UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

AUGUSTO BORANGA
RODRIGO FRANZOI SCROFERNEKER

Implementação de um Tower Defense em Swift - Entrega final

Relatório apresentado como requisito parcial para a obtenção de conceito na Disciplina de Modelos de Linguagens de Programação

Prof. Dr. Lucas Mello Schnorr
Orientador

Porto Alegre
2017

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

Este relatório discorre sobre o trabalho final da disciplina de Modelos de Linguagem de Programação, explicando as decisões tomadas e os requisitos cumpridos ao longo do desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho é implementar um problema computacional em dois paradigmas diferentes (Orientação a Objetos e Funcional) utilizando uma mesma linguagem.

Escolhemos implementar um jogo do gênero Tower Defense com a linguagem Swift.

Nosso código-fonte encontra-se no seguinte repositório:

`https://github.com/gutoboranga/tower-defense`

2 PROBLEMA

Escolhemos para implementar o problema do jogo Tower Defense.

Tower Defense é um subgênero de jogos de estratégia, onde o jogador deve defender seu território (que varia de acordo com a temática do jogo) contra o ataque de inimigos, podendo utilizar um montante inicial para adquirir elementos do jogo que o ajudem na defesa.

2.1 Dinâmica do jogo

Basicamente, há dois elementos essenciais em um jogo do estilo Tower Defense:

- Territórios ou propriedades com certa quantidade de vida (o esgotamento desta implica em fim de jogo), que o jogador deve defender;
- Inimigos (com outra quantidade de vida) atacando os territórios do jogador;

A dinâmica do jogo com estes elementos é de que há "ondas"de ataques dos inimigos ao jogador. Isto é, o ataque ocorre em partes, com pequenas pausas entre eles.

O jogador pode então, entre ou durante as ondas de ataques (isto varia de jogo para jogo), utilizar-se de subterfúgios que atrapalhem a missão dos inimigos (como por exemplo, posicionar obstáculos ou outras estruturas que os ataquem). A aquisição destes equipamentos de defesa custa um certo valor que é decrementado do montante disponível para o jogador.

O objetivo do jogador é sobreviver ao final das N ondas de ataques inimigos.

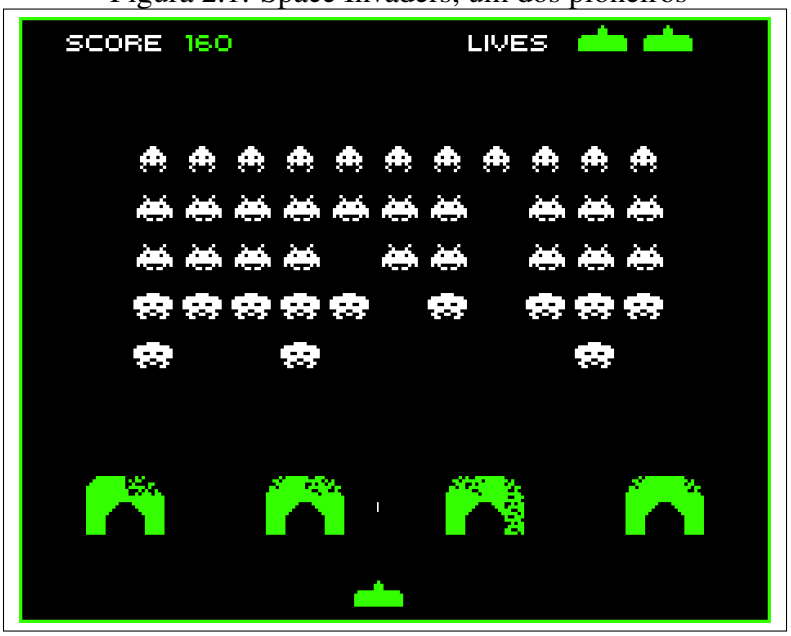
2.2 Historicamente

Os primeiros jogos de Tower Defense datam da década de 1980, considerada a Era de Ouro dos video-games.

No jogo *Space Invaders* - um clássico dos video-games lançado em 1978 -, o jogador deve defender seu território atirando em invasores alienígenas. É tido por uns como um precursor dos jogos de Tower Defense, mas isto é contestado por outros pelo fato de não possuir um elemento fundamental do gênero: a possibilidade de aquisição de elementos extras que auxiliem o jogador na defesa.

Já o jogo *Rampart* - lançado em 1990 -, é amplamente considerado como o jogo que definiu o gênero, por possuir todos os elementos fundamentais deste. Em *Rampart*, as fases de preparação (posicionamento dos itens de defesa), ação (momento em que a base é atacada e o jogador deve defendê-la) e reparação (consertar elementos danificados pelos ataques) são bem distintas. (WIKIPEDIA, 2017)

Figura 2.1: Space Invaders, um dos pioneiros



Fonte: http://fantendo.wikia.com/wiki/File:Space-Invaders.png

Figura 2.2: Rampart, o Tower Defense clássico

Fonte: http://www.wikiwand.com/en/Rampart_(video_game)

3 LINGUAGEM

Swift é uma linguagem de programação multiparadigma que se apresenta como uma linguagem moderna e focada em três aspectos: segurança, performance e suporte à aplicação de design patterns.

Mesmo sendo consideravelmente recente, Swift demonstra uma comunidade de bom tamanho, ficando em 11º nas linguagens mais populares e a 4ª mais amada no site stackoverflow em 2017. (STACKOVERFLOW, 2017)

Neste capítulo daremos um panorama a respeito da linguagem adotada, explanando acerca de suas origens e discutindo seus pontos positivos e negativos.

3.1 História

Swift é uma das linguagens de programação mais recentes desenvolvidas no mercado. Foi apresentada em 2014 na WWDC (Worldwide Developers Conference, evento organizado pela Apple para divulgação de novos produtos e features).

Baseada e influenciada por Objective-C, Ruby e Python, se mostrou uma linguagem poderosa e de fácil compreensão (devido principalmente, à sua sintaxe simples).

Inicialmente, Swift era de uso exclusivo por usuários de Mac OS, visto que este era o único sistema operacional habilitado a compilar a linguagem. Em dezembro de 2015, porém, um grande anúncio mudou o jogo: Swift viraria open source, abrindo um leque ainda maior de possibilidades de uso para a linguagem.

3.2 Aspectos técnicos

Swift é uma linguagem multiparadigma, suportando programação funcional e também oferecendo recursos de Orientação a Objetos, como classes e protocolos.

A linguagem possui tipagem estática, o que proporciona maior segurança (garantia dos tipos de dados esperados no código, evitando erros de tipos) e performance (não há gasto de máquina com checagem dos tipos) às aplicações que a utilizam.

Por ter sido construída pela Apple, possui alta integração com Obj-C, outra linguagem utilizada no ambiente da Apple. Assim sendo, o programador que utiliza Swift tem à sua disposição uma série de bibliotecas em Obj-C, como por exemplo *SpriteKit*, a

biblioteca de construção de jogos que utilizaremos no desenvolvimento do trabalho.

Sua sintaxe foi pensada para ser o mais simples e expressiva possível, tornando o código mais fácil de ler e escrever. (CODEMENTOR, 2016)

3.3 Utilização

Mesmo sendo uma linguagem relativamente recente, Swift agradou a comunidade de desenvolvimento. Na pesquisa do site stackoverflow realizada em 2017, Swift ficou em 4º lugar nas linguagens preferidas pelos usuários.

Suas principais aplicações são:

- **Mobile**: Swift é a linguagem oficial para desenvolvimento de aplicativos para a plataforma iOS. Obj-C também é suportada em iOS, mas o programador mobile é encorajado pela própria Apple a utilizar Swift por esta ser uma linguagem mais recente e simples de usar;

- **Desktop**: Similar à plataforma mobile (citada acima), aplicações para o sistema operacional dos computadores da Apple (macOS, antigamente chamado OS X) também podem ser escritas em Swift;

- **Servidor**: Além disso, Swift também pode ser utilizado para o desenvolvimento de aplicações no lado do servidor. Existem alguns frameworks e toolkits (como o Perfect) que auxiliam o desenvolvedor nesta tarefa.

3.4 Motivo da escolha

Optamos por Swift por dois motivos:

- Ambos os integrantes do grupo tem familiaridade com a linguagem, devido a experiência prévia desenvolvendo aplicativos mobile.

- Swift é uma linguagem muito intuitiva e possui uma variedade de bibliotecas auxiliares disponíveis.

3.5 Análise

Ao término do trabalho estamos habilitados para fazer uma análise mais técnica da linguagem. Para isto, usaremos as características presentes no Formulário de Avaliação de Linguagens (SCHNORR, 2017).

3.5.1 Simplicidade

Nota: 9/10

Swift se mostrou uma linguagem muito simples. Suas operações são bem específicas e claras. Além disso, é possível perceber que ao longo do amadurecimento da linguagem, muitas ambiguidades foram retiradas, por exemplo, cont++ já foi possível fazer em versões anteriores da linguagem, hoje não é mais possível, pois era ambígua com cont += 1.

```
self.score += value
```

3.5.2 Ortogonalidade

Nota: 7/10

Apesar de muito simples de utilizar e com uma expectativa muito alta, Swift deixou um pouco a desejar quanto a Ortogonalidade.

```
let action = SKAction.resize(toWidth:  CGFloat(self.actualLife
 Double(lifeBarSize) / self.life) , duration:  0.2)
```

Como podemos observar no trecho de código acima, muitas vezes fomos obrigados a mudar o tipo de alguns valores, pois não era possível fazer operações entre os tipos primitivos da linguagem.

3.5.3 Estrutura de Controle

Nota: 9/10

A linguagem de programação apresentou uma variada disposição de estrutura de

controle, além disso elas são bem expressivas e legíveis:

```
switch button.name!  {
    case "speed":
        tower = SpeedTower(size:  s, position:  p)
    case "damage":
        tower = DamageTower(size:  s, position:  p)
    case "range":
        tower = RangeTower(size:  s, position:  p)
    default:
        tower = DoubleShotTower(size:  s, position:  p)
}

for tower in towers {
    if let tower = tower as?  Tower {
        if tower.contains(point) {
            tower.towerMenu.activate()
            tower.towerMenu.mouseDown(with:  event)
        } else {
            tower.towerMenu.disable()
        }
    }
}

towers.forEach({ tower in
    (tower as!  Tower).towerMenu.disable()
})
```

3.5.4 Tipos de Dados

Nota: 9/10

Swift possui em seu âmago os tipos de dados básicos que são necessários para o desenvolvimento de estruturas de dados mais específicas. Eles são bastante expressivos e possuem nomes claros.

Traz em seu core os tipos primários de coleções de dados Array, Dictionary e Set, e introduz o conceito de tuplas, ausente no seu antecessor Objective-C.

3.5.5 Estruturas de Dados

Nota: 9/10

A criação de estrutura de dados, bem como o uso das existentes nas bibliotecas oficiais da linguagem são bastante concisas e expressivas.

3.5.6 Suporte a Abstração de Dados

Nota: 8/10

Swift torna bastante prática a criação e uso de abstrações de dados, dando maior flexibilidade para o programador.

Além disso, os tipos de dados abstratos que podem ser criados cobrem boa parte (se não todas) das necessidades do programador: classes, tipos genéricos (representados em Swift por Any e AnyObject), enums e structs, por exemplo.

3.5.7 Suporte a Abstração de Controle

Nota: 8/10

Swift possui um grande suporte à criação e ao reuso de abstrações de controle, como subrotinas e afins. Não sentimos falta de nenhum mecanismo de definição necessário ao bom desenvolvimento.

3.5.8 Expressividade

Nota: 9/10

Swift é uma linguagem bastante expressiva. Isto é, poucos comandos em Swift representam muitos comandos em linguagem de máquina.

3.5.9 Checagem de Tipos

Nota: 8/10

Swift possui checagem de tipos estática e dinâmica. A estática opera sobre o código fonte, analisando erros de associação de valores e variáveis com tipos diferentes, bem como chamadas de métodos ausentes na implementação da classe de um certo objeto. Já a dinâmica verifica o tipo de objetos em tempo de execução, verificando tipos que eram desconhecidos em tempo de compilação (possibilitando, por exemplo, o uso de *casting* na execução do programa).

3.5.10 Restrições de Aliasing

Nota: ?

TODO

3.5.11 Suporte ao Tratamento de Exceções

Nota: 7/10

O tratamento de exceções é relativamente simples de ser implementado em Swift. Possui, bem como a maior parte dos conceitos em Swift, uma sintaxe clara. Um exemplo (não retirado de nosso código-fonte):

```
do {
    try takeOff(plane:  "boeing737")
} catch PlaneError.PlaneIsLackingGas {
    print("The plane is lacking gas.")
} catch PlaneError.PilotIsGone {
    print("The pilot is gone")
}
```

3.5.12 Portabilidade

Nota: 6/10

A linguagem tornou-se *open source* há pouco tempo. Portanto, a portabilidade aumentou bastante de lá pra cá. Entretanto, seu maior uso ainda é em sistemas fechados, como o desenvolvimento para plataformas proprietárias: iOS, macOS e watchOS (todos da Apple), por exemplo.

3.5.13 Reusabilidade

Nota: 7/10

A linguagem permite a criação de frameworks, que podem ser distribuídos através de gerenciadores de dependências (como o *Cocoa Pods*, por exemplo). Isto promove a reusabilidade de projetos em Swift.

3.5.14 Tamanho de Código

Nota: 9/10

A linguagem permite expressar muitas ações em poucas linhas de código, se comparada com funções correspondentes em C ou Objective-C.

4 IMPLEMENTAÇÃO

4.1 Paradigma Orientado a Objetos

Na primeira etapa do trabalho, optamos por implementar o jogo usando Orientação a Objetos devido a conhecimento prévio de ambos integrantes do grupo.

Acreditamos que será mais fácil implementar o jogo no paradigma funcional como segunda etapa ao invés da primeira, pois agora temos um conhecimento maior acerca da linguagem e das regras do próprio jogo.

4.1.1 Requisitos

A seguir está a lista de requisitos para o paradigma de Orientação a Objetos. Para cada requisito cumprido na implementação, há um exemplo retirado do nosso código-fonte.

4.1.1.1 Classes

Especificar e utilizar classes (utilitárias ou para representar as estruturas de dados utilizadas pelo programa).

Utilizamos diversas classes no projeto inteiro, seguindo o padrão MVC com leves alterações devido à presença do conceito de GameScene, trazido pela biblioteca de jogos SpriteKit.

Exemplo: classe `Projectile`, que representa um projétil atirado pelas torres do jogo.

```
class Projectile:  StandardBlock {
    ...
}
```

4.1.1.2 Encapsulamento

Fazer uso de encapsulamento e proteção dos atributos, com os devidos métodos de manipulação (setters/getters) ou propriedades de acesso, em especial com validação dos valores (parâmetros) para que estejam dentro do esperado ou gerem exceções caso contrário.

Exemplo:

Praticamos onde possível (e necessária) a proteção dos atributos. Por exemplo, na classe `LifeBar`, que representa a porcentagem de vida dos personagens do jogo (e seu elemento visual, no formato de uma barra que muda de acordo com o valor associado), há as seguintes funções de get e set.

```
public func getLife() -> Double {
    return self.actualLife
}

public func setLife(newValue:  Double) {
    self.actualLife = newValue
}
```

O objetivo aqui é proteger o atributo privado `actualLife`, que representa o quanto de vida o objeto que possui este `LifeBar` ainda possui dentro do jogo.

4.1.1.3 Construtores-Padrão

Especificação e uso de construtores-padrão para a inicialização dos atributos e, sempre que possível, de construtores alternativos.

Na maioria das classes implementadas, criamos apenas um construtor - com parâmetros - pois não encontramos necessidade de criar construtores padrão, uma vez que em Swift pode-se inicializar os atributos de uma classe junto com sua declaração. Ao adotar esta prática, os atributos já terão valores default na criação do objeto.

Na classe `Enemy`, temos um construtor padrão que inicializa os elementos que ainda não haviam sido inicializados na declaração e chamamos o método `init` da classe pai (super.init(parâmetros)).

4.1.1.4 Destrutores

Especificação e uso de destrutores (ou métodos de finalização), quando necessário.

Não houve necessidade de criar destrutores nas classes implementadas pois o framework utilizado lida com a desalocação de memória de maneira competente.

4.1.1.5 Espaços de nome

Organizar o código em espaços de nome diferenciados, conforme a função ou estrutura de cada classe ou módulo de programa.

Não foi implementado.

4.1.1.6 Herança

Usar mecanismo de herança, em especial com a especificação de pelo menos três níveis de hierarquia, sendo pelo menos um deles correspondente a uma classe abstrata, mais genérica, a ser implementada nas classes-filhas.

Exemplo:

Temos a classe `StandardBlock`, que é uma classe abstrata da qual a maioria dos personagens do jogo herda. `StandardBlock` possui apenas um atributo de orientação no espaço e métodos para manipular este atributo.

Dentre suas herdeiras está a classe `Enemy`, que representa o tipo genérico de todos os inimigos presentes no jogo. Esta classe possui atributos e métodos comuns a todas as especificações de inimigos.

Por sua vez, `Enemy` possui algumas classes herdeiras que especializam e personalizam o conceito genérico de inimigo, com implementações específicas de funções genéricas de acordo com as características deste personagem. Por exemplo, temos a classe `AstronautEnemy`, que representa o personagem astronauta.

4.1.1.7 Polimorfismo por inclusão

Utilizar polimorfismo por inclusão (variável ou coleção genérica manipulando entidades de classes filhas, chamando métodos ou funções específicas correspondentes).

Como citado anteriormente na seção Herança, temos a classe `Enemy` representando a classe genérica dos inimigos no jogo. Ela possui alguns métodos que devem ser sobrecarregados pelas suas herdeiras, de acordo com as características destas.

Por exemplo, o método `getDamageValue()`, que retorna um Double representando o valor do dano que este inimigo causa ao atingir o castelo do jogador. Para a classe `AstronautEnemy` (que no âmbito do jogo representa um ser humano), esta função é implementada de forma a retornar o valor 0.7, enquanto que na classe `RoverEnemy` (que representa um veículo de exploração espacial, portanto mais forte do que um ser humano), a implementação desta função retorna o valor 2.0.

4.1.1.8 Polimorfismo paramétrico

Usar polimorfismo paramétrico através da especificação de *algoritmo* (método ou função genérico) utilizando o recurso oferecido pela linguagem (i.e., generics, templates ou similar) e da especificação de *estrutura de dados* genérica utilizando o recurso oferecido pela linguagem.

Exemplo:

Implementamos uma função que previne erros na física da colisão dos elementos do jogo. Esta função recebe dois parâmetros de qualquer tipo e retorna um booleano que indica se seu tipo (mais genérico) é o mesmo.

```
func sameType<T,E>(one :  T, two:  E) -> Bool {
    if type(of:  one) == type(of:  two) {
        return true
    }
    return false
}
```

4.1.1.9 Polimorfismo por sobrecarga

Usar polimorfismo por sobrecarga (vale construtores alternativos).

Utilizamos polimorfismo por sobrecarga na classe `Enemy`, onde temos duas implementações (com assinaturas diferentes) para a função `move()`:

- Uma delas é pública e não recebe parâmetros, tendo a seguinte assinatura, portanto:

  `public func move()`

  Esta serve para iniciar o movimento de um inimigo, e é chamada de fora da classe que a implementa, indicando o início do movimento de um inimigo.

- A segunda é privada e recebe como parâmetro uma lista de movimentos (pares ordenados x, y) a serem feitos pelo inimigo em questão. Sua assinatura é a seguinte:

  `private func move(_ newDir :  [[CGFloat]])`

  Nesta função privada, é realizado o movimento até a primeira posição (x, y) da lista recebida e após, são feitas chamadas recursivas passando como parâmetro a lista sem o primeiro elemento.

4.1.1.10 Delegates

Especificar e usar delegates.

Utilizamos o conceito de delegate (em Swift conhecido como protocol) para fazer a comunicação entre os elementos visuais do jogo (View, no padrão MVC) com a parte mais conceitual (Model) sem criar dependências desnecessárias entre estas classes.

Exemplo:

Na classe `Tower` (que modela o conceito de uma torre de defesa dentro do jogo), é declarado o seguinte delegate:

```
protocol TowerDelegate {
    func removeTower(tower :  Tower)
    func upgradeTower(tower:  Tower)
}
```

A classe que implementa este delegate é a `GameScene`. Ela é, portanto, a responsável por tomar as ações necessárias quando a classe `Tower` acionar algum dos métodos declarados neste protocol. Estas ações envolvem chamadas a métodos de outras classes. O uso deste delegate evita que a classe `Tower` fique acoplada a estas outras classes, deixando que a `GameScene` faça a comunicação necessária entre elas.

4.2 Paradigma Funcional

Na segunda etapa do trabalho, implementamos o jogo utilizando técnicas do paradigma de Programação Funcional. Não fizemos uma implementação completamente funcional devido à algumas limitações do framework utilizado para a criação do jogo, mas sempre que possível aplicamos os mecanismos de programação funcional vistos em aula.

4.2.1 Requisitos

A seguir estão listados os requisitos para o paradigma funcional. Para cada requisito cumprido na implementação, há um exemplo retirado do nosso código-fonte.

4.2.1.1 Elementos imutáveis e funções puras

Demos prioridade ao uso de elementos imutáveis sempre que possível. Uma exemplo disto é na manipulação de listas com recursão, em que criamos uma nova instância da lista e a passamos adiante, ao invés de alterar a lista original.

No item `recursão` abaixo, está o trecho de código completo, mas aqui a chamada recursiva que fazemos enviando como parâmetro um novo array, criado a partir do array atual, mas retirando o primeiro elemento.

```
self.spawnEnemy(Array(enemies.dropFirst()))
```

4.2.1.2 Funções lambda

Algumas funções que utilizamos recebem como parâmetro um pedaço de código (um `callback`, ou `completion`) a ser executado após certa instrução.

Nosso exemplo é a função `loseLife`, que faz com que um elemento do jogo tenha sua quantidade de vida descrescida em um dado valor, e após, executa o trecho de código recebido por parâmetro.

Declaração da função `loseLife`:

```
func loseLife(with damage:Double, completion:  () -> ()) {
    lifeBar.loseLife(with:  damage) {
        completion()
    }
}
```

Exemplo de chamada da função passando uma função anônima por parâmetro:

```
castle.loseLife(with:  enemy.getDamageValue(), completion:  {
    self.removeFromParent()
    self.gameDelegate?.endOfGame(won:  false, score:  self.score)
}
```

4.2.1.3 Currying

Não foi implementado.

4.2.1.4 Pattern matching

O tipo de pattern-matching que usamos é chamado em Swift `Value-binding pattern`. Este tipo é, em outras palavras, o uso do mecanismo de `switch` na asserção de valores possíveis acerca de uma variável ou constante.

```
switch button.name!
    case "speed":
        tower = SpeedTower(size:  s, position:  p)
    case "damage":
        tower = DamageTower(size:  s, position:  p)
    case "range":
        tower = RangeTower(size:  s, position:  p)
    default:
        tower = DoubleShotTower(size:  s, position:  p)

}
```

Além disso, utilizamos pattern matching nas `enumerations`:

```
var title :  String {
    switch self {
        case .won:
            return "You won!"
        default:
            return "Game over"
    }
}
```

Aqui, o `switch` tenta dar match no valor de `self` (o objeto do tipo do `enum`) com os possíveis valores (`won` ou `lost`, que fica como default) para retornar uma `String` associada.

4.2.1.5 Funções de ordem superior próprias

Não foi implementado.

4.2.1.6 Funções de ordem superior prontas

Utilizamos sempre que possível as funções de ordem superior oferecidas pela linguagem. Alguns exemplos:

Na função que trata o clique do usuário na tela, precisamos descobrir se no ponto x,y clicado há uma torre, para então tomar as devidas providências em caso positivo ou negativo. Para isto, aplicamos a função `reduce` (que retorna um valor ao final da iteração sobre a lista) sobre a lista de torres em atividade no momento, de modo a retornar um booleano no final que indica se alguma das torres foi clicada.

```
let foundTower = towers.reduce(false, { (hasFoundTowerYet, tower)
                                                    -> Bool in
    if let t = tower as?  Tower {
        if t.contains(point) {
            t.mouseDown(with:  event)
            return hasFoundTowerYet || true
        }
    }
    return hasFoundTowerYet || false
})
```

No menu final do jogo, há vários botões de ações que podem ser tomadas, entre elas recomeçar o jogo e voltar ao menu inicial. Para tratar o clique neste menu, precisamos descobrir se ele ocorreu em algum dos nodos (o nodeo é a estrutura básica do framework, para qualquer tipo de representação visual) que podem ser clicados (no caso, nodos de texto, os `SKLabelNode`). Isto é, precisamos filtrar os nodos que estavam no ponto x,y clicado para pegar apenas os nodos de texto.

```
let labelNodes = allNodes.filter({
    return $0.isMember(of:  SKLabelNode.self)
})
```

4.2.1.7 Funções como elementos de 1ª ordem

A função nodeIsClickable recebe um `SKNode` (elemento visual mais básico) e retorna um booleano. Serve como um filtro pra saber se será necessário tratar o clique

do usuário (se clicou em um nodo que desencadeia uma ação) ou se foi um clique sem consequências.

Implementação da função:

```
func nodeIsClickable(node:  SKNode) -> Bool {
    return node == self.newGameLabel!  ||
            node == self.quitLabel!  ||
            node == self.mainMenuLabel!
}
```

Uso com o método `first(where:  f)`, que recebe uma função do tipo `(SKNode) -> (Bool)` como parâmetro e retorna o primeiro elemento que satisfizer a condição da funcao recebida (ou seja, quando a função retornar true). Aqui referenciamos nossa função definida acima.

```
let labelToSelect = labelNodes.first(where:  nodeIsClickable)
```

4.2.1.8 Recursão

Utilizamos recursão em alguns momentos em que era necessário manipular listas passando adiante cópias da lista original removendo seus elementos. Nosso exemplo é da função `spawnEnemy`, que serve para adicionar os inimigos na tela.

```
func spawnEnemy(_ enemies:  [Int]) {
    self.enemiesToSpawn -= 1
    if let enemyType = enemies.first {
        run(SKAction.wait(forDuration:  enemiesDelay), completion:
        {
            self.handleEnemyTypes(type:  enemyType)
            self.spawnEnemy(Array(enemies.dropFirst()))
        })
    }
}
```

5 SCREENSHOTS

A seguir estão listados alguns screenshots tirados durante a execução do nosso jogo.

Figura 5.1: Menu inicial

Figura 5.2: Jogo em ação

Figura 5.3: Final do jogo: vitória

Figura 5.4: Final do jogo: derrota

6 CONCLUSÃO

Ao término do trabalho, podemos concluir que utilizar Orientação a Objetos em projetos que envolvem um grande número de entidades e elementos com diferentes características é muito apropriado.

Isto se deve ao fato de este paradigma se basear na criação de tipos abstratos (com seus atributos e métodos próprios), que permite uma maior separação nas responsabilidades de cada módulo do programa, resultando em um código-fonte mais organizado e conciso.

Já o paradigma funcional não se mostrou tão adequado a um projeto de larga escala com frameworks que dependem de outros paradigmas. Ao menos nossa experiência neste trabalho deixou a impressão de que um projeto grande totalmente funcional não é muito viável.

Entretanto, certos mecanismos associados ao paradigma funcional se mostraram bastante adequados ao projeto, mesmo junto com o uso de orientação a objetos. O uso de funções como *map*, *reduce*, *filter*, e etc reduz a complexidade do código e o torna mais legível e elegante. O mesmo vale para o uso de funções lambda, muito utilizadas em *Javascript* e linguagens de script em geral.

Podemos concluir, por fim, que este trabalho nos auxiliou no aprendizado - através da prática - dos conceitos apresentados em ambos modelos de linguagens de programação (Orientação a Objetos e Funcional) e também na observação dos pontos positivos e negativos de cada um.

REFERÊNCIAS

APPLE. **Swift - Apple Developer**. Available from Internet: <https://developer.apple.com/swift/>.

BIBTEX. **How to use BibTeX**. Available from Internet: <http://www.bibtex.org/Using/>.

BRANDT, H. **Functional Swift: Fold it, baby!** Available from Internet: <http://thepurecoder.com/functional-swift-fold-it-baby/>.

CODEMENTOR. **Why Learn Swift**. 2016. Available from Internet: <http://www.bestprogramminglanguagefor.me/why-learn-swift>.

GEISON. **Geison's Medium - Functional Swift**. Available from Internet: <https://medium.com/@geisonfgfg/functional-swift-41f1bed646d>.

LEE, B. **Intro to Swift Functional Programming with Bob**. Available from Internet: <https://blog.bobthedeveloper.io/intro-to-swift-functional-programming-with-bob-9c503ca14f13>.

O que é paradigma? - stackoverflow. Available from Internet: <https://pt.stackoverflow.com/questions/141624/o-que-%C3%A9-paradigma>.

REECE, D. **Best Tower Defense Games of All Time**. Available from Internet: <http://gameranx.com/features/id/13529/article/best-tower-defense-games/>.

SCHNORR, L. **CATP 01 Formulário**. 2017. Available from Internet: <https://github.com/schnorr/mlp/blob/master/catps/01/formulario.pdf>.

STACKOVERFLOW. **Stack Overflow - Developer Survey Results**. 2017. Available from Internet: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2017>.

SWIFT - Apple Developer - Functions. Available from Internet: <https://developer.apple.com/library/content/documentation/Swift/Conceptual/Swift_Programming_Language/Functions.html>.

WIKIPEDIA. **Tower Defense**. 2017. Available from Internet: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tower_defense>.

YAHEL, N. **An Introduction to Functional Programming in Swift**. Available from Internet: <https://www.raywenderlich.com/157123/introduction-functional-programming-swift-2>.