

# UmCarroJá: Análise e Teste de Software

Henrique Faria A82200 and Sandra Baptista PG35390

Departamento de Informática, Universidade do Minho

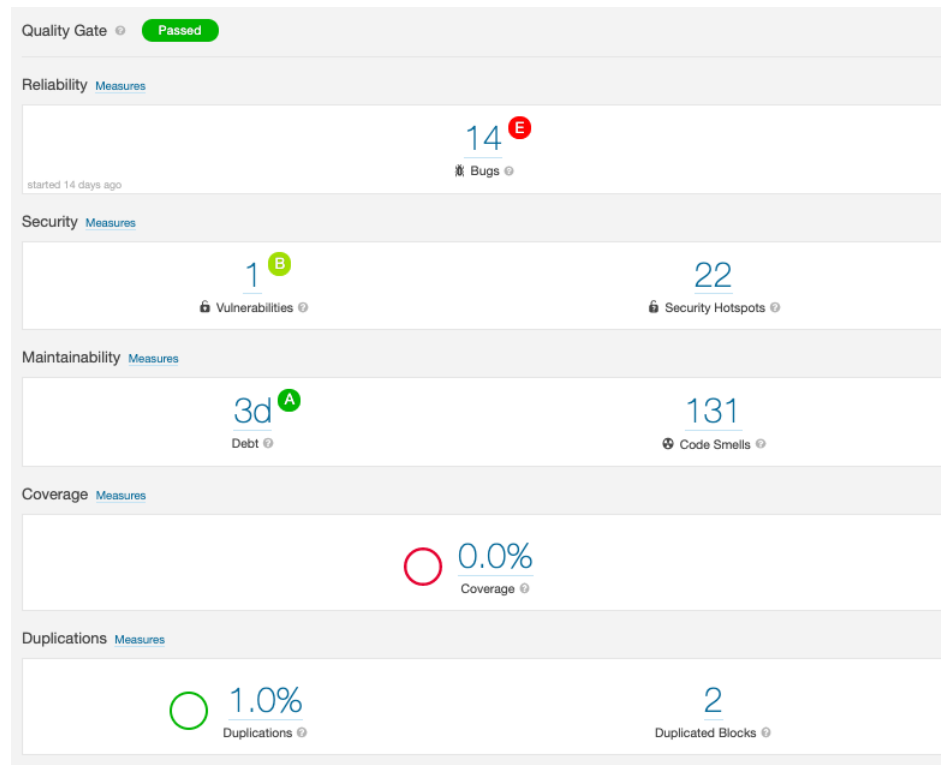
**Resumo** Neste trabalho propusemo-nos a analisar e testar o software feito no âmbito da disciplina de *Programação Orientada a Objetos*. Este relatório encontra-se estruturado em 4 secções: *Qualidade do Código Fonte*, *Refactoring da Aplicação*, *Teste da Aplicação* e *Análise de Desempenho da Aplicação*. Foram também utilizadas as seguintes ferramentas para realizar o trabalho: Eclipse, SonarQube, JStanley, IntelliJDEA, RAPL, EvoSuite.

**Palavras-chave:** Code Smells · Technical debt

## 1 Tarefa 1: Qualidade do Código Fonte

Nesta tarefa utilizamos o SonarQube com o intuito de obter uma avaliação de qualidade do código, com análise estática para detectar *bugs*, *code smells* e vulnerabilidades.

## 1.1 SonarQube



**Figura 1.** Menu geral de avaliação do SonarQube

Como se pode ver pela figura 1 este projeto possui alguns bugs, pelo menos 1 vulnerabilidade uma quantidade considerável de *code smells* e 2 blocos duplicados.

## 2 Tarefa 2: Refactoring da Aplicação

Na tarefa 2 utilizamos ferramentas para efectuar refactor e assim se eliminar os *bad smells* e *red smells* existentes no código fornecido.

O relatório detalhado dos tipos de erros e da sua gravidade bem como das respectivas soluções implementadas obteve-se com recurso ao Eclipse, já o relatório de erros surgiu da utilização do *Sonarqube* (incluindo as descrições dos erros e *code smells* encontrados):

## 2.1 Bugs

Versão com e sem *bugs*, com e sem *smells* (por tipos de *smells*).

- Não usar blocos *try/catch* ao escrever em ficheiros.  
Ficheiro: UMCarroJa.java

Podemos visualizar nas seguintes imagens o código analisado e a solução respetiva.

```
public void save(String fName) throws IOException {
    FileOutputStream a = new FileOutputStream(fName);
    ObjectOutputStream r = new ObjectOutputStream(a);
    r.writeObject(this);
    r.flush();
    r.close();
}
```

**Figura 2.** Código com bug

```
public static UMCarroJa read(String fName) throws IOException, ClassNotFoundException {
    FileInputStream r = new FileInputStream(fName);
    ObjectInputStream a = null;
    a = new ObjectInputStream(r);
    UMCarroJa u = null;
    try{
        u = (UMCarroJa) a.readObject();
    } catch(Exception e) {
        LOGGER.info("Can't read the specified file!!\n");
    } finally {
        a.close();
    }
    return u;
}
```

**Figura 3.** Código corrigido

- Não usar blocos *try/catch* ao ler de ficheiros.  
Ficheiro: UMCarroJa.java

Podemos visualizar nas seguintes imagens o código analisado e a solução respetiva.

```
public static UMCarroJa read(String fName) throws IOException, ClassNotFoundException {
    FileInputStream r = new FileInputStream(fName);
    ObjectInputStream a = new ObjectInputStream(r);
    UMCarroJa u = (UMCarroJa) a.readObject();
    a.close();
    return u;
}
```

**Figura 4.** Código com bug

```

public void save(String fName) throws IOException {
    FileOutputStream a = new FileOutputStream(fName);
    ObjectOutputStream r = null;
    r = new ObjectOutputStream(a);
    try{
        r.writeObject(this);
        r.flush();
    }catch(Exception e) {
        LOGGER.info("Can't write to file!!\n");
    } finally {
        r.close();
    }
}

```

**Figura 5.** Código corrigido

Note-se que é usado no fim dos blocos *try/catch* o bloco *finally* para fechar o descritor de escrita/leitura. Isto serve para, caso alguma coisa corra mal na escrita em/leitura de um ficheiro, o descritor ser fechado.

### Critical Bugs:

- Guardar e reutilizar variáveis random.  
Ficheiro: Traffic.java

Para resolver o problema basta verificar que o *random* estava a ser gerado sempre que a função *getTrafficDelay()* era invocada. Para resolver basta gerar o *random* uma única vez quando a classe for criada e usar o mesmo sempre que a função em causa for invocada.

```

class Traffic {
    Random b = new Random();
    public double getTrafficDelay(double delay) {
        int a = LocalDateTime.now().getHour();
        Random b = new Random();
        if(a == 18 || a == 8)
            return (b.nextDouble() % 0.6) + (delay % 0.2);
        if(a > 1 && a < 6)
            return (b.nextDouble() % 0.1) + (delay % 0.2);
        return (b.nextDouble() % 0.3) + (delay % 0.2);
    }
}

```

**Figura 6.** Recolocação do método de geração de um número *Random*

### Major Bugs:

- Não obrigar a usar o método redefinido usando *override*.  
Ficheiro: Car.java

Para resolver este problema da forma mais simples foi preciso renomear o método *equals* para o método *isEqual*, visto que usar um *@Override* sobre

este método obrigaria a implementação um método de super tipo e da função *hashCode()*.

```
public boolean isEqual(CarType a) {
    return a == this || a == any;
}
```

**Figura 7.** Definição da função isEqual

### Minor Bugs:

- Obrigar o override do equals e não o do método *hashCode()*.  
Ficheiros: Car.java, Cars.java, Cliente.java, Owner.java, Parser.java, Rental.java, Rentals.java, User.java, Users.java.

Para corrigir este problema, basta definir um *hashCode()* que chame o método *super.hashCode()* como se pode ver na figura seguinte.

```
@Override
public int hashCode() {
    return super.hashCode();
}
```

**Figura 8.** Solução do problema de @Override do método hashCode

## 2.2 Vulnerabilitys

- Utilizar *printStackTrace()* pode revelar informação sensível sobre o nosso código.  
Ficheiro: Parser.java

Para evitar que tal vulnerabilidade ocorra, o *printStackTrace()* foi substituído por um *LOGGER.info()* que imprime uma mensagem de erro pré-determinada que não revela nada sobre a implementação do código que a originou.

```
} catch (IOException e) {
    e.printStackTrace();
    String msg = "IOException";
    LOGGER.info(msg);
}
```

**Figura 9.** Solução do problema de *Override* do método *hashCode*

## 2.3 CodeSmells

### Critical CodeSmells:

- Possuir um método complexo com cerca de 290 linhas, é muito difícil manter e até mesmo perceber um código tão extenso.  
Ficheiro: Controller.java

Para resolver o problema cada case do *switch* foi dividido em 1 função de complexidade inferior de média 15 linhas. podemos ver nas duas figuras em baixo, um dos cases e a função para o qual foi passado o código correspondente.

```
case Login:
    error = caseLogin();
    break;

public String caseLogin() {
    String error = "";
    try {
        NewLogin r = menu.newLogin(error);
        user = model.login(r.getUser(), r.getPassword());
        menu.selectOption((user instanceof Client)? Menu.MenuInd.Client : Menu.MenuInd.Owner);
        error = "";
    }
    catch (InvalidUserException e){ error = "Invalid Username"; }
    catch (WrongPasswordException e){ error = "Invalid Password"; }
    return error;
}
```

**Figura 10.** Solução do problema de complexidade extrema do método run()

- Repetir várias vezes a atribuição da mesma string pode tornar o código confuso e ineficiente.

Para ultrapassar essa dificuldade essa string passou a ser criada e guarda numa constante quando um objeto da classe é inicializado e essa constante é depois atribuída quando necessário.

Ficheiros: Controller.java, Rental.java, Weather.java e Menu.java

- Usar switch sem caso *default*:. Bastou substituir o ultimo case "...": por *default*: para cumprir o mesmo objetivo do código anterior. No caso do ficheiro Menu.java o default foi adicionado após todos os cases existentes para garantir que o programa corria da forma correta.  
Ficheiros: Controller.java, Car.java, Parser.java e Menu.java
- Ter constantes numa enumeração escritas em letras minúsculas. Basta escreve-las em maiúsculas para que passem a seguir a convenção. Para além disso todas as ocorrências destas palavras sofrerão a mesma modificação. Ficheiros: Car.java e Menu.java

- Atualizar uma variável `static` através de um método não estático.  
Ficheiro: `Rentals.java`

Para contornar este problema, transformou-se a variável *static private int id* em *private int id*.

### Major CodeSmells:

- A existência de blocos `try/catch` vazios não afeta o desempenho da aplicação mas pode ser um erro de falta de código, neste caso, assumimos que foi deixado propositadamente vazio, logo para não alterar o código restante preencheu-se o bloco com a atribuição de uma `String` vazia á variável `erro`.  
Ficheiros: `Controller.java` e `Main.java`

```
catch (UnknownCompareTypeException ignored) {error = "";}}
```

**Figura 11.** Preenchimento do bloco vazio com uma linha de código que não afeta a aplicação

- A existência de blocos `try/catch` dentro de um `case` não é uma boa prática, deve-se criar um método e usar o `try/catch` dentro desta, sendo depois o método chamado dentro do `case`.  
Ficheiros: `Parser.java`

Para corrigir isto basta criar o método com o bloco `try/catch` lá dentro.

- A utilização de uma classe que reporta uma exceção e não estende a class `Exception` viola a convenção, para corrigir o erro mudou-se a expressão *extends Throwable* para *extends Exception*.  
Ficheiros: `InvalidNewRentalException.java` e `InvalidNumberOfArgumentsException.java`

O código corrigido é apresentado na seguinte figura.

```
public class InvalidNewRentalException extends Exception {
    private static final long serialVersionUID = 4378462538950802892L;
}
```

**Figura 12.** Troca de `Throwable` por `Exception`

- A utilização de uma classe que reporta uma exceção e não entende a class `Exception` viola a convenção, para corrigir o erro mudou-se a expressão *extends Throwable* para *extends Exception*.

Ficheiros: InvalidNewRentalException.java e InvalidNumberOfArgumentsException.java

O código corrigido é apresentado na seguinte imagem.

```
public class InvalidNewRentalException extends Exception {
    private static final long serialVersionUID = 4378462538950802892L;
}
```

**Figura 13.** Troca de Throwable por Exception

- Ao reportar algo o utilizador deve ser capaz de aceder aos logs facilmente, estes logs têm de ter um formato uniforme, devem ser guardados e dados sensíveis devem ser guardados de forma segura. A utilização de `LOGGER.info()` pode comprometer um destes aspetos. Portanto tivemos de importar a biblioteca `-textitjava.util.logging.Logger` e criar um *Logger* para guardar o output disponibilizado ao utilizador.

Ficheiros: Main.java e Menu.java

O código com o Logger é apresentado na seguinte imagem.

```
import java.util.logging.Logger;

public class Main {
    private final static Logger LOGGER = Logger.getLogger(Main.class.getName());
    public static void main(String[] args) {
        UMCarroJa model = new UMCarroJa();

        try {
            model = UMCarroJa.read(".tmp");
            LOGGER.info("adasdsada1");
        }
        catch (IOException | ClassNotFoundException e) {
            LOGGER.info("adasdsada2");
            new Parser("db/logsP00_carregamentoInicial.bak", model);
        }
        try { Thread.sleep(10000);} catch (Exception e) {}
        new Controller(model).run();
        try {
            model.save(".tmp");
        }
        catch (IOException ignored) {}
    }
}
```

**Figura 14.** Uso de Logger para seguir requerimentos dos outputs

- A utilização de muito parâmetros pode significar que esta classe está a fazer muitas coisas.



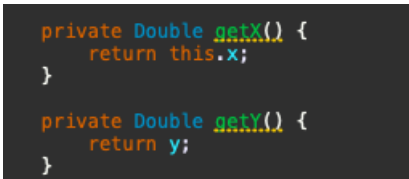
Ficheiros: Car.java e RegisterCar.java

Achamos por bem para já não alterar este codeSmell, pois a função recebe 9 argumentos quando só devia receber no máximo 7. O excesso de parâmetros não prejudica o desempenho de forma alguma.

- A presença de métodos que não são utilizados (dead code) deve ser removida.

Ficheiros: Point.java e StringBetter.java

Na figura em baixo podemos ver um exemplo dos métodos removidos. Na classe StringBetter.java removeu-se o método setStr().



```
private Double getX() {
    return this.x;
}

private Double getY() {
    return y;
}
```

**Figura 15.** Métodos removidos da classe Point.java

- A presença de uma variável com o mesmo nome da classe em que se insere pode confundir, as boas práticas indicam que devem ser nomes distintos. Portanto a variável *menu* foi renomeada para *mymenu*.

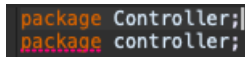
Ficheiro: Menu.java

### Minor CodeSmells:

- Nomes de pacotes com letras maiúsculas.  
Ficheiros: todos os packages excepto o main.java.

Para resolver este problema basta substituir as letras maiúsculas nos nomes dos packages por minúsculas, o eclipse trata de renomear o nome do package nas declarações feitas dentro dos ficheiros do próprio package.

Em seguida temos um exemplo da correção de uma dessas ocorrências.



```
package Controller;
package controller;
```

**Figura 16.** Solução do problema de renomear packages

- Utilização de métodos ineficientemente.  
Ficheiros: Controller.java e Menu.java.

Neste caso num if é utilizado o método `size()` do `ArrayList` e seguidamente verifica-se se o array está vazio. A solução para esta ineficiência passa por invocar o método `isEmpty()` do `ArrayList`.

Em seguida temos um exemplo da correção de uma dessas ocorrências.

```
if (lR.size() == 0){
```

**Figura 17.** Solução do problema de ineficiência no uso de funções de Coleções na classe Controller

Como na classe *Menu.java* foi preciso trocar a execução do if com o else, para uma melhor percepção do que foi feito, a mudança será mostrada no figura seguinte.

```
if (this.prev.size() > 0) {
    this.menu = this.prev.pop();
    this.pickChildMenus();
} else {
    this.run = false;
}

if (this.prev.isEmpty()) {
    this.run = false;
} else {
    this.menu = this.prev.pop();
    this.pickChildMenus();
}
```

**Figura 18.** Solução do problema de ineficiência no uso de funções de Coleções na classe Menu

- Classe sem package.  
Ficheiro: main.java.

Neste caso basta declarar o package a que a classe pertence, como se pode ver na figura seguinte.

```
package main.java;
```

**Figura 19.** Declaração do package a que a classe main.java pertence

- Utilização de métodos ineficientemente.  
Ficheiro: Car.java.

Para colmatar a ineficiência do código basta mudar a negação de uma operação de `>`, extremamente custosa, para uma operação de `>=` que tem o

mesmo efeito.

A resolução encontra-se na figura seguinte.

```
return (this.position.distanceBetweenPoints(dest) * 1.2 <= this.range);
return !(this.position.distanceBetweenPoints(dest) * 1.2 > this.range);
```

**Figura 20.** Solução do problema de ineficiência do return

- Declaração de um clone() sem implementar Cloneable.  
Ficheiros: Car.java, Cars.java, Cliente.java, Owner.java e Point.java.

Para resolver o problema basta mudar o nome dest para myclone no método, como se pode ver na seguinte figura.

```
public Car myclone() {
    return new Car(this);
}
```

**Figura 21.** Implementação do método clone() da classe Car

- Método devolve ArrayList em vez de List, dando informação sobre a implementação do método.  
Ficheiros: Cars.java e Owner.java.

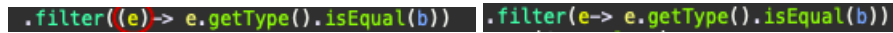
Para resolver o problema basta por o método a devolver uma interface genérica.

Note-se que as funções que invocam estes métodos devem ser corrigidas declarando o tipo recebido com (*ArrayList<Rental>*).

```
public ArrayList<Car> listOfCarType(Car.CarType b) {
    public List<Car> listOfCarType(Car.CarType b) {
```

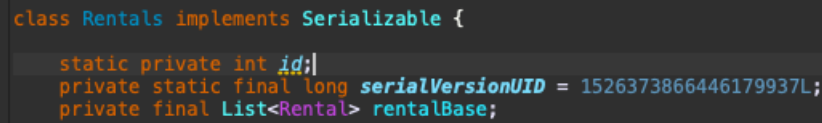
**Figura 22.** Exemplo da mudança do tipo de interface retornada por um método

- Utilização desnecessária de parêntesis num filter.  
Ficheiros: Cars.java e UmCarroJa.java.



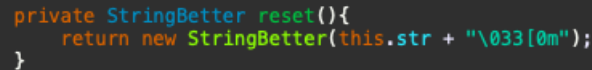
**Figura 23.** filter sem parêntesis

- Declaração de variáveis pela ordem errada, dificultando a leitura do código, estão declaradas da seguinte ordem: static final, final, private. Na figura podemos ver a ordem reescrita da forma correta.  
Ficheiro: Rentals.java.



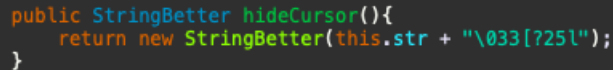
**Figura 24.** Ordenação correta das declarações de variáveis

- Declaração de um método em com a primeira letra maiúscula, o nome Original deste era *RESET()*.  
Ficheiro: StringBetter.java.



**Figura 25.** Declaração correta do método, usando letra minúscula no início

- Declaração de um método fazendo uso de um underscore no seu nome, seguindo a expressão regular da nomeação de métodos estes não devem ter underscore. De seguida apresenta-se um exemplo de um dos métodos corrigidos.  
Ficheiro: StringBetter.java.



**Figura 26.** Declaração correta do método retirando o underscore e substituindo letra seguinte por maiúscula

- Declaração de variáveis começadas por letra maiúscula.  
Ficheiro: NewLogin.java.

Apesar de não ser mostrado, no método NewLogin(), o nome e a password também foram modificado para fazer match com a renomeação demonstrada na figura.

```
private final String user;
private final String password;
```

**Figura 27.** Declaração correta das variáveis user e password

## 2.4 Security Hotspot

- A utilização da class *Random* não é segura por permitir que um atacante consiga prever o próximo random gerado e conseguir fazer-se passar por quem não deve.

para corrigir este problema bastou substituir a utilização de *Random* por *SecureRandom*. Ficheiros: Traffic.java e Weather.java

Adicionalmente foram tratados três problemas referidos pelo IDE Eclipse.

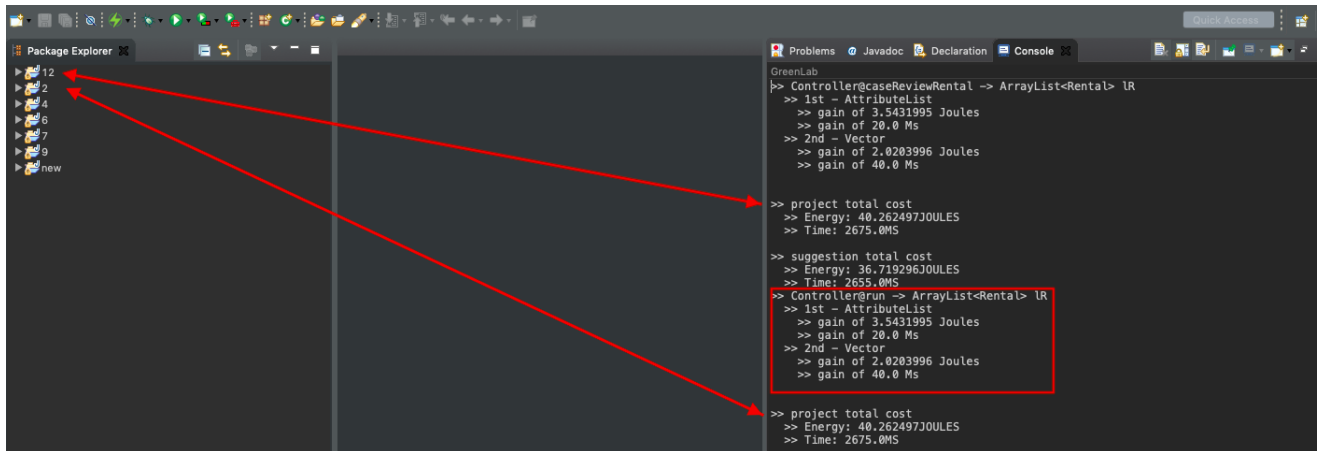
O primeiro problema diz respeito ao uso de uma variável error na classe Controller.java. Esta era usada para guardar uma mensagem explicativa do erro ocorrido durante a execução do programa, mas este nunca era mostrado ao utilizador caso ocorresse. Para isso bastou imprimir caso ocorra, com recurso ao System.out.println(), o erro obtido após um ciclo.

No segundo problema existe uma variável "private int id" no ficheiro Rentals.java que nunca é utilizada para nada, apenas é incrementada quando é adicionado um novo objeto rental mas não tem um propósito no código. Para resolver esta dependência bastou remover esta variável.

Por fim, na classe Menu.java em todos os métodos em que se criava um Scanner este nunca era fechado. Para resolver isto basta fechar o mesmo em todos esses métodos com a adição do código: "scanner.close();" no fim do mesmo.

## 2.5 Technical Debts

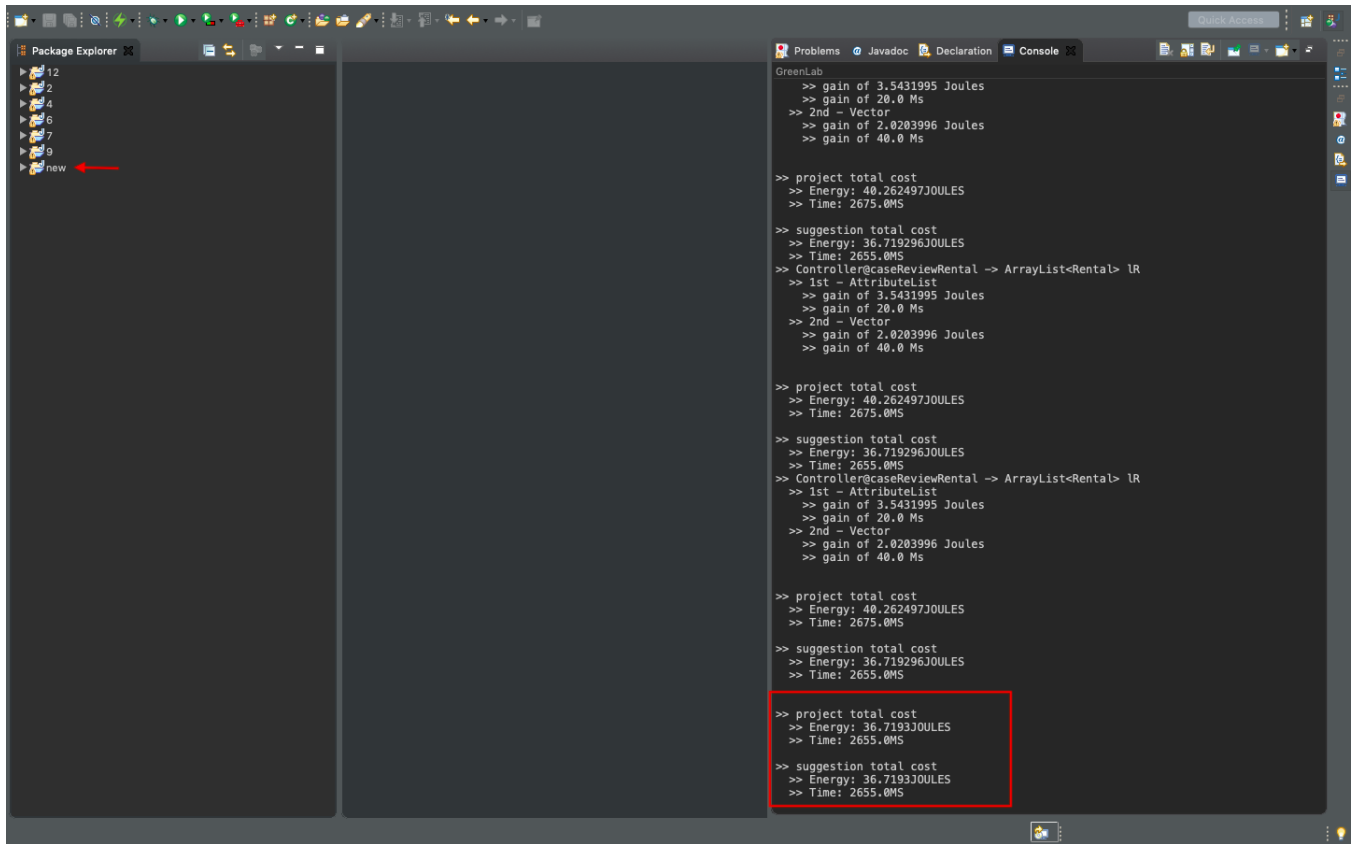
Ao fazer a análise dos technical debts foram analisadas versões guardadas no github que tenham sido modificadas de tal forma a que pudesse ter-se dado uma redução do tempo de execução estimado do programa. Os resultados obtidos pelo JStanley são mostrados na figura abaixo.



**Figura 28.** Resultados JStanley pré-correção de redSmells

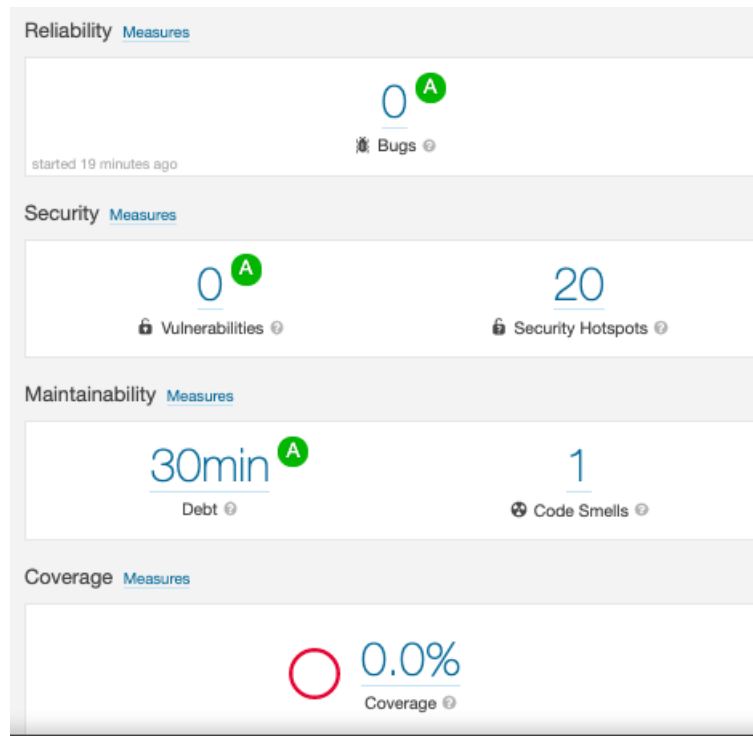
Como se pode ver pela figura não se obteve diferença entre as duas versões assinaladas, sendo a 2 a versão com todos os code Smells e bugs originais e a 12 a versão atualmente corrigida (as setas ajudam a visualizar melhor quais os tempos correspondentes). No entanto, convém atentar que o JStanley detetou formas de melhorar o tempo de resposta da aplicação e/ou de melhorar o custo deste, sendo estas assinaladas por um retângulo.

A correção escolhida foi a aplicação de um Attributelist em vez do ArrayList. A leitura após a implementação destas sugestões apresenta-se de seguida assinalada por um retângulo vermelho.



**Figura 29.** Resultados JStanley pós-correção de redSmells

Par após todos estes processos de correção de codeSmells e bugs, obtivemos o seguinte resultado no sonarQube.



**Figura 30.** Todo o código foi corrigido com sucesso



## 3 Teste da Aplicação

### 3.1 Testes Unitários

Os testes unitários foram realizados sobre a classe *Client.java*. Na figura abaixo pode-se ver a classe criada para os testes.

Nesta classe, criaram-se as seguintes variáveis globais:

- 2 pontos;
- 1 cliente;
- 1 owner;

Adicionalmente criaram-se variáveis do objeto Car e Rental para verificar a correção de alguns métodos da classe visada.

```
class ClientTest {
    Point p = new Point( x: 1.0, y: 1.0);
    Client u1 = new Client(p, email: "u1@gmail.com", passwd: "passU1", name: "u1 nome", address: "morada do u1", nif: 999111111);
    Owner o = new Owner( email: "emailDono@gmail.com", name: "Dono1", address: "moradaDono1", nif: 912123123, passwd: "dono123");
    Point dest = new Point( x: 2.0, y: 2.0);

    @Test
    void getPos() {
        Point p1 = u1.getPos();
        boolean boolean0 = p1.equals(p);
        assertTrue(boolean0);
    }

    @Test
    void addPendingRental() throws Exception{
        Car c = new Car( numberPlate: "AA-11-11",o, Car.CarType.fromString("Electrico"), avgSpeed: 80.4, basePrice: 3, gasMileage: 3, range: 30,p, brand: "InventadaxD");
        Rental r = new Rental(c,u1,dest);
        u1.addPendingRental(r);
        boolean boolean1 = r.equals(u1.getPendingRates().get(0));
        assertTrue(boolean1);
    }

    @Test
    void rate() throws Exception{
        Car c = new Car( numberPlate: "AA-11-11",o, Car.CarType.fromString("Electrico"), avgSpeed: 80.4, basePrice: 3, gasMileage: 3, range: 30,p, brand: "InventadaxD");
        Rental r = new Rental(c,u1,dest);
        u1.rate(r, ratingCar: 1, ratingOwner: 1);
        boolean boolean2 = u1.getPendingRates().isEmpty();
        assertTrue(boolean2);
    }

    @Test
    void setPos() {
        Point x = new Point( x: 10.0, y: 10.0);
        u1.setPos(x);
        Point x1 = u1.getPos();
        boolean boolean3 = x.equals(x1);
        assertTrue(boolean3);
    }
}
```

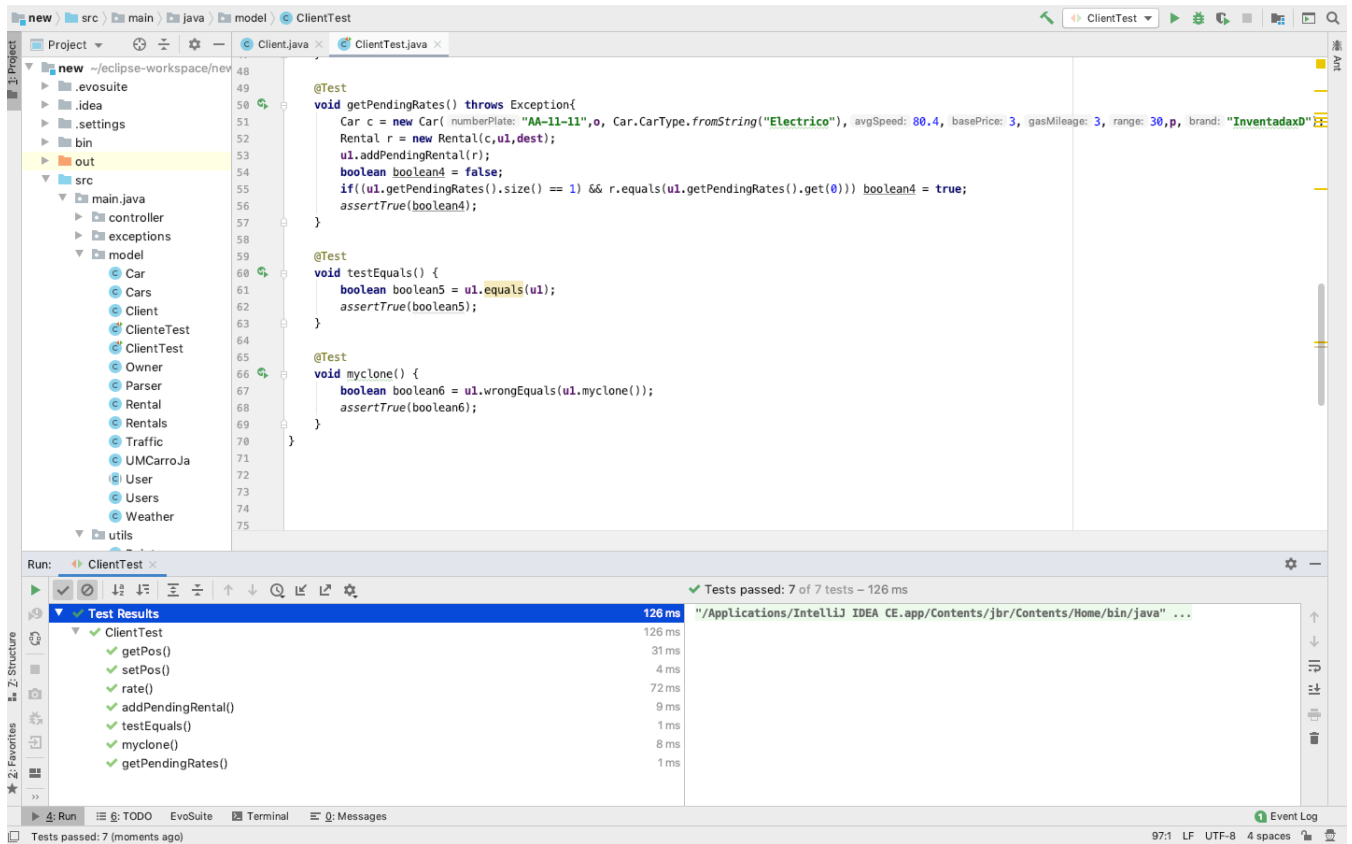
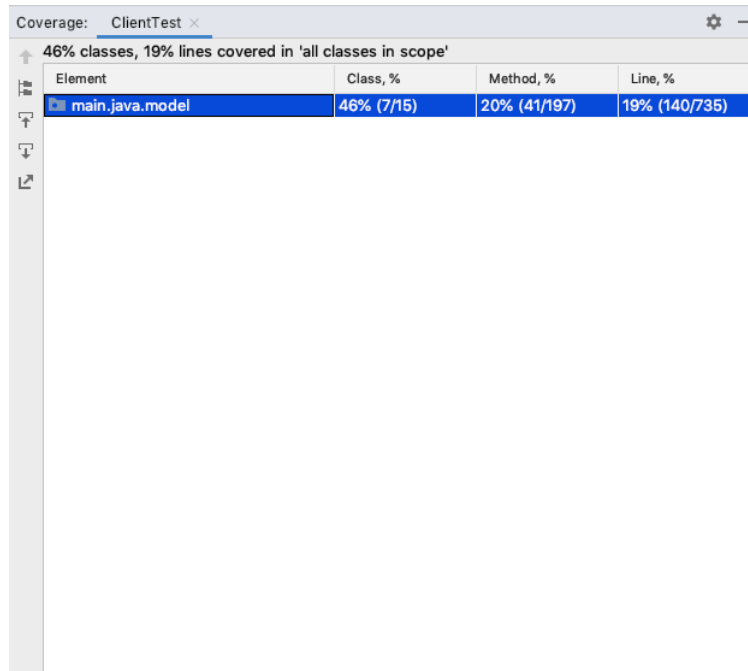


Figura 31. Classe ClientTest.java e resultado da sua aplicação

Note-se que para testar a correção do método *myclone()* foi criado um método extra na classe *Cliente* para verificar se os clientes partilhavam o mesmo apontador, esse método foi chamado *wrongEquals()*.

Na figura seguinte podemos ver o código coberto por este ficheiro de testes.



The screenshot shows the 'Coverage: ClientTest' window in IntelliJ IDEA. At the top, it states '46% classes, 19% lines covered in 'all classes in scope''. Below this is a table with four columns: 'Element', 'Class, %', 'Method, %', and 'Line, %'. The table contains one entry for 'main.java.model' with the following values: 46% (7/15) for Class, 20% (41/197) for Method, and 19% (140/735) for Line. The table is highlighted in blue.

| Element         | Class, %   | Method, %    | Line, %       |
|-----------------|------------|--------------|---------------|
| main.java.model | 46% (7/15) | 20% (41/197) | 19% (140/735) |

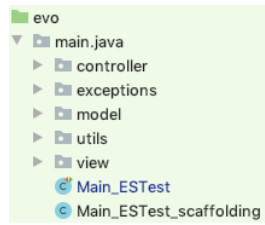
**Figura 32.** Cobertura da classe ClientTest.java sobre o package main.java.model

*Nota1:* Note-se que o facto do teste cobrir 46% das classes do package main.java.model e 20% dos métodos deve-se à necessidade, por parte da classe visada, de incluir objetos e recorrer a métodos de outras classes do mesmo package para ser completamente testada.

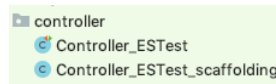
*Nota2:* Note-se que o teste de cobertura só abrange o package main.java.model. No entanto, a classe testada utiliza uma classe de nome *Point.java* de outro package.

### 3.2 Evosuite

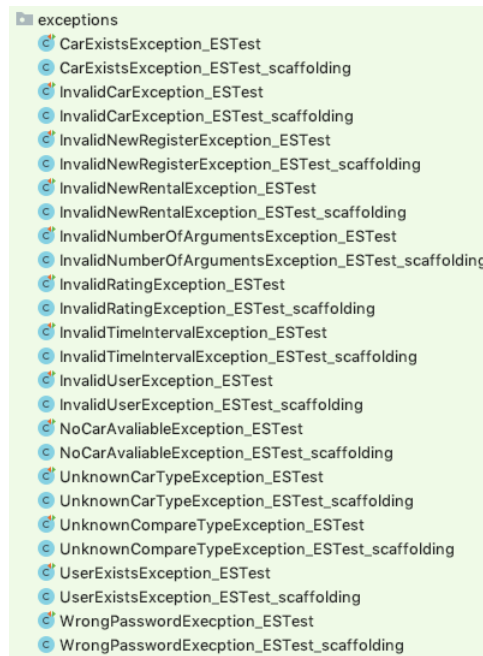
**Geração de testes** Para compilar o Evosuite precisei de instalar um plugin chamado Choose Runtime no IntelliJ. Este foi usado para escolher a versão do JDK 1.8.0\_231 como a versão a usar para correr o Evosuite. Após correr o Evosuite para gerar os teste o resultado mostra-se nas seguintes figuras.



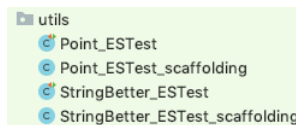
**Figura 33.** Testes class Main



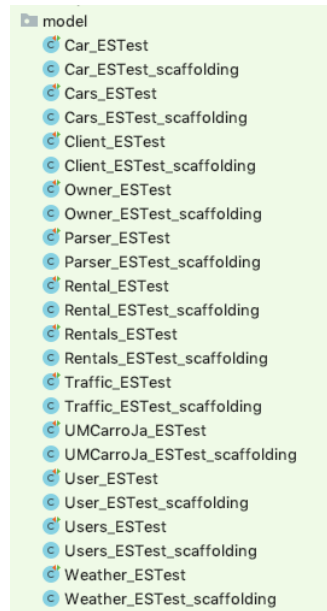
**Figura 34.** Testes package Controller



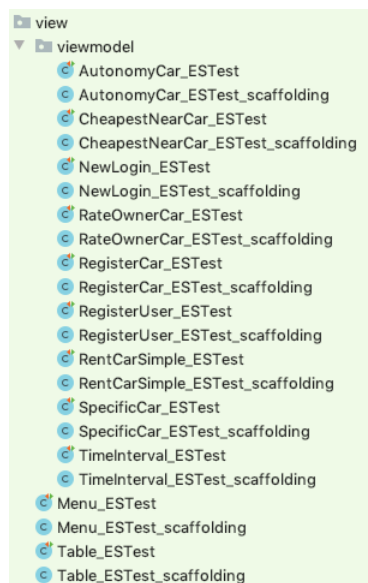
**Figura 35.** Testes do package exceptions



**Figura 36.** Testes do package utils



**Figura 37.** Testes do package model

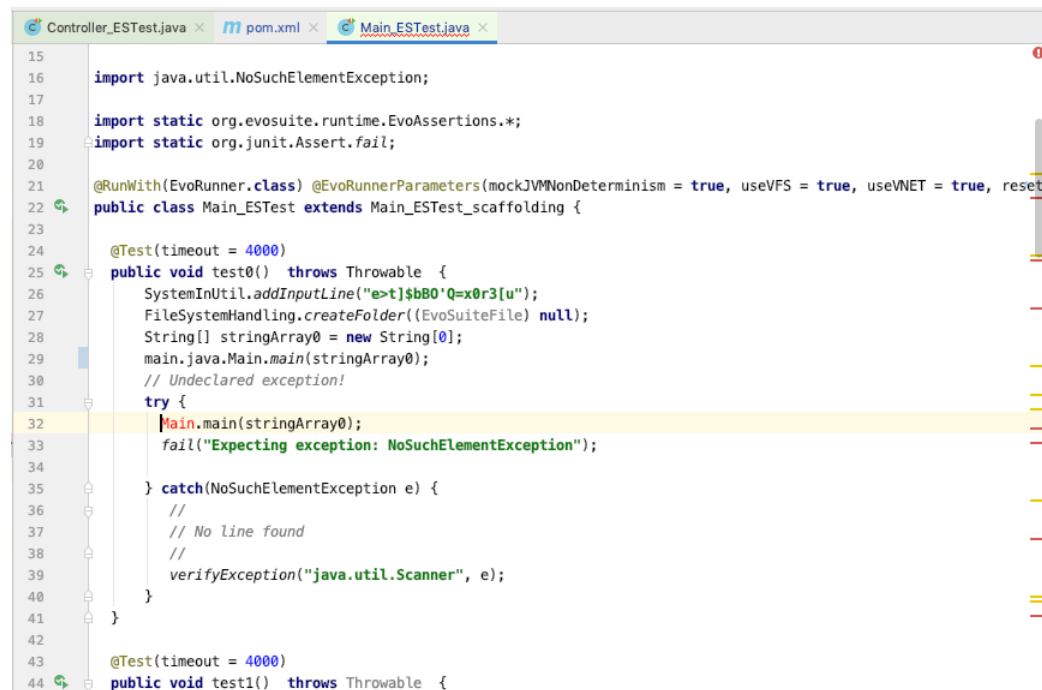


**Figura 38.** Testes do package view

Após o Evosuite gerar os ficheiros de teste, outro problema surgiu. Os ficheiros de teste não conheciam o `JUnit` apesar de este estar instalado. Para resolver este novo problema seguiram-se os seguintes passos:

- A primeira mudança para resolver este problema foi modificar a pasta onde os testes se encontravam para que fosse reconhecida como uma pasta de Sources root.
- Em segundo lugar a pasta do Evosuite foi marcada como Test Sources Root.
- Finalmente o ficheiro `pom.xml` foi alterado, adicionando como dependencia o Evosuite bem como adicionar nas propriedades o Evosuite.

Após a realização destes passos surgiu aquilo que parecia ser mais um problema. Nos ficheiros de teste gerados pelo Evosuite, este reconhece a class `Main` do projeto. No entanto, quando o `Main` é declarado este aparece a vermelho (como se estivesse errado) como se pode ver na figura abaixo.



```

15
16 import java.util.NoSuchElementException;
17
18 import static org.evosuite.runtime.EvoAssertions.*;
19 import static org.junit.Assert.fail;
20
21 @RunWith(EvoRunner.class) @EvoRunnerParameters(mockJVMNonDeterminism = true, useVFS = true, useVNET = true, reset
22 public class Main_ESTest extends Main_ESTest_scaffolding {
23
24     @Test(timeout = 4000)
25     public void test0() throws Throwable {
26         SystemInUtil.addInputLine("e>t]5bB0'Q=x0r3{u");
27         FileSystemHandling.createFolder((EvoSuiteFile) null);
28         String[] stringArray0 = new String[0];
29         main.java.Main.main(stringArray0);
30         // Undeclared exception!
31         try {
32             Main.main(stringArray0);
33             fail("Expecting exception: NoSuchElementException");
34
35         } catch (NoSuchElementException e) {
36             //
37             // No line found
38             //
39             verifyException("java.util.Scanner", e);
40         }
41     }
42
43     @Test(timeout = 4000)
44     public void test1() throws Throwable {

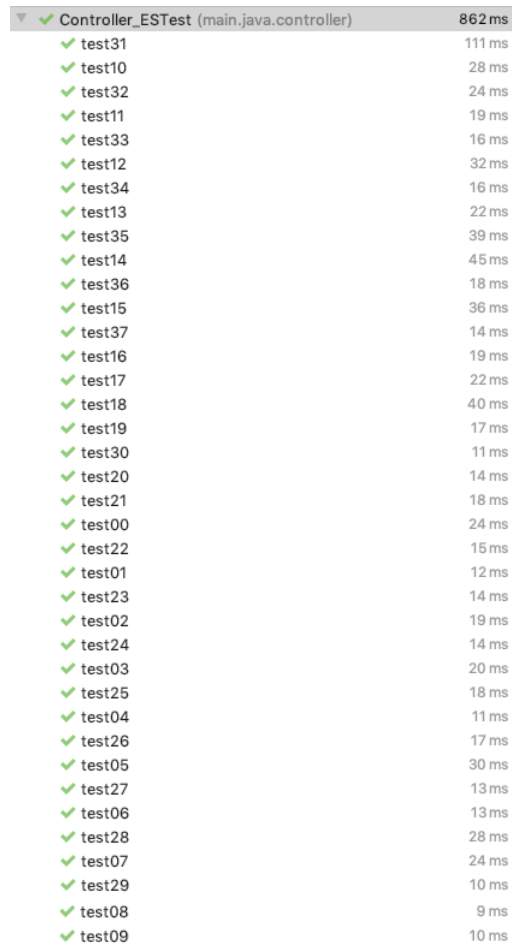
```

Figura 39. Excerto do ficheiro `Main_ESTest`

no entanto o erro não se verifica uma vez que podemos correr o ficheiro sem problemas, o que nos leva a pensar que deve ser um erro de identificação do IDE.

**Verificação de classes utilizando os testes** Após se ter confirmado a correta geração dos ficheiros de teste por parte do Evosuite procedeu-se a verificação das classes do nosso projeto com os mesmos.

A título de exemplo em seguida apresentam-se os resultados de alguns testes realizados sobre algumas das classes mais importantes do projeto em questão.

A screenshot of a test runner interface showing the results for the 'Controller\_ESTest' class. The class name is at the top with a green checkmark and a total execution time of 862 ms. Below it, a list of 31 individual tests (test00 to test31) are shown, each with a green checkmark and its own execution time in milliseconds. The tests are sorted in descending order of execution time.

|  |        |
|--|--------|
| ✓ Controller_ESTest (main.java.controller) | 862 ms |
| ✓ test31                                   | 111 ms |
| ✓ test10                                   | 28 ms  |
| ✓ test32                                   | 24 ms  |
| ✓ test11                                   | 19 ms  |
| ✓ test33                                   | 16 ms  |
| ✓ test12                                   | 32 ms  |
| ✓ test34                                   | 16 ms  |
| ✓ test13                                   | 22 ms  |
| ✓ test35                                   | 39 ms  |
| ✓ test14                                   | 45 ms  |
| ✓ test36                                   | 18 ms  |
| ✓ test15                                   | 36 ms  |
| ✓ test37                                   | 14 ms  |
| ✓ test16                                   | 19 ms  |
| ✓ test17                                   | 22 ms  |
| ✓ test18                                   | 40 ms  |
| ✓ test19                                   | 17 ms  |
| ✓ test30                                   | 11 ms  |
| ✓ test20                                   | 14 ms  |
| ✓ test21                                   | 18 ms  |
| ✓ test00                                   | 24 ms  |
| ✓ test22                                   | 15 ms  |
| ✓ test01                                   | 12 ms  |
| ✓ test23                                   | 14 ms  |
| ✓ test02                                   | 19 ms  |
| ✓ test24                                   | 14 ms  |
| ✓ test03                                   | 20 ms  |
| ✓ test25                                   | 18 ms  |
| ✓ test04                                   | 11 ms  |
| ✓ test26                                   | 17 ms  |
| ✓ test05                                   | 30 ms  |
| ✓ test27                                   | 13 ms  |
| ✓ test06                                   | 13 ms  |
| ✓ test28                                   | 28 ms  |
| ✓ test07                                   | 24 ms  |
| ✓ test29                                   | 10 ms  |
| ✓ test08                                   | 9 ms   |
| ✓ test09                                   | 10 ms  |

**Figura 40.** Resultados da execução do ficheiro Controller\_ESTest.java

| ▼ ✓ Main_ESTest (main.java) | 530 ms |
|-----------------------------|--------|
| ✓ test0                     | 208 ms |
| ✓ test1                     | 67 ms  |
| ✓ test4                     | 67 ms  |
| ✓ test2                     | 124 ms |
| ✓ test3                     | 64 ms  |

**Figura 41.** Resultados da execução do ficheiro Main\_ESTest.java

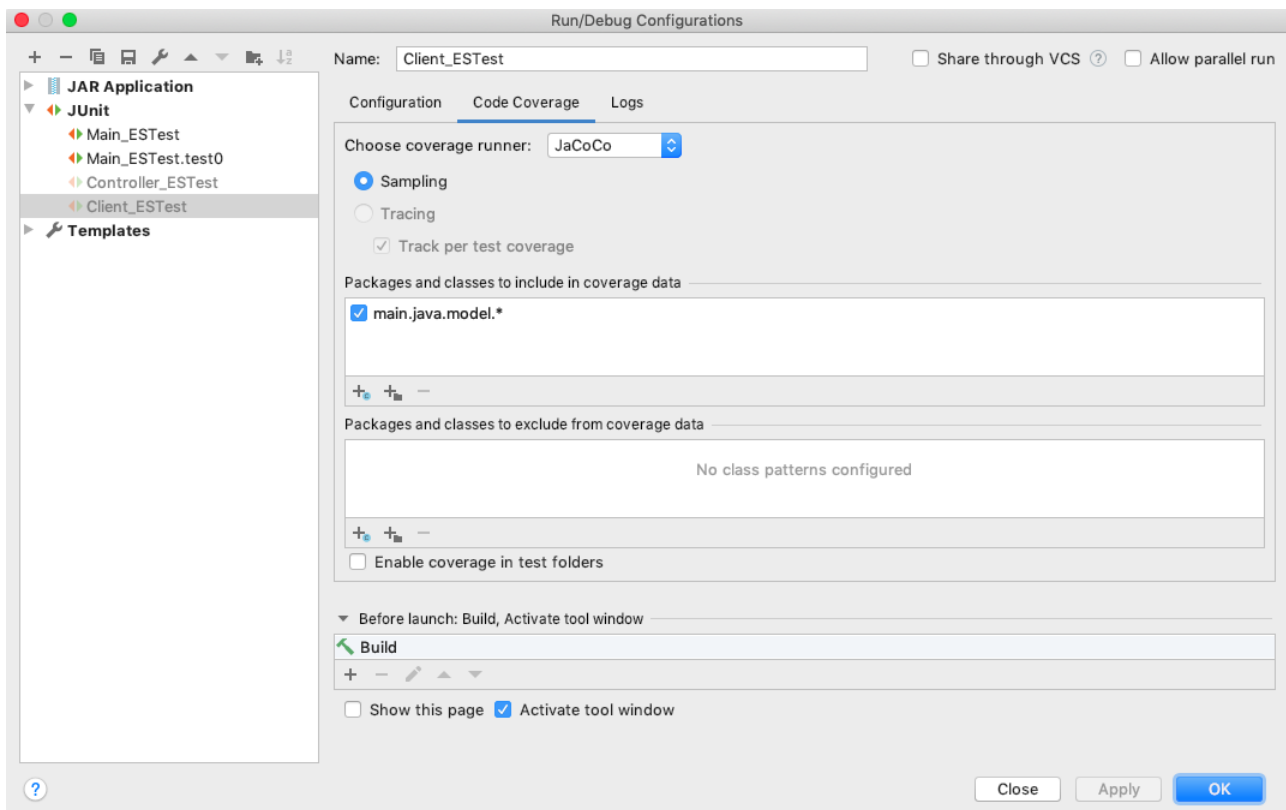
| ▼ ✓ Client_ESTest (main.java.model) | 332 ms |
|-------------------------------------|--------|
| ✓ test20                            | 26 ms  |
| ✓ test10                            | 40 ms  |
| ✓ test21                            | 7 ms   |
| ✓ test00                            | 8 ms   |
| ✓ test11                            | 12 ms  |
| ✓ test22                            | 11 ms  |
| ✓ test01                            | 11 ms  |
| ✓ test12                            | 8 ms   |
| ✓ test02                            | 13 ms  |
| ✓ test13                            | 5 ms   |
| ✓ test03                            | 12 ms  |
| ✓ test14                            | 31 ms  |
| ✓ test04                            | 8 ms   |
| ✓ test15                            | 13 ms  |
| ✓ test05                            | 14 ms  |
| ✓ test16                            | 14 ms  |
| ✓ test06                            | 9 ms   |
| ✓ test17                            | 14 ms  |
| ✓ test07                            | 12 ms  |
| ✓ test18                            | 24 ms  |
| ✓ test08                            | 15 ms  |
| ✓ test19                            | 12 ms  |
| ✓ test09                            | 13 ms  |

**Figura 42.** Resultados da execução do ficheiro Client\_ESTest.java



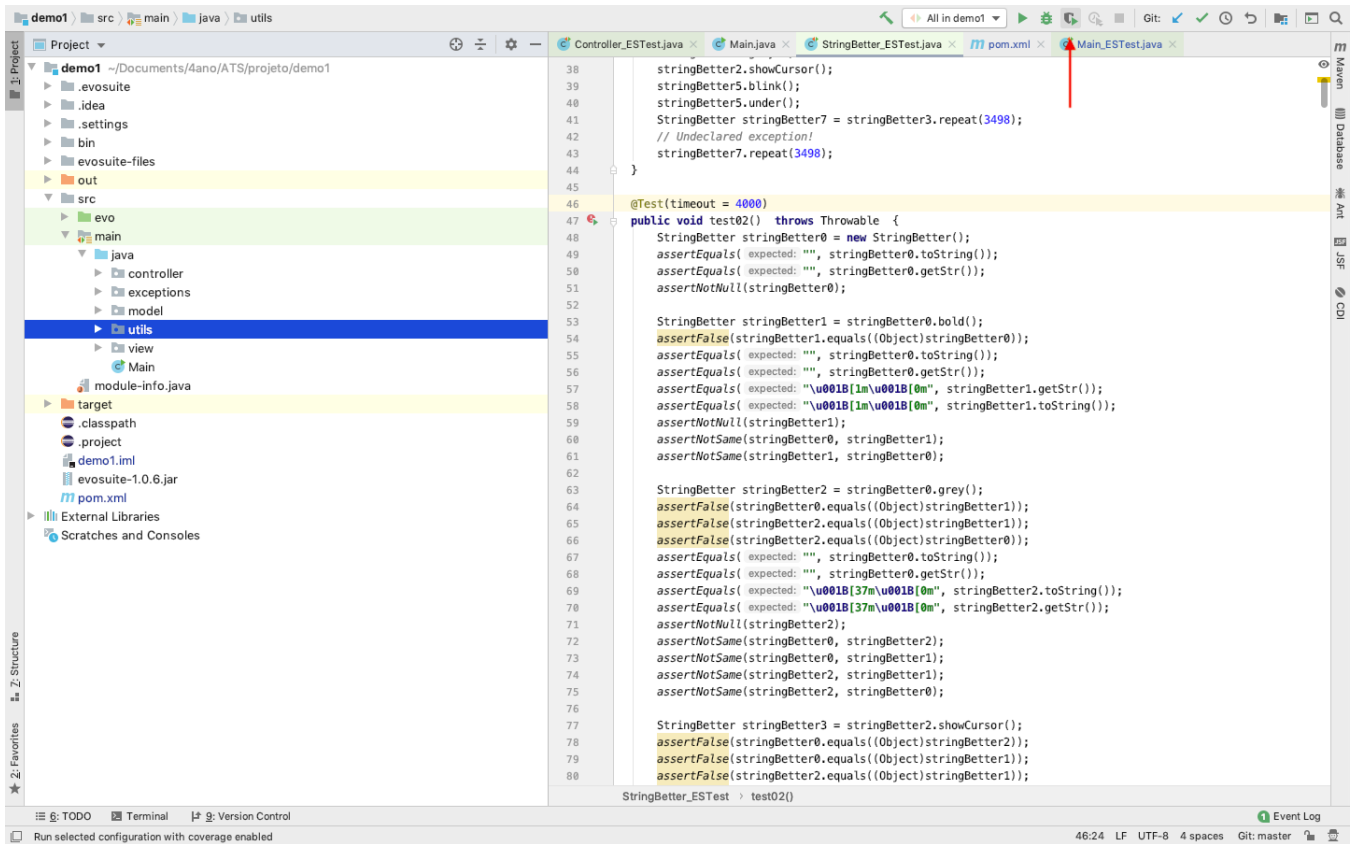
### 3.3 Tests Coverage using JaCoCo

Para realizar os testes com "coverage" recorreremos ao JaCoCo, como se pode ver na imagem abaixo.



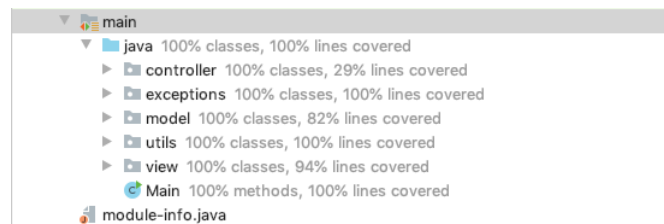
**Figura 43.** Configuração do Code Coverage para usar o plugin JaCoCo

Agora para correr os testes ao nosso programa basta-nos clicar no botão do canto superior direito assinalado na imagem seguinte para correr os testes com coverage.



**Figura 44.** Execução dos testes usando coverage com o plugin JaCoCo

Por fim podemos ver os resultados do coverage das classes de cada package, em percentagem, na imagem abaixo.



**Figura 45.** Resultados do coverage utilizando o plugin JaCoCo

*Nota3:* Note-se que um dos testes falhou na primeira execução, como se pode ver na seguinte imagem.



**Figura 46.** Falha detetada no teste 01 referente a Java Heap Space

Este problema acontece porque a Máquina virtual do Java tem um tamanho máximo de heap finito, isto leva a um erro como o que se pode verificar na imagem acima.

## 4 Análise de Desempenho da Aplicação

Com o fim de elaborar uma análise de desempenho da aplicação **UmCarroJá**, utilizou-se a solução *Running Average Power Limit - RAPL*.

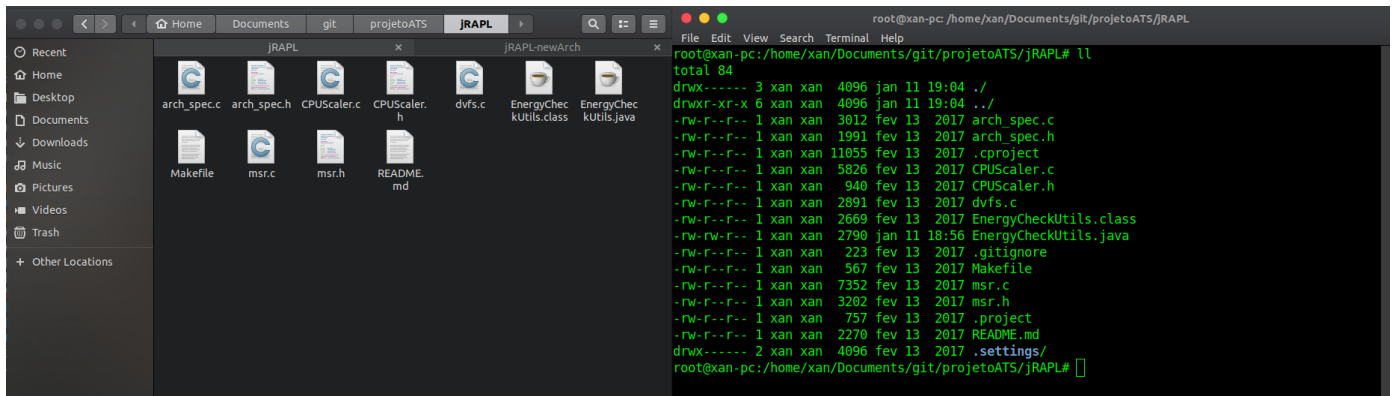


Figura 47. Pasta inicial do jRAPL

Antes de se poder correr o *RAPL* é necessário correr o comando *make* com o intuito de compilar os ficheiros.

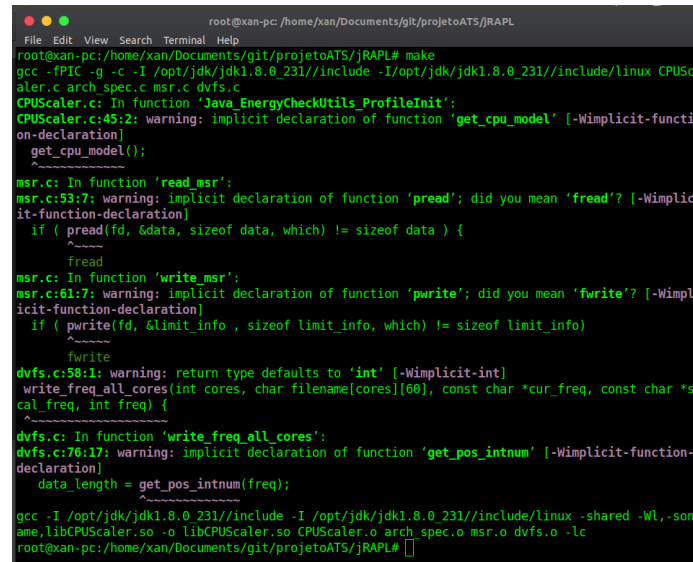
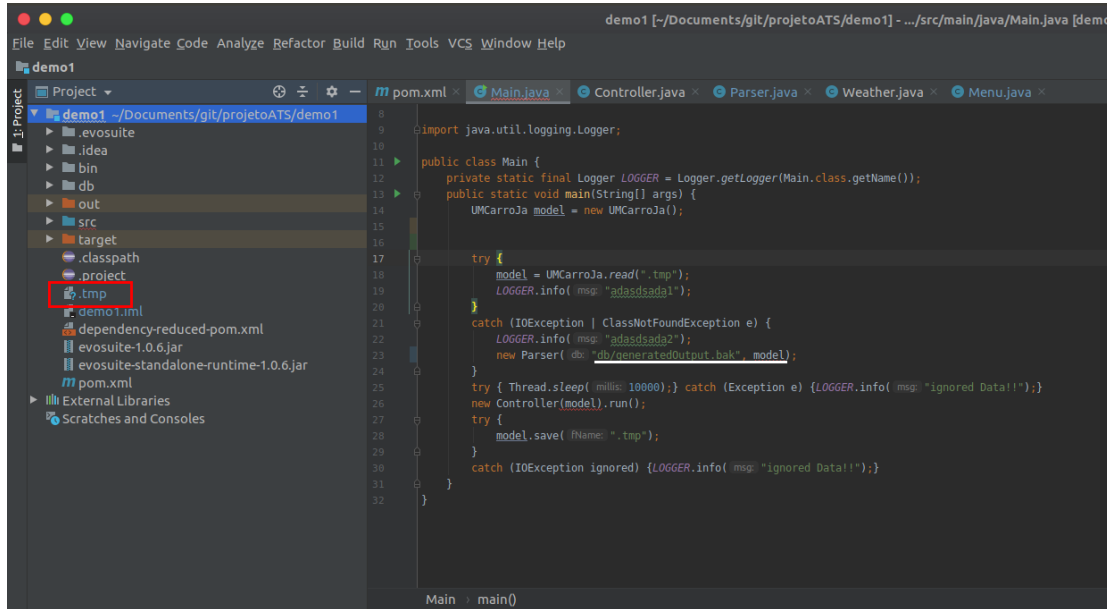


Figura 48. jRAPL make

Para além de executar o comando *make* é necessário, no projeto, apagar o ficheiro *.tmp* da respetiva pasta para que no código responsável por carregar a base de dados se use o ficheiro previamente gerado *generatedOutput.bak*.



**Figura 49.** Remover *.tmp* do programa UmCarroJá

Para obter os dados de energia é necessário correr o ficheiro java do *RAPL* chamado *EnergyCheckUtils* que é responsável por indicar o valor de energia do dram / uncore gpu energy (depende da arquitetura da cpu), do CPU e do pacote de energia.

Quando corremos pela primeira vez o java o *EnergyCheckUtils* deu erro de passer dos dados, por isso foi necessário efectuar uma alteração no código do mesmo, ver imagem em baixo.

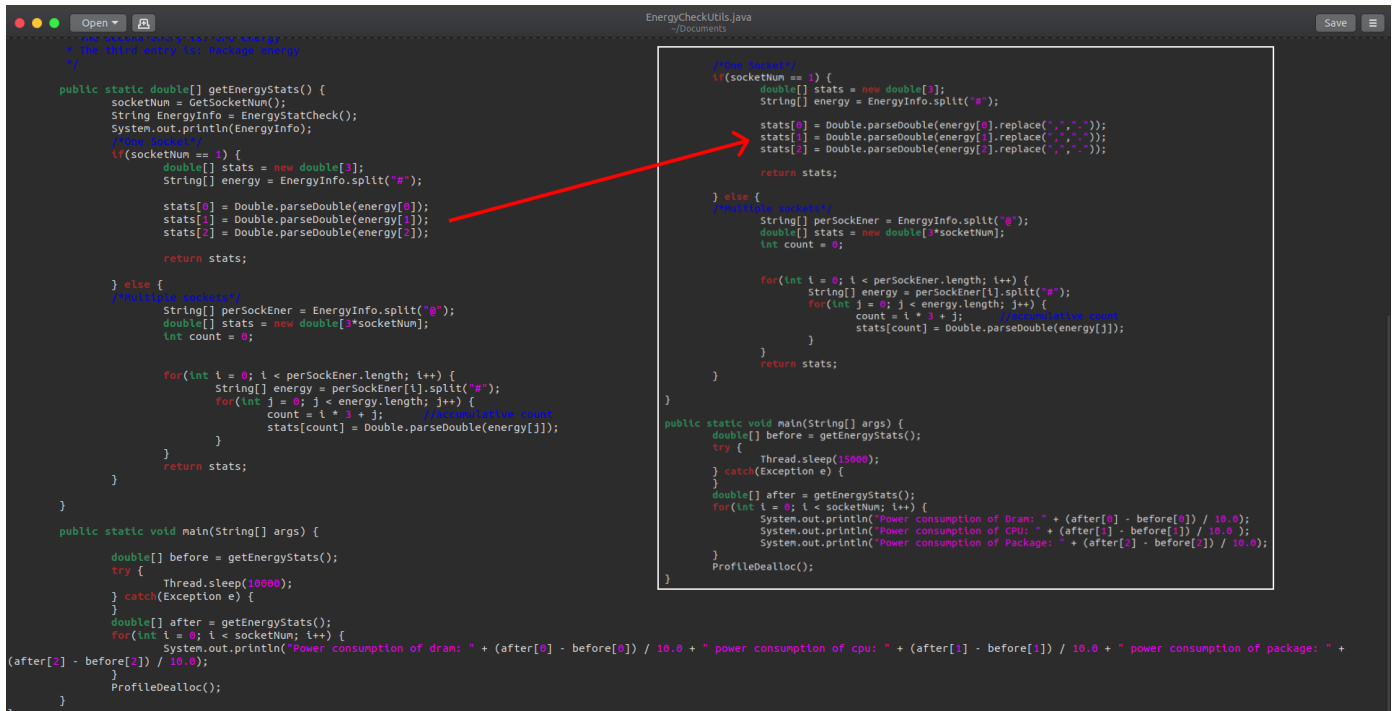


Figura 50. Alterações no ficheiro EnergyCheckUtils

Depois de corrigir o EnergyCheckUtils procedemos à execução dos comandos necessários para obter os dados de energia.

### Comandos:

1. *sudo modprobe msr*
2. *javac EnergyCheckUtils.java*
3. *java EnergyCheckUtils*

```

root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# sudo modprobe msr
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# javac EnergyCheckUtils.java
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils

```

Figura 51. Comandos para correr o RAPL

Para testar o UmCarroJá é primeiro necessário correr o EnergyCheckUtils e depois correr o UmCarroJá e assim obter os dados de energia do mesmo. Assim

efectuamos quatro testes para a primeira versão da solução seguidos de quatro para a versão final.

#### 4.1 Primeira Versão do Código

Resultados da versão inicial da aplicação, esta ainda com *bugs* e *code smells*.

- generatedOutput5k: base de dados com 5 mil utilizadores, 5 mil proprietários, 5 mil veículos e 10 mil avaliações 5 mil sobre os utilizadores e 5 mil sobre os proprietários;

```
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2439,361755#2892,066162#5329,916504
EnergyInfo: 2463,544922#2958,764038#5419,311340
Power consumption of Dram: 2.418316700000014
Power consumption of CPU: 6.669787599999973
Power consumption of Package: 8.939483600000004
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2496,653076#2971,168579#5466,154602
EnergyInfo: 2518,030457#3010,242004#5526,659424
Power consumption of Dram: 2.1377380999999787
Power consumption of CPU: 3.9073425000000044
Power consumption of Package: 6.050482200000078
```

**Figura 52.** Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá para 5k elementos

- generatedOutput10k: base de dados com 10 mil utilizadores, 10 mil proprietários, 10 mil veículos e 20 mil avaliações 10 mil sobre os utilizadores e 10 mil sobre os proprietários;

```
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2572,320251#3034,432800#5607,406738
EnergyInfo: 2594,652893#3072,702515#5667,698486
Power consumption of Dram: 2.233264199999985
Power consumption of CPU: 3.8269714999999906
Power consumption of Package: 6.0291748000000055
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2699,708313#3211,569580#5914,436584
EnergyInfo: 2721,530029#3247,057495#5972,026184
Power consumption of Dram: 2.1821715999999992
Power consumption of CPU: 3.5487915000000156
Power consumption of Package: 5.7589600000000025
```

**Figura 53.** Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá para 10k elementos

- generatedOutput25k: base de dados com 25 mil utilizadores, 25 mil proprietários, 25 mil veículos e 50 mil avaliações 25 mil sobre o utilizador e 25 mil sobre o proprietário;

```
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2572,320251#3034,432800#5607,406738
EnergyInfo: 2594,652893#3072,702515#5667,698486
Power consumption of Dram: 2.233264199999985
Power consumption of CPU: 3.8269714999999906
Power consumption of Package: 6.0291748000000055
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2699,708313#3211,569580#5914,436584
EnergyInfo: 2721,530029#3247,057495#5972,026184
Power consumption of Dram: 2.1821715999999992
Power consumption of CPU: 3.5487915000000156
Power consumption of Package: 5.7589600000000025
```

**Figura 54.** Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá para 25k elementos

- generatedOutput50k: base de dados com 50 mil utilizadores, 50 mil proprietários, 50 mil veículos e 100 mil avaliações 50 mil sobre o utilizador e 50 mil sobre o proprietário;



```
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2764,104553#3271,156738#6040,661621
EnergyInfo: 2788,286255#3375,537476#6168,268066
Power consumption of Dram: 2.418170199999986
Power consumption of CPU: 10.438073799999984
Power consumption of Package: 12.760644499999945
xan@xan-pc:~/Documents/git/projetoATS/jRAPL$ sudo java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 2811,185059#3380,674744#6197,259949
EnergyInfo: 2834,284607#3474,469421#6313,186707
Power consumption of Dram: 2.309954800000014
Power consumption of CPU: 9.379467699999987
Power consumption of Package: 11.592675799999961
```

Figura 55. Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá 50k elementos

#### 4.2 Versão Final

Resultados da versão final da aplicação , esta sem *bugs* e sem *code smells*.

- generatedOutput5k: base de dados com 5 mil utilizadores, 5 mil proprietários, 5 mil veículos e 10 mil avaliações 5 mil sobre os utilizadores e 5 mil sobre os proprietários;

```
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4255,911804#3094,301025#7123,120911
EnergyInfo: 4278,785278#3135,013489#7187,146912
Power consumption of Dram: 2.287347399999999
Power consumption of CPU: 4.071246399999973
Power consumption of Package: 6.402600100000018
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4337,710327#3161,968323#7273,624329
EnergyInfo: 4359,046204#3193,721558#7326,833557
Power consumption of Dram: 2.1335877000000436
Power consumption of CPU: 3.175323500000013
Power consumption of Package: 5.3209227999999715
```

Figura 56. Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá para 5k elementos

- generatedOutput10k: base de dados com 10 mil utilizadores, 10 mil proprietários, 10 mil veículos e 20 mil avaliações 10 mil sobre os utilizadores e 10 mil sobre os proprietários;

```

root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4501,067566#3303,098267#7585,912415
EnergyInfo: 4521,340332#3328,653381#7632,494812
Power consumption of Dram: 2.027276600000005
Power consumption of CPU: 2.5555114000000023
Power consumption of Package: 4.6582397000000013
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4546,639221#3341,958008#7671,405029
EnergyInfo: 4566,629272#3367,270874#7716,339966
Power consumption of Dram: 1.99900509999999767
Power consumption of CPU: 2.53128659999999756
Power consumption of Package: 4.4934936999999999

```

**Figura 57.** Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá para 10k elementos

- generatedOutput25k: base de dados com 25 mil utilizadores, 25 mil proprietários, 25 mil veículos e 50 mil avaliações 25 mil sobre o utilizador e 25 mil sobre o proprietário;

```

root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4612,877869#3400,473145#7799,972473
EnergyInfo: 4633,834778#3432,461914#7853,389282
Power consumption of Dram: 2.0956909000000045
Power consumption of CPU: 3.1988769000000046
Power consumption of Package: 5.34168090000000285
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4671,244385#3453,142700#7913,595947
EnergyInfo: 4691,562927#3479,147583#7960,260193
Power consumption of Dram: 2.0318541999999998
Power consumption of CPU: 2.6004883000000065
Power consumption of Package: 4.6664246000000028

```

**Figura 58.** Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá para 25k elementos

- generatedOutput50k: base de dados com 50 mil utilizadores, 50 mil proprietários, 50 mil veículos e 100 mil avaliações 50 mil sobre o utilizador e 50 mil sobre o proprietário;

```
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4735,014343#3504,845215#8032,432861
EnergyInfo: 4756,664673#3538,578125#8088,689148
Power consumption of Dram: 2.1650330000000393
Power consumption of CPU: 3.3732910000000174
Power consumption of Package: 5.625628700000016
root@xan-pc:/home/xan/Documents/git/projetoATS/jRAPL# java EnergyCheckUtils
EnergyInfo: 4771,161255#3550,357605#8115,049927
EnergyInfo: 4791,629028#3576,755066#8162,164795
Power consumption of Dram: 2.0467773000000307
Power consumption of CPU: 2.639746100000002
Power consumption of Package: 4.711486799999966
```

**Figura 59.** Testes elaborados com RAPL à solução UmCarroJá 50k elementos

## 5 Conclusão

## **Referências**