



**Universidade do Minho**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática  
Licenciatura em Ciências da Computação

## **Unidade Curricular de Bases de Dados**

Ano Lectivo de 2016/2017

### **Reserva de viagens em comboios nacionais e internacionais**

**Carlos Valente (a73929), Gustavo Andrez  
(a27748), Rogério Moreira (a74634), Samuel  
Ferreira (a76507)**

novembro, 2016

# **BD**

Data de Recepção	
Responsável	
Avaliação	
Observações	

## **Reserva de viagens em comboios nacionais e internacionais**

**Carlos Valente (a73929), Gustavo Andrez (a27748), Rogério Moreira (a74634), Samuel Ferreira (a76507)**

novembro, 2016

# Resumo

O projeto apresentado ao grupo consiste num sistema de reservas de viagens em comboios nacionais e internacionais. Primeiramente começámos por identificar e analisar o problema em causa de forma a compreender não só o problema que tínhamos que resolver mas também como funcionam na prática as empresas de transportes ferroviários.

O segundo passo foi levantar os requisitos junto com o cliente e analisar de maneira a identificar as entidades do sistema, as relações entre as entidades e os seus tipos, os atributos de cada entidade e por fim determinámos as chaves primárias de cada entidade. Aquando da conclusão destes passos reuniu-se com o cliente até validação do modelo. Depois de terminada esta etapa tínhamos o modelo conceptual pronto e validado.

O terceiro passo foi a passagem do modelo conceptual ao modelo lógico. Começámos por passar as entidades, os atributos e os respectivos relacionamentos para as tabelas lógicas. De seguida, o modelo foi validado através da normalização. Assim, e depois de mais uma vez validarmos com o cliente e iterar sobre o modelo concebido chegamos a um modelo lógico.

O quarto e último passo foi a realização do modelo físico. O início passou pela tradução do modelo lógico no modelo físico utilizando o MySQL WorkBench. Foram criadas as tabelas que constituem o modelo lógico da base de dados, foram apresentados os atributos derivados e algumas restrições utilizando triggers. Depois realizámos uma estimativa do espaço necessário em disco tanto para a fase inicial da base de dados como para os meses seguintes segundo as estimativas de crescimento. Depois disto procedemos ao povoamento da base de dados. Posteriormente foi ainda definido o tamanho inicial da base de dados e analisado o seu crescimento futuro. Por fim, definimos as vistas dos utilizadores e definimos as regras de acesso à BD e demos por concluído o modelo físico.

**Área de Aplicação:** Desenho e arquitectura de Sistemas de Bases de Dados de um sistema de reserva de viagens nacionais e internacionais.

**Palavras-Chave:** Viagem, Comboio, Utilizador, Reserva, Nacional, Internacional, Modelo Conceptual, Entidade, Atributo, Relacionamento, Base de Dados.

# Índice

- 1.Introdução
  - 1.1.Contextualização
  - 1.2.Estrutura do Relatório
  - 1.3.Apresentação do Caso de Estudo
  - 1.4.Motivação e Objectivos
- 2.Análise de Requisitos
- 3.Modelo Concetual
  - 3.1.Tipos de entidade
  - 3.2.Tipos de relacionamento
  - 3.3. Atributos e entidades
  - 3.4 Determinação do domínio dos atributos
  - 3.5 Determinação das chaves primárias
  - 3.6. Desenho do diagrama ER
  - 3.7 Detalhe ou generalização do tipo de entidades
  - 3.8 Revisão do modelo com o utilizador
- 4. Modelo Lógico
  - 4.1 Passagem do modelo concetual para o modelo lógico
    - 4.1.1 Entidades fortes
    - 4.1.2 Entidades fracas
    - 4.1.3 Relacionamentos 1:N
    - 4.1.4 Relacionamentos 1:1
    - 4.1.5 Relacionamentos N:N
  - 4.2.Validação do modelo lógico através da normalização
  - 4.3.Elaboração e validação do esquema lógico da base de dados
  - 4.5.Definição do tamanho inicial e do crescimento futuro
  - 4.6.Revisão do modelo com o utilizador
- 5. Modelo Físico
  - 5.1.Tradução do modelo lógico para o modelo físico
  - 5.2.Restrições
  - 5.3.Estimativa dos requisitos de espaço em disco
  - 5.4.Povoamento da base de dados
  - 5.5.Definição das vistas de utilizador e regras de acesso
  - 5.6.Definição de Queries
- 6. Conclusões e Trabalho Futuro
- Referências
- Lista de Siglas e Acrónimos

# Índice de Figuras

- Figura 1 – Desenho do diagrama ER
- Figura 2 – Conversão da entidade utilizador do modelo concetual para o modelo lógico
- Figura 3 – Conversão da entidade reserva do modelo concetual para o modelo lógico
- Figura 4 – Conversão da entidade viagem do modelo concetual para o modelo lógico
- Figura 5 – Conversão da entidade comboio do modelo concetual para o modelo lógico
- Figura 6 - Modelo lógico
- Figura 7 – Implementação Física da tabela Comboio
- Figura 8 – Trigger da restrição sobre os tipos de comboio, o número de carruagens e as classes. Caso seja uma atualização.
- Figura 9 – Trigger da restrição sobre os tipos de comboio, o número de carruagens e as classes. Caso seja uma inserção.
- Figura 10 – Valores utilizados para a estimativa de espaço em disco.
- Figura 11 – Gráfico que resulta do somatório do espaço em disco de cada tabela e o seu crescimento ao longo dos 5 meses.
- Figura 12 – Povoamento da base de dados. Inserção de viagens.
- Figura 13 – Criação dos utilizadores na implementação física.
- Figura 14 – Criação das views na implementação física.
- Figura 15 – Definição de queries

# Índice de Tabelas

- Tabela 1 – Tabela de entidades
- Tabela 2 – Identificação dos tipos de relacionamento
- Tabela 3 - Associação entre atributos das entidades Utilizador e Reserva
- Tabela 4 - Associação entre atributos das entidades Viagem e Comboio

# 1. Introdução

Nesta secção vamos elaborar uma apresentação do trabalho. O problema será contextualizado e será apresentada a motivação que levou à realização deste projeto, cujo tema é “Reserva de Viagens Nacionais e Internacionais”. De seguida são apresentados os objetivos que pretendemos alcançar.

Para finalizar, é descrita a estrutura do relatório a fim de orientar a sua leitura e compreensão.

Sucintamente, este sistema consiste numa BD com informações relativas à reserva de viagens por utilizadores.

## 1.1. Contextualização

O conceito de base de dados está presente nas nossas vidas, contudo nem sempre isso é perceptível. O recurso a esta ferramenta torna-se essencial nos dias de hoje, ainda que por vezes de forma oculta nos sistemas que usamos no nosso dia-a-dia, seja um simples acesso a um site ou então algo mais complexo como por exemplo o registo do nosso automóvel. É praticamente impossível manter a informação de uma empresa de média/larga escala, como é o caso de um hipermercado ou de uma empresa de transporte de mercadoria, sem esta estar organizada, relacionada, coerente e de fácil consulta.

É cada vez mais comum ouvirmos conceitos como “Big Data”, ou seja, o armazenamento, processamento e manutenção de grandes quantidades de dados. Esta característica está presente atualmente na quase totalidade de grandes empresas. É já praticamente impossível o desenvolvimento de um projeto de larga escala que não decorra a uma ferramenta deste tipo que ajude na automatização deste tipo de processos e torne o acesso à informação relevante com coerência e rapidez. A facilidade de uso e automatização que as base de dados hoje em dia permitem tornam-nas ferramentas essenciais no desenvolvimento de qualquer projeto de software, desde que a elaboração e concepção seja feita de forma correta, de forma a garantir a fiabilidade dos dados aos utilizadores que usem sistemas que suportem a ferramenta.

É por isso que é essencial, na disciplina de Base de Dados, a concepção de forma correta de uma base de dados de forma a consolidar os conhecimentos no desenvolvimento e uso destas ferramentas para que no final da disciplina todos sejam capazes de desenhar, implementar e manter uma base de dados.

Posto isto, e após a primeira abordagem do cliente (empresa ferroviária) onde nos foram apenas dados apontamentos gerais sobre o que o cliente pretendia, foi para nós óbvio que um sistema de base de dados era o mais indicado para a situação descrita. Foi-nos então solicitado a concepção e implementação de uma base de dados para as reservas de viagens

de comboios nacionais e internacionais cujo objetivo é armazenar a informação relativa ao processo de compra de bilhete, aos parâmetros dos bilhetes, às viagens que a empresa efetua e aos comboios.

## **1.2. Estrutura do Relatório**

Numa parte inicial do relatório vão ser explicados todos os detalhes relacionados com a análise de requisitos que permitiu ter uma melhor compreensão e conhecimento do tema a fim de realizar o projeto pretendido. Esta compreensão e conhecimento conduz à modelação conceptual. De forma a descrever os dados e as suas restrições e as relações entre eles, foi elaborada uma representação abstrata e simplificada do sistema escolhido. Esta representação é independente da implementação física.

Seguidamente, são apresentados os passos que permitiram a elaboração do modelo lógico a partir do modelo conceptual. Esta parte do relatório é também acompanhada de validações do modelo lógico e de uma análise do tamanho inicial da base de dados, terminando numa revisão do modelo com os utilizadores.

De seguida, é apresentada a implementação da base de dados, tendo em conta o SGBD escolhido. Esta implementação tem como base a tradução do modelo lógico para o modelo físico. São também tidos em conta outros aspetos relacionados com a implementação física, tais como as transações, a estimativa do espaço necessário para a BD e o povoamento inicial desta. Esta parte do relatório termina com a definição das vistas e das regras de acessos dos diferentes utilizadores.

Finalmente, procede-se à conclusão do trabalho com algumas considerações sobre o trabalho que será realizado futuramente.



### 1.3. Apresentação do Caso de Estudo

Depois do contacto da empresa “RC - Rede de comboios” foi marcado um primeiro encontro nas nossas instalações para a abordagem ao projeto. Para esta reunião prepararam-se um conjunto de questões pertinentes para recolha das características dos serviços disponibilizados pela empresa “RC”.

Depois de percebermos o *modus operandi* da empresa, o cliente expôs as suas intenções em relação ao projeto.

Após a reunião definiu-se a seguinte informação:

**A empresa de transportes possui as seguintes características:**

- existem 4 tipo comboios: alfa, intercity, urbano e regional;
- existem viagens nacionais e internacionais;
- as viagens internacionais apenas são realizadas em comboios alfa ou intercity;
- são disponibilizados bilhetes de 2 tipos: 1ª e 2ª classe;
- apenas as viagens em comboio do tipo alfa ou intercity disponibilizam lugares de 1ª classe;
- as carruagens disponibilizam 10 lugares;
- quando existentes, o número de carruagens de 1ª classe é unitário.

**A “RC” fez as seguintes observações que poderão ser pertinentes ao projeto:**

- sentem que existem demasiados lugares livres em certas viagens de comboio;
- constatarem que muitas vezes que o serviço de transportes não satisfaz a procura;
- gostaria de ter conhecimento do histórico de reservas dos utilizadores de modo a promover acções de marketing o cliente;
- devido a conflitos verificados entre os passageiros por “disputa de lugares”, gostariam de ter um lugar associado a cada passageiro;
- existem queixas de serviço no que respeita a distribuição de lugares;
- notam que normalmente existe uma percentagem de lugares vendidos em que o passageiro não comparece (possibilidade de estipular um extra de bilhetes a serem vendidos)
- gostariam de ter uma melhor ideia da distribuição da procura;
- devido à divulgação das viagens ser efetuada a através de meios estáticos, sentem que há pouca flexibilidade no que diz respeito a alterações de características de viagens;

## 1.4. Motivação e Objectivos

A motivação para este trabalho partiu da percepção, por parte da “RC”, de processos dentro da empresa que poderiam ser otimizados de modo a prestar um melhor serviço aos seus clientes. Este facto aliado a uma informação atualmente insuficiente e mal-organizada, motivou a empresa a procurar uma solução para melhorar o seu serviço. Em seguida salientamos os pontos principais referidos pela “RC” nas reuniões que tiveram lugar.

### **A empresa de transportes pretende inovar nos seguintes aspetos:**

- implementação de um sistema de reservas online;
- associar um lugar a cada bilhete;
- validação e registo do bilhete do passageiro no comboio;
- melhoria na adequação do número de viagens disponibilizadas;
- melhoria na adequação do número de lugares disponibilizados em cada viagem;
- registo com acesso fácil às viagens efetuadas e lotação das mesmas;

### **A “RC” pretende que seja acessível a seguinte informação:**

- a percentagem de lugares reservados em cada viagem;
- a relação lugares reservados/utilizados em cada viagem;
- o custo que um determinado utilizador já gastou;
- histórico de preenchimento de lugares por viagem de modo a otimizar o nº de carruagens nos vários percursos;

### **A empresa de transportes pretende que, através da consulta de informação da BD, seja possível implementar uma aplicação que permita:**

- apresentar ao utilizador os lugares disponíveis
- melhorar a perspectiva de procura de cada viagem através do histórico de reservas;
- minimizar conflito de lugares e compra de lugares com lotação já esgotada;
- minimizar filas de espera nas bilheteiras;
- otimizar o nº funcionários;
- registos de viagens que já foram feitas para efeitos de manutenção;
- disponibilizar ao utilizador as várias formas de ir do ponto A ao B.

Assim, definimos os objetivos deste trabalho como:

- desenvolvimento de uma BD que seja a base para uma solução integrada que responda às necessidades que a empresa evidenciou;
- definição dos requisitos adequados ao problema em questão;
- dotar a BD criada com características de eficiência, coerência e robustez;
- permitir uma manipulação e visualização de informação de uma forma simples;

## 2. Análise de Requisitos

A análise de requisitos é uma fase determinante para o sucesso do projeto. Para atingirmos uma adequada definição dos requisitos foram realizadas reuniões com a “RC” de modo a ter uma boa perceção dos seus problemas.

Ao analisarmos a informação que nos foi transmitida percebemos que o principal objeto de dados são as reservas de viagens. Para o público em geral, é importante a informação mais importante é a referente às viagens. Contudo, cada viagem tem associada a si também um comboio. A equipa de gestão da “RC” cria as viagens mensalmente dos vários tipos de comboios existentes. A empresa tem ao dispor uma frota com 4 tipos de comboios, alfa, intercidades, regionais e urbanos. Cada tipo de comboio tem as suas próprias características.

O cliente realçou ainda que a empresa efetua tanto viagens nacionais como internacionais, sendo que as internacionais são apenas efetuadas por alguns tipos de comboios. Para além disso, outro dos pedidos é o facto de que nem sempre as reservas, que correspondem ao bilhete, são feitas pela pessoa que usufrui dessa viagem. Por último, realçou ainda que precisava de um método eficaz de checkin.

Depois da reuniões com o cliente, os responsáveis pelo desenvolvimento da BD reuniram por forma a definir, com base na informação recolhida e explicitada acima e no capítulo anterior, os requisitos para o projeto. Após análise e discussão, foram definidos os seguintes requisitos:

1. A **reserva** é a principal entidade. Existe alguém que a efetua (**utilizador**) e corresponde à aquisição de um lugar para uma dada **viagem** realizada num dado **comboio**;
2. O utilizador terá que se registar através de email e password;
3. O utilizador tem de ter um nome associado;
4. Cada utilizador deve ter associado o conjunto de reservas que já efetuou;
5. A cada reserva corresponde uma e só uma viagem e a um, e só um utilizador;
6. A reserva deverá ter associado um lugar no comboio, um campo que confirma a presença do passageiro no comboio bem como data de partida e chegada da viagem à qual a reserva se refere;
7. À viagem está associado um comboio, datas de partida e chegada, pontos de partida e chegada e classificação do tipo de viagem (nacional/internacional);
8. Ao comboio deverá estar associado o seu tipo (urbano/regional/intercidades/alfa) e ter a indicação com quantas carruagens está equipado;
9. A BD deverá acusar quando já não existirem mais bilhetes disponíveis;
10. Os administradores são os responsáveis por adicionar e remover viagens e comboios;

## 3. Modelo Concetual

### 3.1. Tipos de entidade

De maneira a identificar os diferentes tipos de entidades foi necessário determinar nos requisitos os objetos que se enquadravam nessa definição. Como tal, após a análise dos requisitos, chegámos à conclusão de quais os objetos cujos seria adequada a existência como entidade - Utilizador, Reserva, Viagem e Comboio. Em seguida fazemos um comentário acerca de cada uma destas entidades.

- **Reserva** - é o objeto de dados mais trivial presente na descrição;
- **Viagem** - tem direito a existência própria uma vez que pode englobar vários reservas. Para além disso, pode não haver reservas presentes que se encaixem em determinada viagem (por terem sido excluídos possivelmente) não significando que essa não exista independentemente. Por último, esta abordagem permite uma melhor organização da informação, uma vez que cada Reserva está diretamente associado a uma Viagem, em vez de ter essa informação como atributo;
- **Utilizador** - representa a pessoa que utiliza a base de dados. Há informação que acompanha esta entidade e as suas ações geram informação adicional que também é armazenada. Posto isto, faz sentido que este conceito seja entendido como uma entidade. Juntamente com o Reserva, estas duas entidades representam o principal foco da base de dados;
- **Comboio** - representa a entidade, que engloba vários reservas e várias viagens, sendo que, faz sentido que este conceito seja entendido como uma entidade. Juntamente com o Reserva, estas duas entidades representam o principal foco da base de dados;

A tabela seguinte reúne as características das entidades definidas.

Entidade	Descrição	Sinónimos	Ocorrência
Utilizador	pessoa registada no sistema de reservas	user,cliente	cada utilizador é registado apenas uma vez na base de dados
Reserva	atribuição exclusiva de um lugar numa viagem a um utilizador	bilhete	pode existir uma reserva se existir pelo menos um utilizador e uma viagem
Viagem	trajeto entre dois pontos geográficos feito por um comboio		pode existir uma viagem se existir pelo menos um comboio
Comboio	conjunto de carruagens e uma "máquina"		um comboio não pode fazer duas viagens ao mesmo tempo

*Tabela 1 - Tabela de entidades*

### 3.2. Tipos de relacionamento

Após identificadas as entidades da nossa base de dados procedeu-se à detecção dos relacionamentos existentes entre as mesmas. A análise de requisitos permitiu identificar as relações que as entidades estabelecem entre si bem como a sua cardinalidade. De forma a classificar os tipos de relacionamentos teve de se atribuir uma designação clara e objetiva, definir a cardinalidade e a descrição da relação.

Desta forma identificamos todos os tipos de relacionamentos na seguinte tabela, assinalamos as entidades inseridas na relação, a cardinalidade e uma breve descrição.

Entre as entidades Utilizador e Reserva existe um relacionamento designado por "faz". Este relacionamento surge da necessidade de um utilizador poder efectuar várias reservas. Por sua vez, uma reserva apenas pode ser efectuada por um utilizador. Por estas razões, a cardinalidade deste relacionamento é 1:N.

Entre as entidades Reserva e Viagem existe um relacionamento designado "associado a". Este relacionamento surge da necessidade de várias reservas estarem associados a uma mesma viagem. Por sua vez, uma reserva só terá uma viagem correspondente. Assim sendo, a cardinalidade deste relacionamento é N:1.

Por último a entidade “Viagem” está relacionada com a entidade “Comboio” através do relacionamento “tem”. Este relacionamento surge do facto de cada “Viagem” ser efetuada por um “Comboio”, sendo que um “Comboio” pode efetuar várias “Viagens”. Por estas razões, a cardinalidade deste relacionamento é de N:1.

Este relacionamento surge da necessidade de armazenar esta informação.

Na tabela seguinte está compilada a informação acima descrita.

Entidade	Multiplicidade	Relação	Multiplicidade	Entidade
Utilizador	1	faz	0..N	Reserva
Reserva	0..N	está associada	1	Viagem
Viagem	0..N	feita por	1	Comboio

*Tabela 2 - Identificação dos tipos de relacionamentos*

### 3.3. Atributos e entidades

De seguida, é apresentada uma tabela com informação sobre a associação dos atributos com as respetivas entidades e relacionamentos. É apresentada uma breve descrição sobre cada atributo, o seu tipo e tamanho, a sua nulidade, se é derivado, se é composto e o valor por defeito (V.P.D.). Não existe nenhum atributo multi-valor. Por esta razão não foi incluído na tabela este parâmetro.

Entidade	Atributos	Descrição	Tipo	Nulo	Chave	Único	Domínio	Derivado	V.P.D.
Utilizador	Email	Endereço email do utilizador	VARCHAR(50)	N	S	S	"%_@_%._%"	N	---
	Nome	Nome do utilizador	VARCHAR(50)	N	N	N		N	---
	Password	Palavra chave de acesso ao sistema	VARCHAR(20)	N	N	N		N	---
Reserva	Id	Número identificador de uma reserva	INT	N	S	N	> 0	N	---
	Custo	Preço da reserva ( do bilhete )	DECIMAL(10,2)	N	N	N		N	---
	Classe	Tipo de serviço	INT	N	N	N	1 -> Primeira classe 2 -> Classe normal	N	---
	Lugar	Número do lugar onde o passageiro vai viajar	INT	S	N	N	[1,10]	S	NULL
	Carruagem	Número da carruagem onde o passageiro vai viajar	INT	S	N	N	> 0	S	NULL
	Nome	Nome do passageiro ( pode não ser o próprio utilizador )	VARCHAR(50)	S	N	N		N	NULL
	CheckIn	Data e hora da confirmação de comparência do passageiro no comboio da viagem	DATETIME	S	N	N		N	NULL
	Utilizador_Email	Chave estrangeira	VARCHAR(50)	N	N	N		N	---
	Viagem_id	Chave estrangeira	INT	N	N	N		N	---

Tabela 3 - Associação entre atributos da entidade Utilizador e Reserva



Entidade	Atributos	Descrição	Tipo	Nulo	Chave	Único	Domínio	Derivado	V.P.D.
Viagem	Id	Número identificador de uma viagem	INT	N	S	N	> 0	N	---
	Origem	Nome da localidade onde tem início a viagem	VARCHAR(45)	N	N	N		N	---
	Destino	Nome da localidade onde termina a viagem	VARCHAR(45)	N	N	N		N	---
	Tipo	Classificação da viagem	VARCHAR(45)	N	N	N	Nacional ou Internacional	N	---
	Preço Base	Valor monetário que serve como base para restringir os preços das reservas associadas a uma viagem	DECIMAL(10,2)	N	N	N		N	---
	Data Partida	Data e hora o início da viagem	DATETIME	N	N	N		N	---
	Data Chegada	Data e hora do fim da viagem	DATETIME	N	N	N		N	---
	Comboio_Id	Chave estrangeira	INT	N	N	N		N	---
Comboio	Id	Número identificador de um comboio	INT	N	S	N	> 0	N	---
	Carruagens	Quantidade de carruagens que compõem o comboio	INT	N	N	N		N	---
	Tipo	Designação do tipo de comboio	VARCHAR(20)	N	N	N	Alfa, Intercidades, Urbano ou Regional	N	---

Tabela 4 - Associação entre atributos da entidade Viagem e Comboio

### 3.4. Determinação do domínio dos atributos

De seguida são apresentados os domínios dos atributos do nosso projeto. O domínio consiste num conjunto de valores (pertencentes a um determinado tipo) que pode ser atribuído a cada atributo.

#### Entidade: **Utilizador**

- Email: Email do utilizador. É uma string com no máximo 50 caracteres, com um endereço de email válido;
- Nome: Nome do utilizador. É uma string com no máximo 50 caracteres;
- Password: String que corresponde à palavra-chave do utilizador. Tem no máximo 20 caracteres;

#### Entidade: **Reserva**

- ID: Atributo que serve para identificar uma reserva. É um inteiro;
- Custo: Atributo que atribui um valor à reserva. É um número decimal com no máximo 10 casas inteiras e 2 decimais.;
- Classe: Atributo que identifica a classe a que a reserva corresponde. Estão disponíveis 1ª e 2ª classe mas apenas nos Internacionais e Alfa. É um inteiro;
- Lugar: Atributo que identifica o lugar da reserva. É um inteiro de 0 até 10 porque o comboio apenas tem 10 lugares por carruagem. Atribuído automaticamente;
- Carruagem: Atributo que identifica a carruagem da reserva. É um inteiro de 0 até ao número de carruagens;
- Nome: Nome do passageiro. É uma string com no máximo 50 caracteres (primeiro e último nome);
- Check-In: Atributo do tipo DateTime que identifica se um utilizador já entrou no comboio ou se viajou em determinada viagem. Pode tomar dois valores, NULL quando ainda não verificou o bilhete ou o dia e hora da verificação do bilhete. Foi um dos pedidos do cliente;

#### Entidade: **Viagem**

- ID: Atributo que serve para identificar uma viagem. É um inteiro;
- Origem: Atributo que identifica a estação de onde o comboio parte. É uma string de no máximo 45 caracteres;
- Destino: Atributo que identifica a estação de onde o comboio chega. É uma string de no máximo 45 caracteres;
- Tipo: Atributo que diz o tipo da viagem. É uma string de no máximo 45 caracteres mas só pode tomar o valor Nacional ou Internacional;
- Preço Base: Preço base da viagem, sem descontos nem extras. É um decimal com 10 casas inteiras e 2 decimais;

- Data Partida: Atributo que identifica a data da partida da viagem. É do tipo DateTime já que tem dias e horas da viagem;
- Data Chegada: Atributo que identifica a data de chegada da viagem. É do tipo DateTime já que tem dias e horas da viagem;

Entidade: **Comboio**

- ID: Atributo que serve para identificar um comboio. É um inteiro.
- Tipo: Atributo que identifica o tipo de um comboio. É uma string de no máximo 20 caracteres e pode tomar os valores: Alfa, Regional, Intercidades ou Urbano.
- Carruagens: Inteiro que identifica o número de carruagens que um determinado comboio tem.

### 3.5. Determinação das chaves primárias

De forma a identificar unicamente cada ocorrência de uma entidade na base de procedeu-se à determinação das chaves primárias para cada entidade.

Para a entidade Utilizador, o atributo que melhor satisfaz o requisito de chave primária é o Email. O facto de este ser um identificador único já que não podem existir dois emails iguais.

O nome também era um candidato a chave primária contudo podem existir ocorrências de dois nomes iguais, especialmente quando são apenas considerados o primeiro e último nome.

Para a entidade reserva, o atributo que melhor se encaixa na definição de chave primária é ID. Pelo facto de o ID ser um atributo numérico bastante simples, determinou-se que seria a chave primária desta entidade.

Para a entidade viagem, o atributo que melhor se encaixa na definição de chave primária é ID. Pelo facto de o ID ser um atributo numérico bastante simples, determinou-se que seria a chave primária desta entidade.

Para a entidade comboio, o atributo que melhor se encaixa na definição de chave primária é ID. Pelo facto de o ID ser um atributo numérico bastante simples, determinou-se que seria a chave primária desta entidade.

### 3.6. Desenho do diagrama ER

Apresentamos em seguida o desenho do diagrama ER (Entidade-Relação) de forma a ilustrar conceitualmente as relações entre entidades da base de dados. Este diagrama representa graficamente o que pretendemos criar.

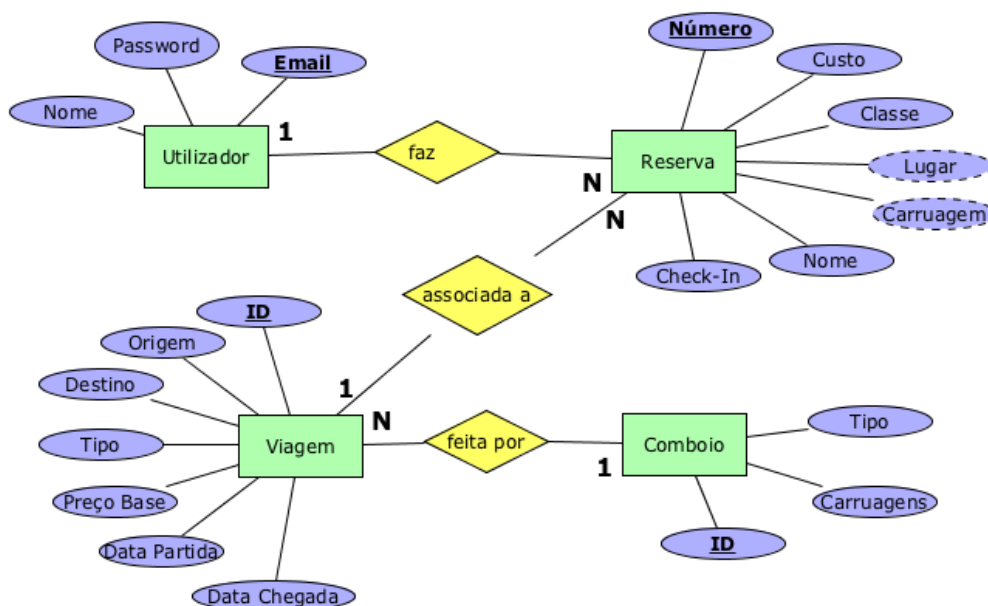


Figura 1 - Desenho do diagrama ER

### 3.7. Detalhe ou generalização do tipo de entidades

Depois da fase de análise de requisitos, do levantamento e identificação de todas as entidades e relacionamentos e dos respetivos atributos e de se ter elaborado o modelo concetual foi feita uma revisão do trabalho efetuado de modo a encontrar redundâncias no modelo. O método seguido para procurar a ocorrência de redundâncias consistiu nos seguintes passos:

- Examinar e remover relacionamentos 1:1;
- Remover relacionamentos redundantes;
- Considerar a dimensão tempo nos relacionamentos.

Ao efetuarmos a revisão deste modelo constatamos que não tínhamos nenhum tipo de relacionamento 1:1 no modelo. Quanto ao segundo passo, verificamos também que como cada entidade tem apenas um relacionamento também não tínhamos nenhum relacionamento redundante. Por fim, no último passo concluímos também que todos os relacionamentos faziam

sentido sendo verificados e inequívocos em todas as dimensões do tempo que o grupo equacionou.

### **3.8. Revisão do modelo com o utilizador**

Depois da conceção deste modelo, este foi revisto pela empresa. Nenhuma correção foi apontada e o modelo concetual foi aprovado.

## 4. Modelo Lógico

### 4.1. Passagem do modelo concetual para o modelo lógico

#### 4.1.1 Entidades fortes

As entidades presentes no nosso modelo concetual são:

- utilizador
- viagem
- reserva
- comboio.

Todas estas entidades são fortes e por isso cada uma dessas entidades corresponde à criação de uma tabela.

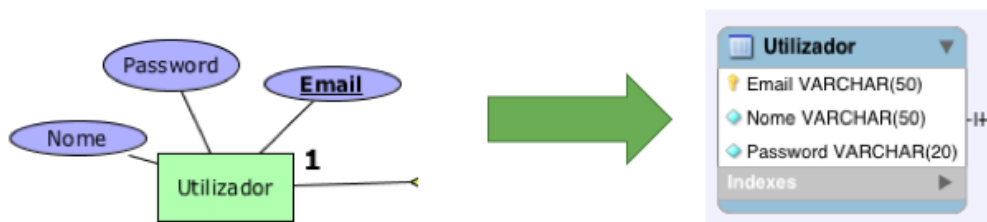


Figura 2 – Conversão da entidade utilizador do modelo concetual para o modelo lógico

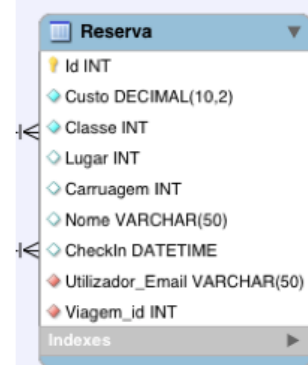
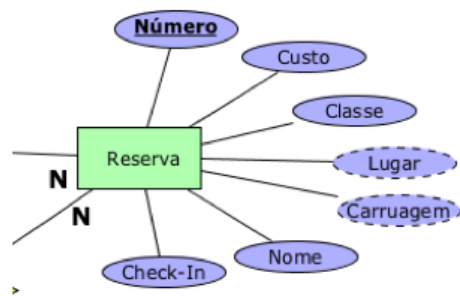


Figura 3 – Conversão da entidade reserva do modelo concetual para o modelo lógico

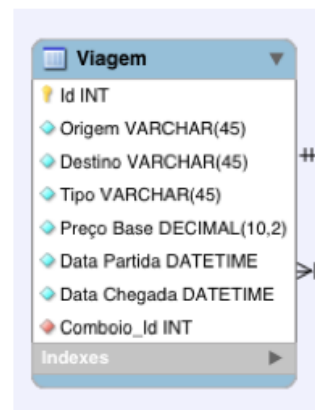
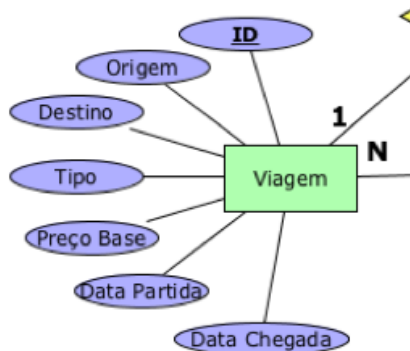


Figura 4 – Conversão da entidade viagem do modelo concetual para o modelo lógico

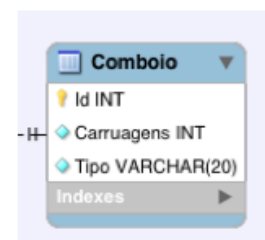
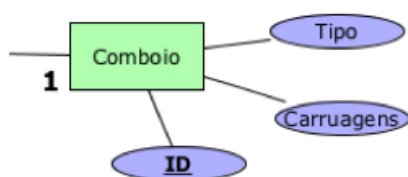


Figura 5 – Conversão da entidade comboio do modelo concetual para o modelo lógico

### **4.1.2 Entidades fracas**

Não existem entidades fracas no projeto.

### **4.1.3 Relacionamentos 1:N**

No nosso modelo concetual todos os relacionamentos são do tipo 1:N.

No relacionamento Utilizador/Reserva, a Reserva está no lado maior da cardinalidade (N) e vai possuir como chave estrangeira o email do utilizador, a entidade Utilizador está no lado menor da cardinalidade (1). Um utilizador faz várias reservas.

No relacionamento Reserva/Viagem, a Reserva está no lado maior da cardinalidade (N) e vai possuir como chave estrangeira o ID da viagem, a entidade Viagem está no lado menor da cardinalidade (1). Uma reserva está associada a apenas uma viagem mas uma viagem está associada a várias reservas.

Por último, o relacionamento Viagem/Comboio, a Viagem está no lado maior da cardinalidade (N) e vai possuir como chave estrangeira o ID do comboio, a entidade Comboio está no lado menor da cardinalidade (1). Um comboio pode efetuar várias viagens (desde que estas não sejam nem coincidam temporalmente) mas uma viagem é apenas efetuada por um comboio.

### **4.1.4 Relacionamentos 1:1**

Não existem relacionamentos 1:1 no nosso modelo concetual.

### **4.1.5 Relacionamentos N:M**

Não existem relacionamentos N:M no nosso modelo concetual. Caso existissem, estes dariam origem a uma nova tabela no modelo lógico.



## 4.2. Validação do modelo lógico através da normalização

Após analisarmos as dependências funcionais de cada relação verificamos que as tabelas respeitam as três primeiras regras de normalização e, portanto, encontram-se normalizadas até à Terceira Forma Normal da Normalização.

## 4.3. Elaboração e validação do esquema lógico da base de dados

Após a elaboração do modelo lógico através da passagem descrita no ponto 4.1 e das validações previstas, concluiu-se que o esquema lógico se encontra corretamente elaborado e, por isso, validado. Em seguida apresentamos a representação gráfica do modelo lógico.

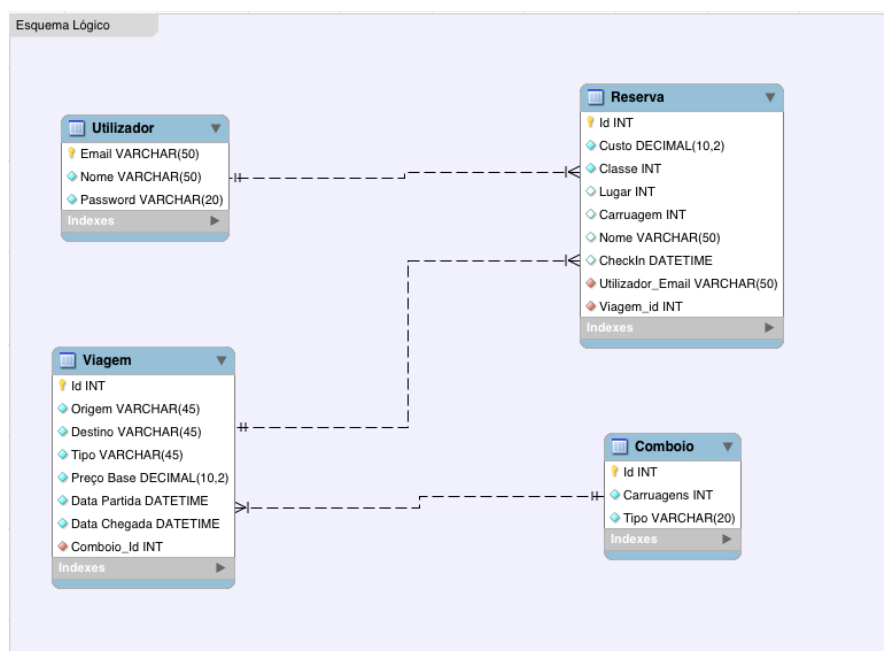


Figura 6 - Modelo lógico

#### **4.4. Definição do tamanho inicial e do crescimento futuro**

Segundo os dados a nós transmitidos pelo cliente a empresa ferroviária “RC” só faz viagens em 4 tipos de comboios. Contudo foi-nos transmitido que isto poderia vir a mudar já que a empresa teria planos no médio prazo para realizar mais um tipo de comboio, sub-urbano.

Contudo, e caso esta necessidade se venha a verificar, o modelo lógico tem a capacidade de se estender e acomodar não só mais um tipo de comboio como outras mudanças que não sejam drásticas no modelo elaborado.

#### **4.5. Revisão do modelo com o utilizador**

Depois da conceção deste modelo, este foi revisto com a empresa “RC”. Nenhuma anomalia foi apontada e o modelo lógico foi aprovado.

## 5. Modelo Físico

### 5.1. Tradução do modelo lógico para o modelo físico

Neste parte do projeto, traduzimos o modelo lógico construído na etapa anterior para a sua implementação física no MySQL WorkBench.

Todo o modelo físico foi criado utilizando a ferramenta “Forward Engineer” do WorkBench, resultando daí o código das tabelas como é o caso demonstrado na figura seguinte relativa à tabela da entidade comboio.

```
-- -----  
-- Table `comboios`.`Comboio`  
-- -----  
  
]CREATE TABLE IF NOT EXISTS `comboios`.`Comboio` (  
  `Id` INT(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `Carruagens` INT(11) NOT NULL,  
  `Tipo` VARCHAR(20) NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`Id`))  
ENGINE = InnoDB  
DEFAULT CHARACTER SET = utf8;  
-- -----
```

Figura 7 – Implementação Física da tabela Comboio

Foram também feitas algumas restrições descritas no próximo ponto. Para a sua implementação recorreu-se à utilização de triggers. As imagens seguintes ilustram estas implementações:

```
DELIMITER $$  
CREATE TRIGGER `validaComboioBU` BEFORE UPDATE ON `Comboio`  
FOR EACH ROW  
BEGIN  
  IF New.Carruagens <= 0 THEN  
    SIGNAL SQLSTATE '10000'  
    SET MESSAGE_TEXT = 'O comboio tem que ter pelo menos uma carruagem';  
  END IF;  
  IF New.Tipo != 'Urbano' and New.Tipo != 'Alfa' and New.Tipo != 'Regional' and New.Tipo != 'Intercidades' THEN  
    SIGNAL SQLSTATE '10000'  
    SET MESSAGE_TEXT = 'Um comboio só pode ser \'Urbano\', \'Alfa\' (Alfa pendular), \'Regional\' ou \'Intercidades\'';  
  END IF;  
  IF (New.Tipo = 'Alfa' or New.Tipo = 'Intercidades') and (New.Carruagens < 2) THEN  
    SIGNAL SQLSTATE '10000'  
    SET MESSAGE_TEXT = 'O comboio tem que ter pelo menos 2 carruagens (1ª e 2ª classe)';  
  END IF;  
END$$  
DELIMITER ;
```

Figura 8 – Trigger da restrição sobre os tipos de comboio, o número de carruagens e as classes. Caso seja uma atualização.

```

DELIMITER $$
CREATE TRIGGER `validaViagemBI` BEFORE INSERT ON `Viagem`
FOR EACH ROW
BEGIN
    IF New.Tipo!='Nacional' and New.Tipo!='Internacional' THEN
        SIGNAL SQLSTATE '10000'
        SET MESSAGE_TEXT = 'Uma viagem só pode ser \'Nacional\' ou \'Internacional\'';
    END IF;

    IF (select count(*) from Viagem
    where Comboio_Id= New.Comboio_Id AND (New.`Data Partida` BETWEEN `Data Partida` AND `Data Chegada` OR
    New.`Data Chegada` BETWEEN `Data Partida` AND `Data Chegada` OR
    (New.`Data Partida` < `Data Partida` AND New.`Data Chegada` > `Data Chegada` ))) <>

        SIGNAL SQLSTATE '10000'
        SET MESSAGE_TEXT = 'Este comboio já faz uma viagem no período fornecido';
    END IF;

    IF New.`Data Chegada`<=New.`Data Partida` THEN
        SIGNAL SQLSTATE '10000'
        SET MESSAGE_TEXT = 'A data de chegada tem que ser posterior à data de partida';
    END IF;
END$$
DELIMITER ;

```

*Figura 9 – Trigger da restrição sobre os tipos de comboio, o número de carruagens e as classes. Caso seja uma inserção.*

Todas as restrições descritas no ponto seguinte têm um trigger respetivo no modelo físico do projeto.

## 5.2. Restrições

De modo minimizar a introdução de registos inválidos e assim colaborar para integridade da BD, foram implementados Triggers antes da introdução dos registos nas tabelas. Em seguida descrevemos brevemente estas validações de dados:

### Utilizador:

- email – o email não é válido quando não respeita o seguinte formato: \_\*@\_\*. \_\*;
- password – é necessário um mínimo de 6 caracteres para a definição da password;

### Reserva:

- comboio lotado - o utilizador é informado que não pode efetuar a reserva quando não existem mais lugares disponíveis;
- existe um preço-base em cada viagem. Reservas em 1ª classe não podem ter um preço inferior ao preço-base e reservas em 2ª classe não podem ter um preço superior ao preço-base;
- a reserva não é validada se o ID da viagem correspondente não existir;

### Viagem:

- o Tipo da viagem só é validado se definido como Nacional ou Internacional;
- as datas de Partida/Chegada só são validadas se a chegada ocorrer após a data de partida;
- a viagem só pode ser introduzida se o ID do comboio associado existir na BD;
- aquando a introdução de uma viagem é verificado se o comboio correspondente está associado a outra viagem que ocorra num período coincidente. Neste caso o registo não é validado;

### Comboio:

- o Tipo de comboio só é validado se definido como Regional, Urbano, Intercidades ou Alfa;
- Se o tipo de comboio for do tipo regional ou urbano então não pode possuir lugares de 1ª classe;
- o número de lugares disponibilizados para a classe 2 tem de ser superior aos disponibilizados para a classe 1;

### 5.3. Estimativa dos requisitos de espaço em disco

Neste ponto é feita uma estimativa do espaço necessário em disco não só para a fase inicial como estimativas de crescimento nos 5 meses seguintes. O mês 0 corresponde ao povoamento inicial da base de dados.

Começamos por calcular o espaço máximo necessário para cada registo de cada tabela tendo em conta o tipo de dados de cada atributo. De seguida, baseados num estudo de mercado anteriormente efetuado pelo cliente definimos percentagens de crescimento.

O tamanho de cada tipo é o seguinte:

- Int – 4 bytes
- VarChar(N) – 2 bytes + N
- Decimal – de 5 a 17 bytes (utilizamos 17 bytes por ser o valor máximo)
- DateTime – 8 bytes

São assim apresentadas tabelas com os valores utilizados e os gráficos resultantes do somatório do tamanho total em cada mês.

Utilizador			Reserva		
Mês	Nº Registos	Tamanho (B)	Mês	Nº Registos	Tamanho (B)
0	50	6300	0	6	894
1	57	7182	1	7	1043
2	65	8190	2	9	1341
3	74	9324	3	11	1639
4	85	10710	4	14	2086
5	97	12222	5	18	2682
Crescimento p/ mês:		15%	Crescimento p/ mês:		30%
Tamanho Linha:		126	Tamanho Linha:		149
Viagem			Comboio		
Mês	Nº Registos	Tamanho (B)	Mês	Nº Registos	Tamanho (B)
0	9	1638	0	50	1500
1	11	2002	1	51	1530
2	13	2366	2	52	1560
3	15	2730	3	53	1590
4	18	3276	4	54	1620
5	22	4004	5	55	1650
Crescimento p/ mês:		23%	Crescimento p/ mês:		2%
Tamanho Linha:		182	Tamanho Linha:		30

Figura 10 – Valores utilizados para a estimativa de espaço em disco.

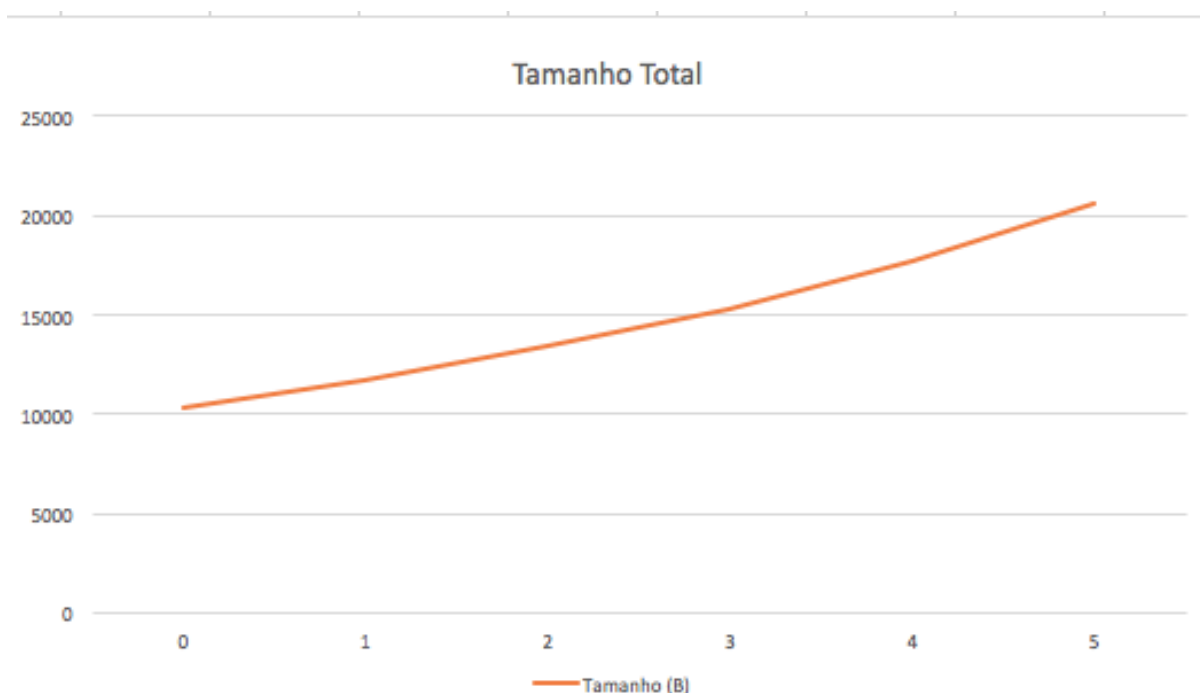


Figura 11 – Gráfico que resulta do somatório do espaço em disco de cada tabela e o seu crescimento ao longo dos 5 meses.

## 5.4. Povoamento da base de dados

De forma a realizar testes que permitissem comprovar o correto funcionamento da base de dados, segundo os requisitos especificados, foi realizado um povoamento inicial da BD. Foi ainda desenvolvido um pequeno script para a geração de utilizadores e comboios.

```

398 ('ilq5sko@hotmail.com','Jandira Sofia','a3e25or7l7oj'),
399 ('ol3orehlp2@hotmail.com','Inês Juliana','kawy244s3'),
400 ('s27rkland@hotmail.com','Inês Félix','rky4avlwbls1'),
401 ('jxx0u@hotmail.com','Iris Dalene','upovuikce'),
402 ('lvo9yh@hotmail.com','Nayara Vitória','c3pp9r88'),
403 ('tztave@hotmail.com','Débora Raísa','3l6n09'),
404 ('ijw8jimbqm@hotmail.com','Sofia Aisha','hymprusbi80lr'),
405 ('fh24m2@hotmail.com','Nathalia Maria','pd0z0wpvqv'),
406 ('2c7neaum@hotmail.com','Vanessa Isabel','kkaggim'),
407 ('jd8aa5@hotmail.com','Isabel Calisto','kaipnm998kf'),
408 ('cu76tp@hotmail.com','Iris Jovana','ll55wh5zqxbl'),
409 ('yc99k@hotmail.com','Nicole Solange','xruorr3knk');
410
411 • INSERT INTO 'comboios'.'Viagem' ('Origem','Destino','Tipo','Preço Base','Data Partida','Data Chegada','Comboio_Id')
412 VALUES
413   ('Porto','Braga','Nacional',5.2,'2016-11-18 8:00:00','2016-11-18 8:30:00',7),
414   ('Lisboa','Madrid','Internacional',98.0,'2016-11-18 20:00:00','2016-11-19 7:50:00',2),
415   ('Porto','Lisboa','Nacional',56.0,'2016-11-19 12:00:00','2016-11-19 13:30:00',3),
416   ('Faro','Lisboa','Nacional',67.32,'2016-11-19 12:00:00','2016-11-19 13:30:00',4),
417   ('Braga','Lisboa','Nacional',40,'2017-01-02 06:07:00','2017-01-02 10:21:00',14),
418   ('Braga','Porto','Nacional',10,'2016-12-22 14:34:00','2016-12-22 15:21:00',31),
419   ('Porto','Vigo','Internacional',58.34,'2016-11-24 22:07:00','2016-11-25 01:21:00',43),
420   ('Braga','Viana do Castelo','Nacional',12.27,'2016-12-22 11:34:00','2016-12-22 13:21:00',13),
421   ('Lisboa','Cascais','Nacional',4.56,'2016-12-02 11:04:00','2016-12-02 11:15:00',7);
422
423 • INSERT INTO 'comboios'.'Reserva' ('Custo','Classe','Nome','Utilizador_Email','Viagem_id')
424 VALUES
425   ('10.45','2','Amélia Leonor','aseglzf@hotmail.com','8'),
426   ('245.32','1','Madalena Isabela','lyaiqb3ft6@hotmail.com','2'),
427   ('34.57','2','Érica dos Anjos','z90c22j@hotmail.com','5'),
428   ('58.34','2','Constança da Graça','o2cs7d@hotmail.com','7'),
429   ('56.38','2','Inês Félix','s27rkland@hotmail.com','4'),
430   ('89.87','1','Jasmine Kyara','o5hei@hotmail.com','3');
431

```

Figura 12 –Povoamento da base de dados. Inserção de viagens.

## 5.5. Definição das vistas de utilizador e regras de acesso

Neste ponto são apresentadas as regras de acesso a cada perfil de utilização da base de dados. Para além disso também é apresentada duas vistas que visam restringir a quantidade de informação disponível aos utilizadores com menos privilégios no sistema.

Os passos tomados nesta parte do projeto têm como suporte os requisitos impostos pelo cliente e já anteriormente falados.

Existem dois tipos de pessoas que interagem com a base de dados, cada um tem permissões diferentes de acesso:

- Administrador – responsável por gerir os conteúdos da BD.
- Bilheteira – responsável pela marcação de reservas.

Para a criação destes dois tipos de regras de acesso foram criados perfis de utilizador. Na imagem abaixo, é apresentada a criação destes dois tipos de utilizadores.

```
-- -----  
-- UTILIZADORES`  
-- -----  
  
-- Criação do utilizador 'administrador'  
CREATE USER 'admin'@'localhost';  
SET PASSWORD FOR 'admin'@'localhost' = PASSWORD('admin123');  
GRANT ALL ON `comboios`. * TO 'admin'@'localhost';  
  
-- Criação do utilizador 'bilheteira'  
CREATE USER 'bilheteira'@'localhost';  
SET PASSWORD FOR 'bilheteira'@'localhost' = PASSWORD('bilhetes');  
GRANT SELECT, INSERT, UPDATE ON `comboios`. * TO 'bilheteira'@'localhost';
```

*Figura 13 – Criação dos utilizadores na implementação física.*

Os administradores têm permissões para todo o tipo de ações enquanto que a bilheteira apenas pode seleccionar, inserir ou atualizar dados da bilheteira.



Foram também criadas duas views:

- Utilizadores – permite visualizar a informação dos utilizadores registados no sistema à exceção das passwords;
- Nrlugaresreservados – permite visualizar a informação do número de lugares comprados para cada viagem. Útil para, por exemplo, um gestor ter a perceção das vendas.

```
-- VIEWS
-----

CREATE VIEW Utilizadores AS
SELECT DC.Nome AS Nome, DC.Email AS Email
FROM Utilizador AS DC;

CREATE VIEW NrlugaresReservados AS
SELECT Viagem_id AS 'ID da Viagem', COUNT(*) AS 'Lugares Reservados' FROM Reserva WHERE Viagem_Id IN(
SELECT DISTINCT Viagem_Id FROM Reserva)
GROUP BY Viagem_Id;
```

Figura 14 – Criação das views na implementação física.

## 5.6. Definição de Queries

Neste ponto são apresentadas algumas queries desenvolvidas cujas consideramos que são relevantes para o problema em questão.

```
1  -- Nome dos utilizadores que compraram bilhetes para Lisboa em viagens já efetuadas
2
3  • SELECT Nome FROM Utilizador WHERE Email in
4  (select Utilizador_Email from Reserva where Viagem_Id in
5  (SELECT Id FROM Viagem WHERE Destino='Lisboa' AND `Data Chegada` <NOW()));
6
7
8  -- Número de passageiros que viajaram no comboio 2
9
10 • SELECT count(*) AS 'Passageiros no Comboio 2' from
11     Viagem join Reserva on Reserva.Viagem_Id = Viagem.Id
12     join Comboio on Viagem.Comboio_Id=Comboio.Id
13     where Comboio.Id=2 and Viagem.`Data Chegada`<NOW() ;
14
15
16 -- Tempo de serviço do comboio 2
17
18 • select sum('Tempo Serviço') from
19     (SELECT time_to_sec(TIMEDIFF(`Data Chegada`,`Data Partida`)) AS 'Tempo Serviço' FROM
20     VIAGEM WHERE Comboio_Id=2) as x;
21
22
23 -- Duração das viagens do comboio 2
24
25 • SELECT TIMEDIFF(`Data Chegada`,`Data Partida`) AS 'Tempo Serviço' FROM
26     VIAGEM WHERE Comboio_Id=2;
```

Figura 15 – Definição de queries.

## 6. Conclusões e Trabalho Futuro

Durante a abordagem ao caso-estudo, tentámos que este fosse próximo de um caso real. Com este objectivo foram tidas várias trocas de ideias entre os elementos do grupo e consultada informação sobre o tema em sítios relevantes. No entanto, por se tratar de um trabalho académico, não é pretendida uma representação fiel do que poderia ser uma abordagem em ambiente de mercado pois resultaria numa complexidade elevada. Assim, ao longo do trabalho procedemos, intencionalmente a simplificações, entre as quais destacamos:

- capacidade das carruagens – nos dois tipos de carruagens definidas considerámos uma capacidade de 10 lugares;
- origens e destinos – deveria existir um conjunto de locais predefinidos;
- povoamento – foi introduzida uma amostra de dados suficiente para existir informação em todos os campos e para demonstração das queries definidas;

Consideramos que a DB criada constitui uma boa base de trabalho para implementação da solução que a “RC” procura. Esta solução necessitará à partida dos seguintes recursos:

- sítio onde o utilizador se possa registar e navegar pelas viagens existentes de modo a poder efetuar uma reserva e imprimir o seu bilhete;
- sistema portátil de leitura do bilhete para validação e registo do bilhete pelo funcionário do comboio;
- funcionário responsável pela introdução de viagens e comboios na DB.

Relativamente ao levantamento de requisitos, consideramos que foram elaborados de uma forma adequada ao problema em questão, sendo correctamente definidos e respondendo aos interesses do cliente

Terminado este projecto consideramos que a DB desenvolvida está dotada com as características mais importantes - eficiência, coerência e robustez. Além disso é possível de uma forma simples, a manipulação e visualização dos dados.

Como trabalho futuro sugerimos:

- desenvolvimento de transações de modo garantir a correção dos dados da BD;
- desenvolvimento de mais queries;
- inserção de mais tipos de comboios ou outros parâmetros que possam a vir ser pedidos pelo cliente;
- possibilidade de escolha/troca de lugar;

Pelo referido, consideramos que os objetivos desta fase do trabalho foram cumpridos.

## **Referências**

Thomas Connolly, Carolyn Begg 2005. Database Systems: A Practical Approach To Design, Implementation, and Management, 4a edição, Addison Wesley.

## Lista de Siglas e Acrónimos

<b>BD</b>	Base de Dados
RC	RC - Rede de Comboios
VPD	Valor pré definido