluído com variáveis globais que utilizam instâncias únicas.

Terceiro, ele permite um refinamento de operações e da representação, ou seja, permite ao Singleton ter subclasses.

Quarto, permite um número variável de instâncias. Nesse caso, o padrão permite que, após ele ser implementado, seja simples mudar de ideia e a própria classe Singleton, dentro da operação Instance, volte a permitir um número indefinido ou até controlado de instâncias.

Quinto, é mais flexível do que operações de classe. Além das variáveis globais, operações de classe seriam outra alternativa para o Singleton, porém isso tornaria mais difícil voltar a ter mais de uma instância da classe, além de impedir, em certas linguagens, que subclasses redefinam operações estáticas polimorficamente.

Implementação

Explicita sugestões, técnicas ou riscos que devem ser conhecidos durante a implementação do padrão, além de considerações específicas de algumas linguagens. Para o Singleton, existem duas explicações de implementação.

A primeira refere-se à garantia da existência de apenas uma instância, onde é sugerido tornar a operação de criação do Singleton em uma operação de classe que possui acesso a um atributo que armazena a instância do Singleton, caso já exista. A segunda trata da criação de subclasses da classe Singleton, onde é sugerido registrar cada instância por nome para que uma classe cliente possa acessar o singleton desejado sem precisar conhecer todas as instâncias existentes. Ambas as implementações são exemplificadas na seção de exemplo de código.

Exemplo de Código

Como o nome já diz, demonstra o padrão através de um exemplo em código. O exemplo do Singleton é um construtor de labirintos, onde a classe que é responsável pela fabricação dos labirintos necessita de apenas uma instância. O código 12 apresenta a implementação do padrão sem o uso de subclasses, enquanto o código 13 apresenta uma versão com o uso de subclasses, onde as subclasses referenciadas são BombedMazeFactory e EnchantedMazeFactory. Ambos estão na linguagem C++ e foram retirados do livro, porém a implementação pode ser feita de forma equivalente em qualquer linguagem orientada a objetos.

```
class MazeFactory {
public:
    static MazeFactory* Instance();

    // interface existente vai aqui
protected:
    MazeFactory();
private:
    static MazeFactory* _instance;
};


// implementação:
```

```
MazeFactory* MazeFactory::_instance = 0;

MazeFactory* MazeFactory::Instance () {
    if (_instance == 0) {
        _instance = new MazeFactory;
    }
    return _instance;
}
```

Código 12 – Exemplo de Singleton sem subclasses

Fonte: [19]

```
MazeFactory* MazeFactory::Instance () {
    if (_instance == 0) {
        const char* mazeStyle = getenv("MAZESTYLE");

        if (strcmp(mazeStyle, "bombed") == 0) {
            _instance = new BombedMazeFactory;

        } else if (strcmp(mazeStyle, "enchanted") == 0) {
            _instance = new EnchantedMazeFactory;

        // ... outras subclasses possíveis

        } else { // default
            _instance = new MazeFactory;
        }
    }
    return _instance;
}
```

Código 13 – Exemplo de Singleton com subclasses

Fonte: [19]

Usos Conhecidos

Demonstra usos desse padrão em sistemas reais. No caso do Singleton, é mencionado o relacionamento entre classes e suas metaclasses. Um exemplo atual de uso de Singleton é a ferramenta de injeção de dependência do .NET Core, onde um serviço pode comportar-se como um Singleton[21].

Padrões Relacionados

Os padrões relacionados apresentam padrões que possuem alguma relação ou que podem ser usados juntos do padrão proposto. São mencionados padrões que podem ser implementados utilizando o Singleton, que são o AbstractFactory, o Builder e o Prototype.

4 Resumo dos demais capítulos

Na parte de desenvolvimento, haverá uma introdução sobre como alguns conceitos de orientação a objetos, como classes e encapsulamento, podem ser representados em uma linguagem funcional. Em seguida, os capítulos serão divididos entre padrões criacionais, estruturais e comportamentais. Ao todo, os vinte e três padrões GoF serão abordados nesses três capítulos, onde serão apresentadas as ideias básicas do problema que o padrão busca resolver e como o resolve, seguido da abordagem funcional de resolver o mesmo problema.

Após analisar todos os padrões, o capítulo de resultados analisará as vantagens e desvantagens da abordagem funcional para cada solução, destacando onde ela contribuiu, onde atrapalhou, ou onde não fazia sentido ser implementada. Essas classificações dependerão das análises que serão realizadas na etapa de desenvolvimento.

Por fim, no capítulo de conclusão serão analisadas as consequências dessas análises e como elas podem impactar o conceito de padrões de projeto e as vantagens e desvantagens de revisá-los no ponto de vista funcional.

Parte III

Desenvolvimento

5 Orientação a Objetos no Contexto Funcional

Parte dos padrões de projeto que serão analisados usam ou dependem de conceitos de orientação a objetos como classes ou encapsulamento, o que torna necessário realizar um mapeamento desses conceitos para o paradigma funcional. A intenção desse mapeamento não é implementar orientação a objetos em uma linguagem funcional, mas entender qual é a utilidade de cada um desses conceitos e quais recursos em programação funcional podem oferecer essa mesma utilidade.

5.1 Classes e Objetos

Um objeto pode ser definido como uma representação do mundo real que possui características e comportamentos, enquanto uma classe é uma abstração dessa representação que define quais características e comportamentos um objeto deve possuir[22]. Essas características e comportamentos são representados em orientação a objetos como atributos e métodos, respectivamente. O código 14 demonstra uma classe que possui os atributos name e age, além dos métodos getName, setName, getAge e setAge, que realizam operações sobre esses atributos.

```
class Person(var name : String, var age : Int){

    def getName() : String = this.name

    def setName(name : String) : Unit = this.name = name

    def getAge() : Int = this.age

    def setAge(age : Int) : Unit = this.age = age

}
```

Código 14 – Classe comum em Orientação a Objetos

Dessa forma, é necessário definir uma estrutura em programação funcional que possua características e funções que operam sobre essas características. Para agrupar características pode ser utilizada uma tupla, uma estrutura que armazena uma quantidade fixa de valores com tipos predefinidos[23]. Como as tuplas não podem ser modificadas, elas respeitam o conceito de imutabilidade das linguagens funcionais.

Para representar os métodos de uma classe em uma linguagem funcional, já que nossa estrutura de dados imutável não armazenará funções[1] e já que é necessário que nossas funções sejam puras, uma abordagem de implementação desses métodos é definir funções que recebam como parâmetro um valor do tipo definido em nossa estrutura de dados imutável. Seguindo esses dois princípios, uma versão funcional da classe apresentada no código 14 pode ser vista no código 15.

```
type Person = (String, Int)

def getName(person : Person) : String = person._1

def setName(person : Person, name : String) : Person =
    (name, person._2)

def getAge(person : Person) : Int = person._2

def setAge(person : Person, age : Int) : Person =
    (person._1, age)
```

Código 15 – Representação de uma classe no contexto funcional

5.2 Associação, Agregação e Composição

Uma associação pode ser definida como uma conexão entre as classes que indica algum relacionamento entre elas[24]. O código 16 demonstra uma associação entre as classes City e State, onde a classe State possui uma coleção de atributos do tipo City. Para que haja uma associação entre duas classes, basta que pelo menos uma delas tenha em seus atributos uma referência à outra.

```
class City(var name : String){

    def getName() : String = this.name;
    def setName(name : String) : Unit {
        this.name = name;
    }
}

class State(var name : String, var cities : List[City]){

    def getName() : String = this.name;
    def setName(name : String) : Unit {
```

[1] Apesar de não ser uma abordagem utilizada neste trabalho, é possível armazenar funções nessas estruturas.

```
            this.name = name;
        }
        def getCities() : List[City] = this.cities;
        def addCity(city : City) : Unit {
            this.cities = this.cities :+ city;
        }
    }
```

Código 16 – Exemplo de associação entre classes

Como foi visto anteriormente, os atributos podem ser representados por valores salvos dentro de uma tupla associada a um tipo. Portanto, uma associação dentro do contexto funcional pode ser implementada armazenando um valor de um tipo A entre os valores da tupla de um tipo B. O código 17.

```
type City = (String)

def getName(city : City) : String = city._1;
def setName(city : City, name : String) : City = (name)

type State = (String, City)

def getName(state : State) : String = state._1;
def setName(state : State, name : String) : State = (name, state._2)

def getCities(state : State) : List[City] = state._2;
def addCity(state : State, city : City) : State =
    (state._1, state._2 :+ city)
```

Código 17 – Exemplo de associação no contexto funcional

5.3 Encapsulamento

A abordagem da seção anterior implementa classes e objetos, porém precisa ser reavaliada para que possa levar em consideração o encapsulamento. Encapsulamento pode ser definido como uma forma de limitar o acesso a um conjunto de dados ou comportamentos de um objeto [25]. A motivação para isso pode vir tanto da necessidade de concentrar as alterações externas que um objeto pode sofrer em apenas um lugar quanto evitar que esse objeto assuma um estado que não deveria ser representado.

Com a ideia de imutabilidade, pode-se assumir que um valor não será alterado em partes diferentes de uma aplicação, mas é possível que funções responsáveis por criar ou

modificar[2] um valor de um determinado tipo estejam espalhadas pela aplicação, facilitando uma situação em que um estado que não deveria ser representável por esse valor seja criado. Dessa forma, implementar alguma forma de encapsulamento ainda é importante no contexto funcional.

Existe mais de uma abordagem que torna possível implementar o encapsulamento em linguagens funcionais, o uso de GADTs - *Generalized Algebraic Data Types*[26] é uma delas. Closures também podem ser utilizadas ao armazenar valores de atributos enquanto retorna as funções necessárias para acessá-los ou modificá-los. Um exemplo equivalente ao do código 15 pode ser visto no código 18, implementado utilizando a linguagem funcional Clojure. [27]

```
(defn person [name age]
    {:getName name
     :setName (fn [_name] (person _name age))
     :getAge age
     :setAge (fn [_age] (person name _age))})
```

Código 18 – Representação de uma classe com closures

Apesar de não ser um conceito de programação funcional, também é possível aproveitar a ideia de modularização para esconder detalhes de implementação [28]. Por exemplo, o código 19, implementado em Haskell, mostra o tipo Person com um construtor P. Enquanto Person é exportado para fora do módulo P não é, tornando impossível para qualquer função que acesse esse módulo criar algo do tipo Person. Dessa forma, apenas a função newPerson pode por criar novos valores do tipo Person. Funções implementadas dentro do módulo também podem deixar de ser exportadas, o que as tornaria semelhantes a métodos privados de uma classe.

```
module Person (Person, getName, setName, getAge, setAge) where

data Person = P (String, Int)

newPerson :: String -> Int -> Person
newPerson name age = P (name, age)

getName :: Person -> String
getName (P (name, _)) = name

setName :: Person -> String -> Person
setName (P (_, age)) name = P (name, age)
```

[2] Uma função que modifica um valor é entendida como uma função que recebe um valor existente por parâmetro e retorna um novo valor do mesmo tipo.

```
getAge :: Person -> Int
getAge (P (_, age)) = age

setAge :: Person -> Int -> Person
setAge (P (name, _)) age = P (name, age)
```

Código 19 – Módulos como forma de encapsulamento

Todas essas abordagens são válidas para a implementação do encapsulamento, sendo a linguagem utilizada um fator mais decisivo do que a abordagem em si. Por exemplo, é mais simples implementar a abordagem de closures em Clojure por ela ser dinamicamente tipada, permitindo que um dicionário sem estrutura definida seja retornado. Linguagens que exigem uma definição mais estrita do tipo de retorno de uma função podem dificultar tanto a implementação dessas funções quanto seu uso no resto do programa.

Sendo o objetivo dessa seção demostrar que o encapsulamento pode ser implementado e não definir como implementá-lo, a abordagem utilizada para o encapsulamento durante a análise dos padrões será omitida, a menos que ela seja relevante para sua implementação. Essa omissão também tem como objetivo facilitar o entendimento da abordagem funcional que será utilizada nos padrões.

5.4 Interfaces

Uma interface pode ser entendida como um contrato entre uma classe e o mundo externo, indicando que uma classe que implementa uma interface também implementará as operações definidas pela mesma[29]. Como na programação funcional as características e comportamentos são separados, a implementação de uma interface pode variar de acordo com o objetivo desejado. Em seguida, serão abordadas algumas situações que requerem interfaces e como elas poderiam ser implementadas.

A primeira situação é considerada no código 20, onde a interface é necessária para garantir que as classes InterfaceUserA e InterfaceUserB implementem a operação operation, que recebe como parâmetro um valor do tipo inteiro e retorna outro valor inteiro.

```
trait InterfaceUser {
    def operation(x : Int) : Int
}

class InterfaceUserA extends InterfaceUser {
    def operation(x : Int) : Int = x + 1
}

class InterfaceUserB extends InterfaceUser {
    def operation(x : Int) : Int = 2*x
```

```
    }

    def runInterface(x : Int, interfaceUser : InterfaceUser) : Int {
        return interfaceUser.operation(x)
    }
```

Código 20 – Interfaces em Orientação a Objetos

Utilizando funções de alta ordem e levando em consideração que as funções que representam nossos métodos não estão encapsulados em classes e não dependem de atributos, podemos substituir o objeto sendo passado por parâmetro na função runInterface por uma função qualquer que recebe como parâmetro um valor inteiro e retorna outro valor inteiro. Essa alternativa pode ser vista no código 21.

```
    def operation1(x : Int) : Int = x + 1

    def operation(x : Int) : Int = 2*x

    def runInterface(x : Int, operation : (Int => Int)) =
        operation(x)
```

Código 21 – Interfaces em Programação Funcional

Outra situação em que interfaces são necessárias é quando deseja-se especificar um tipo ao qual dois tipos diferentes pertencem em comum. Por exemplo, no código 22 a função makeAnimalSound deve receber apenas objetos do tipo Animal, ou seja, que implementem a interface Animal.

```
    trait Animal {
        def makeSound() : Unit
    }

    class Dog extends Animal {
        var dogSound = "Bark bark!"

        def makeSound() : Unit {
            print(dogSound)
        }
    }

    class Cat extends Animal {
        var catSound = "Meow!"

        def makeSound() : Unit {
            print(catSound)
        }
```

```
    }

    def makeAnimalSpeak(animal : Animal) {
        animal.makeSound()
    }
```

Código 22 – Interfaces em Orientação a Objetos

Linguagens de programação funcionais podem recorrer às *typeclasses*[3], que definem um tipo em comum para tipos diferentes. Esse recurso pode ser acompanhado de mais funcionalidades, como exigir que seus membros implementem certas operações - o que o torna mais semelhante ainda a uma interface. Porém, esse recurso não será utilizado neste trabalho. O código 23 demonstra seu uso.

```
    trait Animal
    case class Dog(val dogSound = "Bark bark!") extends Animal
    def makeDogSound(dog : Dog) : Unit = print(dog.dogSound)

    case class Cat(val catSound = "Meow!") extends Animal
    def makeCatSound(cat : Cat) : Unit = print(cat.catSound)

    def makeAnimalSpeak(animal : Animal, soundOperation : (Animal =>
Unit)) =
        soundOperation()

    makeAnimalSpeak(dog, makeDogSound)
    makeAnimalSpeak(cat, makeCatSound)
```

Código 23 – Interfaces em Programação Funcional

5.5 Herança

Quando é desejado que uma classe seja incluída ou utilizada como base para a criação de outra classe, usa-se a herança[25]. Desas forma, é possível criar implementações mais específicas de classes já existentes e reaproveitar o código. O exemplo 24 demonstra o uso da herança entre as classes Animal e Dog. Ao invés de reimplementar os métodos da classe Animal, a classe Dog usa herança para reaproveitá-los.

```
    class Animal(var name : String) {
        def getName() : String = name

        def eat() : String {
```

[3] No caso de Scala, elas recebem o nome trait, o mesmo utilizado para declarar interfaces.

```
            return "Meu nome é " + name + " e eu posso comer";
        }
    }

    class Dog extends Animal {

        def Dog(name : String) {
            super(name);
        }

        def bark() : String {
            return "Bark! Meu nome é " + super.getName();
        }

        def eat() : String {
            return super.eat() + "\nEu como comida de cachorro";
        }
    }
```

Código 24 – Herança em Orientação a Objetos

No contexto funcional, um comportamento semelhante pode ser alcançado através da composição. Um tipo A que deseja herdar as funcionalidades de um tipo B deve possuir uma instância desse mesmo tipo em seus atributos. Para os métodos do tipo A, basta que as funções do tipo B sejam compostas das funções necessárias do tipo A. O código 25 demonstra o exemplo anterior, onde um tipo Animal armazena um valor String que representa o nome enquanto o tipo Dog armazena um valor Animal. As funções bark e eat que recebem como parâmetro um valor do tipo Dog reutilizam as funções getName e eat que recebem como parâmetro um valor do tipo Animal. Nesse exemplo, o tipo Animal representa uma classe pai e o tipo Dog uma class filha.

```
    type Animal = (String)

    def getName(animal : Animal) : String = animal._1;
    def eat(animal : Animal) : String =
        "Meu nome é " + getName(animal) + " e eu posso comer"

    type Dog = (Animal)

    def getAnimal(dog : Dog) : Animal = dog._1;
    def bark(dog : Dog) : String =
        "Bark! Meu nome é " + getName(getAnimal(dog))
    def eat(dog : Dog) : String =
        eat(getAnimal(dog)) + "\nEu como comida de cachorro";
```

Código 25 – Herança em Programação Funcional

É possível perceber que a implementação da herança assemelha-se à implementação de uma associação. Esses dois relacionamentos são diferentes, pois a herança trata-se de um relacionamento entre classes enquanto a associação é um relacionamento entre objetos[22]. Foi possível obervar que essa implementação cumpre o objetivo da herança - favorecer o reúso - e como os valores no contexto funcional são imutáveis, não é possível que o valor que representa a classe pai seja modificado externamente.

Essa implementação apresenta uma desvantagem: qualquer função do tipo que representa a classe pai, que poderia ser acessada diretamente a partir da classe filho no contexto orientado a objetos, necessitaria de uma função intermediária do tipo que representa a classe filha para acessá-la. Para contornar esse problema, basta implementar uma função de acesso que retorne o valor do tipo da classe pai, como a função getAnimal no código 25. Porém, isso faz com que, do ponto de vista orientado a objetos, a implementação se torne uma associação e não uma herança.

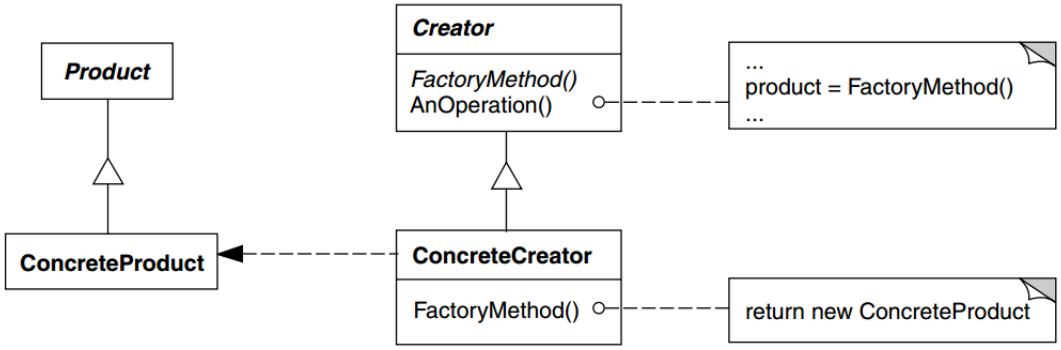
6 Padrões Criacionais

6.1 Factory Method

O padrão Factory Method define uma interface para criar objetos de forma que a responsabilidade para a criação desses objetos seja da classe que irá implementá-la. Dessa forma, versões diferentes ou implementações específicas de um mesmo tipo de objeto podem ser implementadas sem que a aplicação que utilizará essas implementações precise conhecê-las.

Na figura 2 é demonstrada a estrutura do padrão, onde a classe abstrata Creator é responsável por definir a operação abstrata que cria o objeto, FactoryMethod. A classe ConcreteCreator herda dessa interface e implementa o FactoryMethod criando um objeto do tipo ConcreteProduct, que é uma implementação específica de Product.

Figura 2 – Estrutura do Factory Method

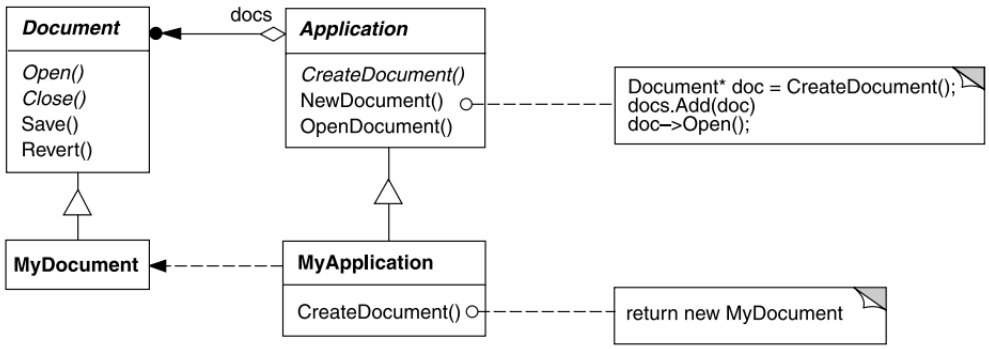


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo é apresentado um *framework* que cria e apresenta para o usuário múltiplos documentos. Para isso, a classe abstrata Application é definida com a operação abstrata CreateDocument e possuindo uma lista de objetos que implementam a interface Document. A classe concreta MyDocument implementa Document e define um tipo de documento que pode ser utilizado pelo *framework*, enquanto a classe concreta MyApplication herda de Application e implementa a operação CreateDocument para que ela crie um objeto do tipo MyDocument. O diagrama de classes para o exemplo pode ser visto na figura 3, enquanto a implementação pode ser vista no código 26.

```
abstract class Document {
```

Figura 3 – Exemplo de Factory Method




```
    def Open() : Unit
    def Close() : Unit
    def Save() : Unit
    def Revert() : Unit
}

abstract class Application {

    var docs : List[Document] = List()

    def CreateDocument() : Unit

    def NewDocument() : Unit {
        var doc = CreateDocument()
        docs.Add(doc)
        doc.open()
    }

    def OpenDocument() : Unit {
        // Implementação de abertura de documento
    }

}

class MyApplication : Application {
    def CreateDocument() {
        return new MyDocument()
    }
}

class MyDocument : Document {
    // Implementação dos métodos abstratos de Document
}
```

Código 26 – Factory Method Orientado a Objetos

Contexto Funcional

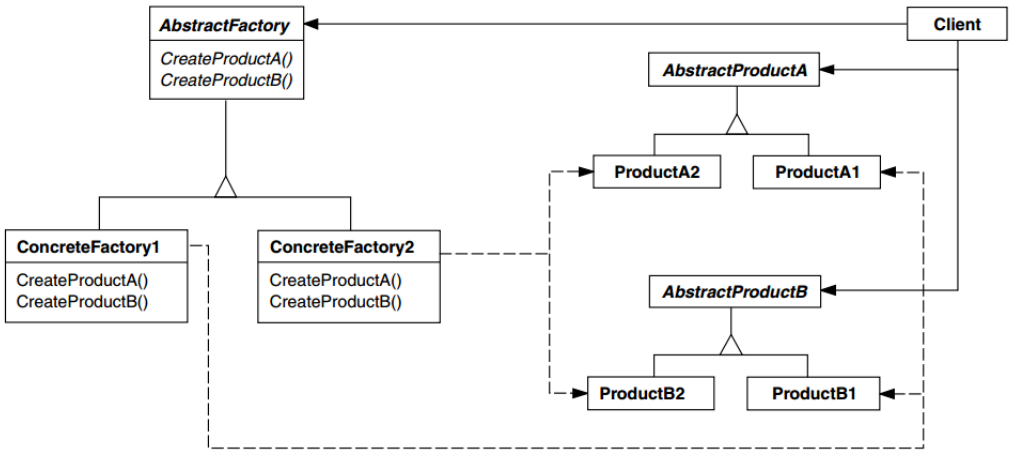
Código 27 – Factory Method Funcional

6.2 Abstract Factory

O padrão Abstract Factory define uma família de objetos relacionados e uma interface para criá-los, sem definir a implementação. Dessa forma, diferentes implementações desse conjunto de objetos podem ser utilizadas e as aplicações que utilizam esses objetos não precisam conhecer sua implementação.

O diagrama apresentado na figura 4 demonstra a estrutura desse padrão, onde a interface AbstractFactory suporta as famílias ConcreteFactory1 e ConcreteFactory2, cada uma delas precisando implementar sua versão dos objetos AbstractProductA e AbstractProductB.

Figura 4 – Estrutura do Abstract Factory



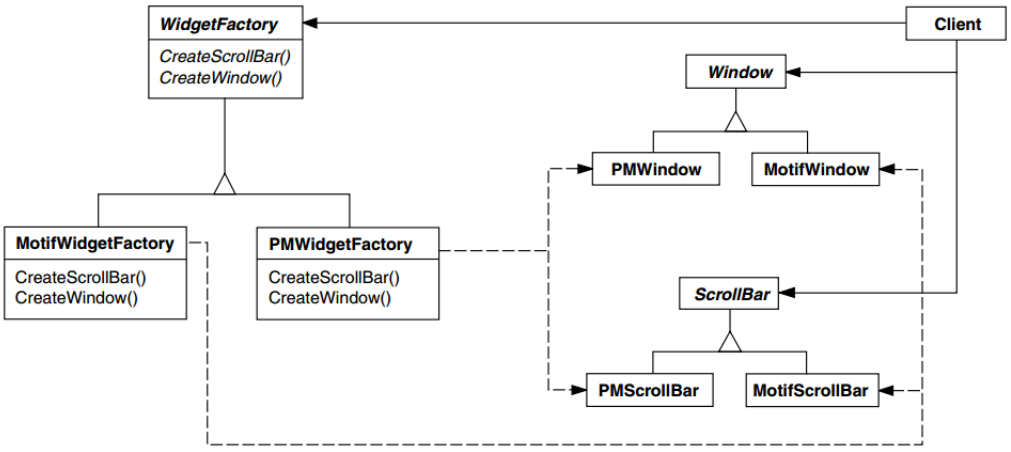
Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo, é apresentado um *toolkit* que suporta tipos diferentes de interação para seus *widgets*, sendo os utilizados no exemplo Motif e Presentation Maneger (PM). Dessa forma, para que a aplicação não precise ser implementada pensando em todos os tipos diferentes de *widgets*, é utilizado o padrão Abstract Factory para definir uma família de objetos de Widget diferente para cada tipo de interação.

A implementação do padrão é demonstrada no diagrama de classes da figura 5 e no código 28. Uma interface WidgetFactory define as operações de criação de todos os *widgets* possíveis, enquanto as classes MotifWidgetFactory e PMWidgetFactory implementam a criação dos mesmos de acordo com seus tipos de interação.

```
trait WidgetFactory {
  def createScrollBar() : ScrollBar
  def createWindow() : Window
```

Figura 5 – Exemplo de Abstract Factory




```
}

trait Window
trait ScrollBar

class MotifWidgetFactory() : WidgetFactory {
  def createScrollBar() : ScrollBar {
    return new MotifScrollBar()
  }

  def createWindow() : Window {
    return new MotifWindow()
  }
}

class PMWidgetFactory() : WidgetFactory {
  def createScrollBar() : ScrollBar {
    return new PMScrollBar()
  }

  def createWindow() : Window {
    return new PMWindow()
  }
}

class PMWindow() : Window {
  // Implementação de PMWindow
}

class MotifWindow() : Window {
  // Implementação de MotifWindow
}
```

```
    class PMScrollBar() : ScrollBar {
      // Implementação de PMScrollBar
    }

    class MotifScrollBar() : ScrollBar {
      // Implementação de MotifScrollBar
    }
```

Código 28 – Abstract Factory Orientado a Objetos

Contexto Funcional

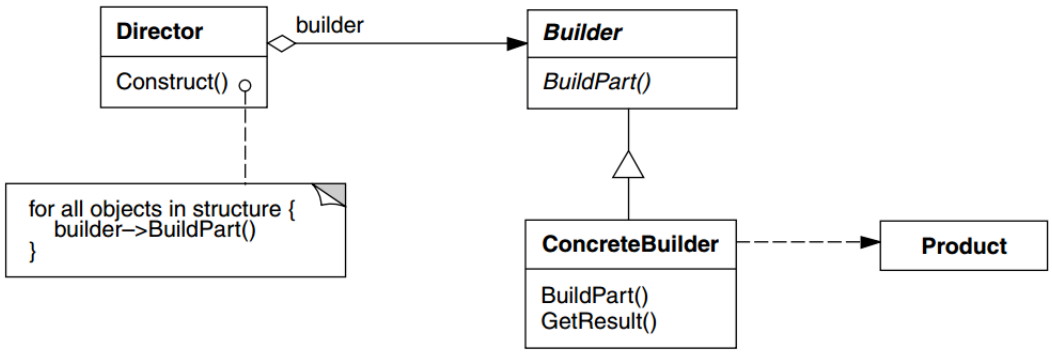
Código 29 – Abstract Factory Funcional

6.3 Builder

Quando é necessário criar objetos complexos, o padrão Builder retira a responsabilidade da criação do objeto e a coloca em classes separadas. Dessa forma, um mesmo processo de criação pode criar representações diferentes desse mesmo objeto. Essas novas classes devem ser independentes de todas as partes que compõem o objeto que será criado.

A figura 6 apresenta a estrutura do Builder, onde a interface Builder representa uma classe responsável por criar uma parte de um objeto. A classe ConcreteBuilder, do tipo dessa interface, implementa os métodos de construção de uma parte do tipo Product. A classe Director é responsável por chamar o método de criação das classes que criam cada parte do objeto complexo.

Figura 6 – Estrutura do Builder



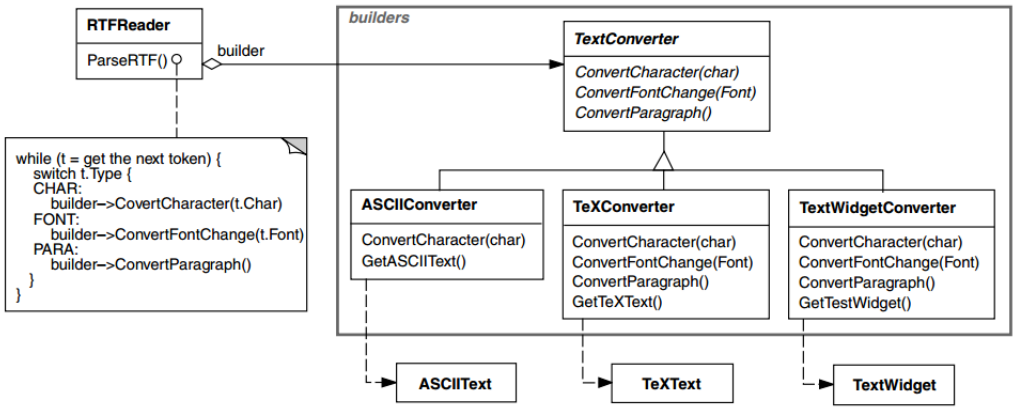
Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo, podemos observar um leitor de documentos do tipo RTF (*Rich Text Format*), que deve permitir a conversão de documentos RTF para outros formatos, como texto em ASCII ou em um *widget* de texto que pode ser editado de forma iterativa. Como a quantidade de formatos possíveis é grande, deve ser possível adicionar novos formatos sem que seja necessário modificar a classe do leitor de documentos RTF.

O diagrama de classes apresentado na imagem 7 demonstra o uso do padrão Builder para esse exemplo. Para cada formato possível de conversão, uma nova classe Builder é criada. As classes ASCIIConverter, TeXConverter e TextWidgetConverter representam, respectivamente, os *builders* para os conversores para texto em ASCII, LaTeX e *widget* de texto. A classe RTFReader chama as operações de construção apenas dos conversores desejados. O exemplo de implementação dessa abordagem é apresentado no código 30.

```
trait TextConverter {
  def ConvertCharacter(char : Char)
```

Figura 7 – Exemplo de Builder




```
  def ConvertFontChange(font : String)
  def ConvertParagraph()
}

class TextConverter {

  private var asciiText : ASCIIText

  def ConvertCharacter(char : Char){
    // Conversão para ASCIIText
  }

  def GetASCIIText() : ASCIIText {
    return this.asciiText
  }
}

class TeXConverter {

  private var texText : TeXText

  def ConvertCharacter(char : Char){
    // Conversão para TeXText
  }

  def ConvertFontChange(font : String) {
    // Conversão para TeXText
  }

  def ConvertParagraph() {
    // Conversão para TeXText
  }
```

```
    def GetTeXText() : TeXText {
      return this.texText
    }
  }

  class TextWidgetConverter {

    private var textWidget : TextWidget

    def ConvertCharacter(char : Char){
      // Conversão para TextWidget
    }

    def ConvertFontChange(font : String) {
      // Conversão para TextWidget
    }

    def ConvertParagraph() {
      // Conversão para TextWidget
    }

    def GetTeXText() : TextWidget {
      return this.textWidget
    }
  }

  class RTFReader() {

    private var builder : Builder

    def ParseRTF() {
      // ...

      for(t <- tokens) {
        t.Type match {
          case CHAR => builder.ConvertCharacter(t.Char)
          case FONT => builder.ConvertFontChange(t.Font)
          case PARA => builder.ConvertParagraph()
        }
      }

      // ...
    }

  }
```

Código 30 – Builder Orientado a Objetos

Contexto Funcional

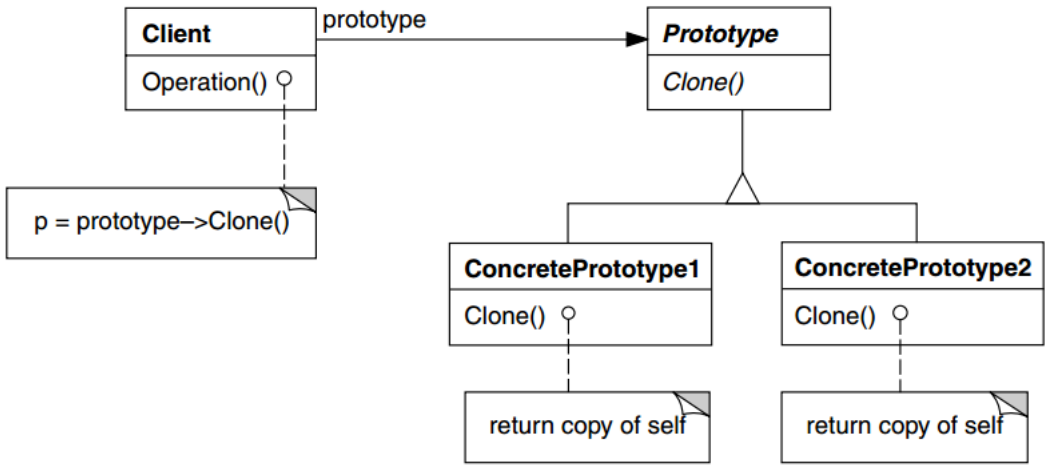
Código 31 – Builder Funcional

6.4 Prototype

O padrão Prototype permite reduzir a quantidade de subclasses definidas em uma aplicação substituindo-as por instâncias predefinidas que podem ser especificadas em tempo de execução. Objetos que funcionm como protótipos podem ser clonados e assim reutilizados por outros objetos como uma alternativa à herança.

A estrutura do padrão, apresentada na imagem 8, mostra uma interface Prototype que define a operação Clone, responsável por copiar o protótipo reutilizável de um objeto. As classes ConcretePrototype implementam essa interface e a operação que retorna essa cópia. Por fim, a classe Client possui uma referência para um protótipo, recebida através da operação Clone. Essa dinâmica permite que a classe cliente não precise conhecer o objeto protótipo nem sua implementação, o que as torna independentes e diminui o acoplamento.

Figura 8 – Estrutura do Prototype

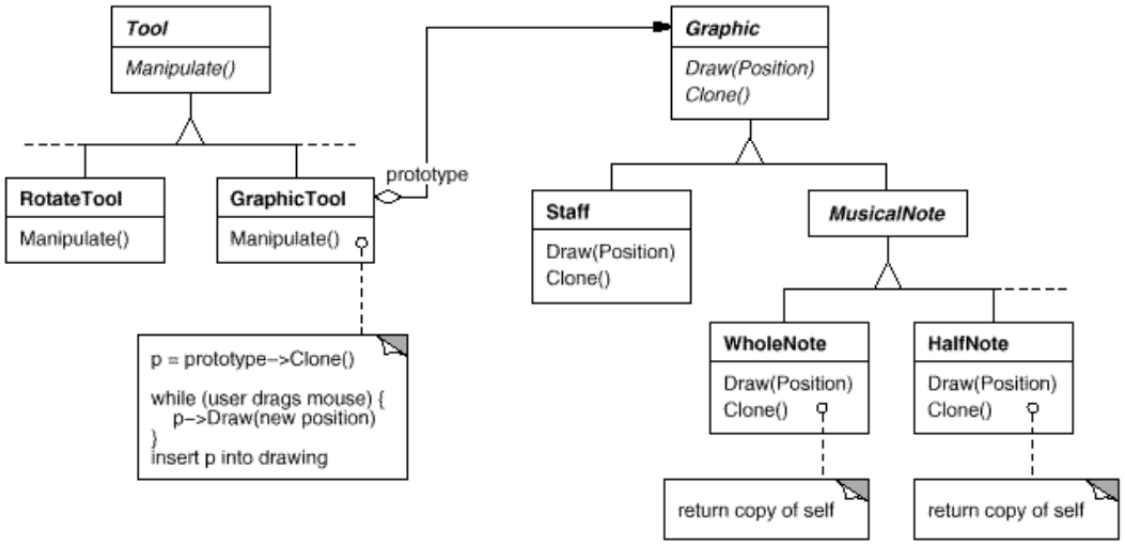


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo de uso do Prototype, um *framework* de editores gráficos deseja ser utilizado para construir um editor de partituras musicais. A classe responsável pelo desenho de elemntos gráficos na tela não conhece as classes de notas musicais que precisam ser desenhadas. Ao invés de criar uma subclasse para cada novo elemento gráfico, a classe responsável pelo desenho pode ser implementada de forma que receba um objeto protótipo que não precisa ser conhecido. Dessa forma, trocando a herança por uma delegação, é possível desenhar qualquer elemento musical, desde que ele possa ser clonado. A figura 9 e o código 32 ilustram esse cenário.

```
trait Graphic {
  def Draw(position : Position);
```

Figura 9 – Exemplo de Prototype




```
  def Clone() : Graphic;
}

class Staff implements Graphic() {
  def Draw(position : Position) {
    // operação de desenho do elemento
  }

  def Clone() : Graphic {
    return this.copy();
  }
}

trait MusicalNote implements Graphic

class WholeNote implements MusicalNote() {
  def Draw(position : Position) {
    // operação de desenho do elemento
  }

  def Clone() : Graphic {
    return this.copy();
  }
}

class HalfNote implements MusicalNote() {
  def Draw(position : Position) {
    // operação de desenho do elemento
  }
```

```
  def Clone() : Graphic {
    return this.copy();
  }
}

class GraphicTool() {

  val prototype : Graphic;

  def Manipulate() {

  p = prototype.Clone();

    while(user.DragsMouse()){
      p.Draw(newPosition)
    }

    // ...
  }


}
```

Código 32 – Prototype Orientado a Objetos

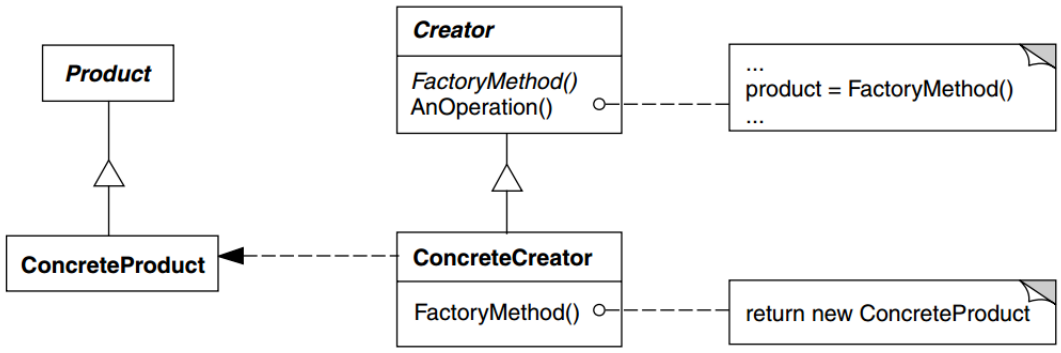
Contexto Funcional

Código 33 – Prototype Funcional

6.5 Singleton

O padrão Singleto fornece um ponto de acesso global a um objeto e garante que ele possuirá apenas uma instância. Esse padrão é importante para implementar serviços e oferecer acesso a eles sem instanciar vários objetos iguais em diversos pontos diferentes do código.

Figura 10 – Estrutura do Singleton



Exemplo Orientado a Objetos:

```
class Database private () {

    def query(sql)

}

object Database {

    private val _instance = new Database()
    def instance() = _instance

}
```

Código 34 – Singleton Orientação a Objetos

Contexto Funcional:

Não existe uma forma de implementar o Singleton no contexto funcional por que ele viola o conceito de função pura, ou seja, a função não está mais dependendo apenas de seus parâmetros, mas também de um valor global que ainda pode ter seu estado modificado.

Porém, ainda existem formas de alcançar seu objetivo, ou seja, oferecer acesso a um serviço em diversos locais do código sem a necessidade de repeti-lo. A primeira forma é usando um conceito que não é exlusivamente funcional, já que até no contexto orientdo a

objetos é considerado um bom substituto para o Singleton. Porém, por ser uma abordagem também utilizada por programas que seguem o paradigma funcional e consequentemente por não violar o paradigma, será mencionado como uma possível solução.

A abordagem consiste no uso da Injeção de Dependência, onde a criação de recurso utilizado por uma função ou objeto não é responsabilidade da mesma, ao invés disso, esse recurso é injetado, seja pelo construtor (no caso da orientação a objetos) ou por parâmetros de uma função (no caso do paradigma funcional).

Código 35 – Injeção de Dependência funcional

A segunda abordagem consiste na utilização de um Monad conhecido como Reader. As funções que precisam utilizar um determinado serviço são encapsuladas em um Monad. O estado desse serviço será acessável dentro dessas funções e sempre que suas execuções terminarem, o novo estado do serviço será retornado. Dessa forma, a próxima função que deseja utilizar o serviço poderá usufruir do estado atualizado.

Código 36 – Monad Reader

Essa abordagem tem algumas vantagens se comparada à injeção de dependência: Suponha que três funções são encadeadas em um programa. A primeira e a terceira precisarão utilizar o serviço que é injetado através dos parâmetros. A segunda função, mesmo sem utilizar o serviço, precisará recebê-lo em seus parâmetros para que ele seja passado para a terceira função. Isso diminui a reusabilidade dessa função, que poderia ser reaproveitada em um contexto onde o serviço não é necessário. Também há a poluição visual ao incluir, em diversas funções, parâmetros diferentes para fornecer os serviços. Em casos em que mais de um serviço é utilizado, a situação torna-se ainda mais caótica.

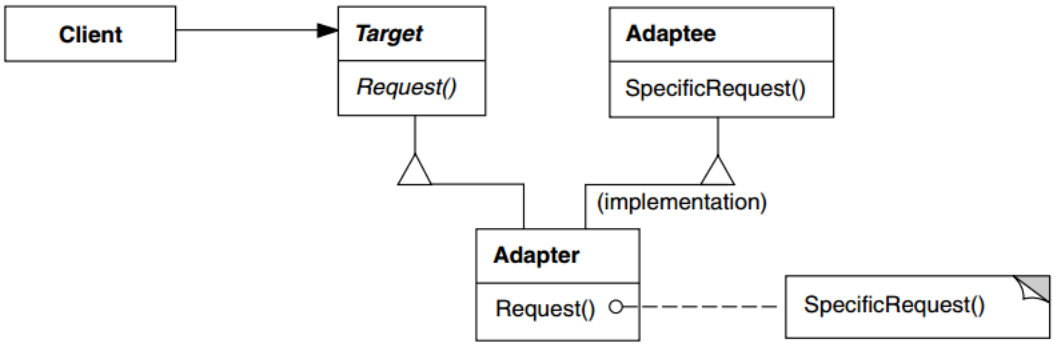
7 Padrões Estruturais

7.1 Adapter

Quando a interface de uma classe, objeto ou biblioteca não é compatível com a interface atual do cliente que deseja utilizar essa interface, o padrão Adapter fornece uma solução que evita a refatoração e a dependência da interface do cliente para a interface desejada.

Existem duas formas de realizar essa adaptação. Um Adapter de classe (Figura 11), que só é possível para linguagens que implementam herança múltipla, implementa uma classe que herda tanto da classe que representa a interface da aplicação quanto da classe que representa a interface que deseja ser utilizada.

Figura 11 – Estrutura do Adapter de Classe

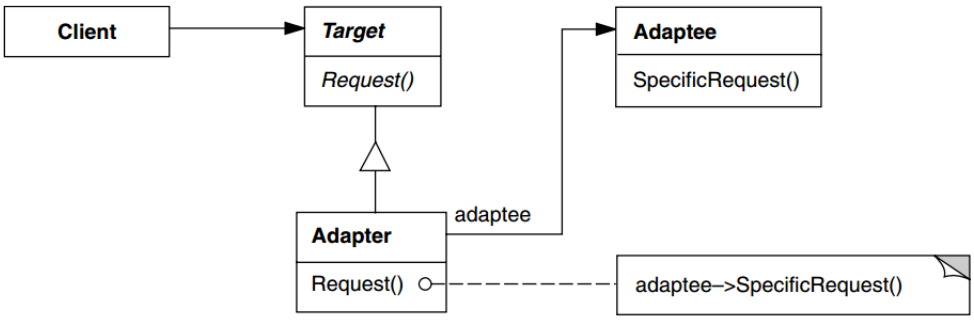


Já o Adapter de Objeto (Figura 12) herda apenas da classe que representa a interface da aplicação e reimplementa a operação desejada de forma que, após adaptar para a operação para a interface desejada, delega a realização da mesma para um objeto que implemente essa interface.

Exemplo Orientado a Objetos

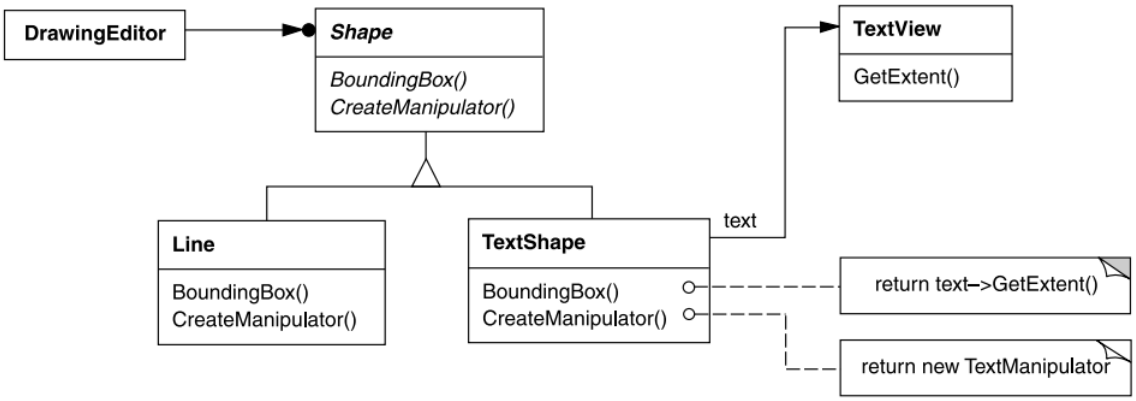
Como exemplo é apresentada uma ferramenta gráfica que permite a edição de diversos objetos gráficos simples, entre eles linhas e polígonos. Porém, a aplicação deseja também editar elementos textuais, que são mais complexos de se gerenciar. Como já existem ferramentas prontas para gerenciar esse tipo de elemento, é desejado reutilizá-lo. Já que as ferramentas prontas não foram feitas pensando na aplicação de ferramenta gráfica do exemplo, uma classe Adapter é implementada para adaptar a ferramenta textual para a aplicação que deseja utilizá-la. Para esse exemplo, é utilizada a abordagem de Adapter

Figura 12 – Estrutura do Adapter de Objeto



de objeto, onde um objeto do tipo da ferramenta textual é armazenado. O diagrama de classes do exemplo pode ser visto na figura 13, enquanto a implementação em código pode ser vista no código 37.

Figura 13 – Exemplo de Adapter




```
class Shape(
  var bottomLeft : Point,
  var topRight : Point
) {

}

class Line() extends Shape {

}

class TextShape(
  textView : TextView,
  var bottomLeft : Point,
  var topRight : Point) extends Shape {
```

```
}

class TextView(
  var x : Coord, var y : Coord,
  var width : Coord : var height : Coord
) {


}
```

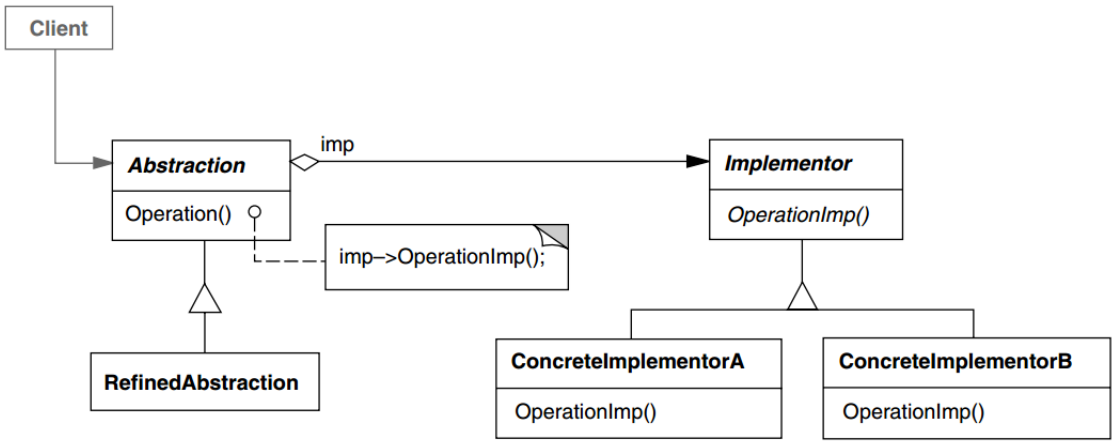
Código 37 – Adapter Orientado a Objetos

Contexto Funcional

Código 38 – Adapter Funcional

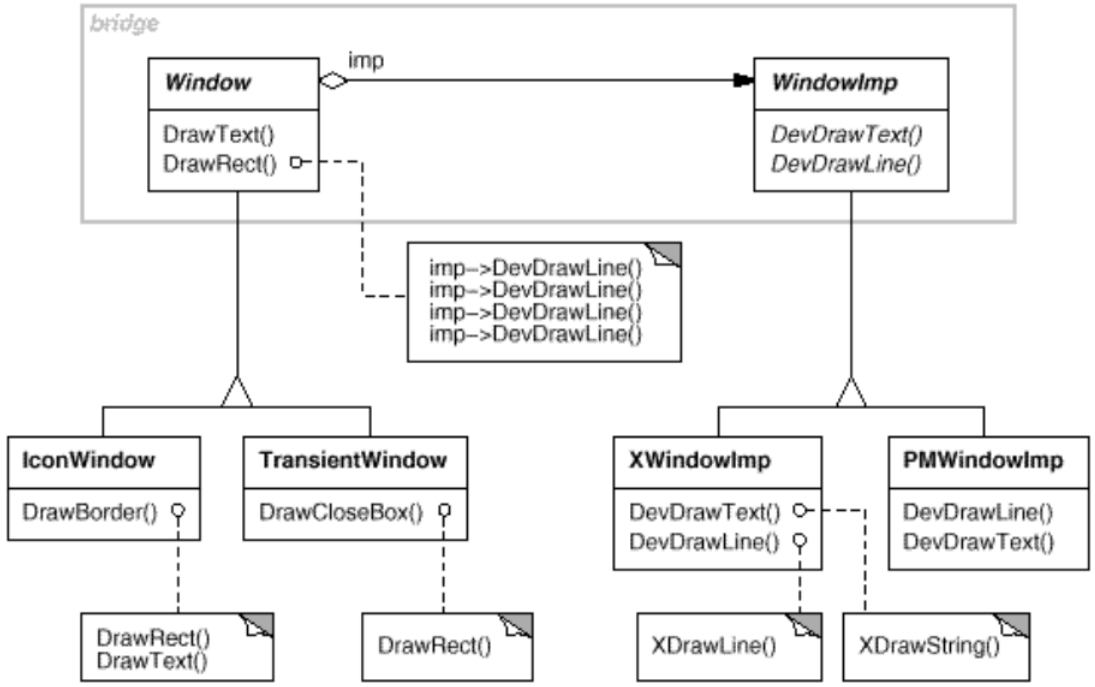
7.2 Bridge

Figura 14 – Estrutura do Bridge



Exemplo Orientado a Objetos

Figura 15 – Exemplo de Bridge




```
abstract class Window{
  var imp : WindowImp;

  def DrawText();
  def DrawRect();
```

```
}

class WindowImp(){
  def DevDrawText();
  def DevDrawLine();
}

class IconWindow() extends Window {
  def DrawBorder() {
    DrawRect();
    DrawText();
  }
}

class TransientWindow() extends Window {
  def DrawCloseBox() {
    DrawRect();
  }
}

class XWindowImp() extends WindowImp {
  def DevDrawText() {
    XDrawString();
  }

  def DevDrawLine() {
    XDrawLine();
  }
}

class PMWindowImp() extends WindowImp {
  def DevDrawLine() {
    PMDrawLine();
  }

  def DevDrawText() {
    PMDrawString();
  }
}
```

Código 39 – Bridge Orientado a Objetos

Contexto Funcional

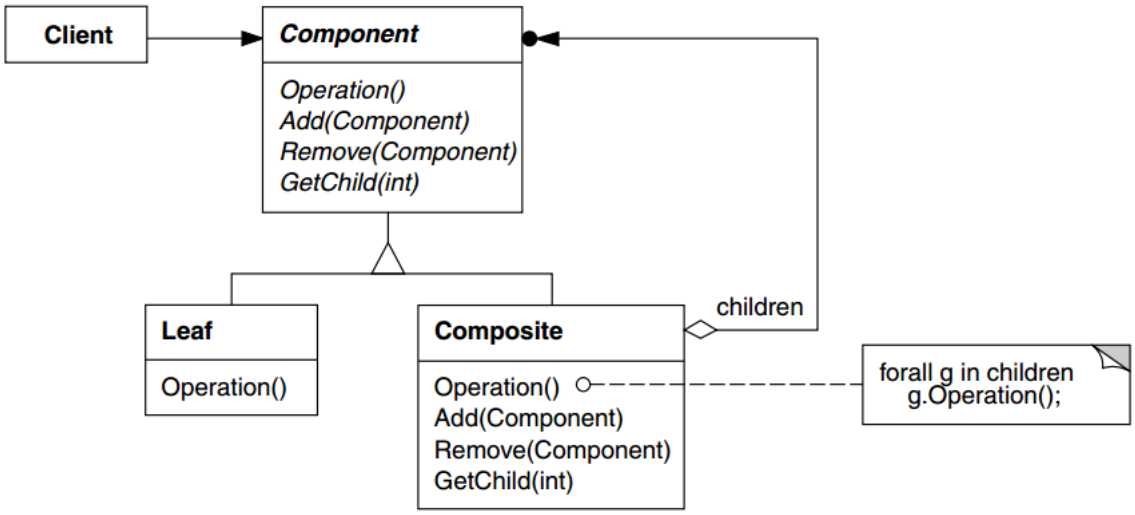
Código 40 – Bridge Funcional

7.3 Composite

Esse padrão fornece uma estrutura de objetos organizados como uma árvore, representados por uma hierarquia parte-todo. Com isso, é possível tratar tanto o conjunto quanto os objetos individuais de forma uniforme, sem que seja necessário conhecer os elementos pertencentes a um conjunto para tratá-lo.

A figura 16 demonstra a estrutura do padrão, onde uma interface Component define tanto um objeto nó, representado pela classe Composite, quanto um objeto folha, representado pela classe Leaf. Os elementos filhos da classe Composite são todos instâncias de Component, o que faz com que a classe não saiba se seus filhos são outros objetos compostos ou se são objetos folha.

Figura 16 – Estrutura do Composite

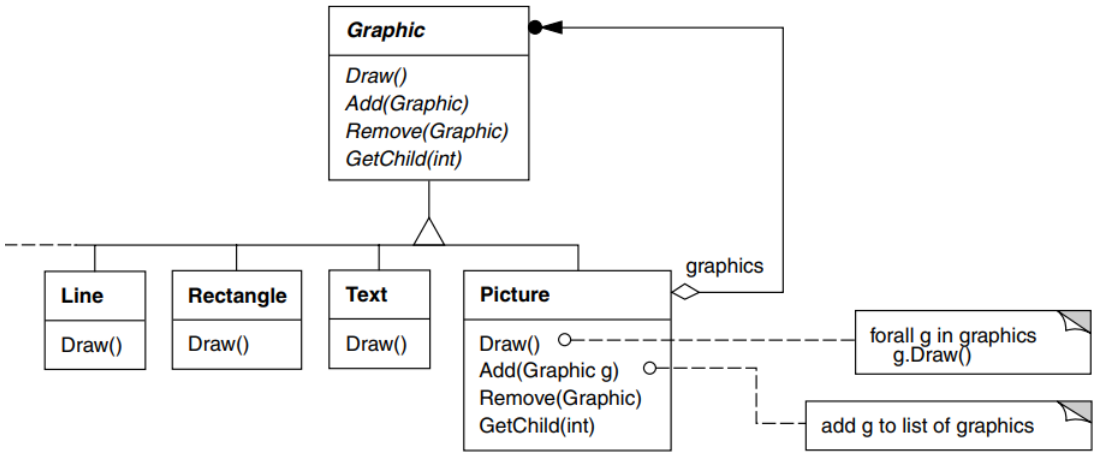


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo, é apresentada uma ferramenta gráfica onde o usuário pode agrupar diversas formas e elementos para formar diagramas maiores e mais complexos. Apesar do usuário tratar esses diagramas como um único elemento gráfico, a aplicação precisa levar em consideração todos os elementos dos quais ele é composto. Dessa forma, o padrão Composite permite abstrair os elementos menores, tratando o elemento composto como algo único, da mesma forma que são tratados os elementos não compostos. A figura 17 demonstra o diagrama de classes para esse exemplo, enquanto o código 41 traz um exemplo de implementação.

```
trait Graphic {
  def Draw();
```

Figura 17 – Exemplo de Composite




```
  def Add(graphic : Graphic);
  def Remove(graphic : Graphic);
  def GetChild(pos : Int) : Graphic;
}

class Picture() extends Graphic {

  var graphics : List[Graphic]

  def Draw() {
    // desenha o elemento na tela
  }

  def Add(graphic : Graphic) {
    graphics.add(graphic);
  }

  def Remove(graphic : Graphic) {
    graphics.remove(graphic);
  }

  def GetChild(pos : Int) {
    return graphics.get(pos);
  }
}

class Text() extends Graphic {
  def Draw() {
    // desenha o elemento na tela
  }
}
```

```
    class Rectangle() extends Graphic {
      def Draw() {
        // desenha o elemento na tela
      }
    }

    class Line() extends Graphic {
      def Draw() {
        // desenha o elemento na tela
      }
    }
```

Código 41 – Composite Orientado a Objetos

Contexto Funcional

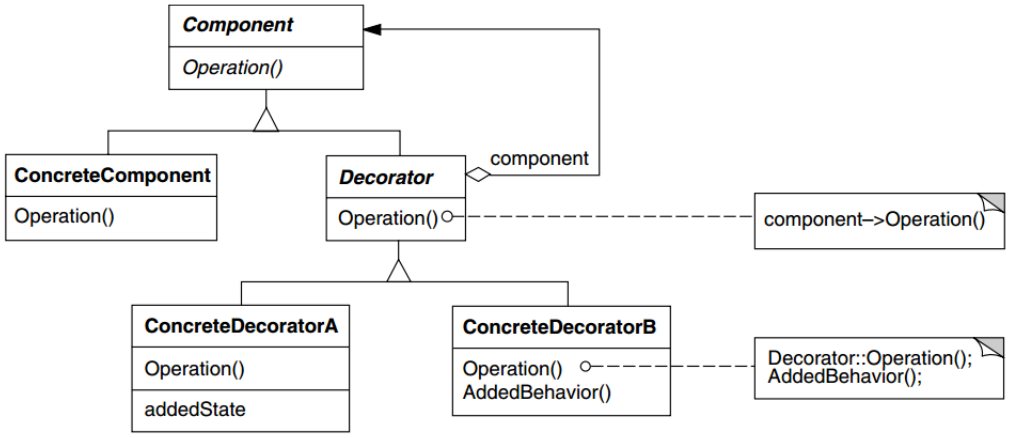
Código 42 – Composite Funcional

7.4 Decorator

O padrão Decorator permite adicionar responsabilidades a um objeto de forma dinâmica. Essa dinamicidade é alcançada substituindo a herança por uma agregação, permitindo que a classe decorada delegue responsabilidades para as classes que a estendem. As classes de extensão implementam uma interface em comum com as classes decoradas, também armazenando em seus atributos um objeto que também implementa essa interface. Dessa forma, uma classe de extensão pode tanto referenciar outra classe de extensão quanto o objeto decorado, formando uma estrutura de pilha onde o elemento ao fundo é o objeto decorado. Ele será o alvo das operações acumuladas de todos os extensores presentes na estrutura. O diagrama de classes que demonstra essa estrutura pode ser visto na figura 18.

O maior problema resolvido pelo Decorator é a grande quantidade de classes que deveriam existir caso houvessem muitas extensões para uma classe. O problema cresce ainda mais quando é necessário que essas funcionalidades mudem dinamicamente, gerando diversas combinações de grupos de funcionalidades possíveis.

Figura 18 – Estrutura do Decorator

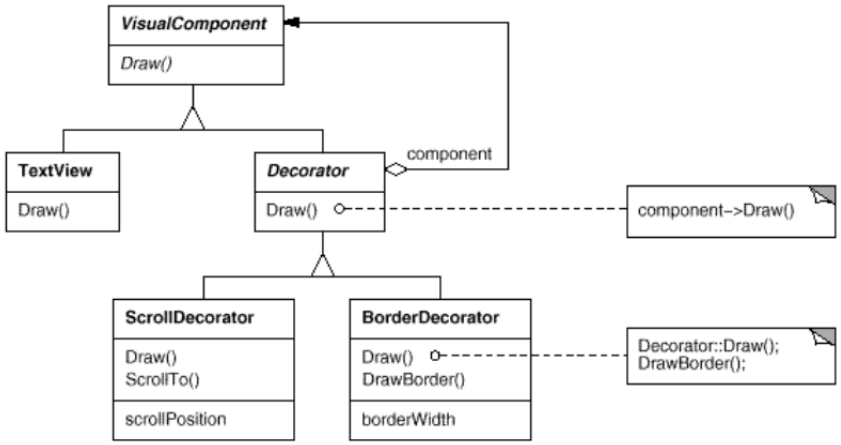


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo, é apresentado uma ferramenta gráfica que permite que diversas funcionalidades, como bordas ou barras de rolagem, possam ser adicionadas a qualquer componente. Ao invés de usar herança, o que exigiria que houvesse uma subclasse para cada combinação de funcionalidades e elementos gráficos, o padrão Decorator é utilizado. Por exemplo, um elemento de texto pode ser decorado com uma barra de rolagem ou com uma borda. A figura 19 demonstra o diagrama de classes para esse caso, onde uma classe TextView implementa uma interface VisualComponent, assim como a classe abstrata Decorator, que armazena em seus atributos um objeto do tipo VisualComponent. As classes ScrollDecorator e BorderDecorator herdam de Decorator, o que faz com que elas

implementem VisualComponent. Uma das possibilidades desse cenário é que um objeto do tipo ScrollDecorator armazene um BorderDecorator, que por sua vez armazenará um TextView. A operação Draw será chamada, em sequência, para cada elemento da pilha, resultando no TextView com as funcionalidades desejadas. O código 43 traz a implementação dessa abordagem.

Figura 19 – Exemplo de Decorator




```
trait VisualComponent{
  def Draw();
}

class TextView() extends VisualComponent {
  def Draw() {
    // Desenha o TextView
  }
}

abstract class Decorator(val component : VisualComponent){
  def Draw() {
    component.Draw();
  }
}

class ScrollDecorator() {

  var scrollPosition : Int;

  def Draw() {
    // Desenha o Scroll
    super.Draw();
  }
}
```

```
class BorderDecorator() {

  var borderWidth : Int;

  def Draw() {
    // Desenha o Border
    super.Draw();
  }
}
```

Código 43 – Decorator Orientado a Objetos

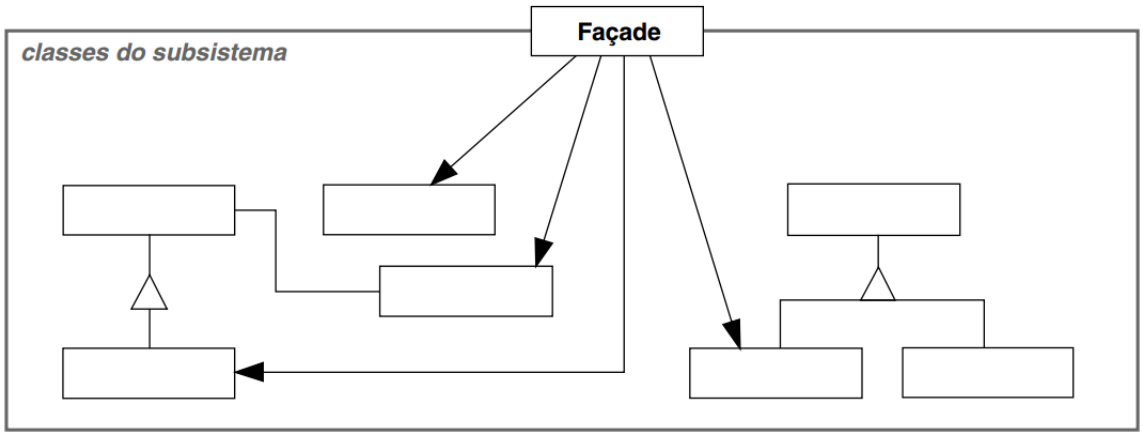
Contexto Funcional

Código 44 – Decorator Funcional

7.5 Façade

Quando um subsistema possui muitas interfaces de acesso às suas funcionalidades, o acesso de classes clientes de outros subsistemas a ele torna-se descentralizado, aumentando a dependência entre os dois sistemas. Para minimizar esse problema, o padrão Façade fornece uma interface generalizada para todo o subsistema, de forma que as classes clientes possam comunicar-se apenas com um ponto de entrada. A figura 20 demonstra o padrão, onde uma classe Façade, que é o ponto de acesso ao subsistema, possui uma referência para os componentes que antes eram diretamente acessíveis.

Figura 20 – Estrutura do Façade

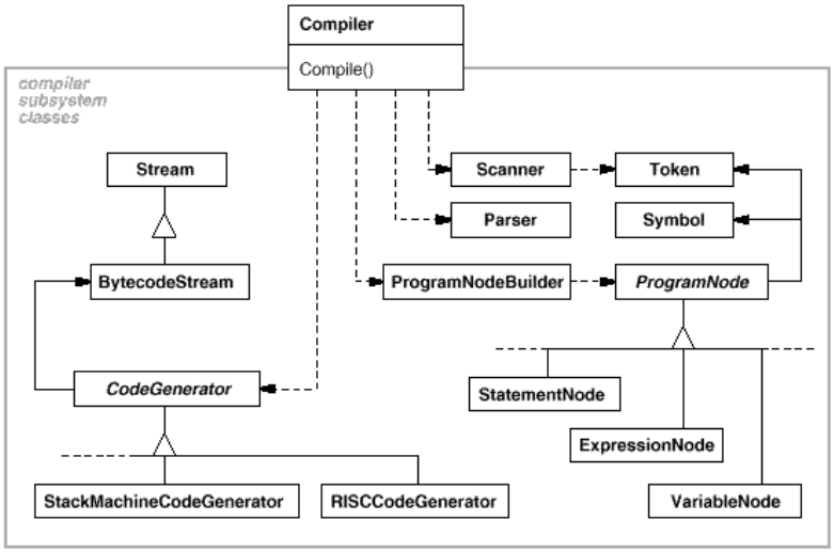


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo de uso do Façade, pode-se considerar um compilador que oferece diversas funcionalidades. Essas funcionalidades são apresentadas no diagrama de classes da figura 21, representadas pelas classes Scanner, Parser, ProgramNodeBuilder e CodeGenerator. Por mais que alguns clientes desejem acessar essas funcionalidades diretamente, a maioria deseja apenas compilar seu programa, sem importar-se com as etapas necessárias para isso. Assim, ao invés de criar uma dependência entre o cliente e as funcionalidades, a classe Compiler fornece um ponto de acesso a todas elas, permitindo que um cliente que deseja apenas compilar seu código possa fazer isso diretamente. O código 45 demonstra a implementação desse exemplo.

```
class Scanner(val input : Stream){
  def Scan() : Token{
    // Retorna o token
  }
}
```

Figura 21 – Exemplo de Façade




```
class Parser(){
  def Parse(scanner : Scanner,
    builder : ProgramNodeBuilder) : Tree[ProgramNode] {
    // Retorna a árvore de análise
  }
}

class ProgramNodeBuilder() {
  var rootNode : ProgramNode;

  // Possui os métodos para criação dos do programa

  def getRootNode() : ProgramNode{
    return rootNode;
  }
}

class CodeGenerator(var output : BytecodeStream){
  // Possui os métodos para gerar o código de máquina do programa
}

class Compiler() {
  def Compile(input : Stream) : BytecodeStream{
    val scanner = new Scanner(input);
    val programNodeBuilder = new ProgramNodeBuilder();
    val parser = new Parser();

    parser.Parse(input, programNodeBuilder);
```

```
      var output : BytecodeStream;

      val codeGenerator = new CodeGenerator(output);
      val parseTree = programNodeBuilder.getRootNode();
      parseTree.Traverse(codeGenerator);

      return output;
    }
  }
```

Código 45 – Façade Orientado a Objetos

Contexto Funcional

Código 46 – Façade Funcional

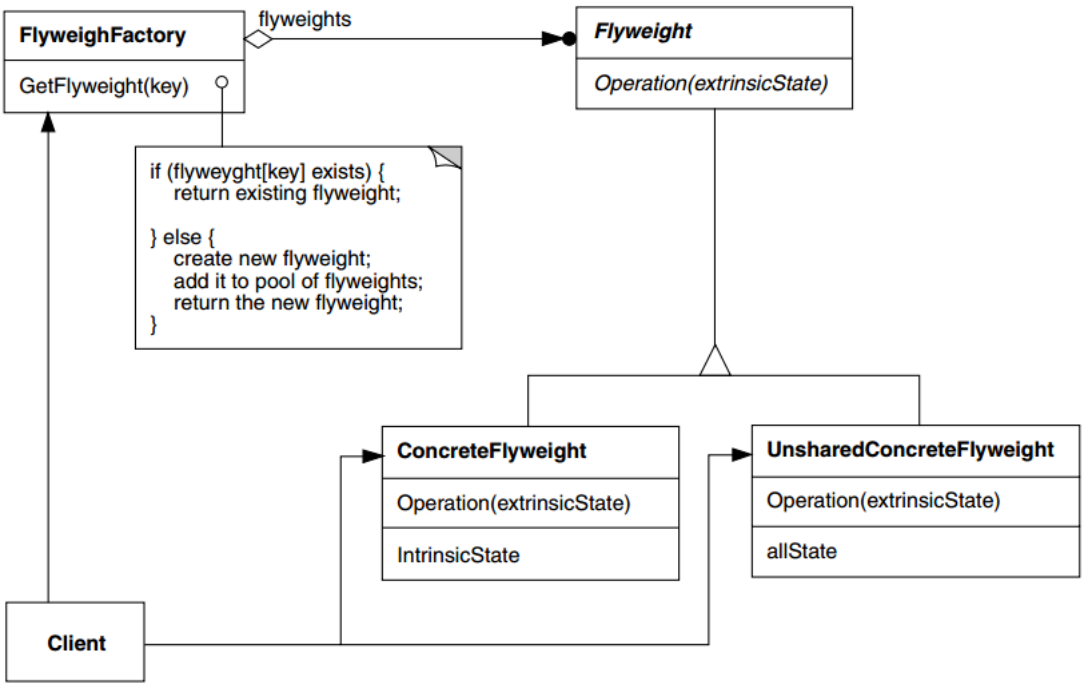
7.6 Flyweight

O padrão Flyweight permite economizar o espaço em memória da aplicação ao fornecer uma instância compartilhada de uma classe para que ela não precise ser instanciada mais de uma vez. A figura 22 mostra a estrutura do padrão. Nela, uma interface Flyweight define um elemento reutilizável, sendo implementada pelas classes ConcreteFlyweight e UnsharedConcreteFlyweight. A classe ConcreteFlyweight armazena um estado intrínseco e define uma operação que depende de um estado extrínseco para ser executada.

Duas classes merecem atenção nesse diagrama. A primeira é a FlyweightFactory. Essa classe é adicionada para gerenciar a criação dos Flyweights e garantir que as instâncias da classe serão reutilizadas. Ela armazena, em seus atributos, uma lista de objetos Flyweight para que, quando o cliente solicitar, seja verificado se a instância desejada já existe. Caso não exista, ela é criada e adicionada à lista.

A segunda classe que merece atenção é a UnsharedConcreteFlyweight, que é necessária caso existam elementos específicos do tipo Flyweight que não possam ser compartilhados. Esses elementos não podem ser criados através da FlyweightFactory.

Figura 22 – Estrutura do Flyweight



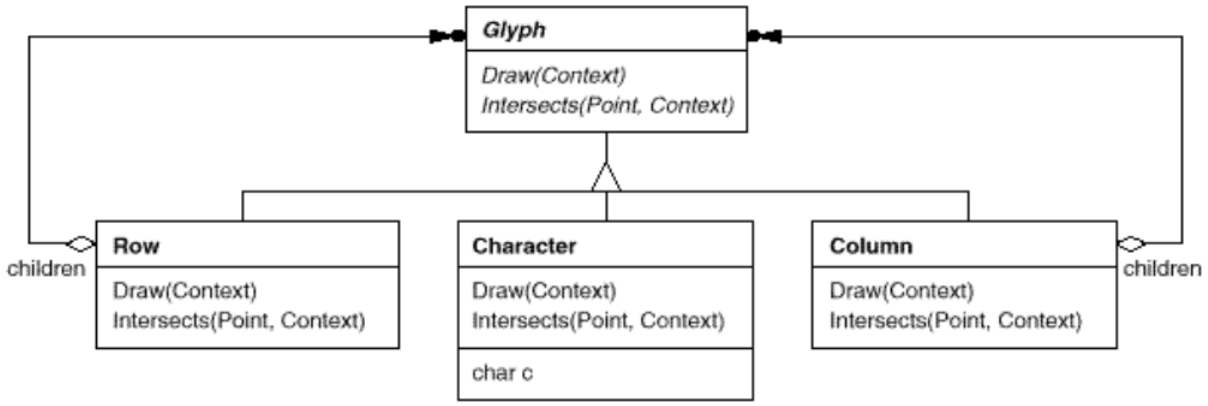
Exemplo Orientado a Objetos

Um editor de documentos possui uma ferramenta de formatação e edição de textos. Para reduzir o custo de memória, as classes que armazenam os caracteres do alfabeto

devem ser compartilhadas, dada a quantidade de instâncias de um mesmo caracter que existiriam em um texto com centenas de palavras. Ao mesmo tempo, a ferramenta deve armazenar dois elementos que não podem ser compartilhados com as letras - a linha e a coluna onde cada letra está localizada.

A figura 23 apresenta o diagrama de classes para esse exemplo. A interface Glyph representa um elemento textual. As classes Row e Column armazenam em seus atributos um conjunto de objetos do tipo Glyph. Por fim, a classe Character armazena em seus atributos o caracter que deve ser compartilhado. Apenas uma instância é criada para cada caracter. O código 47 demonstra a implementação desse exemplo.

Figura 23 – Exemplo de Flyweight




```
trait Glyph {
  def Draw(context : Context);
  def Intersects(point : Point, context : Context);
}

class Character(val c) extends Glyph {
  def Draw(context : Context) {
    // Desenha o caracter
  }

  def Intersects(point : Point, context : Context) {
    // Verifica a interseção com o ponto
  }
}

class Row(var children : List[Glyph]) extends Glyph {

  def Draw(context : Context) {
    // Desenha a linha
  }
```

```
  def Intersects(point : Point, context : Context) {
    // Verifica a interseção com o ponto
  }
}

class Column(var children : List[Glyph]) extends Glyph {

  def Draw(context : Context) {
    // Desenha a coluna
  }

  def Intersects(point : Point, context : Context) {
    // Verifica a interseção com o ponto
  }
}
```

Código 47 – Flyweight Orientado a Objetos

Contexto Funcional

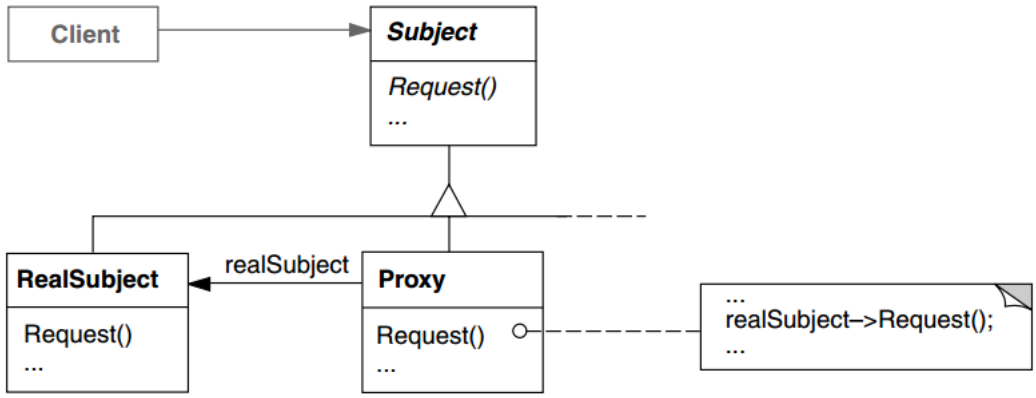
Código 48 – Flyweight Funcional

7.7 Proxy

O padrão Proxy adiciona uma camada a um objeto, permitindo que haja um controle de acesso ao mesmo. Qualquer interação com o objeto Proxy é repassada para o objeto real. Existe mais de uma motivação para seu uso, apesar da estrutura do padrão, apresentada na figura 24, permanecer a mesma. Essas motivações podem ser divididas em três grupos de proxy: remoto, virtual e de proteção.

Um proxy remoto pode ser utilizado como um representante de um objeto, servindo como um intermediário e armazenando dados que devem ser repassados para o objeto real. Já um proxy virtual armazena informações sobre um objeto de forma que ele possa ser criado apenas quando for necessário, economizando espaço ou tempo de execução. Por fim, um proxy de proteção pode controlar o acesso a um objeto, exigindo que um objeto cliente precise cumprir algum requisito antes de acessar o objeto real.

Figura 24 – Estrutura do Proxy

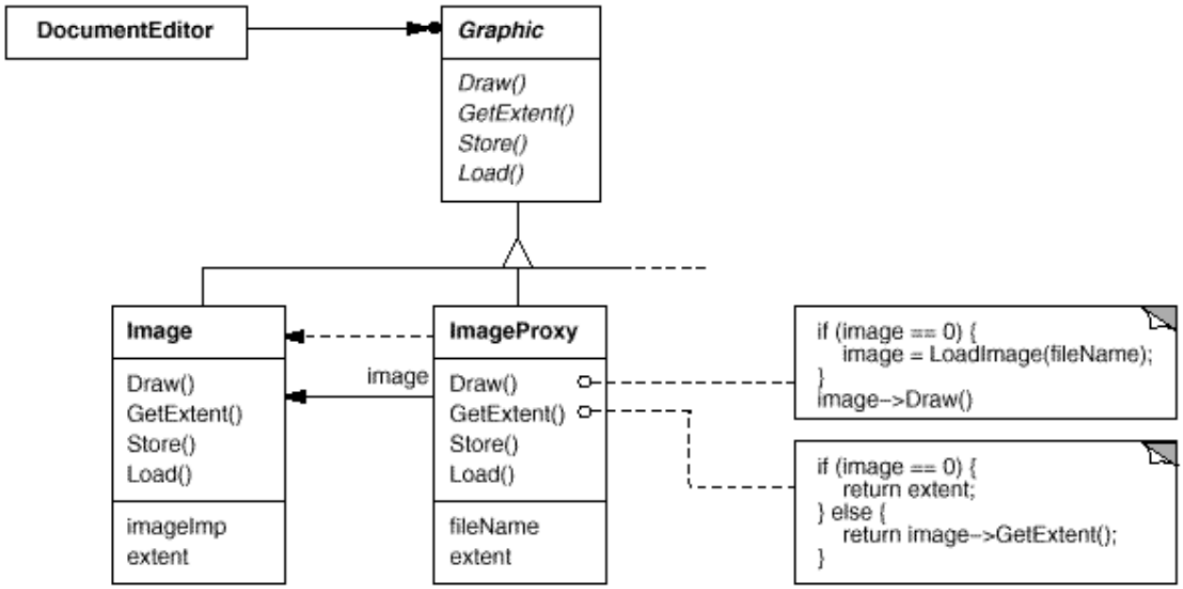


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo de Proxy podem ser utilizadas imagens que são incluídas em editores de texto. É desejado que um documento seja aberto rapidamente e o carregamento das imagens presentes nele pode causar uma lentidão desnecessária. Para isso, é criado um objeto Proxy que armazena em seus atributos as informações necessárias, como o caminho para a imagem e seu posicionamento no documento. Quando o documento termina de ser aberto, as imagens são carregadas de fato através de seus proxys. Esse é um exemplo de proxy virtual, seu diagrama de classes pode ser visto na imagem 25 e a implementação no código 49.

```
trait Graphic {
  def Draw(point : Point);
  def GetExtent() : Point;
```

Figura 25 – Exemplo de Proxy




```
  def Store(ostream : Stream);
  def Load(istream : Stream);
}

class Image() extends Graphic{

  var extent : Point;

  def Image(fileName : String) {

  }

  def Draw(point : Point){
    // Operação de desenho da imagem
  }

  def GetExtent() : Point {
    return extent;
  }

  def Store(ostream : Stream) {
    // Salva imagem em um arquivo
  }

  def Load(istream : Stream) {
    // Carrega imagem de um arquivo
  }
}
```

```
class ImageProxy(var fileName : String, var extent : Point) extends
    Graphic{

  var image : Image = null;

  def Draw(point : Point){
    if(image == null){
      image = new Image(fileName);
    }
    image.Draw();
  }

  def GetExtent() : Point {
    if(image == null){
      return extent;
    } else {
      return image.GetExtent();
    }
  }

  def Store(ostream : Stream) {
    // Salva imagem em um arquivo
  }

  def Load(istream : Stream) {
    // Carrega imagem de um arquivo
  }

}
```

Código 49 – Proxy Orientado a Objetos

Contexto Funcional

Código 50 – Proxy Funcional

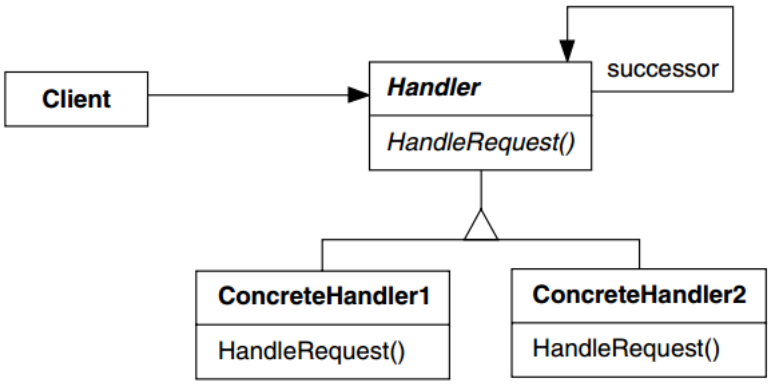
8 Padrões Comportamentais

8.1 Chain of Responsibility

Chain of Responsability propõe criar uma estrutura de classes chamadas de Handlers para receber e tratar solicitações de um objeto cliente. A ideia é que essa solicitação seja passada ao longo da cadeia até que um dos handlers consiga tratá-la ou retorne algum tipo de erro caso a solicitação não possa ser atendida.

Essa abordagem é muito útil quando o objeto que pode tratar a solicitação não é conhecido, tornando o processo de descoberta automático, além de permitir que os Handlers sejam definidos dinamicamente.

Figura 26 – Estrutura do Chain of Responsibility



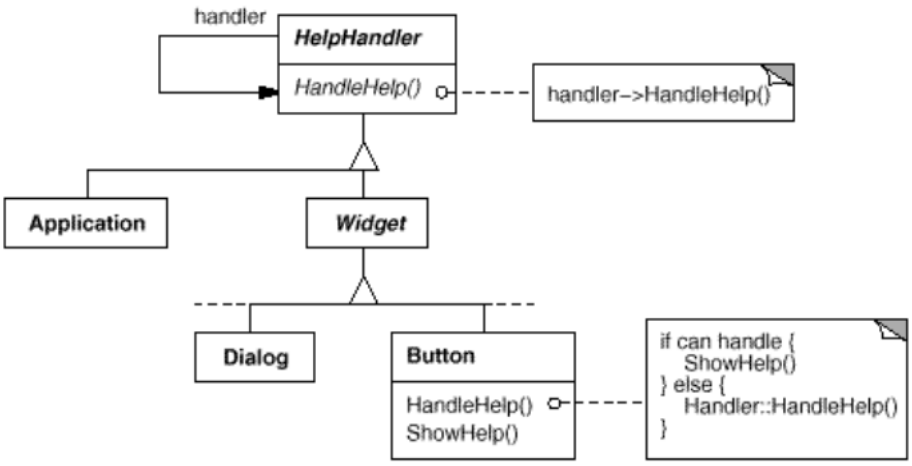
Exemplo Orientado a Objetos

Código 51 – Chain of Responsibility Orientação a Objetos

Contexto Funcional

Código 52 – Chain of Responsibility Funcional

Figura 27 – Exemplo de Chain of Responsibility

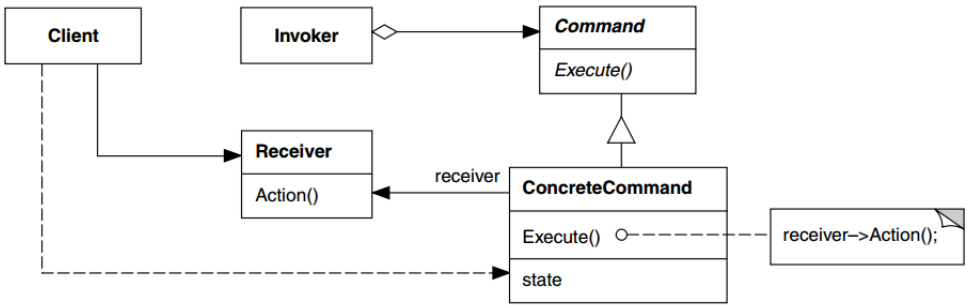


8.2 Command

O padrão Command permite encapsular operações em objetos de forma que elas possam ser registradas, enfileiradas e até desfeitas. Para isso, a classe Command armazena o objeto alvo da operação quando é instanciada e apresenta a operação de execução e de reversão. Vários Commands podem ser armazenados em outra classe que armazena uma coleção de Commands, que também é responsável por executá-los.

Esse padrão funciona como uma solução para definir callbacks, ou seja, operações que podem ser definidas e executadas futuramente no código.

Figura 28 – Estrutura do Command



Exemplo Orientado a Objetos

Código 53 – Command Orientação a Objetos

Contexto Funcional

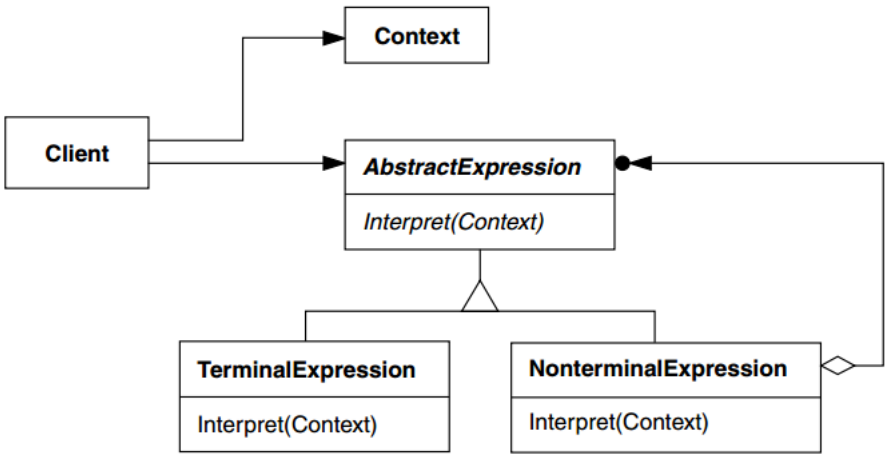
Código 54 – Command Reversível

8.3 Interpreter

De acordo com GoF, o Interpreter define uma representação para a gramática de uma linguagem e usa um interpretador para interpretar sentenças dessa linguagem.

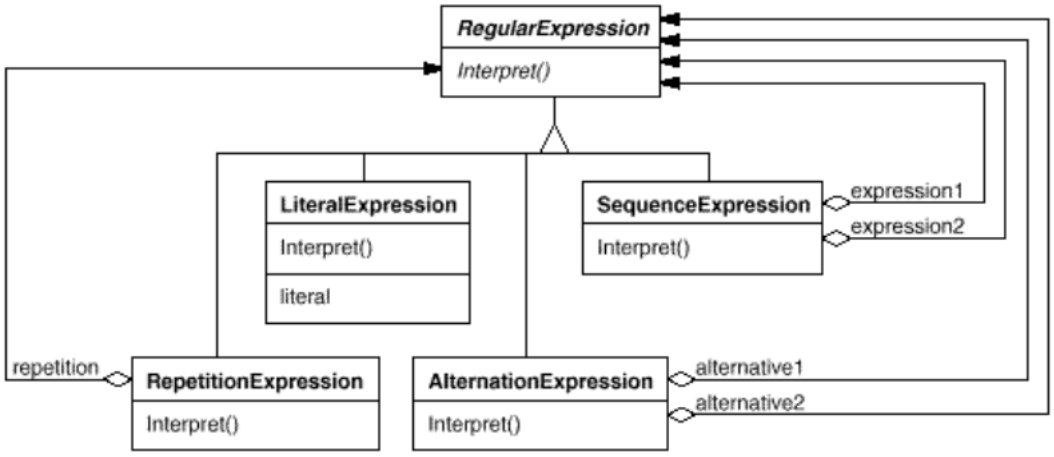
Apesar da definição parecer específica, o padrão pode ser generalizado para qualquer hierarquia de classes, desde que não seja muito complexa. Dessa forma, o padrão permite interpretar essa hierarquia e realizar uma operação que dependa da forma como essas classes estão dispostas, por exemplo.

Figura 29 – Estrutura do Interpreter



Exemplo Orientado a Objetos

Figura 30 – Exemplo de Interpreter

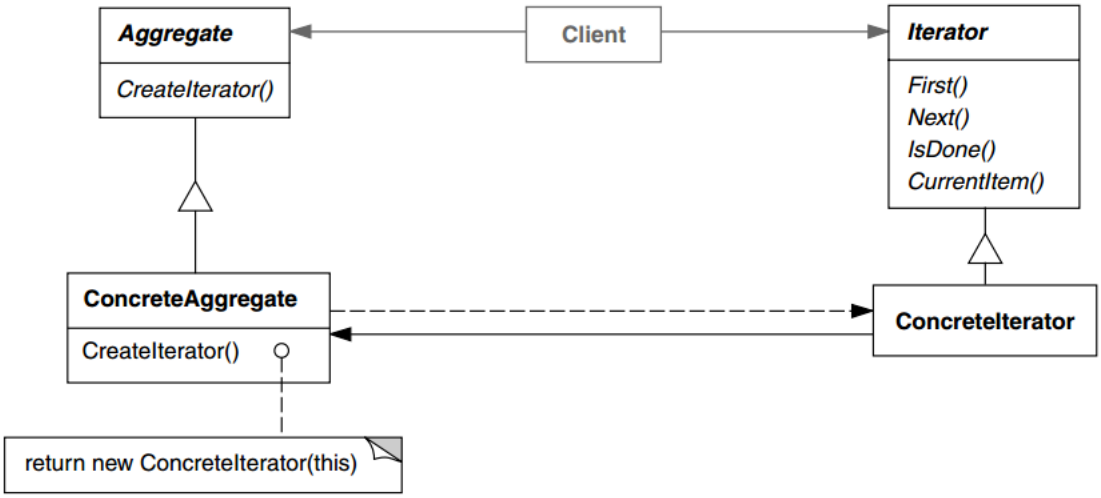


Código 55 – Interpreter Orientação a Objetos

Código 56 – Interpreter Funcional

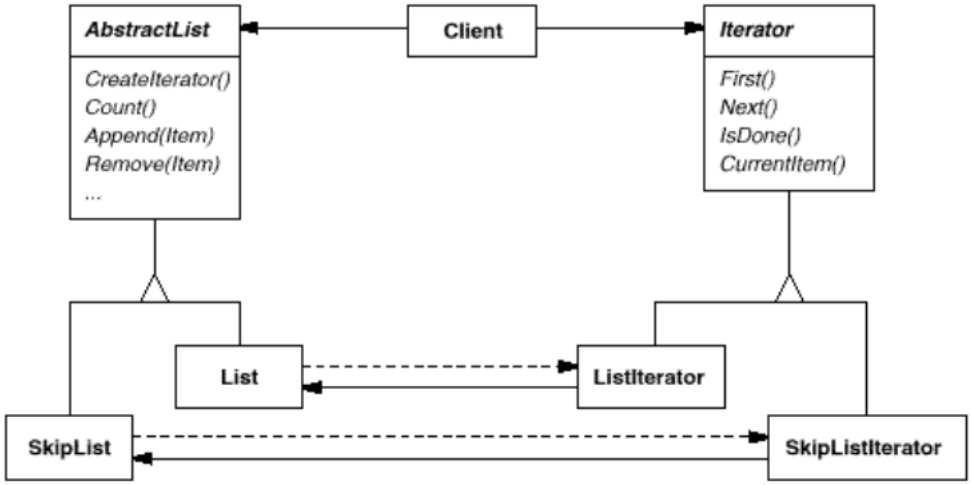
8.4 Iterator

Figura 31 – Estrutura do Iterator



Exemplo Orientado a Objetos

Figura 32 – Exemplo de Iterator



Código 57 – Iterator Orientação a Objetos

Contexto Funcional

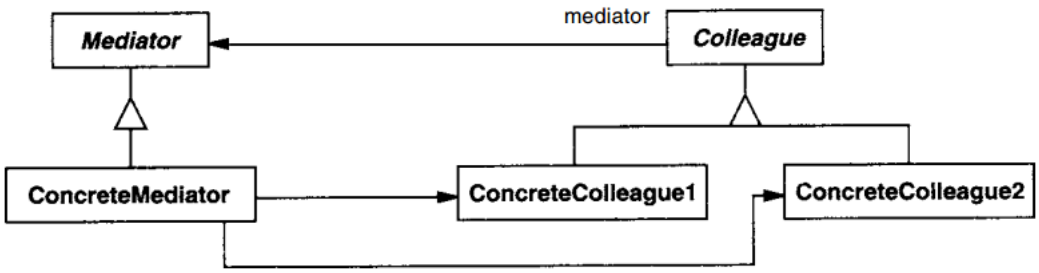
Código 58 – Iterator Funcional

8.5 Mediator

Nesse padrão, um objeto chamado de Mediator age como intermediário entre um grupo de objetos, ficando responsável por qualquer interação entre eles. O Mediator conhece todos esses objetos enquanto cada objeto conhece apenas o Mediator, o que os torna mais independentes, simplificando sua reutilização e concentrando as dependências entre eles em um só lugar.

A estrutura do padrão é apresentada na figura 33. Uma interface Mediator define as operações que um tipo de objeto Mediator deve possuir. ConcreteMediator representa uma classe que implementa essas operações. Um Colleague é um objeto conhecido pelo Mediator e cada ConcreteColleague pode ser tanto um objeto que possui operações refletidas em outros objetos quanto ser um dos objetos afetados indiretamente por outro Colleague.

Figura 33 – Estrutura do Mediator

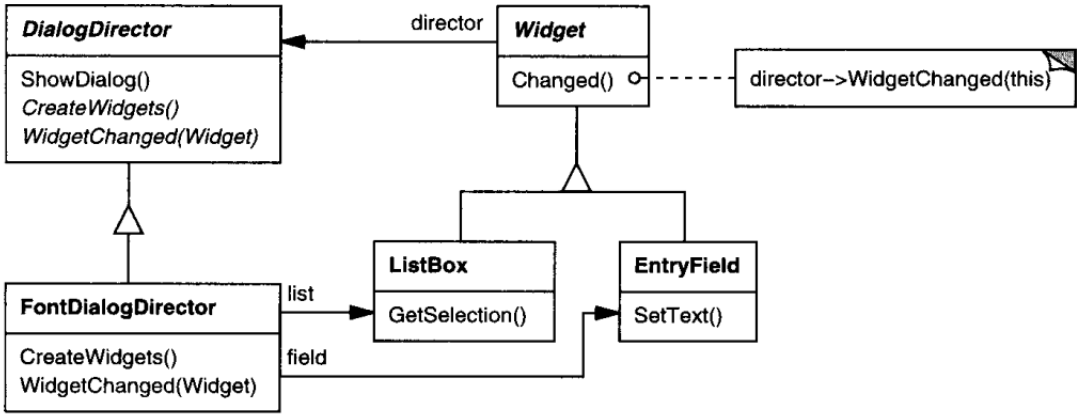


Exemplo Orientado a Objetos

Como exemplo, é considerada uma janela de uma aplicação que apresenta diversos *widgets*, entre eles uma caixa de entrada de texto e uma lista de seleção. Quando um item é selecionado na lista, o texto contido nele deve aparecer na caixa de entrada de texto. O Mediator é responsável por alterar a caixa de entrada de texto quando um item é selecionado na lista, enquanto a lista é responsável por informar ao Mediator quando um item for selecionado. A figura 34 apresenta o diagrama de classes para esse exemplo. O código 59 apresenta a implementação do padrão para esse exemplo.

```
trait DialogDirector {

    def ShowDialog() {
        // Operação que exibe o Dialog
    }

    def CreateWidgets() : Unit
    def WidgetChanged(widget : Widget) : Unit
```

Figura 34 – Exemplo de Mediator




```
}

class FontDialogDirector extends DialogDirector {

    val list : ListBox
    val field : EntryField

    def CreateWidgets() {
        this.list = new ListBox(this)
        this.field = new EntryField(this)
    }

    def WidgetChanged(widget : Widget) {
        this.field.SetText(
            this.list.GetSelection()
        )
    }

}

abstract class Widget(val director : DialogDirector){

    def Changed() : Unit = this.director.WidgetChanged(this)

}

class EntryField(director : DialogDirector) extends Widget(director) {
    var text : String

    def SetText(text : String) {
        this.text = text
    }
```

```
}

class ListBox(director : DialogDirector) extends Widget(director){
    var selection : String

    def GetSelection() : String = selection

    def SetSelection(selection : String) {
        this.selection = selection
        Changed()
    }
}
```

Código 59 – Mediator Orientado a Objetos

Contexto Funcional

Como o objetivo do padrão é gerenciar as interdependências entre elementos diferentes sem que eles precisem se conhecer, o objeto ConcreteMediator pode ser equivalente a um módulo que define as funções que serão executadas nos Colleagues afetados quando algum Colleague alvo realizar uma operação. Para simplificar a descrição do exemplo funcional, será definido como "Colleague alvo" um Colleague que, no exemplo orientado a objetos, teria executado uma operação que avisa o Mediator e "Colleague afetado" como um Colleague que, após o Mediator ter sido avisado, foi modificado ou referenciado. É importante notar que qualquer Colleague pode agir tanto como alvo quanto como afetado, dependendo do contexto.

Como as funções devem ser puras, uma função de um Colleague alvo não pode modificar um Colleague afetado sem que o mesmo seja passado por parâmetro. Seguindo essa abordagem, os Colleagues tornariam-se dependentes uns dos outros novamente, o que não é desejado. Uma forma de resolver esse problema é trazendo para o Mediator a responsabilidade de chamar as operações dos Colleagues de forma que as funções do Mediator serão compostas por uma função que faz a modificação no Colleague alvo e de todas as funções necessárias para modificar os Colleagues afetados. Essas funções podem receber como parâmetro os valores necessários para modificar o Colleague alvo, mas para que a abordagem seja equivalente à orientada a objetos, elas não deveriam receber nenhum parâmetro exclusivo das funções que alteram os Colleagues afetados. Outra consequência do uso de funções puras, que também é uma consequência da imutabilidade, é que também será responsabilidade das funções do Mediator retornar todos os Colleagues alterados.

O código 60 demonstra o exemplo visto anteriormente utilizando as ideias apresentadas. Um módulo FontDialogDirector possui a operação ChangeWidget, que trabalha com os tipos abstratos A, representando o tipo do Colleague alvo e B representando o

tipo do Colleague afetado. Como a função ChangeWidget não define a forma como os Colleagues afetados são alterados, o tipo B pode ser tanto um único Colleague quanto uma tupla ou lista de Colleagues afetados. A função ChangeWidget também recebe uma função que recebe como parâmetros valores dos tipos A e B e retorna uma tupla contendo valores dos mesmos tipos. A implementação da função é apenas a chamada de f para os widgets dos tipos A e B recebidos como entrada.

A função f recebida como parâmetro é responsável por definir qual função do Colleague alvo será chamada e como isso modificará os Colleagues afetados. No exemplo, ela pode ser definida através da função ChangeSelectionFunction, que recebe como parâmetro o valor da seleção para o *widget* de lista de seleção e retorna uma função que recebe como parâmetro um ListBox como Colleague alvo e um EntryField como Colleague afetado. O valor da seleção será armazenado em uma closure e será utilizado na chamada das funções SetSelection e SetText. Essa abordagem contribui para que novas funções para valores diferentes de seleção não precisem ser criadas e também para que uma mesma função que seleciona um valor possa ser reutilizada por mais de um *widget* da aplicação.

```
object FontDialogDirector {

  import EntryField._
  import ListBox._

  def ChangeWidget[A, B](
    changedWidget : A,
    affectedWidgets : B,
    f : (A, B) => (A, B))
  : (A, B) = f(changedWidget, affectedWidgets)


  def ChangeSelectionFunction(selection : String) =
    (listBox : ListBox, entryField : EntryField) =>
      (SetSelection(listBox, selection),
       SetText(entryField, selection))

}

object EntryField {

  case class EntryField(val text : String)

  def SetText(entryField : EntryField, text : String) =
    entryField.copy(text)

  def GetText(entryField : EntryField) =
    entryField.text
```

```
}

object ListBox {

  case class ListBox(val selection : String)

  def SetSelection(listBox : ListBox, selection : String) =
    listBox.copy(selection=selection)

  def GetSelection(listBox : ListBox) =
    listBox.selection
}
```

Código 60 – Mediator Funcional

Vantagens e Desvantagens

Uma vantagem observável da abordagem funcional é que os colleagues não precisam conhecer o Mediator. Dessa forma, os *widgets* poderiam ser reutilizados em outros trechos da aplicação onde eles não precisam depender ou ser dependentes de outros elementos.

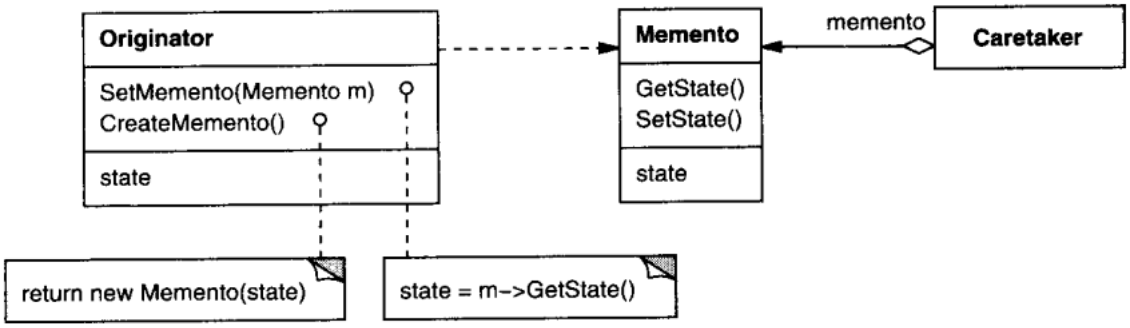
Uma desvantagem é o gerenciamento dos *widgets*, já que é sempre necessário desestruturar a tupla retornada pela função ChangeWidget para recuperar os novos valores. Essa operação pode tornar-se ainda mais difícil se a quantidade de Colleagues afetados aumentar ou se eles estiverem organizados em uma estrutura mais complexa. Outra desvantagem é que as operações precisam passar explicitamente pelo Mediator para serem executadas, tornando uma refatoração onde o Mediator não é mais necessário mais custosa.

8.6 Memento

O Memento permite armazenar e restaurar o estado interno de um objeto sem expor esse estado. Dessa forma, o encapsulamento do objeto em questão não é violado, mesmo seu estado sendo armazenado externamente.

Isso é alcançado através de uma classe Memento que armazena os atributos da classe que precisa ser salva (Originator). A geração de um objeto Memento só é possível através do próprio Originator, assim como a recuperação de seus atributos. Uma classe Caretaker é usada para armazenar objetos do tipo Memento e repassá-los para um Originator que precisa acessar o estado do Memento.

Figura 35 – Estrutura do Memento



Exemplo Orientado a Objetos

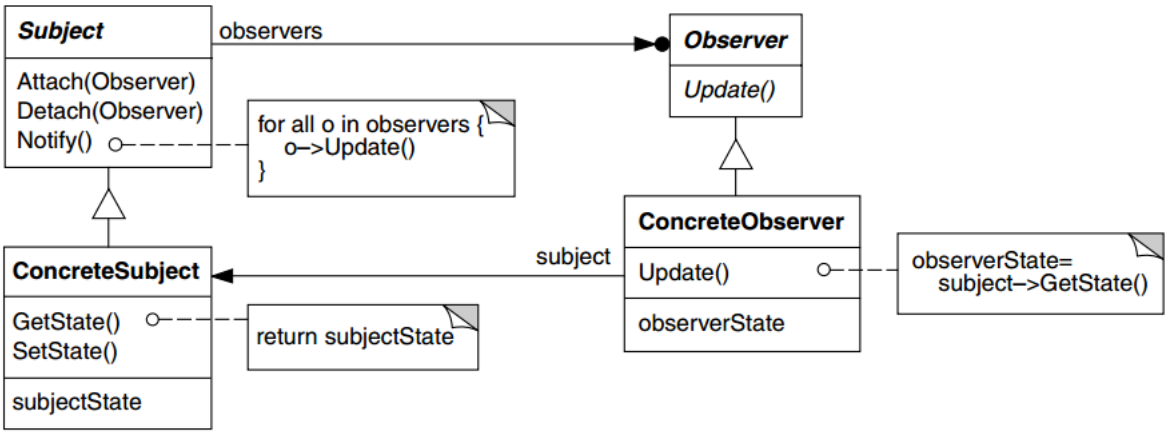
Código 61 – Memento Orientação a Objetos

Contexto Funcional

Código 62 – Memento Funcional

8.7 Observer

Figura 36 – Estrutura do Observer



Exemplo Orientado a Objetos

Código 63 – Observer Orientação a Objetos

Contexto Funcional

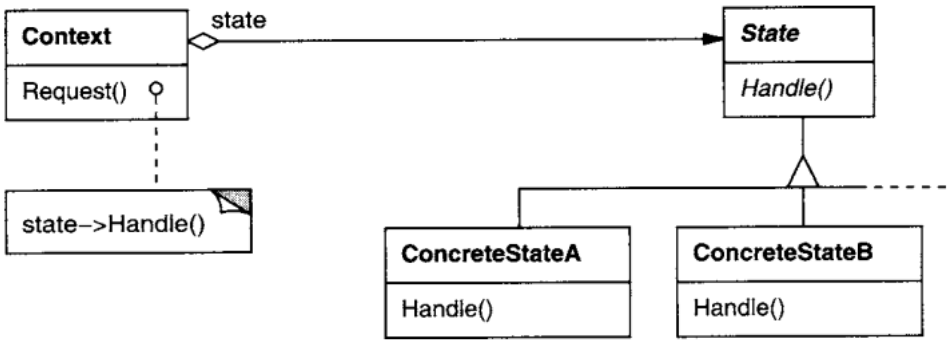
Código 64 – Observer Funcional

8.8 State

O State permite alterar o comportamento de um objeto baseado em seu estado interno. Uma interface define os comportamentos que dependem do estado do objeto e classes que a implementam definem a implementação dos mesmos. Dessa forma, o objeto principal delega as operações às classes que representam seu estado.

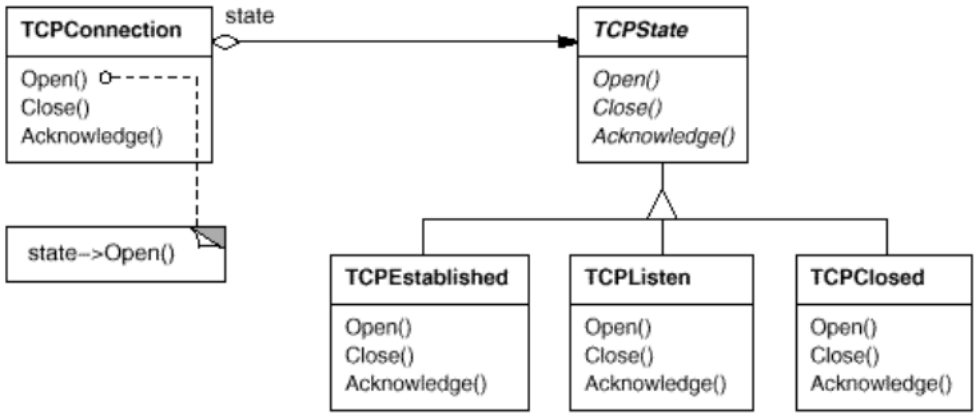
Esse padrão contribui para o reuso de operações comuns quando diversas classes relacionadas teriam que ser reinstanciadas durante uma mudança de estado. Também é permitido que o estado mude dinamicamente durante a execução.

Figura 37 – Estrutura do State



Exemplo Orientado a Objetos

Figura 38 – Exemplo de State




```
trait State{
    def pressButton() : State
}
```

```
class OnState() extends State {
    def pressButton() : State = new OffState()
}

class OffState() extends State {
    def pressButton() : State = new OnState()
}

class Lamp(state : State) {
    def pressButton() : Unit {
        this.state = state.pressButton()
    }
}
```

Código 65 – State Orientação a Objetos

Contexto Funcional

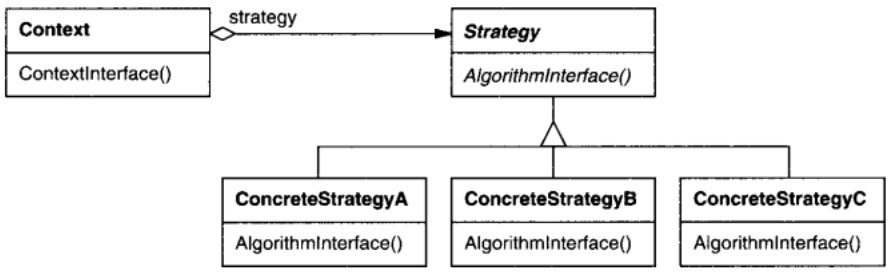
8.9 Strategy

O padrão Strategy define grupos de algoritmos encapsulados e intercambiáveis para um determinado contexto. Esses algoritmos podem ser definidos ou trocados em tempo de execução, permitindo que os clientes que os utilizem possam alternar entre as implementações definidas livremente.

O Strategy soluciona o problema de classes relacionadas diferirem apenas em algum comportamento, permitindo que esse comportamento possa ser isolado e o resto da implementação das classes reaproveitado. Ele também evita a utilização de muitas operações condicionais. Ao invés de verificar qual deve ser o comportamento toda vez que ele precisar ser executado, o comportamento é pré-definido pelo contexto.

A estrutura do padrão pode ser vista na figura 39, onde uma interface é responsável por definir que operações uma estratégia deve possuir, enquanto diversas classes concretas implementam essas operações definindo suas estratégias. A classe cliente é responsável por manter uma referência para a estratégia e chamar as operações desejadas.

Figura 39 – Estrutura do Strategy

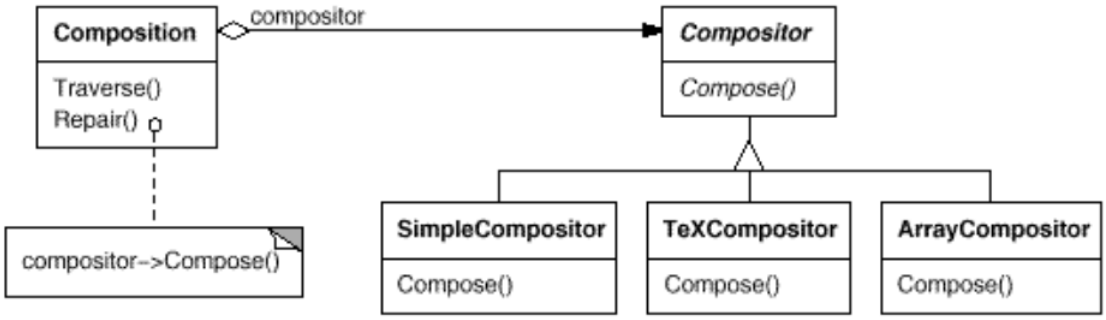


Exemplo Orientado a Objetos

O exemplo do Strategy apresenta uma *stream* de texto que pode ser quebrada em linhas utilizando estratégias diferentes. Nele, a classe Composition gerencia as quebras de linha do texto exibidas em um editor, enquanto a interface Compositor define uma estratégia de quebra de linha. As estratégias apresentadas são representadas pelas classes SimpleCompositor, TeXCompositor e ArrayCompositor. A implementação desse exemplo pode ser vista no código 66, enquanto o diagrama de classes pode ser visto na figura 40.

```
    trait Compositor {
        def compose(
            natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink :
    Array(Coord),
            componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
        ) : Int
```

Figura 40 – Exemplo de Strategy




```
}

class SimpleCompositor() extends Compositor {
    def compose(
        natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink :
Array(Coord),
        componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
    ) : Int = {
        // implementação para SimpleCompositor
    }
}

class TeXCompositor() extends Compositor {
    def compose(
        natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink :
Array(Coord),
        componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
    ) : Int = {
        // implementação para TeXCompositor
    }
}

class ArrayCompositor() extends Compositor {
    def compose(
        natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink :
Array(Coord),
        componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
    ) : Int = {
        // implementação para ArrayCompositor
    }
}

class Composition(compositor : Compositor) {

    private var lineWidth : Int
```

```
        private var lineBreaks : Array[Int]
        private var lineCount : Int

        def repair() : Unit = {

            // Implementação da função repair

            val breakCount = compositor.compose(
                natural, stretchability, shrinkability,
                componentCount, _lineWidth, breaks
            )

        }

    }
```

Código 66 – Strategy Orientação a Objetos

Contexto Funcional

No contexto funcional, a interface que define as operações que cada estratégia deve implementar não se faz necessária caso a função repair seja convertida em uma função de alta ordem que recebe como parâmetro uma função cuja assinatura seja igual à função compose. Dessa forma, qualquer função que possa implementar a quebra de linhas do exemplo pode ser passada por parâmetro sem que seja necessário implementar interfaces. A abordagem pode ser vista no código 67.

```
    def simpleCompose(
        natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink : Array(
    Coord),
        componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
    ) : Int = {
        // implementação para SimpleCompositor
    }

    def texCompose(
        natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink : Array(
    Coord),
        componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
    ) : Int = {
        // implementação para TeXCompositor
    }

    def arrayCompose(
        natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink : Array(
    Coord),
```

```
        componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int
    ) : Int = {
        // implementação para ArrayCompositor
    }

    def repair(
        compose : (
            natural : Array(Coord), stretch : Array(Coord), shrink :
Array(Coord),
            componentCount : Int, lineWidth : Int, breaks : Int) => Int
        ) : Unit {

        // Implementação da função repair

        val breakCount = compose(
            natural, stretchability, shrinkability,
            componentCount, _lineWidth, breaks
        )

    }
```

Código 67 – Strategy Funcional

Vantagens e Desvantagens

Utilizar funções de alta ordem no lugar do Strategy permite uma versatilidade maior quanto a que tipo de função pode ser aceita. Isso traz a vantagem de favorecer o reúso de funções que não foram planejadas para ser usadas como estratégias diferentes de implementação. Porém, traz a desvantagem de permitir que funções que possuam a mesma assinatura porém não realizem a operação desejada sejam passadas como estratégias válidas. Por exemplo, a função definida no código 68 possui a mesma assinatura que as funções apresentadas no exemplo, mesmo que não esteja relacionada ao cálculo de quebras de linha.

```
    def roundedModuleOfCrossProductVectors(
        vectors1 : Array(Coord), vectors2 : Array(Coord), vectors3 :
Array(Coord),
        multiplier : Int, adder : Int, n_vecs : Int
    ) : Int = {
        // Retorna o módulo arredondado do produto vetorial
        // entre os 3 grupos de N vetores recebidos,
        // multiplicados por X e adicionado a Y
    }
```

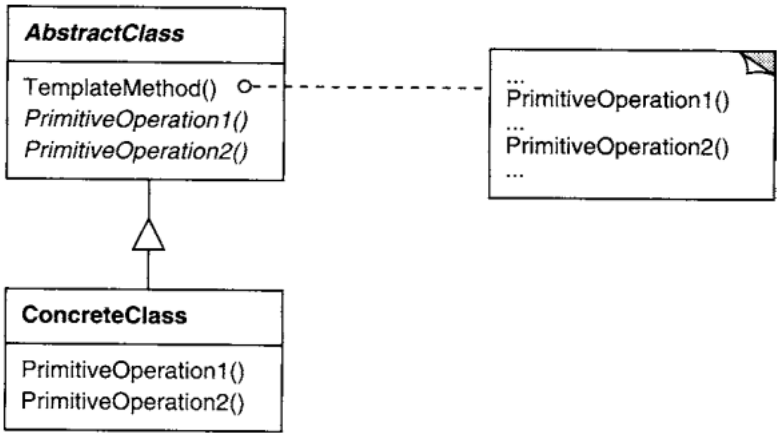
Código 68 – Strategy Funcional: Problema

8.10 Template Method

A ideia do Template Method é fornecer um esqueleto para um algoritmo e deixar para outras classes a tarefa de implementar as funções que compõem esse algoritmo. Uma classe abstrata define a operação Template Method e nela executa as etapas do algoritmo. Essas etapas são definidas através de operações abstratas que subclasses devem implementar para aproveitar o algoritmo.

Dessa forma, esse padrão ajuda a evitar repetição de código, concentrando em uma classe apenas a estrutura de uma operação e tornando responsabilidade das subclasses definir como essa operação deve ser executada. Também permite que um comportamento comum entre todas essas subclasses seja concentrado na superclasse, mais uma vez, evitando a repetição de código.

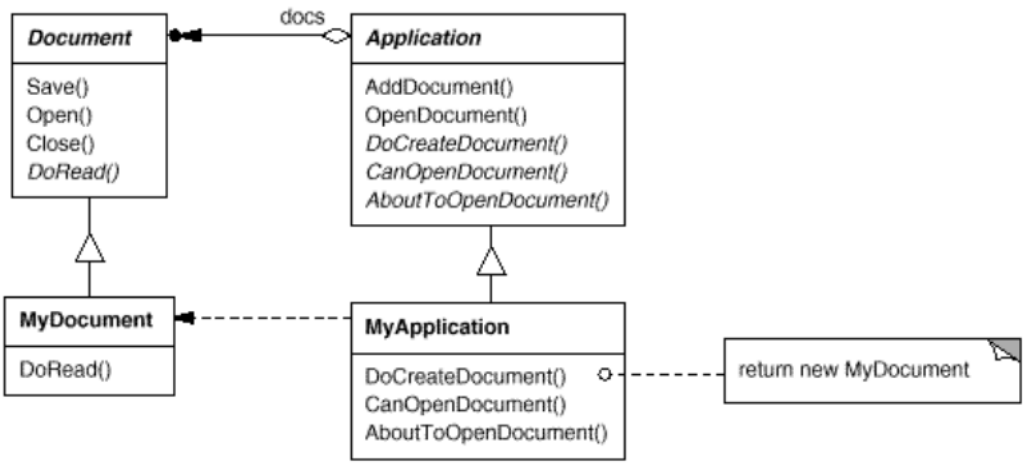
Figura 41 – Estrutura do Template Method



Exemplo Orientado a Objetos

```
abstract class AbstractClass(){
    def templateMethod() : Unit = {
        primitiveOperation1()
        predefinedOperation()
        primitiveOperation2()

    }

    def predefinedOperation() : Unit = {

    }

    def primitiveOperation1() : Unit
```

Figura 42 – Exemplo de Template Method




```
    def primitiveOperation2() : Unit
}

class ConcreteClass() extends AbstractClass{

    def primitiveOperation1() : Unit = {

    }

    def primitiveOperation2() : Unit = {

    }
}
```

Código 69 – Template Method Orientação a Objetos

Contexto Funcional

No contexto funcional, a mesma ideia pode ser alcançada através de funções de alta ordem e composição de funções. Nosso método template é uma função simples que recebe como parâmetro todas as funções necessárias para executar o algoritmo pré-definido. Caso haja alguma função comum para todas as possíveis versões do algoritmo, essa é simplesmente chamada dentro do método template como uma função comum.

Para definir uma implementação do algoritmo, basta definir uma nova função que é a combinação do método template com as funções que representam as etapas do algoritmo. Essa função executa as etapas definidas sequencialmente, da mesma forma que a implementação do Template Method orientado a objetos.

```
    def predefinedOperation() : Unit =
```

```
    def templateMethod(primitiveOperation1 : () => Unit,
    primitiveOperation2 : () => Unit) = {
        primitiveOperation1()
        predefinedOperation()
        primitiveOperation2()
    }

    def primitiveOperation1() : Unit =


    def primitiveOperation2() : Unit =


    def algorithmImplementation = templateMethod(primitiveOperation1,
    primitiveOperation2)
```

Código 70 – Template Method Funcional

Existe ainda uma vantagem do Template Method funcional sobre o Orientado a Objetos: É possível definir novos templates com operações pré-definidas facilmente criando uma combinação de funções que não recebe todas as funções do algoritmo original: [melhorar isso aqui]

Porém, uma sequência de chamadas de função se parece mais com uma implementação imperativa usando funções de alta ordem do que uma implementação funcional. Normalmente, é desejado implementar funções puras, sem efeitos colaterais. Para isso, seria interessante que o template method aproveitasse o valor de saída de uma das funções da sequência como a entrada para a próxima função. Isso pode ser alcançado encapsulando essa sequência de chamadas em um Monad:

Código 71 – Template Method Funcional: Monads

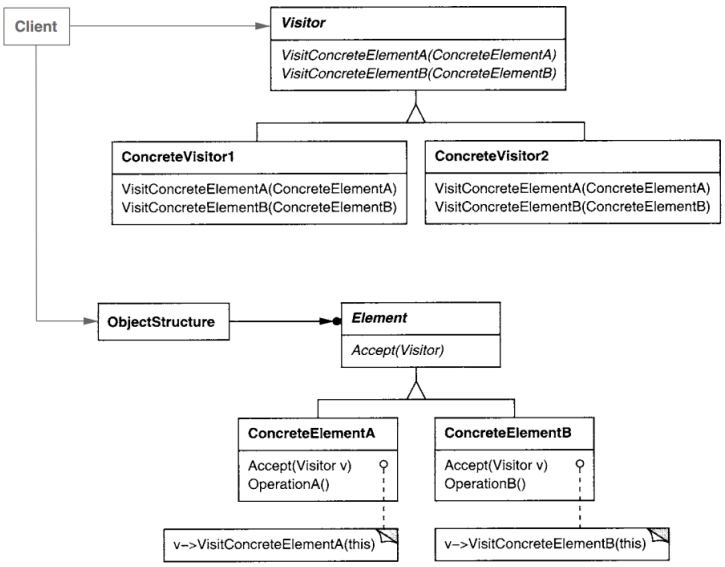
É importante ressaltar que o primeiro exemplo funcional apresentado já implementa o Template Method. A forma como as funções são chamadas dentro da método template não é a parte importante do padrão, portanto essas funções podem ser chamadas de qualquer forma, até mesmo criando uma nova composição de funções. Porém, como os exemplos de Template Method sempre abordam a ideia de um algoritmo (sequência de passos) que remetem ao paradigma imperativo, é interessante mostrar que existe uma alternativa para essa abordagem do ponto de vista funcional também.

8.11 Visitor

O padrão Visitor define uma estrutura que permite implementar operações em um objeto ou em uma coleção de objetos sem alterar sua implementação. Para isso, é definida uma classe abstrata que define as operações que o Visitor deve implementar para cada tipo de elemento da coleção. Dessa forma, cada objeto da coleção implementa apenas uma operação, que recebe um Visitor genérico e realiza a operação desejada sem conhecê-la.

Esse padrão permite estender objetos para novas operações sem comprometer sua implementação ou poluir as classes com diversas operações que não são de sua responsabilidade. Ele também permite que operações diferentes sejam executadas dependentes da implementação do objeto. Por exemplo, em uma coleção de objetos do tipo da interface A que é implementada por objetos do tipo B e C, um Visitor pode realizar uma operação diferente se o objeto for do tipo B ou do tipo C.

Figura 43 – Estrutura do Visitor



Exemplo Orientado a Objetos

Figura 44 – Exemplo de Visitor

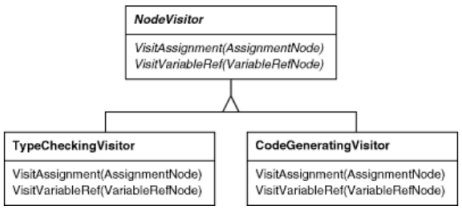
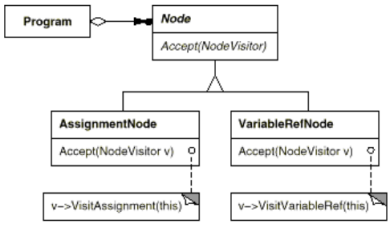


Figura 45 – Exemplo de Estrutura Visitada



Código 72 – Visitor Orientação a Objetos

Contexto Funcional

Código 73 – Visitor Funcional

Parte IV

Resultados

9 Conclusão

Sed consequat tellus et tortor. Ut tempor laoreet quam. Nullam id wisi a libero tristique semper. Nullam nisl massa, rutrum ut, egestas semper, mollis id, leo. Nulla ac massa eu risus blandit mattis. Mauris ut nunc. In hac habitasse platea dictumst. Aliquam eget tortor. Quisque dapibus pede in erat. Nunc enim. In dui nulla, commodo at, consectetuer nec, malesuada nec, elit. Aliquam ornare tellus eu urna. Sed nec metus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.

Phasellus id magna. Duis malesuada interdum arcu. Integer metus. Morbi pulvinar pellentesque mi. Suspendisse sed est eu magna molestie egestas. Quisque mi lorem, pulvinar eget, egestas quis, luctus at, ante. Proin auctor vehicula purus. Fusce ac nisl aliquam ante hendrerit pellentesque. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi wisi. Etiam arcu mauris, facilisis sed, eleifend non, nonummy ut, pede. Cras ut lacus tempor metus mollis placerat. Vivamus eu tortor vel metus interdum malesuada.

Sed eleifend, eros sit amet faucibus elementum, urna sapien consectetuer mauris, quis egestas leo justo non risus. Morbi non felis ac libero vulputate fringilla. Mauris libero eros, lacinia non, sodales quis, dapibus porttitor, pede. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi dapibus mauris condimentum nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Etiam sit amet erat. Nulla varius. Etiam tincidunt dui vitae turpis. Donec leo. Morbi vulputate convallis est. Integer aliquet. Pellentesque aliquet sodales urna.

Referências

1 FORD, N. Functional design patterns - functional thinking. 2012. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/library/j-ft10/index.html>. Citado na página 15.

2 NORVIG, P. Design patterns in dynamic languages. 1996. Disponível em: <https://norvig.com/design-patterns/design-patterns.pdf>. Citado na página 15.

3 WLASCHIN, S. Functional programming design patterns. 2014. Disponível em: <https://fsharpforfunandprofit.com/fppatterns/>. Citado na página 15.

4 SIERRA, S. Clojure design patterns. 2013. Disponível em: <https://www.infoq.com/presentations/Clojure-Design-Patterns/>. Citado na página 15.

5 FUSCO, M. From gof to lambda. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rmer37g9AZM&t=122s>. Citado na página 15.

6 CHURCH, A. *A Set of Postulates for the Foundation of Logic*. [S.l.: s.n.], 1932. Citado na página 19.

7 CHURCH, A. *An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory*. [S.l.]: Hopkins, 1936. Citado na página 19.

8 MOL, L. D. Turing machines. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Winter 2019. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2019. Citado na página 19.

9 COPELAND, B. J. The church-turing thesis. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Summer 2020. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2020. Citado na página 19.

10 MLACHKAR; PHILLIPUS; ALVINJ. Pure functions. Disponível em: <https://docs.scala-lang.org/overviews/scala-book/pure-functions.html>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

11 CHIUSANO, P.; BJARNASON, R. *Functional Programming in Scala*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado 4 vezes nas páginas 19, 20, 21 e 22.

12 HIGGINBOTHAM, D. *Clojure for the Brave and True*. [S.l.: s.n.], 2016. Citado na página 20.

13 O'SULLIVAN, B.; STEWART, D.; GOERZEN, J. *Real World Haskell*. [S.l.: s.n.], 2008. Citado 3 vezes nas páginas 21, 22 e 23.

14 HAVERBEKE, M. *Eloquent Javascript*. [S.l.: s.n.], 2018. Citado na página 21.

15 DENERO, J. Composing functions. Disponível em: <https://composingprograms.com/pages/16-higher-order-functions.html>. Citado na página 21.

16 BUONANNO, E. *Functional Programming in C#: How to write better C# code*. [S.l.]: Manning, 2017. Citado na página 21.

17 MLACHKAR; ALVINJ. Passing functions around. Disponível em: <https://docs.scala-lang.org/overviews/scala-book/passing-functions-around.html>. Citado na página 21.

18 FOWLER, M. Lambda. 2004. Disponível em: <https://martinfowler.com/bliki/Lambda.html>. Citado na página 23.

19 GAMMA, E. et al. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-63361-2. Citado 3 vezes nas páginas 25, 27 e 29.

20 ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M. New York: [s.n.]. Citado na página 25.

21 MICROSOFT. Dependency injection in asp.net core. 2020. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/fundamentals/dependency-injection?view=aspnetcore-5.0>. Citado na página 29.

22 BEZERRA, E. *Princípios de Análises e Projeto de Sistemas com UML*. [S.l.: s.n.], 2006. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 43.

23 MLACHKAR; ALVINJ. Tuples. Disponível em: <https://docs.scala-lang.org/overviews/scala-book/tuples.html>. Citado na página 35.

24 SOMMERVILLE, I. *Software Engineering*. 9. ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 2010. ISBN 978-0-13-703515-1. Citado na página 36.

25 ARMSTRONG, D. The quarks of object-oriented development. 2006. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 41.

26 THOMSON, P. Existential haskell. 2020. Disponível em: <https://blog.sumtypeofway.com/posts/existential-haskell.html>. Citado na página 38.

27 MARMORSTEIN, R. Classless javascript. 2016. Disponível em: <https://gist.github.com/twitchard/5ec53360ae109bb32e26742ddbc4cc93>. Citado na página 38.

28 MODULE Systems and ML. 2004. Disponível em: <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse341/04wi/lectures/09-ml-modules.html>. Citado na página 38.

29 ORACLE. Object-oriented programming concepts. Disponível em: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/concepts/>. Citado na página 39.